

Введение в психофизиологию

Т.М.Марютина, О.Г.Ю.Ермолаев

Библиотека школьного психолога

Учебное пособие посвящено физиологическим основам психической деятельности и поведения человека. В исторической ретроспективе определяется предмет и задачи психофизиологии, излагаются новые представления о механизмах психической деятельности с позиций системного подхода. В полном объеме рассматриваются основные методы психофизиологии и сферы их применения. Пособие знакомит с общими закономерностями и механизмами работы центральной нервной системы человека, лежащими в основе психических функций, процессов и состояний. Сообщаются конкретные данные о психофизиологических механизмах основных психических процессов и функций (восприятия, внимания, памяти, речи, эмоций, движения и т.д.). Возрастной психофизиологии посвящен специальный раздел, в нем рассматриваются проблемы биологического созревания, психического развития и старения.

15ВМ 5-89502-121-2 (Московский психолого-социальный институт) ISBN 5-89349-326-5 (Флинта)

© МПСИ, 2001

Вероятно, придет день, когда биолог, и не только он, но и физиолог протянут руку

психологу и встретятся с ним в туннеле, который они взялись копать с разных сторон горы неизвестного.

К.Г.Юнг

Сейчас больше чем когда-либо люди начинают осознавать, что они существа психофизиологические.

Г. Шварц

Раздел 1

Предмет, задачи и методы психофизиологии

Глава первая

1. Предмет и задачи психофизиологии

1.1. Определение психофизиологии

Психофизиология (психологическая физиология) — научная дисциплина, возникшая на стыке психологии и физиологии, предметом ее изучения являются физиологические основы психической деятельности и поведения человека.

Термин «психофизиология» был предложен в начале XIX века французским философом Н.Массиасом и первоначально использовался для обозначения широкого круга исследований психики, опирающихся на точные объективные физиологические методы (определение сенсорных порогов, времени реакции и т.д.)

Психофизиология — естественнонаучная ветвь психологического знания, поэтому необходимо определить ее положение по отношению к другим дисциплинам той же ориентации: физиологической психологии, физиологии высшей нервной деятельности и нейропсихологии.

Наиболее близка к психофизиологии — физиологическая психология, наука, возникшая в конце XIX века как раздел экспериментальной психологии. Термин физиологическая психология был введен В. Вундтом для обозначения психологических исследований, заимствующих методы и результаты исследований у физиологии человека. В настоящее время физиологическая психология понимается как отрасль психологической науки, изучающая физиологические механизмы психической деятельности от низших до высших уровней ее организации (см. Психологический словарь, 1996). Таким образом, задачи психофизиологии и физиологической психологии практически совпадают. Тем не менее существуют определенные различия в исследовательских парадигмах того и другого направления. Как отмечает Дж. Хэссет (1981), предмет психофизиологии — сложное поведение, в контексте которого изучаются физиологические процессы. Физиологическая психология имеет более конкретную направленность на изучение частных физиологических механизмов.

В отечественной науке терминологические и содержательные различия физиологической психологии и психофизиологии были использованы А.Р. Лурией (1973) для того, чтобы обозначить продуктивность складывающегося в физиологии функционально-системного подхода к изучению психики и поведения человека.

Согласно представлениям А.Р. Лурии, физиологическая психология изучает основы сложных психических процессов — мотивов и потребностей, ощущений и восприятия, внимания и памяти, сложнейших форм речевых и интеллектуальных актов, т.е. отдельных психических процессов и функций. Она образовалась в результате накопления большого объема эмпирического материала о функционировании различных физиологических систем организма в разнообразных психических состояниях.

В отличие от физиологической психологии, где предметом является изучение отдельных физиологических функций, предметом психофизиологии, как подчеркивал А. Р. Лурия, служит поведение человека или животного. С этой точки зрения психофизиология — это физиология целостных форм психической деятельности, возникающая для объяснения психических явлений с помощью физиологических процессов, и поэтому в ней сопоставляются сложные формы поведенческих характеристик человека с физиологическими процессами разной степени сложности.

Истоки этих представлений можно найти в трудах Л.С. Выготского, который первым сформулировал необходимость исследовать проблему соотношения психологических и физиологических систем, предвосхитив, таким образом, основную перспективу развития психофизиологии (Выготский, 1982).

Теоретико-экспериментальную основу этого направления составляет теория функциональных систем П.К. Анохина (1968), базирующаяся на понимании психических и физиологических процессов как сложнейших функциональных систем, в которых отдельные механизмы объединены общей задачей в целые, совместно действующие комплексы, направленные на достижение полезного приспособительного результата. С идеей функциональных систем непосредственно связан и принцип саморегуляции физиологических процессов, сформулированный в отечественной физиологии Н.А. Бернштейном (1963) задолго до появления кибернетики и открывший совершенно новый подход к изучению физиологических механизмов отдельных психических процессов. В итоге развитие этого направления в психофизиологии привело к возникновению новой области исследований, именуемой системной психофизиологией (Швырков, 1988; Александров, 1997).

Эволюция представлений о предмете психофизиологии в отечественной науке связана также с именем Е.Н. Соколова. Его позиция, основанная на большом экспериментальном и теоретическом опыте, состоит в том, что предметом психофизиологии должно являться «изучение нейронных механизмов психических процессов и состояний» (Данилова, 1998. С. 6). В последнее время Е.Н. Соколов и его последователи разрабатывают новое научное направление — векторную психофизиологию (Соколов, 1995).

При всем различии этих подходов психофизиология существует как самостоятельная область исследований, поэтому необходимо обсудить ее положение среди других нейронаук.

В этой связи особый интерес представляет соотношение психофизиологии и нейропсихологии.

« По определению, нейропсихология — это отрасль психологической науки, сложившаяся на стыке нескольких дисциплин: психологии, медицины (нейрохирургии, неврологии), физиологии — и направленная на изучение мозговых механизмов высших психических функций в связи с локальными поражениями головного мозга. Теоретической основой нейропсихологии является разработанная А.Р. Лурией теория системной динамической локализации психических процессов.

В последние десятилетия появились новые психофизиологические методы (например, позитронно-эмиссионная томография, ядерно-магнитный резонанс и др.), которые позволяют исследовать мозговую локализацию динамики высших психических функций у здоровых людей. Таким образом, современная нейропсихология, взятая в полном объеме своей проблематики, ориентирована на изучение мозговой организации психической деятельности не только в патологии, но и в норме. Соответственно этому круг исследований нейропсихологии расширился; появились такие направления, как нейропсихология индивидуальных различий, возрастная нейропсихология (см. Хрестоматия по нейропсихологии, 1999). Последнее фактически приводит к стиранию границ между нейропсихологией и психофизиологией.

Наконец, следует указать на соотношение физиологии ВНД и психофизиологии. Высшая нервная деятельность (ВНД) — понятие, введенное И.П. Павловым, в течение многих лет отождествлялось с понятием психическая деятельность. Таким образом, физиология высшей нервной деятельности представляла собой физиологию психической деятельности или психофизиологию.

Хорошо обоснованная методология и богатство экспериментальных приемов физиологии ВНД оказали решающее влияние на исследования в области физиологических основ поведения человека, затормозив, однако, развитие тех исследований, которые не

укладывались в «прокрустово» ложе физиологии ВНД. В 1950 году состоялась так называемая «Павловская сессия», посвященная проблемам психологии и физиологии. На этой сессии речь шла о необходимости возрождения павловского учения. За уклонение в сторону от этого учения резкой критике подвергся создатель теории функциональных систем П.К. Анохин и некоторые другие видные ученые.

Последствия Павловской сессии оказались весьма драматичны и для психологии. В начале 50-х годов XX века имело место насильственное внедрение павловского учения в психологию. По утверждению А.В. Петровского (1967), фактически наблюдалась тенденция к ликвидации психологии и замене ее павловской физиологией ВНД. Официально положение дел изменилось в 1962 году, когда состоялось Всесоюзное совещание по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности и психологии.

Оно было вынуждено констатировать существенные изменения, которые произошли в науке в послевоенные годы. Кратко характеризуя эти изменения, необходимо подчеркнуть следующее.

В связи с интенсивным развитием новой техники физиологического эксперимента и, прежде всего с появлением электроэнцефалографии стал расширяться фронт экспериментальных исследований мозговых механизмов психики и поведения человека и животных. Метод ЭЭГ дал возможность заглянуть в тонкие физиологические механизмы, лежащие в основе психических процессов и поведения. Развитие микроэлектродной техники, эксперименты с электрической стимуляцией различных образований головного мозга с помощью вживленных электродов открыли новое направление исследований в изучении мозга. Возрастающее значение вычислительной техники, теории информации, кибернетики и т.д. требовали переосмысления традиционных положений физиологии ВНД и разработки новых теоретических и экспериментальных парадигм.

Благодаря послевоенным новациям, существенно преобразилась и зарубежная психофизиология, которая до этого на протяжении многих лет занималась исследованием физиологических процессов и функций человека при различных психических состояниях. В 1982 году в Канаде состоялся Первый международный психофизиологический конгресс, на котором была создана Международная психофизиологическая ассоциация и учрежден журнал «Международный журнал психофизиологии».

Интенсивному развитию психофизиологии способствовал и тот факт, что Международная организация по исследованию мозга провозгласила последнее десятилетие XX века «Десятилетием мозга». В рамках этой международной программы проводились комплексные исследования, направленные на интеграцию всех аспектов знания о мозге и принципах его работы. Например, в 1993г. при Институте ВНД и НФ РАН был создан Международный исследовательский центр нейробиологии сознания «Светлое пятно».

Переживая на этой основе период интенсивного роста, науки о мозге, и в том числе психофизиология, вплотную подошли к решению таких проблем, которые ранее были недоступны для исследований. К их числу относятся, например, физиологические механизмы и закономерности кодирования информации в мозге человека и животных, хронометрия процессов познавательной деятельности и изучение кодов мыслительной деятельности человека и др.

Пытаясь представить облик современной психофизиологии, Б.И. Кочубей (1990) выделяет три новых характеристики: активизм, селективизм и информативизм. Активизм предполагает отказ от представлений о человеке как существе, пассивно реагирующем на внешние воздействия, и переход к новой «модели» человека — активной личности, направляемой внутренне заданными целями, способной к произвольной саморегуляции. Селективизм характеризует возрастающую дифференцированность в анализе физиологических процессов и явлений, которая позволяет ставить их в один ряд с тонкими психологическими процессами. Информативизм отражает переориентацию физиологии с изучения энергетического обмена со средой на обмен информацией.

Понятие информации, войдя в психофизиологию в 60-е годы, стало одним из главных при описании физиологических механизмов познавательной деятельности человека.

Таким образом, современная психофизиология как наука о физиологических основах психической деятельности и поведения, предоставляет собой область знания, которая объединяет физиологическую психологию, физиологию ВНД, «нормальную» нейропсихологию и системную психофизиологию. Взятая в полном объеме своих задач психофизиология включает три относительно самостоятельных части: общую, возрастную и дифференциальную. Каждая из них имеет собственный предмет изучения, задачи и методические приемы.

Предмет общей психофизиологии — физиологические основы (корреляты, механизмы, закономерности) психической деятельности и поведения человека. Общая психофизиология изучает физиологические основы познавательных процессов (когнитивная психофизиология), эмоционально-потребностной сферы человека и функциональных состояний. Предмет возрастной психофизиологии — онтогенетические изменения физиологических основ психической деятельности человека. Дифференциальная психофизиология — раздел, изучающий естественнонаучные основы и предпосылки индивидуальных различий в психике и поведении человека.

1.2. Проблема соотношения мозга и психики

Представим себе мозг живого человека: он выглядит как небольшое овальное тело с неровной поверхностью, состоящее из податливого желатиноподобного вещества. Каким образом это тело (средний вес которого составляет 1500 г) продуцирует мысли и чувства, управляет тонкими движениями руки художника? Каким образом возникающие в нем процессы связываются с мировой культурой: философией и религией, поэзией и прозой, добротой и ненавистью? Каким способом эта серовато-белая желеподобная масса постоянно накапливает идеи и знания, заставляя тело совершать разнообразные по сложности действия — от простого поднятия руки до виртуозных движений гимнаста или хирурга?

В этих вопросах в предельно заостренной метафорической форме можно выразить суть основной проблемы психофизиологии — проблемы соотношения мозга и психики, психического и физиологического.

История проблемы и варианты решения. Проблема соотношения психики и мозга, души и тела, разведение их по разным уровням бытия имеет глубокие исторические традиции и, прежде всего, традиции европейского мышления, существенно отличающегося от многих восточных систем мирозерцания.

В европейской традиции термины «душа» и «тело» впервые стал рассматривать с научных позиций выдающийся философ и врач Рене Декарт, живший в XVII веке. По Декарту тело — это автомат, действующий по законам механики, и только при наличии внешних стимулов. Именно Декарт выдвинул идею рефлекса как машинообразного ответного поведенческого акта (хотя сам термин рефлекс был предложен спустя столетие). Душа, напротив, — особая сущность (субстанция), состоящая из непротяженных явлений сознания — «мыслей». Именно мысль представляет наиболее доступный объект самонаблюдения. Отсюда знаменитое утверждение: «Я мыслю, следовательно, я существую».

Итак, Декарт рассматривал душу и телу как две самостоятельные, независимые субстанции. Однако как душа может влиять на деятельность тела, так и тело в свою очередь способно сообщать душе сведения о внешнем мире. Для объяснения этого взаимодействия Декарт предположил, что в мозгу человека имеется специальный орган — шишковидная железа — посредник между душой и телом. Воздействие внешнего мира вначале передается посредством нервной системы, а затем тем или иным способом «некто» (гомункулус) расшифровывает содержащуюся в нервной деятельности информацию.

Таким образом, Декарт, четко разделив тело и душу человека, впервые поставил

проблему их соотношения и дал первый вариант ее решения, получившей название психофизического параллелизма. Учение Декарта, исходящее в объяснении сущего из наличия двух противоположных начал — материального и духовного, — получило название дуализма Декарта (Ярошевский, 1966).

Сходных взглядов придерживались многие современники и последователи Декарта, например, выдающийся философ и математик Лейбниц. Согласно его представлениям душа и тело действуют независимо и автоматически в силу своего внутреннего устройства, но действуют удивительно согласованно и гармонично, подобно паре точных часов, всегда показывающих одно и то же время.

Психофизиологическая проблема. Как подчеркивает известный отечественный историк психологии М.Г. Ярошевский (1996), Декарт, Лейбниц и другие философы анализировали в основном психофизическую проблему. При решении психофизической проблемы речь шла о включении души (сознания, мышления) в общую механику мироздания, о ее связи с Богом. Иными словами, для философов, решающих эту проблему, важно было собственно место психического (сознания, мышления) в целостной картине мира. Таким образом, психофизическая проблема, связывая индивидуальное сознание с общим контекстом его существования, имеет, прежде всего, философский характер.

Психофизиологическая проблема заключается в решении вопроса о соотношении между психическими и нервными процессами в конкретном организме (теле). В такой формулировке она составляет основное содержание предмета психофизиологии. Первое решение этой проблемы можно обозначить как психофизиологический параллелизм. Суть его заключается в противопоставлении независимо существующих психики и мозга (души и тела). В соответствии с этим подходом психика и мозг признаются как независимые явления, не связанные между собой причинно-следственными отношениями.

В то же время наряду с параллелизмом сформировались еще два подхода к решению этой проблемы: психофизиологическая идентичность и психофизиологическое взаимодействие. Первое представляет собой вариант крайнего физиологического редукционизма, при котором психическое, утрачивая свою сущность, полностью отождествляется с физиологическим. Примером такого подхода служит известная метафора: «Мозг вырабатывает мысль как печень желчь». Психологическое взаимодействие представляет собой вариант паллиативного, т.е. частичного решения проблемы. Предполагая, что психическое и физиологическое имеют разные сущности, этот подход допускает определенную степень их взаимодействия и взаимовлияния.

Эволюция представлений о рефлексе. Высказанная Декартом идея о рефлекторном принципе организации простейших поведенческих актов нашла свое плодотворное развитие в дальнейших исследованиях, в том числе направленных на преодоление психофизиологического параллелизма. Большую роль в этом сыграл выдающийся физиолог И.М. Сеченов (1873). Он обосновал возможность распространения понятия рефлекса как детерминистического принципа организации поведения на всю работу головного мозга. Сеченов утверждал, что психические акты носят такой же строго закономерный и детерминированный характер, как и акты, считающиеся чисто нервными. Он ввел представление об иерархии рефлексов, доказав, что наряду с элементарными имеется множество сложных рефлексов. Это рефлексы с усеченным и задержанным концом, при которых происходит актуализация прошлого опыта.

Мысль по Сеченову — это психический рефлекс с задержанным окончанием, развивающийся по внутренней цепи ассоциированных рефлексов, а психический рефлекс с усиленным окончанием — это аффект или эмоция. Он ввел также представление о психическом элементе — интегральной части рефлекторного процесса, благодаря которому организм может активно приспосабливаться к среде.

Рассматривая психическое чувствование как неотъемлемый элемент внутренней структуры рефлекса, Сеченов прочно связал понятие психического с рефлексом,

обосновал невозможность отрыва психического от рефлекторной деятельности.

Как пишет М.Г. Ярошевский: «Новая сравнительно с созданной Декартом, сеченовская модель рефлекса, воплотившая, взамен стиля механики, биологический стиль мышления, открывала перспективы построения новой системы знаний об отношениях между организмом и средой. Именно эта система получила имя поведение» (Ярошевский, 1996. С. 163).

В дальнейшем в работах И.П.Павлова и его школы исследования рефлекторных основ поведения получили глубокое теоретико-экспериментальное обоснование. Проблемы этого круга детально рассмотрены в учебниках Л.Г.Воронина, А.С.Батуева, Н.Н.Даниловой и А.Л.Крыловой и др.

1.3. Современные представления о соотношении психического и физиологического

Несмотря на многие достижения психофизиологии, особенно в последние десятилетия, психофизиологический параллелизм как система взглядов не отошел в прошлое. Известно, что выдающиеся физиологи XX века, такие как Шерингтон, Эдриан, Пенфилд, Экклс и ряд других, придерживались дуалистического решения психофизиологической проблемы. Согласно их мнению, при изучении нервной деятельности не надо принимать во внимание психические явления, а мозг можно рассматривать как механизм, деятельность определенных частей которого, в крайнем случае, параллельна разным формам психической деятельности. Целью психофизиологического исследования, согласно их мнению, должно являться выявление закономерностей параллельности протекания психических и физиологических процессов.

Взаимосвязь психики и мозга. Многочисленные клинические и экспериментальные данные, накопленные в науке в последние десятилетия, свидетельствуют, однако, что между психикой и мозгом существует тесная и диалектическая взаимосвязь. Воздействуя на мозг, можно изменить и даже уничтожить дух (самосознание) человека, стереть личность, превратив человека в зомби. Сделать это можно химически, используя психоделические вещества (в том числе наркотики), «электрически» (с помощью вживленных электродов); анатомически, прооперировав мозг. В настоящее время с помощью электрических или химических манипуляций с определенными участками головного мозга человека изменяют состояния сознания, вызывая различные ощущения, галлюцинации и эмоции.

Все вышесказанное неопровержимо доказывает прямое подчинение психики внешним физико-химическим воздействиям. Более того, в последнее время все больше и больше накапливается данных о том, что психологические состояния человека тесно связаны с наличием или отсутствием того или иного химического вещества в мозге.

С другой стороны, все, что глубоко затрагивает психику, отражается также на мозге и на всем организме. Известно, что горе или сильная депрессия могут привести к телесным (психосоматическим) заболеваниям. Гипноз может вызвать различные соматические расстройства и наоборот, способствовать излечению. Широко известны поразительные эксперименты, которые осуществляют йоги со своим организмом. Более того, такие психокультурные явления как нарушение «табу» или колдовство у примитивных народов могут вызвать смерть даже у здорового человека. Есть свидетельства, что религиозные чудеса (явления Богоматери, Святых икон и т.п.) способствовали исцелению больных с различной симптоматикой. В этой связи интересно, что эффект плацебо, т.е. эффект нейтрального вещества, которое применяется вместо «ультрасовременного» лекарства, действителен для одной трети больных, независимо от их социального статуса, культурного уровня, вероисповедания или национальности.

В целом приведенные выше факты однозначно свидетельствуют о том, что столь тесную взаимосвязь между мозгом и психикой нельзя объяснить с позиций физиологического параллелизма. Однако важно подчеркнуть и другое. Отношение психики к мозгу нельзя понимать как отношение продукта к производителю, следствия к причине, поскольку продукт (психика) может и часто очень эффективно воздействует на

своего производителя — на мозг. Таким образом, между психикой и мозгом, психическим и физиологическим, по-видимому, существует диалектическая, причинно-следственная связь, еще не получившая, однако, полного и окончательного объяснения.

Исследователи не оставляют попыток проникнуть в суть проблемы, предлагая иногда в высшей степени необычные варианты решения. Например, такие выдающиеся физиологи как Экклс и Барт считают, что мозг не «продуцирует дух», но «обнаруживает его». Получаемая органами чувств информация «материализуется» в химические субстанции и изменения в состоянии нейронов, которые физически накапливают символические значения чувственных ощущений. Так происходит взаимодействие внешней материальной реальности с духовным субстратом мозга. При этом, однако, возникают новые вопросы: что является «носителем» духа вне мозга, с помощью каких именно рецепторов воспринимается организмом человека внешний «дух» и т.д.

Наряду с такими «экстравагантными» решениями новые подходы к изучению соотношения физиологического и психологического разрабатываются и в отечественной науке.

Современные варианты решения психофизиологической проблемы можно систематизировать следующим образом:

1) Психическое тождественно физиологическому, представляя собой не что иное, как физиологическую деятельность мозга. В настоящее время эта точка зрения формулируется как тождественность психического не любой физиологической деятельности, но только процессам высшей нервной деятельности.

В этой логике психическое выступает как особая сторона, свойство физиологических процессов мозга или процессов высшей нервной деятельности.

2) Психическое — это особый (высший класс) или вид нервных процессов, обладающий свойствами, не присущими всем остальным процессам в нервной системе, в том числе процессам ВНД. Психическое — это такие особые (психонервные) процессы, которые связаны с отражением объективной реальности и отличаются-

14
ся субъективным компонентом (наличием внутренних образов и их переживанием).

3) Психическое, хотя и обусловлено физиологической (высшей нервной) деятельностью мозга, тем не менее не тождественно ей. Психическое не сводимо к физиологическому как идеальное к материальному или как социальное к биологическому.

Ни одно из приведенных решений не получило общего признания, и работа в этом направлении продолжается. Наиболее существенные изменения в логике анализа проблемы «мозг — психика» повлекло за собой внедрение в психофизиологию системного подхода.

1.4. Системные основы психофизиологии

В 50-е годы XX века началось интенсивное развитие общей теории систем (Берталанфи, Акофф и Эмери, Юдин и др.). Системность выступала здесь, прежде всего, как объяснительный принцип научного мышления, требующий от исследователя изучать явления в их зависимости от внутренне связанного целого, которое они образуют, приобретая благодаря этому присущие целому новые свойства.

Системный подход как методологический инструмент не был «изобретен» философами. Он направлял исследовательскую практику реально прежде, чем был теоретически осмыслен. Как подчеркивает М.Г. Ярошевский (1996), многие естествоиспытатели выделяли его в качестве одного из рабочих принципов. Например, выдающийся американский физиолог У. Кеннон, открывший принцип гомеостаза, рассматривал последний как синоним принципа системности.

Проникновение системного подхода в физиологию ВНД и психологию радикально изменило логику научных исследований. В первую очередь, это сказалось на изучении физиологических основ поведения.

1.4.1. Функциональная система как физиологическая основа поведения

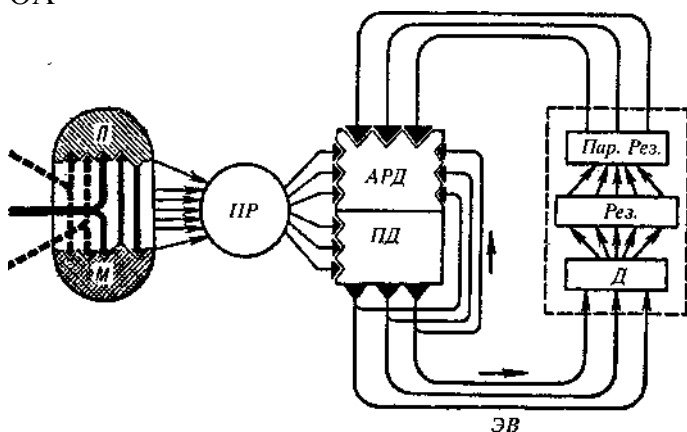
В русле системного подхода поведение рассматривается как целостный, определенным

образом организованный процесс, направленный, во-первых, на адаптацию организма к среде и на активное ее преобразование, во-вторых. Приспособительный поведенческий акт, связанный с изменениями внутренних процессов, всегда носит целенаправленный характер, обеспечивающий организму нормальную жизнедеятельность. В настоящее время в качестве методологической основы психофизиологического описания поведения используется теория функциональной системы П.К. Анохина (1968).

Эта теория была разработана при изучении механизмов компенсации нарушенных функций организма. Как было показано П.К.Анохиным, компенсация мобилизует значительное число различных физиологических компонентов — центральных и периферических образований, функционально объединенных между собой для получения полезного приспособительного эффекта, необходимого живому организму в данный конкретный момент времени. Такое широкое функциональное объединение различно локализованных структур и процессов для получения конечного приспособительного результата было названо «функциональной системой».

Функциональная система (ФС) — это организация активности элементов различной анатомической принадлежности, имеющая характер взаимодействия, которое направлено на достижение полезного приспособительного результата. ФС рассматривается как единица интегративной деятельности организма.

ОАфф
 ОА
 ПА
 ОА



Афферентный синтез

Рис. 1.1 Принципиальная схема центральной архитектуры функциональной системы (по П.К.Анохину, 1968).

М — доминирующая мотивация; П — память; ОА — обстановочная афферентация; ПА — пусковая афферентация; ПР — принятие решения; ПД — программа действия; АД — акцептор результатов действия; ЭВ — эфферентные возбуждения; Л — действие; Рез. — результат; Пар. Рез. — параметры результата; ОАфф — обратная афферентация.

Результат деятельности и его оценка занимают центральное место в ФС. Достичь результата — значит изменить соотношение между организмом и средой в полезном для организма направлении.

Достижение приспособительного результата в ФС осуществляется с помощью специфических механизмов, из которых наиболее важными являются: 1) афферентный синтез всей поступающей в нервную систему информации; 2) принятие решения с одновременным формированием аппарата прогнозирования результата в виде афферентной модели — акцептора результатов действия; 3) собственно действие; 4) сличение на основе обратной связи афферентной модели акцептора результатов действия и параметров выполненного действия; 5) коррекция поведения в случае рассогласования реальных и идеальных (смоделированных нервной системой) параметров действия (рис. 1.1).

Состав функциональной системы не определяется пространственной близостью структур или их анатомической принадлежностью. В ФС могут включаться как близко, так и отдаленно расположенные системы организма. Она может вовлекать отдельные части любых целых в анатомическом отношении систем и даже детали отдельных целых органов. При этом отдельная нервная клетка, мышца, часть какого-либо органа, весь орган в целом могут участвовать своей активностью в достижении полезного приспособительного результата, только будучи включены в соответствующую функциональную систему. Фактором, определяющим избирательность этих соединений, является биологическая и физиологическая архитектура самой ФС, а критерием эффективности этих объединений является конечный приспособительный результат.

Поскольку для любого живого организма количество возможных поведенческих ситуаций в принципе неограниченно, то, следовательно, одна и та же нервная клетка, мышца, часть какого-либо органа или сам орган могут входить в состав нескольких функциональных систем, в которых они будут выполнять разные функции. Таким образом, при изучении взаимодействия организма со средой единицей анализа выступает целостная, динамически организованная функциональная система.

Типы и уровни сложности ФС. Функциональные системы имеют разную специализацию. Одни осуществляют дыхание, другие отвечают за движение, третьи за питание и т.п. ФС могут принадлежать к различным иерархическим уровням и быть разной степени сложности: одни из них свойственны всем особям данного вида (и даже других видов), например, функциональная система сосания. Другие индивидуальны, т.е. формируются прижизненно в процессе овладения опытом и составляют основу обучения.

Функциональные системы различаются по степени пластичности, т.е. по способности менять составляющие ее компоненты. Например, ФС дыхания состоит преимущественно из стабильных (врожденных) структур и поэтому обладает малой пластичностью: в акте дыхания, как правило, участвуют одни и те же центральные и периферические компоненты. В то же время ФС, обеспечивающая движение тела, пластична и может достаточно легко перестраивать компонентные взаимосвязи (до чего-то можно дойти, добежать, допрыгать, доползти).

Афферентный синтез. Начальную стадию поведенческого акта любой степени сложности, а, следовательно, и начало работы ФС составляет афферентный синтез. Важность афферентного синтеза состоит в том, что эта стадия определяет все последующее поведение организма. Задача этой стадии собрать необходимую информацию о различных параметрах внешней среды. Благодаря афферентному синтезу из множества внешних и внутренних раздражителей организм отбирает главные и на их основе создает цель поведения. Поскольку на выбор такой информации оказывает влияние как цель поведения, так и предыдущий опыт жизнедеятельности, то афферентный синтез всегда индивидуален. На этой стадии происходит взаимодействие трех компонентов: мотивационно-го возбуждения, обстановочной афферентации (т.е. информации о внешней среде) и извлекаемых из памяти следов прошлого опыта. В результате обработки и синтеза этих компонентов принимается решение о том, «что делать» и происходит переход к формированию программы действий, которая обеспечивает выбор и последующую реализацию одного действия из множества потенциально возможных. Команда, представленная комплексом афферентных возбуждений, направляется к периферическим исполнительным органам и воплощается в соответствующее действие. Важной чертой ФС являются ее индивидуальные и меняющиеся требования к афферентации. Именно количество и качество афферентных импульсаций характеризует степень сложности, произвольности или автоматизированности функциональной системы. Акцептор результатов действия. Необходимой частью ФС является акцептор результатов действия — центральный аппарат оценки результатов и параметров еще несовершившегося действия. Таким образом, еще до осуществления какого-либо поведенческого акта у живого организма уже имеется представление о нем, своеобразная

модель или образ ожидаемого результата. В процессе реального действия от «акцептора» идут эфферентные сигналы к нервным и моторным структурам, обеспечивающим достижение необходимой цели. Об успешности или неуспешности поведенческого акта сигнализирует поступающая в мозг эфферентная импульсация от всех рецепторов, которые регистрируют последовательные этапы выполнения конкретного действия (обратная афферентация). Оценка поведенческого акта, как в целом, так и в деталях невозможна без такой точной информации о результатах каждого из действий. Этот механизм является абсолютно необходимым для успешности реализации каждого поведенческого акта. Более того, любой организм немедленно погиб, если бы подобного механизма не существовало.

Каждая ФС обладает способностью к саморегуляции, которая присуща ей как целому. При возможном дефекте ФС происходит быстрая перестройка составляющих ее компонентов, так, чтобы необходимый результат, пусть даже менее эффективно (как по времени, так и по энергетическим затратам), но все же был бы достигнут.

Основные признаки ФС. В заключение приведем следующие признаки функциональной системы, как они были сформулированы П.К.Анохиным:

- 1) ФС, как правило, является центрально-периферическим образованием, становясь, таким образом, конкретным аппаратом саморегуляции. Она поддерживает свое единство на основе циркуляции информации от периферии к центрам и от центров к периферии.
- 2) Существование любой ФС непременно связано с существованием какого-либо четко очерченного приспособительного эффекта. Именно этот конечный эффект определяет то или иное распределение возбуждения и активности по функциональной системе в целом.
- 3) Еще одним абсолютным признаком ФС является наличие рецепторных аппаратов, оценивающих результаты ее действия. В ряде случаев они могут быть врожденными, а в других — выработанными в процессе жизни.
- 4) Каждый приспособительный эффект ФС, т.е. результат какого-либо действия, совершаемого организмом, формирует поток обратных афферентаций, достаточно подробно представляющий все наглядные признаки (параметры) полученных результатов. В том случае, когда при подборе наиболее эффективного результата эта обратная афферентация закрепляет наиболее успешное действие, она становится «санкционирующей» (определяющей) афферентацией.
- 5) Функциональные системы, на основе которых строится приспособительная деятельность новорожденных животных к характерным для них экологическим факторам, обладают всеми указанными выше чертами и архитектурно оказываются созревшими к моменту рождения. Из этого следует, что объединение частей ФС (принцип консолидации) должно стать функционально полноценным на каком-то сроке развития плода еще до момента рождения.

Значение теории ФС для психологии. Начиная с первых своих шагов, теория функциональных систем получила признание со стороны естественнонаучно ориентированной психологии. В наиболее выпуклой форме значение нового этапа в развитии отечественной физиологии было сформулировано А.Р. Лурией (1978).

Он считал, что внедрение теории функциональных систем позволяет по новому подойти к решению многих проблем в организации физиологических основ поведения и психики. Благодаря теории ФС:

- 1) произошла замена упрощенного понимания стимула как единственного возбудителя поведения более сложными представлениями о факторах, определяющих поведение, с включением в их число моделей потребного будущего или образа ожидаемого результата;
- 2) было сформулировано представление о роли «обратной афферентаций» и ее значении для дальнейшей судьбы выполняемого действия, последнее радикально меняет картину, показывая, что все дальнейшее поведение зависит от успехов выполненного действия.
- 3) было введено представление о новом функциональном аппарате, осуществляющем сличение исходного образа ожидаемого результата с эффектом реального действия —

«акцептор» результатов действия.

Тем самым П.К. Анохин вплотную подошел к анализу физиологических механизмов принятия решения, ставшему одним из важнейших понятий современной психологии. Теория ФС представляет образец отказа от тенденции сводить сложнейшие формы психической деятельности к изолированным элементарным физиологическим процессам и попытку создания нового учения о физиологических основах активных форм психической деятельности.

Однако в отечественной литературе неоднократно отмечалось, что универсальная теория функциональных систем нуждается в конкретизации применительно к психологии и требует более содержательной разработки при изучении психики и поведения человека. Весьма основательные шаги в этом направлении были предприняты В.Б. Швырковым (1978, 1989), Ю.И. Александровым (1995, 1997, 1999). Тем не менее было бы преждевременно утверждать, что теория ФС стала главной исследовательской парадигмой в психофизиологии.

Подчеркнем, однако, что в современной психологии основные идеи теории функциональной системы П.К. Анохина постепенно находят все большее применение. На ее основе В.М. Русалов предложил новую концепцию темперамента (1989, 1991), а В.Д. Шадриков (1994, 1997) и В.Н. Дружинин (1990, 1998) разрабатывают теорию способностей.

1.4.2. Системный подход к проблеме индивидуальности

Соотношение понятий «индивид», «организм», «личность», «индивидуальность» традиционно относятся к числу наиболее дискуссионных вопросов психологии. Введение системного подхода позволило по-новому подойти к решению этой проблемы, выдвинув на первый план представление об индивидуальности и ее структуре. Основные идеи и положения в этом направлении были сформулированы в трудах В.С. Мерлина, Б.Ф. Ломова, К.К. Платонова, И.В. Равич-Щер'бо, В.М. Русалова.

Структура индивидуальности. Изучение структуры индивидуальности человека с позиций системного подхода диктует необходимость рассматривать последнюю как многоуровневую, иерархическую систему» в которой выделяется различное число уровней, относящихся к особенностям человека как организма, индивида и личности.

Например, К.К. Платонов (1986) предлагает выделять следующие органически е уровни индивидуальности: сомато-морфологический, биохимический, физиологический. В психологической сфере он выделяет процессуальную психическую индивидуальность, в известной степени, общую у человека и животных, и содержательную психическую индивидуальность, являющуюся продуктом его взаимодействия с миром. Третий психический уровень — это социально-психологическая индивидуальность, свойственная только человеку.

В наиболее общем виде проблема соотношения индивида, личности и индивидуальности была разработана В.С. Мерлиным (1986). По его представлениям понятия «индивид» (организм) и «личность» включаются в более обобщенное понятие «индивидуальность», которая рассматривается как иерархически упорядоченная система свойств всех ступеней развития. Данная система охватывает все уровни существования человека от свойств организма: а) биохимических, б) общесоматических, в) свойств нервной системы (нейродинамических) через уровень индивидуальных психических свойств: а) психодинамических (свойства темперамента), б) психических свойств личности к социально-психологическим, индивидуальным свойствам. Сама интегральная индивидуальность определяется им как «целостная характеристика индивидуальных свойств человека».

В.С. Мерлин сформулировал ряд принципов изучения интегральной индивидуальности:

1. Принцип системности. Индивидуальные свойства должны рассматриваться не сами по себе, а в зависимости от интегральной индивидуальности*.
2. Принцип иерархичности, согласно которому низшие уровни обуславливают высшие, и

сами изменяются в зависимости от них.

3. Принцип снятия, согласно которому закономерности низших уровней видоизменяются в зависимости от связи с высшими, причем при вступлении в связь с высшими уровнями явления низших приобретают новое системное качество.

В.С. Мерлин детально охарактеризовал специфику системного подхода к исследованию интегральной индивидуальности. Особое внимание он уделил принципу детерминизма, подчеркивая, что каузальной, причинно-следственной детерминации недостаточно, чтобы объяснить функционирование большой системы, включающей в себя уровни: биохимический, нервной системы, темперамента, личности, метаиндивидуальности (личностных статусов).

Различные подходы к структуре индивидуальности приводят к выделению разных, нередко достаточно дробных уровней и подуровней. Предметом особой детализации является зона между физиологическим и психологическим уровнями. Так, например, широко принято (хотя и с некоторыми терминологическими различиями) разделение психодинамического и психосодержательного уровней.

Логично считать, что динамические характеристики, т.е. формальные параметры поведения в большей степени должны зависеть от особенностей функционирования нервного субстрата и соответственно в иерархии индивидуальности занимать подчиненное место по отношению к психосодержательному уровню. Наряду с психодинамическим в литературе фигурирует еще один уровень — нейродинамический. Его отделение от психодинамического базируется на представлении о существовании особой категории нервных процессов, не связанных непосредственно с обеспечением психического. Однако критерии разделения указанных категорий нервных процессов не всегда могут быть использованы при оценке эмпирических методик, которые применяются для дифференцированной диагностики этих уровней.

Избежать этого, на наш взгляд, можно, выделяя отдельно психофизиологический и психологический уровни. В этом случае нейродинамический и психодинамический уровни фактически входят в психофизиологический, но сфера проявлений последнего шире, поскольку этот уровень характеризует не только формально-динамические процессы работы головного мозга и психики, но и качественное своеобразие их протекания.

Межуровневые связи. Описанные выше уровни в структуре индивидуальности существуют в тесном взаимодействии друг с другом. По утверждению В.С. Мерлина между уровнями имеются не только однооднозначные, но и много-многозначные связи, когда каждая характеристика одного уровня связана с многими характеристиками другого и наоборот. В свою очередь Б.Ф. Ломов (1984) выдвигает понятие связи на первый план, предлагая рассматривать индивидуальность как «систему многомерных и многоуровневых связей, охватывающих все совокупности условий и устойчивых факторов индивидуального развития отдельного человека». И это закономерно, поскольку понятие связи является ключевым для системных исследований. Предполагается, что системность объекта полнее всего раскрывается через его связи и их типологию.

Изучение межуровневых связей в структуре индивидуальности сопряжено с рядом проблем, и среди них, в первую очередь, определение их направленности и установление причинно-следственных отношений. Одним из широко распространенных в психофизиологии исследовательских приемов является установление связей путем вычисления корреляций между физиологическими характеристиками (например, параметры энцефалограммы) и психологическими (например, показатели умственного развития). В этом случае, как правило, говорят о поиске «коррелятов» психических функций и процессов на уровне биоэлектрической активности мозга. Исследования такого типа настолько распространены, что В.Б. Швырков выделил их в особое направление, назвав его «коррелятивной» психофизиологией.

Поиск коррелятов в большинстве случаев можно расценивать как своеобразный

психофизиологический «пилотаж»: результаты таких исследований, как правило, очерчивают зону для более углубленного поиска. Суть в том, что наличие корреляционной связи не дает основания для установления причинно-следственных отношений. Например, наличие значимого коэффициента корреляции между показателем интеллекта и параметром ЭЭГ не дает ответа на вопрос, за счет чего возникает такая связь: интеллект ли определяет характер энцефалограммы, или наоборот. Для ответа на подобный вопрос требуются иные приемы и способы анализа.

Методологически это решается путем анализа способов организации уровней. Большинство исследователей считают, что уровни в структуре индивидуальности организованы иерархически.

Понятие иерархии предусматривает расположение частей или элементов целого в порядке от низшего к высшему. При этом предполагается, что каждый вышележащий уровень наделен особыми полномочиями по отношению к нижележащим. Применительно к человеческой индивидуальности такое понимание иерархии требует установления отношений доминирования — подчинения и выделения управляющих и управляемых уровней. По этой логике психологический уровень, будучи вышележащим, выступает как управляющий по отношению к процессам, происходящим на нижележащих — психофизиологическом, физиологическом и других уровнях. Следовательно, в приведенном выше примере именно интеллект должен определять параметры энцефалограммы.

Однако, возможен и другой альтернативный принцип взаимодействия уровней — гетерархия, в соответствии с которым, ни за одним из уровней не зафиксирована постоянная роль ведущего и допускается коалиционное объединение высших и низших уровней в единую систему действия. При этом считается возможным совместное или поочередное управление процессами, происходящими в живой системе на том или ином этапе ее жизнедеятельности. Применительно к индивидуальности человека это означает, что физиологический и психологический (а также все другие) уровни действуют в тесной взаимосвязи, совместно определяя специфические особенности каждого уровня.

Значение системной модели индивидуальности. Несмотря на видимую абстрактность изложенных представлений, они имеют реальное значение для теоретического обоснования психофизиологических исследований и интерпретации результатов. Выше были изложены современные представления о взаимоотношении психического и физиологического (см. п. 1.3). Множество фактов свидетельствует о том, что между психическим и соматическим существуют причинно-следственные связи, которые имеют двухстороннюю направленность: психическое влияет на физиологическое и наоборот.

Подобная взаимосвязь приобретает логическую обоснованность в том случае, если рассматривать индивидуальность как систему (включающую физиологический, психологический и другие уровни) с гетерархическим типом межуровневого взаимодействия. Только при таком подходе получают объяснение феномены изменения физиологических показателей под влиянием психических изменений, и напротив, изменения в психике человека под влиянием воздействий на его тело. Некоторые из конкретных механизмов такого взаимодействия изучены достаточно хорошо.

Итак, целостность индивидуальности лежит в основе того факта, что любое воздействие (например, прием химического препарата, изменение атмосферного давления, шум на улице, неприятные известия и т.п.) хотя бы на один из уровней (биохимический, физиологический, психологический и др.) неизбежно приводит к откликам на всех других уровнях и изменяет текущее состояние организма человека, его психическое состояние, а, возможно, и поведение. Реализация принципа целостности обязывает исследователей рассматривать различные аспекты индивидуальности во всем многообразии их взаимосвязей и взаимодействия.

1.4.3. Информационная парадигма

Практически одновременно с внедрением системного подхода в психофизиологию, началась ее интенсивная компьютеризация. Этот процесс имел далеко идущие последствия. Кроме технических новшеств, выразившихся в возможности резко расширять объемы экспериментальных исследований и разнообразить способы статистической обработки данных, она привела к возникновению феномена «компьютерной метафоры».

Значение компьютерной метафоры. Смысл метафоры состоит в том, что человек рассматривается как активный преобразователь информации, и его главным аналогом считается компьютер. Значение метафоры в изучении психологических и мозговых механизмов переработки информации выходит за рамки удачной аналогии. Фактически она создала новые исходные посылки для изучения этих механизмов, заменив, по образному утверждению одного психолога, «представление об энергетическом обмене со средой на представление об информационном обмене». Этот шаг явился весьма прогрессивным, поскольку ранее в физиологических исследованиях основной упор делался на изучение энергетического обмена со средой.

Информационная парадигма. Впервые в отечественной психологии понятие информации для изучения строения когнитивной сферы и анализа психофизиологической проблемы привлек Л.М. Веккер (1976). Он исходил из того, что психические процессы можно рассматривать как частные формы информации, и считал необходимым использовать кибернетический понятийный аппарат для построения единой теории психических процессов. По Веккеру все виды образов — элементарные сенсорные, сенсорно-перцептивные, собственно перцептивные и вторичные (представления) — организованы в соответствии с иерархической матрицей частных форм пространственно-временного изоморфизма сигналов по отношению к источнику. Инвариантное воспроизведение в сигналах-образах пространственно-временной структуры их объектов и делает образы частной формой кодов. Л.М. Веккер полагал, что информационный подход может стать общей концептуальной основой для построения единой теории психических процессов, охватывающей разные уровни и формы их организации.

Фундаментальную разработку идеи информационного подхода получили в философских трудах Д.И. Дубровского (1986,1990). Он не ограничивает теоретические аспекты применения информационной парадигмы изучением природы когнитивного функционирования. С его точки зрения информационная парадигма приобретает определяющее значение в анализе психофизиологической проблемы. Он подчеркивает, что понятие информации, условно говоря, является двумерным, поскольку фиксирует и содержание информации, и ее кодовую форму. Это дает возможность в едином концептуальном плане отразить как специфику содержания (семантические и прагматические аспекты информации), так и свойства того материального носителя, в котором воплощена данная информация. Хотя информация не существует вне своего материального носителя, она всегда выступает в качестве его свойства и не зависит от субстратно-энергетических и пространственно-временных свойств своего носителя. Последнее обстоятельство позволяет некоторым исследователям говорить об «информационном снятии» психофизиологической проблемы.

Когнитивная психофизиология. Экспериментальное воплощение информационной парадигмы осуществляется в многочисленных исследованиях, выполненных в русле когнитивной психологии, которая изучает закономерности переработки информации человеком.

В этой же логике действует направление, именуемое когнитивной психофизиологией, предметом исследования которого являются мозговые механизмы переработки информации. Принципиальным является тот факт, что информационный подход позволяет анализировать мозговые процессы и психические явления, т.е. явления двух разных уровней, в едином концептуальном плане.

Как известно, физиология ВНД оперирует такими понятиями, как временная связь,

возбуждение, торможение и т.д. Они мало совместимы с психологическими категориями (такими, как восприятие, память, мышление). Именно поэтому психофизиологический анализ на основе подобных физиологических понятий малопродуктивен. Использование терминов и понятий информационного подхода (например, сенсорный анализ, принятие решения и др.) применительно к физиологическим процессам открывает путь для более содержательной их интерпретации, ориентированной на выявление физиологических механизмов познавательной деятельности человека.

Последнее оказалось возможным благодаря появлению новых электрофизиологических методов, в первую очередь, регистрации вызванных и событийно-связанных потенциалов. Эти методы позволили вплотную подойти к изучению физиологических механизмов отдельных стадий процесса переработки информации: сенсорного анализа, мобилизации внимания, формирования образа, извлечения эталонов памяти, принятия решения и т.д. Изучение временных параметров электрофизиологических реакций на стимулы разного типа и в различающихся условиях впервые сделало возможным хронометрирование, т.е. оценку длительности протекания отдельных стадий процесса переработки информации непосредственно на уровне мозгового субстрата. И как следствие возникла область исследований, получившая названия хронометрия процессов переработки информации.

Наряду с когнитивной психофизиологией возник новый раздел нейробиологии — нейроинформатика. Как и когнитивная психофизиология, нейроинформатика фактически представляет собой применение компьютерной метафоры для анализа механизмов переработки информации в мозге человека и животных. Она определяется как наука, изучающая теоретические принципы переработки информации в нейронных сетях мозга человека и животных.

1.4.4. Межнейронное взаимодействие и нейронные сети

В соответствии с системным подходом объединения нейронов могут приобретать свойства, которых нет у отдельных нервных клеток. Поэтому объединения нейронов и их свойства представляют особый предмет анализа в нейро- и психофизиологии. Так, например, американский исследователь В. Маункасл (1981) предлагает в качестве своеобразной «единицы» нейрофизиологического обеспечения информационного процесса «элементарный модуль обработки информации» — колонку нейронов, настроенных на определенный параметр сигнала. Совокупность миниколонок, в каждой из которых представлен определенный параметр сигнала, образуют макроколонку, которая соответствует определенному участку внешнего пространства. Таким образом, для каждого участка внешнего мира осуществляется параллельный анализ свойств представленного там сигнала.

Предполагаемая роль межнейронного взаимодействия настолько значительна, что легла в основу представления об особой функциональной единице — «дендроне», который представляет морфо-функциональную основу генерации «психона» — элементарной единицы психического. То и другое образование носит гипотетический характер, и представляет интерес постольку, поскольку отражает настоящую потребность исследователей мозга в выделении сопоставимых физиологических и психологических единиц анализа.

Нейронная сеть. Важной единицей функциональной активности ЦНС считается элементарная нейронная сеть. Принципы кооперативного поведения нейронов в сети предполагают, что совокупность взаимосвязанных элементов обладает большими возможностями функциональных перестроек, т.е. на уровне нейронной сети происходит не только преобразование входной информации, но и оптимизация межнейронных отношений, приводящая к реализации требуемых функций информационно-управляющей системы. Одним из первых идею сетевого принципа в организации нейронов выдвинул Д.Хебб, позднее появились работы В.Мак-Каллоха и К.Питса, посвященные сетям формальных нейронов.

В отечественной психофизиологии начальным этапом в изучении нервных сетей явились работы Г.И. Полякова (1965), который с эволюционных позиций охарактеризовал принципы возникновения и функционирования нейронной сети, выделив элементарное координационное устройство как прототип сетевой «единицы».

Типы сетей. В настоящее время сетевой принцип в обеспечении процессов переработки информации получает все большее распространение. В основе этого направления лежат идеи о сетях нейроноподобных элементов, объединение которых порождает новые системные (эмерджентные) качества, не присущие отдельным элементам этой сети.

По характеру организации в нервной системе чаще всего выделяют три типа сетей: иерархические, локальные и дивергентные. Первые характеризуются свойствами конвергенции (несколько нейронов одного уровня контактируют с меньшим числом нейронов другого уровня) и дивергенции (нейрон нижележащего уровня контактирует с большим числом клеток вышележащего уровня). Благодаря этому информация может многократно фильтроваться и усиливаться. Наиболее характерен такой тип сетей для строения сенсорных и двигательных путей. Сенсорные системы организованы по принципу восходящей иерархии: информация поступает от низших центров к высшим. Двигательные, напротив, организованы по принципу нисходящей иерархии: из высших корковых центров команды поступают к исполнительным элементам (мышцам). Иерархические сети обеспечивают очень точную передачу информации, однако, выключение хотя бы одного звена (например, в результате травмы) приводит к нарушению работы всей сети.

В локальных сетях поток информации удерживается в пределах одного иерархического уровня, оказывая на нейроны-мишени возбуждающее или тормозящее действие, что позволяет модулировать поток информации. Таким образом, нейроны локальных сетей действуют как своеобразные фильтры, отбирая и сохраняя нужную информацию. Предполагается, что подобные сети имеются на всех уровнях организации мозга. Сочетание локальных сетей с дивергентным или конвергентным типом передачи может расширять или сужать поток информации.

Дивергентные сети характеризуются наличием нейронов, которые, имея один вход, на выходе образуют контакты с множеством других нейронов. Таким путем эти сети могут влиять одновременно на активность множества элементов, которые при этом могут быть связаны с разными иерархическими уровнями. Являясь интегративными по принципу строения, эти сети, по-видимому, выполняют централизованную регуляцию и управление динамикой информационного процесса.

Векторная психофизиология. По мере развития представлений о строении и функционировании сетей разного типа наблюдается интеграция этих исследований и информационного подхода. Примером служит векторная психофизиология — новое направление, основанное на представлениях о векторном кодировании информации в нейронных сетях (Е.Н.Соколов, 1995). Предполагается, что этот подход открывает возможности для интеграции нейронных механизмов и закономерностей протекания психических процессов в единую непротиворечивую модель. Суть векторного кодирования заключается в следующем: в нейронных сетях внешнему стимулу ставится в соответствие вектор возбуждения — комбинация возбуждений элементов нейронного ансамбля. При этом ансамблем считается группа нейронов с общим входом, конвергирующая на одном или нескольких нейронах более высокого уровня. Различие между сигналами в нервной системе кодируется абсолютной величиной разности тех векторов возбуждения, которые эти стимулы генерируют. Управление реакциями осуществляется также комбинациями возбуждений, генерируемых командными нейронами. Например, выполненные в этой логике исследования цветового зрения человека показывают, что воспринимаемый цвет определяется направлением фиксированного четырехкомпонентного вектора возбуждения (Соколов, Измайлов, 1996).

Интенсивное развитие сетевые модели переработки информации получили в нейрокибернетике и так называемом коннекционизме. Высокий уровень абстракции и использование формального математического аппарата в этих моделях далеко не всегда опирается на реальное физиологическое содержание и в целом меняет плоскость анализа, переводя его из системы физиологических понятий в систему условных категорий с условными свойствами. Тем не менее исследования в этой области продвигаются весьма успешно и порождают такие модели как, например, нейроинтеллект.

1.4.5. Системный подход к решению психофизиологической проблемы

Применение системного подхода к изучению проблемы «мозг — психика» стали реальностью во второй половине XX века, однако идеи о функциональном единстве мозга и его связи с поведением и психикой появились более 100 лет назад.

История проблемы. Уже в конце прошлого века в основном в русле клинической неврологии, стали высказываться идеи о единстве функционирования частей мозга и связи этого единства с умственными возможностями человека. Так, например, Ф.Голтс (1881) утверждал, что местоположение ума следует искать во всех частях коры, точнее во всех отделах мозга. Широкую известность получили проведенные в начале века эксперименты К.Лешли и его концепция о структурной организации поведения. По результатам опытов на животных и клиническим наблюдениям Лешли сформулировал положение о том, что в коре мозга нет такого поля, которое бы не принимало участия в осуществлении «интеллектуальных функций».

В отечественной науке одним из первых высказал идею системной организации мозга Л.С. Выготский. Еще в 1934 г. он писал: «... функция мозга как целого... представляет собой продукт интегральной деятельности расчлененных, дифференцированных и снова иерархически объединенных между собой функций отдельных участков мозга ...» и далее «специфическая функция каждой особой межцентральной системы заключается, прежде всего, в обеспечении совершенно новой продуктивной, а не только тормозящей и возбуждающей деятельности низших центров, формы сознательной деятельности.» (цит. по Л.С. Выготский, 1982, Т.1). Впоследствии эти идеи Л.С. Выготского получили продуктивное развитие в трудах А.Р. Лурии, который создал теорию системной динамической локализации высших психических функций в коре больших полушарий. Эта теория получила прекрасное воплощение в контексте нейропсихологии. Однако, видимо, благодаря своей клинической ориентации теория А.Р. Лурии не получила должного отклика в физиологии ВНД.

Следует также подчеркнуть, что идеи о системном строении мозговых и психических функций были высказаны Л.С.Выготским, а позднее и А.Р. Лурией в то время, когда в исследованиях мозга безраздельно царила павловская физиология, сосредоточенная на изучении функциональных единиц поведения — рефлексов и их мозговой организации. Значительно преуспев в познании относительно элементарных процессов и функций, господствовавшая физиология столкнулась, однако, с чрезвычайными трудностями, обратившись к сложным формам поведения. Тем не менее аспект целостности функционирования мозга «отпугивал» большинство физиологов своим якобы «сверхъестественным» содержанием, навязанным идеями гештальтизма. В результате, как отмечает Н.Ю.Беленков (1980) целостность мозга как предмет исследования надолго ушла из поля зрения физиологии.

Мозг как система систем. Широкое внедрение системного подхода в физиологию изменило методологию и логику научных исследований. В настоящее время большинство нейрофизиологов считает, что мозг представляет собой «сверхсистему», состоящую из множества систем и сетей взаимосвязанных нервных клеток. Причем выделяется два уровня существования систем (микроуровень и макроуровень) и соответственно два типа систем: микро- и макросистемы (Бехтерева, 1999).

Микроуровень представляет совокупность популяций нервных клеток, осуществляющих относительно элементарные функции. Примером микросистемы может

служить нейронный модуль — вертикально организованная колонка нейронов и их отростков (см. главу 1.4.4). Одинаковые по своим функциям модули объединяются в макросистемы. Микросистемы сопоставимы с отдельными структурными образованиями мозга. Например, отдельные зоны коры больших полушарий, имеющие разное клеточное строение (ци-тоархитектонику), представляют разные макросистемы.

2 Введение

Методология системного подхода находит свое отражение в конкретных экспериментальных исследованиях. Соответственно изучаются системы двух типов: микро и макро.

В первом случае предметом анализа является интеграция и консолидация систем применительно к нейрональным элементам с учетом специфичности тех функций, которые выполняют нейроны в системном обеспечении поведения и психики. Во втором случае проводится исследование интегративной деятельности на уровне мозга как целого с учетом топографического фактора, т.е. специфики участия отдельных структур мозга в обеспечении тех или иных психических функций и процессов. Здесь главное место занимает регистрация биоэлектрической активности отдельных структур мозга и оценка взаимодействия активности разных отделов мозга с помощью специальных показателей (см. главу 2.3).

Независимо от того, какой уровень представляет система — микро или макро, единым является общий принцип взаимодействия: при объединении (консолидации) элементов в систему возникают качества или свойства, не присущие отдельным элементам. В консолидированной системе изменение одного из элементов влечет за собой изменения всех остальных элементов, а следовательно, и системы в целом.

Системная психофизиология. Итак, в соответствии с одним из главных принципов системного подхода — принципом целостности свойства целого мозга не сводимы к свойствам отдельных его частей (будь это нейроны, отделы мозга, или функциональные системы). В связи с этим встает задача связать отдельные структуры или элементы мозга в системные организации и определить новые свойства этих организаций по сравнению с входящими в них структурными компонентами. Таким образом, применение системного подхода диктует необходимость сопоставлять психические явления не с частичными нейрофизиологическими процессами, а с их целостной структурной организацией.

Новое экспериментальное направление — системная психофизиология (Швырков, 1989; Александров, 1997, 1999) ставит своей задачей изучение систем и межсистемных отношений, составляющих и обеспечивающих психику и поведение человека. Согласно мнению авторов этой концепции, системное решение психофизиологической проблемы обеспечивается за счет информационного сопоставления психических и нейрофизиологических процессов. При этом психические процессы отвечают за поведение организма как целого. В то же время нейрофизиологические процессы протекают на уровне отдельных элементов (нейронов и нейронных сетей). Таким образом, психические явления сопоставляются не с элементарными физиологическими явлениями, а только с процессами их организации. «При этом, — как пишет Ю.И. Александров, психологическое и физиологическое описание поведения и деятельности оказываются частными описаниями одних и тех же системных процессов» (Александров, 1997. С. 293). Основная парадигма, в контексте которой ведутся исследования этого направления (причем преимущественно на животных) связана с изучением активного приспособительного поведения, а теория функциональной системы служит их теоретической основой. Причем психика в этом контексте оказывается «системой взаимосвязанных функциональных систем».

Подобное решение психофизиологической проблемы позволяет избежать следующих методологических ошибок:

1) отождествления психического и физиологического, т.к. согласно этой концепции психическое возникает только при организации физиологических процессов в систему;

- 2) психофизиологического параллелизма, согласно которому психическое и физиологическое существуют параллельно;
- 3) и наконец, ошибки, рассматривающей психическое и физиологическое во взаимодействии, поскольку психическое и физиологическое являются лишь различными сторонами, аспектами анализа единых системных процессов.

Более детальный анализ основных теоретических представлений и исследований, выполненных в русле системной психофизиологии представлен в книгах «Основы психофизиологии» (1997) и «Современная психология» (1999).

Глава вторая

2. Методы психофизиологии

В этом разделе будут представлены систематика, способы регистрации и значение физиологических показателей, связанных с психической деятельностью человека. Психофизиология — экспериментальная дисциплина, поэтому возможности психофизиологических исследований в значительной степени определяются совершенством и разнообразием применяемых диагностических средств. Адекватный выбор методики, правильное использование ее показателей и соответствующее разрешающим возможностям методики истолкование полученных результатов являются условиями, необходимыми для проведения успешного психофизиологического исследования.

2.1. Методы изучения работы головного мозга

Центральное место в ряду методов психофизиологического исследования занимают различные способы регистрации электрической активности центральной нервной системы и, в первую очередь, головного мозга.

2.1.1. Электроэнцефалография

Электроэнцефалография — метод регистрации и анализа электроэнцефалограммы (ЭЭГ), т.е. суммарной биоэлектрической активности, отводимой как с поверхности черепа, так и из глубоких структур мозга. У человека последнее возможно лишь в клинических условиях.

В 1929 году австрийский психиатр Х. Бергер обнаружил, что с поверхности черепа можно регистрировать «мозговые волны». Он установил, что электрические характеристики этих сигналов зависят от состояния испытуемого. Наиболее заметными были синхронные волны относительно большой амплитуды с характерной частотой около 10 циклов в секунду. Бергер назвал их альфа-волнами и противопоставил их высокочастотным бета-волнам, которые проявляются, тогда, когда человек переходит в более активное состояние. Открытие Бергера привело к созданию электроэнцефалографического метода изучения мозга, состоящего в регистрации, анализе и интерпретации биотоков мозга животных и человека.

Одна из самых поразительных особенностей ЭЭГ — ее спонтанный, автономный характер. Регулярная электрическая активность мозга может быть зафиксирована уже у плода (т.е. до рождения организма) и прекращается только с наступлением смерти. Даже при глубокой коме и наркозе наблюдается особая характерная картина мозговых волн. На сегодняшний день ЭЭГ является наиболее перспективным, но пока еще наименее расшифрованным источником данных для психофизиологов.

Условия регистрации и способы анализа ЭЭГ. В стационарный комплекс для регистрации ЭЭГ и ряда других физиологических показателей входит звукоизолирующая экранированная камера, оборудованное место для испытуемого, моноканальные усилители, регистрирующая аппаратура (чернилопишущий энцефалограф, многоканальный магнитофон). Обычно используется от 8 до 16 каналов регистрации ЭЭГ от различных участков поверхности черепа одновременно. Анализ ЭЭГ осуществляется как визуально, так и с помощью ЭВМ. В последнем случае необходимо специальное программное обеспечение.

По частоте в ЭЭГ различают следующие типы ритмических составляющих: дельта-ритм (0,5— 4 гц); тета-ритм (5 — 7 гц); альфа-ритм (8 —13 гц) — основной ритм ЭЭГ,

преобладающий в состоянии покоя; мю-ритм — по частотно-амплитудным характеристикам сходен с альфа-ритмом, но преобладает в передних отделах коры больших полушарий; бета-ритм (15 — 35 гц); гамма-ритм (от 35 гц и по оценкам разных авторов до 200 гц или даже до 500 гц) (рис. 2.1). Гамма-ритм имеет широкое представительство в различных структурах мозга, причем не только у человека, но и у Животных. Считается, что гамма-ритм принимает непосредственное участие в сенсорных и когнитивных процессах.

Альфа-волна — одиночное двухфазовое колебание разности потенциалов длительностью 75 —125 мс, по форме приближается к синусоидальной

Альфа-ритм — ритмическое колебание потенциалов с частотой 8—13 Гц, выражен чаще в задних отделах мозга при закрытых глазах в состоянии относительного покоя, средняя амплитуда 30—40 мкВ, обычно модулирован в веретена

Бета-волна — одиночное двухфазовое колебание потенциалов длительностью менее 75 мс и амплитудой 10—15 мкВ (не более 30)

Бета-ритм — ритмическое колебание потенциалов с частотой 14—35 Гц. Лучше выражен в лобно-центральных областях мозга

Дельта-волна — одиночное двухфазное колебание разности потенциалов длительностью более 250 мс

Дельта-ритм — ритмическое колебание потенциалов с частотой 1—3 Гц и амплитудой от 10 до 250 мкВ и более

Тета-волна —одиночное, чаще двухфазное колебание разности потенциалов длительностью 130—250 мс

Тета-ритм — ритмические колебания потенциалов с частотой 4—7 Гц, чаще двусторонние синхронные, амплитудой 100—200 мкВ, иногда с веретенообразной модуляцией, особенно в лобной области

50мкВ

•-о

1с [50мкВ

1с | 50 мкВ



1с

50мкВ

Рис. 2.1 Основные ритмы и параметры энцефалограммы

Следует подчеркнуть, что подобное разбиение ритмических составляющих ЭЭГ на группы достаточно произвольно и не соответствует никаким физиологическим категориям. Зарегистрированы и более медленные частоты электрических потенциалов головного мозга вплоть до периодов порядка нескольких часов и суток. Запись по этим частотам выполняется с помощью ЭВМ.

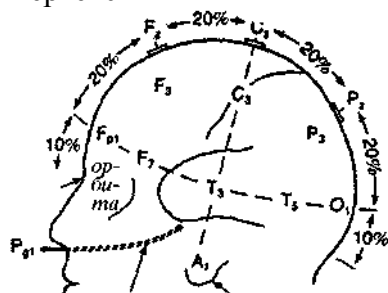
Другая важная характеристика электрических потенциалов мозга — амплитуда, т.е. величина колебаний. Амплитуда и частота колебаний связаны друг с другом. Например, амплитуда высокочастотных бета-волн у одного и того человека может быть почти в 10 раз ниже амплитуды более медленных альфа-волн.

Важное значение при регистрации ЭЭГ имеет расположение электродов, при этом электрическая активность одновременно регистрируемая с различных точек головы может сильно различаться. При записи ЭЭГ используют два основных метода: биполярный и монополярный. В первом случае оба электрода помещаются в электрически активные точки скальпа, во втором один из электродов располагается в точке, которая условно считается электрически нейтральной (мочка уха, переносица). При биполярной записи регистрируется ЭЭГ, представляющая результат взаимодействия двух электрически активных точек (например, лобного и затылочного отведений), при монополярной записи

— активность какого-то одного отведения относительно электрически нейтральной точки (например, лобного или затылочного отведения относительно мочки уха). Выбор того или иного варианта записи зависит от целей исследования. В исследовательской практике шире используется монополярный вариант регистрации, поскольку он позволяет изучать изолированный вклад работы той или иной зоны мозга в изучаемый процесс.

Международная федерация обществ электроэнцефалографии приняла так называемую систему «10-20», позволяющую точно указывать расположение электродов (рис.2.2). В соответствии с этой системой, у каждого испытуемого точно измеряют расстояние между серединой переносицы (назионом) и твердым костным бугорком на затылке (инионом), а также между левой и правой ушными ямками. Возможные точки расположения электродов разделены интервалами, составляющими 10% или 20% этих расстояний на черепе. При этом для удобства регистрации весь череп разбит на области, обозначенные буквами: Р — лобная, О затылочная область, Т — теменная, С — височная, А — область центральной борозды. Нечетные номера мест отведения относятся к левому, а четные — к правому полушарию. Символом Сг — обозначается отведение от вершины черепа. Это место называется вертексом, и его используют особенно часто.

Вертекс



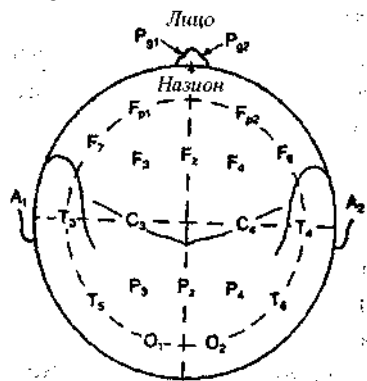
Назион

Мочка уха

фарингеальное

отведение

Итон



Инион

Рис. 2.2 Система «10—20» (Мазрег, 1958).

Расположение электродов на поверхности головы. Р — лобная область, С — центральная, Р — теменная, Т — височная, О — затылочная. Нечетные индексы — левая половина головы, четные индексы — правая, 2 — средняя линия.

Клинический и статический методы изучения ЭЭГ. С момента возникновения выделились и продолжают существовать как относительно самостоятельные два подхода к анализу ЭЭГ: визуальный (клинический) и статистический. Как правило, визуальный анализ ЭЭГ используется в диагностических целях. Электрофизиолог, опираясь на определенные способы такого анализа ЭЭГ, решает следующие вопросы. Соответствует ли ЭЭГ общепринятым стандартам нормы, если нет, то какова степень отклонения от нормы, обнаруживаются ли у пациента признаки очагового поражения мозга и какова

локализация очага поражения. Клинический анализ ЭЭГ всегда строго индивидуален и носит преимущественно качественный характер. Несмотря на то, что существуют общепринятые в клинике приемы описания ЭЭГ, клиническая интерпретация ЭЭГ в большей степени зависит от опыта электрофизиолога, его умения «читать» электроэнцефалограмму, выделяя в ней скрытые и нередко очень вариативные патологические признаки.

Следует, однако, подчеркнуть, что в широкой клинической практике грубые макроочаговые нарушения или другие отчетливо выраженные формы патологии ЭЭГ встречаются редко. Чаще всего (70 — 80% случаев) наблюдаются диффузные изменения биоэлектрической активности мозга с симптоматикой, трудно поддающейся формальному описанию. Между тем именно эта симптоматика может представлять особый интерес для анализа того контингента испытуемых, которые входят в группу так называемой «малой» психиатрии — состояний, граничащих между «хорошей» нормой и явной патологией. Именно по этой причине сейчас предпринимаются особые усилия по формализации и даже ведутся разработки компьютерных программ для анализа клинической ЭЭГ. В этой связи особый интерес представляет разработка математиком А. П. Кулаичевым электрофизиологического компьютерного пакета «СОКАМ 3.0» для \Ушс1o\y\$, позволяющего комплексно исследовать при помощи современных статистических методов не только ЭЭГ, но и другие электрофизиологические показатели, такие как ВП, ЭКГ, ЭМГ и др. (Кулаичев, 1998).

Статистические методы исследования электроэнцефалограммы исходят из того, что фоновая ЭЭГ стационарна и стабильна. Дальнейшая обработка в подавляющем большинстве случаев опирается на преобразование Фурье, смысл которого состоит в том, что волна любой сложной формы математически идентична сумме синусоидальных волн разной амплитуды и частоты.

Преобразование Фурье, позволяет преобразовать волновой паттерн фоновой ЭЭГ в частотный и установить распределение мощности по каждой частотной составляющей. С помощью преобразования Фурье самые сложные по форме колебания ЭЭГ можно свести к ряду синусоидальных волн с разными амплитудами и частотами. На этой основе выделяются новые показатели, расширяющие содержательную интерпретацию ритмической организации биоэлектрических процессов.

Например, специальную задачу составляет анализ вклада или относительной мощности разных частот, которая зависит от амплитуд синусоидальных составляющих. Она решается с помощью построения спектров мощности. Последний представляет собой совокупность всех значений мощности ритмических составляющих ЭЭГ, вычисляемых с определенным шагом дискретизации (в размере десятых долей герца). Спектры могут характеризовать абсолютную мощность каждой ритмической составляющей (рис.2.3) или относительную, т.е. выраженность мощности каждой составляющей (в процентах) по отношению к общей мощности ЭЭГ в анализируемом отрезке записи.

По оси абсцисс — частота в Гц; по оси ординат — спектральные плотности в логарифмической шкале (по О. БуЙсеп $\epsilon(a!., 1974)$). На рисунке хорошо видно, что максимальное значение спектральной мощности приходится на частоту альфа-ритма. Спектры мощности ЭЭГ можно подвергать дальнейшей обработке, например, корреляционному анализу, при этом вычисляют авто- и кросскорреляционные функции, а также когерентность. Последняя характеризует меру синхронности частотных диапазонов ЭЭГ в двух различных отведениях. Когерентность изменяется в диапазоне от +1 (полностью совпадающие формы волны) до 0 (абсолютно различные формы волн). Такая оценка проводится в каждой точке непрерывного частотного спектра или как средняя в пределах частотных поддиапазонов.

При помощи вычисления когерентности можно определить характер внутри- и межполушарных отношений показателей ЭЭГ в покое и при разных видах деятельности. В частности, с помощью этого метода можно установить ведущее полушарие для конкрет-

ной деятельности испытуемого, наличие устойчивой межполушарной асимметрии и др. Благодаря этому спектрально-корреляционный метод оценки спектральной мощности (плотности) ритмических составляющих ЭЭГ и их когерентности является в настоящее время одним из наиболее распространенных.

Источники генерации ЭЭГ. Парадоксально, но собственно импульсная активность нейронов не находит отражения в колебаниях электрического потенциала, регистрируемого с поверхности черепа человека. Причина в том, что импульсная активность нейронов не сопоставима с ЭЭГ по временным параметрам. Длительность импульса (потенциала действия) нейрона составляет не более 2 мс. Временные параметры ритмических составляющих ЭЭГ исчисляются десятками и сотнями миллисекунд.

Принято считать, что в электрических процессах, регистрируемых с поверхности открытого мозга или скальпа, находит отражение синаптическая активность нейронов. Речь идет о потенциалах, которые возникают в постсинаптической мембране нейрона, принимающего импульс. Возбуждающие постсинаптические потенциалы имеют длительность более 30 мс, а тормозные постсинаптические потенциалы коры могут достигать 70 мс и более. Эти потенциалы (в отличие от потенциала действия нейрона, который возникает по принципу «все или ничего») имеют градуальный характер и могут суммироваться.

Несколько упрощая картину, можно сказать, что положительные колебания потенциала на поверхности коры, связаны либо с возбуждающими постсинаптическими потенциалами в ее глубинных слоях, либо с тормозными постсинаптическими потенциалами в поверхностных слоях. Отрицательные колебания потенциала на поверхности коры предположительно отражают противоположное этому соотношение источников электрической активности.

Ритмический характер биоэлектрической активности коры и, в частности, альфа-ритма обусловлен в основном влиянием подкорковых структур, в первую очередь, таламуса (промежуточный мозг). Именно в таламусе находятся главные, но не единственные пейсмекеры или водители ритма. Одностороннее удаление таламуса или его хирургическая изоляция от неокортекса приводит к полному исчезновению альфа-ритма в зонах коры прооперированного полушария. При этом в ритмической активности самого таламуса ничто не меняется. Нейроны неспецифического таламуса обладают свойством авторитмичности. Эти нейроны через соответствующие возбуждающие и тормозные связи способны генерировать и поддерживать ритмическую активность в коре больших полушарий. Большую роль в динамике электрической активности таламуса и коры играет ретикулярная формация ствола мозга. Она может оказывать как синхронизирующее влияние, т.е. способствовать генерации устойчивого ритмического паттерна, так и десинхронизирующее, нарушающее согласованную ритмическую активность.

Функциональное значение ЭЭГ и ее составляющих. Существенное значение имеет вопрос о функциональном значении отдельных составляющих ЭЭГ. Наибольшее внимание исследователей здесь всегда привлекал альфа-ритм — доминирующий ритм ЭЭГ покоя у человека.

Существует немало предположений, касающихся функциональной роли альфа-ритма. Основоположник кибернетики Н. Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм выполняет функцию временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти. Предполагается, что альфа-ритм отражает реверберацию возбуждений, кодирующих внутримозговую информацию, и создающих оптимальный фон для процесса приема и переработки афферентных сигналов. Его роль состоит в функциональной своеобразной стабилизации состояний мозга и обеспечении готовности реагирования, его определяют как ритм сенсорного покоя нейронных сетей зрительной системы. Предполагается также, что альфа-ритм связан с действием селективирующих механизмов мозга, выполняющих функцию резонансного фильтра и таким образом регулирующих поток сенсорных импульсов.

В покое в ЭЭГ могут присутствовать и другие ритмические составляющие, но их значение лучше всего выясняется при изменении функциональных состояний организма (Данилова, 1992). Так, дельта-ритм у здорового взрослого человека в покое практически отсутствует, но он доминирует в ЭЭГ на четвертой стадии сна, которая получила свое название по этому ритму (дельта-сон). Напротив, те-та-ритм тесно связан с эмоциональным и умственным напряжением. Его иногда так и называют — стресс-ритм или ритм напряжения (Гусельников, 1976). У человека одним из ЭЭГ симптомов эмоционального возбуждения служит усиление тета-ритма с частотой колебаний 4 — 7 Гц, сопровождающее переживание как положительных, так и отрицательных эмоций. При выполнении мыслительных заданий может усиливаться и дельта, и тета активность. Причем усиление последней составляющей положительно соотносится с успешностью решения задач. По своему происхождению тета-ритм связан с кортико-лимбическим взаимодействием. Предполагается, что усиление тета-ритма при эмоциях отражает активацию коры больших полушарий со стороны лимбической системы.

Переход от состояния покоя к напряжению всегда сопровождается реакцией десинхронизации, главным компонентом которой служит высокочастотная бета-активность. Умственная деятельность у взрослых сопровождается повышением мощности бета-ритма, причем значимое усиление высокочастотной активности наблюдается при умственной деятельности, включающей элементы новизны, в то время как стереотипные, повторяющиеся умственные операции, сопровождаются ее снижением. Установлено также, что успешность выполнения вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения оказывается положительно связанной с высокой активностью бета-диапазона ЭЭГ левого полушария. По некоторым предположениям эта активность связана с отражением деятельности механизмов сканирования структуры стимула, осуществляемую нейронными сетями, продуцирующими высокочастотную активность ЭЭГ.

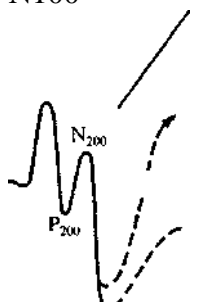
Магнитоэнцефалография (МЭГ) — регистрация параметров магнитного поля организма человека и животных. При помощи магнитоэнцефалографии можно регистрировать основные ритмы ЭЭГ и вызванные потенциалы. Запись этих параметров осуществляется с помощью сверхпроводящих квантовых интерференционных датчиков в специальной камере, изолирующей магнитные поля мозга от более сильных внешних полей. Метод обладает рядом преимуществ перед регистрацией традиционной электроэнцефалограммы. Так, вследствие того, что используется большое количество датчиков, легко получается пространственная картина распределения электромагнитных полей. Кроме того, поскольку запись магнито-энцефалограммы происходит бесконтактно, то различные составляющие магнитных полей, регистрируемые со скальпа, не претерпевают таких сильных искажений, как при записи ЭЭГ. Последнее позволяет более точно рассчитывать локализацию генераторов ЭЭГ активности, расположенных в коре головного мозга.

Вызванные потенциалы (ВП) — биоэлектрические колебания, возникающие в нервных структурах в ответ на внешнее раздражение и находящиеся в строго определенной временной связи с началом его действия. У человека ВП включены в ЭЭГ, но на фоне спонтанной биоэлектрической активности трудно различимы (амплитуда одиночных ответов в несколько раз меньше амплитуды фоновой ЭЭГ). В связи с этим регистрация ВП осуществляется специальными техническими устройствами, которые позволяют выделять полезный сигнал из шума путем последовательного его накопления или суммации. При этом суммируется значительно число отрезков ЭЭГ, приуроченных к началу действия раздражителя.

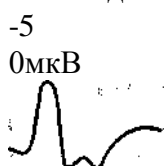
Широкое использование метода регистрации ВП стало возможным в результате компьютеризации психофизиологических исследований в 50 — 60 годы. Первоначально его применение в основном было связано с изучением сенсорных функций человека в норме и при разных видах аномалий. Впоследствии метод стал успешно применяться и

для исследования более сложных психических процессов, которые не являются непосредственной реакцией на внешний стимул.

сравнение с хранящимися в памяти образцами
кодирование
стимула
N100



УНВ
N,0
медленная



(сохранить ли стимул?)

сравнение события (коррекция хранящейся модели)

100 300 500 мс

Рис. 2.4 Схематизированные эндогенные компоненты слуховых вызванных потенциалов: а — в ответ на релевантный задаче стимул; б — в ответ на иррелевантный стимул

Способы выделения сигнала из шума позволяют отмечать в записи ЭЭГ изменения потенциала, которые достаточно строго связаны во времени с любым фиксированным событием. В связи с этим появилось новое обозначение этого круга физиологических явлений — событийно-связанные потенциалы (ССП). Примерами здесь служат: колебания, связанные с активностью двигательной коры; (моторный потенциал или потенциал, связанный с движением); потенциал, связанный с намерением произвести определенное действие (так называемая Е-волна); потенциал, возникающий при пропуске ожидаемого стимула.

Эти потенциалы представляют собой последовательность позитивных и негативных колебаний, регистрируемых, как правило, в интервале 0 — 500 мс. В ряде случаев возможны и более поздние колебания в интервале до 1000 мс. Количественные методы оценки ВП и СПП предусматривают, в первую очередь, оценку амплитуд и латентностей. Амплитуда — размах колебаний компонентов, измеряется в мкВ, латентность — время от начала стимуляции до пика компонента, измеряется в мс. Помимо этого используются и более сложные варианты анализа.

В исследовании ВП и СПП можно выделить три уровня анализа: феноменологический, физиологический и функциональный. Феноменологический уровень включает описание ВП как многокомпонентной реакции с анализом конфигурации, компонентного состава и топографических особенностей. Фактически этот уровень анализа, с которого начинается любое исследование, применяющее метод ВП. Возможности этого уровня анализа прямо связаны с совершенствованием способов количественной обработки ВП, которые включают разные приемы, начиная от оценки латентностей и амплитуд и кончая производными, искусственно сконструированными показателями. Многообразен и математический аппарат обработки ВП, включающий факторный, дисперсионный, таксономический и другие виды анализа.

По этим результатам на физиологическом уровне анализа происходит выделение источников генерации компонентов ВП, т.е. решается вопрос о том, в каких структурах мозга возникают отдельные компоненты ВП. Локализация источников генерации ВП позволяет установить роль отдельных корковых и подкорковых образований в происхождении тех или иных компонентов ВП. Наиболее признанным здесь является деление ВП на экзогенные и эн-догенные компоненты. Первые отражают активность специфиче -! ских проводящих путей и зон, вторые — неспецифических ассоциативных проводящих систем мозга. Длительность таких и других оценивается по-разному для разных модальностей. В зрительной системе, например, экзогенные компоненты ВП не превышают 100 мс от момента стимуляции.

Третий уровень анализа — функциональный предполагает использование ВП как инструмента, позволяющего изучать физиологические механизмы поведения и познавательной деятельности человека и животных.

ВП как единица психофизиологического анализа. Под единицей анализа принято понимать такой объект анализа, который в отличие от отдельных элементов обладает всеми основными свойствами, присущими целому, причем свойства являются далее неразложимыми частями этого единства. Единица анализа — это такое минимальное образование, в котором непосредственно представлены существенные связи и существенные для данной задачи параметры объекта. Более того, подобная единица сама должна быть единым целым, своего рода системой, дальнейшее разложение которой на элементы лишает ее возможности представлять целое как таковое. Обязательным признаком единицы анализа является также то, что ее можно операционализировать, т.е. она допускает возможность ее измерения и количественную обработку измеренных данных.

Если рассматривать психофизиологический анализ как метод изучения мозговых механизмов психической деятельности, то ВП отвечают большинству требований, которые могут быть предъявлены единице такого анализа. Во-первых, ВП следует квалифицировать как психонервную реакцию, т.е. такую, которая прямо связана с процессами психического отражения. Во-вторых, ВП — это реакция, состоящая из ряда компонентов, непрерывно связанных между собой. Таким образом, она структурно однородна и может быть операционализирована, т.е. имеет количественные характеристики в виде параметров отдельных компонентов (латентностей и амплитуд). Существенно, что эти параметры имеют разное функциональное значение в зависимости от особенностей экспериментальной модели. В-третьих, разложение ВП на элементы (компоненты), осуществляемое как метод анализа, позволяет охарактеризовать лишь отдельные стадии процесса переработки информации, при этом утрачивается целостность процесса как такового.

В наиболее выпуклой форме идеи о целостности и системности ВП как корреляте поведенческого акта нашли отражение в исследованиях В.Б. Швыркова (1978). По его логике ВП, занимая весь временной интервал между стимулом и реакцией, соответствуют всем процессам, приводящим к возникновению поведенческого ответа, при этом конфигурация ВП зависит от характера поведенческого акта и особенностей функциональной системы, обеспечивающей данную форму поведения. Причем отдельные компоненты ВП рассматриваются как отражение этапов афферентного синтеза, принятия решения, включения исполнительных механизмов, достижения полезного результата. В такой интерпретации ВП выступают как единица психофизиологического анализа поведения.

Однако магистральное русло применения ВП в психофизиологии связано с изучением физиологических механизмов и коррелятов познавательной деятельности человека. Это направление определяется как когнитивная психофизиология. ВП в нем используются в качестве полноценной единицы психофизиологического анализа. Такое

возможно, потому что, по образному определению одного из психофизиологов, ВП имеют уникальный в своем роде двойной статус, выступая в одно и то же время как «окно в мозг» и «окно в познавательные процессы».

2.1.3. Топографическое картирование электрической активности мозга

ТКЭАМ — топографическое картирование электрической активности мозга— область электрофизиологии, оперирующая с множеством количественных методов анализа электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов. Широкое применение этого метода стало возможным при появлении относительно недорогих и быстродействующих персональных компьютеров. Топографическое картирование существенно повышает эффективность ЭЭГ метода. ТКЭАМ позволяет очень тонко и дифференцированно анализировать изменения функциональных состояний мозга на локальном уровне в соответствии с видами выполняемой испытуемым психической деятельности. Однако, следует подчеркнуть, что метод картирования мозга является не более, чем очень удобной формой представления на экране дисплея статистического анализа ЭЭГ и ВП.

Сам метод картирования мозга можно разложить на три основные составляющие: регистрацию, анализ и представление данных.

Регистрация данных. Используемое число электродов для регистрации ЭЭГ и ВП, как правило, варьирует в диапазоне от 16 до 32, однако в некоторых случаях достигает 128 и даже больше. При этом большее число электродов улучшает пространственное разрешение при регистрации электрических полей мозга, но сопряжено с преодолением больших технических трудностей.

Для получения сравнимых результатов используется система «10 — 20», при этом применяется в основном монополярная регистрация.

Важно, что при большом числе активных электродов можно использовать лишь один референтный электрод, т.е. тот электрод относительно которого регистрируется ЭЭГ всех остальных точек постановки электродов. Местом приложения референтного электрода служат мочки ушей, переносица или некоторые точки на поверхности скальпа (затылок, вертекс). Существуют такие модификации этого метода, которые позволяют вообще не использовать референтный электрод, заменяя его значениями потенциала, вычисленными на компьютере.

Анализ данных. Выделяют несколько основных способов количественного анализа ЭЭГ: временной, частотный и пространственный.

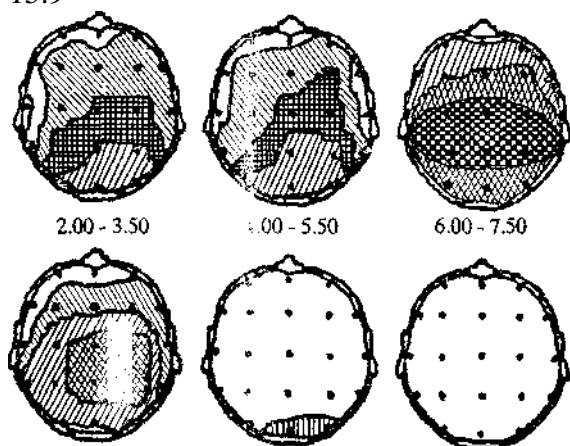
Первый представляет собой вариант отражения данных ЭЭГ и ВП на графике, при этом время откладывается по горизонтальной оси, а амплитуда — по вертикальной. Временной анализ применяют для оценки суммарных потенциалов, пиков ВП, эпилептических разрядов. Частотный анализ заключается в группировке данных по частотным диапазонам: дельта, тета, альфа, бета. Пространственный анализ сопряжен с использованием различных статистических методов обработки при сопоставлении ЭЭГ из разных отведений. Наиболее часто применяемый способ — это вычисление когерентности.

Способы представления данных. Самые современные компьютерные средства картирования мозга позволяют легко отражать на дисплее все этапы анализа: «сырые данные» ЭЭГ и ВП, спектры мощности, различные графики, диаграммы и таблицы, топографические карты — как статистические, так и динамические в виде мультфильмов, а также по желанию исследователя — возможны различные комплексные представления. Следует особо указать на то, что применение разнообразных форм визуализации данных позволяет лучше понять особенности протекания сложных мозговых процессов.

Топографические карты представляют собой контур черепа, на котором изображен какой-либо закодированный цветом параметр ЭЭГ в определенный момент времени, причем разные градации этого параметра (степень выраженности) представлены разными цветовыми оттенками. Поскольку параметры ЭЭГ постоянно меняются по ходу

обследования, соответственно этому изменяется цветовая композиция на экране, позволяя визуально отслеживать динамику ЭЭГ процессов. Параллельно с наблюдением исследователь получает в свое распоряжение и статистические данные, лежащие в основе карт (рис.2.5).

15.9



7.9

8.00 - 9.50

10.00-11.50

12.00-13.50

Рис. 2.5 ЭЭГ-карты, представляющие топографическое распределение значений спектральной мощности ЭЭГ

Под каждой картой указан диапазон анализируемых частот. Справа — шкала значений спектральной мощности ЭЭГ, мкВ (по Н.Л.Горбачевской с соавт., 1991)

Использование ТКЭАМ в психофизиологии наиболее продуктивно при применении психологических проб, которые являются топографически контрастными», т.е. адресуются к разным отделам мозга (например, вербальные и пространственные задания).

2.1.4. Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ) — новейший метод, дающий точные и детальные изображения малейших изменений плотности мозгового вещества. КТ соединила в себе последние достижения рентгеновской и вычислительной техники, отличаясь принципиальной новизной технических решений и математического обеспечения.

Главное отличие КТ от рентгенографии состоит в том, что рентген дает только один вид части тела. При помощи компьютерной томографии можно получить множество изображений одного и того же органа и таким образом построить внутренний поперечный срез, или «ломтик» этой части тела. Томографическое изображение — это результат точных измерений и вычислений показателей ослабления рентгеновского излучения, относящихся только к конкретному органу.

Таким образом, метод позволяет различать ткани, незначительно отличающиеся между собой по поглощающей способности. Измеренные излучение и степень его ослабления получают цифровое выражение. По совокупности измерений каждого слоя проводится компьютерный синтез томограммы. Завершающий этап — построение изображения исследуемого слоя на экране дисплея. Для проведения томографических исследований мозга используется прибор — нейротомограф.

Помимо решения клинических задач (например, определения местоположения опухоли) с помощью которой можно получить представления о распределении регионального мозгового кровотока. Благодаря этому КТ может быть использована для изучения обмена веществ и кровоснабжения мозга.

В ходе жизнедеятельности нейроны потребляют различные химические вещества, которые можно пометить радиоактивными изотопами (например, глюкозу). При

активизации нервных клеток кровоснабжение соответствующего участка мозга возрастает, в результате в нем скапливаются меченые вещества, и возрастает радио- . активность. Измеряя уровень радиоактивности различных участков мозга, можно сделать выводы об изменениях активности мозга при разных видах психической деятельности. Последние исследования показали, что определение максимально активизированных участков мозга может осуществляться с точностью до 1 мм.

Ядерно-магнитно-резонансная томография мозга. Компьютерная томография стала родоначальницей ряда других еще более совершенных методов исследования: томографии с использованием эффекта ядерного магнитного резонанса (ЯМР-томография), позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), функционального магнитного резонанса (ФМР). Эти методы относятся к наиболее перспективным способам неинвазивного совмещенного изучения структуры, метаболизма и кровотока мозга.

При ЯМР-томографии получение изображения основано на определении в мозговом веществе распределения плотности ядер водорода (протонов) и на регистрации некоторых их характеристик при помощи мощных электромагнитов, расположенных вокруг тела человека. Полученные посредством ЯМР-томографии изображения дают информацию об изучаемых структурах головного мозга не только анатомического, но и физико-химического характера. Помимо этого преимущество ядерно-магнитного резонанса заключается в отсутствии ионизирующего излучения; в возможности многоплоскостного исследования, осуществляемого исключительно электронными средствами; в большей разрешающей способности. Другими словами, с помощью этого метода можно получить четкие изображения «срезов» мозга в различных плоскостях.

ПЭТ — сканеры (Позитронно-эмиссионная трансаксиальная томография) сочетает возможности КТ и радиоизотопной диагностики. В ней используются ультракороткоживущие позитронизлучающие изотопы («красители»), входящие в состав естественных метаболитов мозга, которые вводятся в организм человека через дыхательные пути или внутривенно. Активным участкам мозга нужен большой приток крови, поэтому в рабочих зонах мозга скапливается больше радиоактивного «красителя». Излучения этого «красителя» преобразуют в изображения на дисплее.

Активность нейронов регистрируют у животных в эксперименте, у человека в клинических условиях. Ценными объектами исследования функциональных свойств нейронов служат крупные и относительно доступные нейроны некоторых беспозвоночных. Многочисленные факты, касающиеся нейрональной организации поведения, были получены при изучении импульсной активности нейронов в экспериментах на кроликах, кошках и обезьянах.

Исследования активности нейронов головного мозга человека осуществляются в клинических условиях, когда пациентам с лечебными целями вводят в мозг специальные микроэлектроды. В ходе лечения для полноты клинической картины больные проходят психологическое тестирование, в процессе которого регистрируется активность нейронов. Исследование биоэлектрических процессов в клетках, сохраняющих все свои связи в мозге, позволяет сопоставлять особенности их активности с результатами психологических проб, с одной стороны, а также с интегративными физиологическими показателями (ЭЭГ, ВП, ЭМГ и др.).

Последнее особенно важно, потому что одной из задач изучения работы мозга является нахождение такого метода, который позволил бы гармонически сочетать тончайший анализ в изучении деталей его работы с исследованием интегральных функций. Знание законов функционирования отдельных нейронов, конечно, совершенно необходимо, но это только одна сторона в изучении функционирования мозга, не вскрывающая, однако, законов работы мозга как целостной функциональной системы.

2.1.6. Методы воздействия на мозг

Выше были представлены методы, общая цель которых регистрация физиологических проявлений и показателей функционирования головного мозга человека

и животных. Наряду с этим исследователи всегда стремились проникнуть в механизмы мозга, оказывая на него прямое или косвенное воздействие и оценивая последствия этих воздействий. Для психофизиолога использование различных приемов стимуляции — прямая возможность моделирования поведения и психической деятельности в лабораторных условиях.

Сенсорная стимуляция. Самый простой способ воздействия на мозг это использование естественных или близких к ним стимулов (зрительных, слуховых, обонятельных, тактильных и пр.). Манипулируя физическими параметрами стимула и его содержательными характеристиками, исследователь может моделировать разные стороны психической деятельности и поведения человека. Диапазон применяемых стимулов весьма широк: в сфере зрительного восприятия — от элементарных зрительных стимулов (вспышки, шахматные поля, решетки) до зрительно предъявляемых слов и предложений, с тонко дифференцируемой семантикой; в сфере слухового восприятия — от неречевых стимулов (тонов, щелчков) до фонем, слов и предложений. При изучении тактильной чувствительности применяется стимуляция: механическая и электрическими стимулами, не достигающими порога болевой чувствительности, при этом раздражение может наноситься на разные участки тела.

Реакции ЦНС на такое воздействие изучены хорошо и путем регистрации активности нейронов, и методом вызванных потенциалов. Помимо сказанного в психофизиологии широко используются приемы ритмической стимуляции светом или звуком, вызывающие эффекты навязывания — воспроизведения в спектре ЭЭГ частот, соответствующих частоте действующего стимула (или кратных этой частоте).

Электрическая стимуляция мозга является плодотворным методом изучения функций его отдельных структур. Она осуществляется через введенные в мозг электроды в «острых» опытах на животных или во время хирургических операций на мозге у человека. Кроме того, возможна стимуляция и в условиях длительного наблюдения с помощью предварительно вживленных оперативным путем электродов. При хронически вживленных электродах можно изучать особый феномен электрической самостимуляции, когда животное с помощью какого-нибудь действия (нажатия на рычаг) замыкает электрическую цепь и таким образом регулирует силу раздражения собственного мозга. У человека электрическая стимуляция мозга применяется для изучения связи между психическими процессами и функциями и отделами мозга. Так, например, можно изучать физиологические основы речи, памяти, эмоций.

В лабораторных условиях используется метод микрополяризации, суть которого состоит в пропускании слабого постоянного тока через отдельные участки коры головного мозга. При этом электроды прикладываются к поверхности черепа в области стимуляции. Локальная микрополяризация не разрушает ткань мозга, а лишь оказывает влияние на сдвиги потенциала коры в стимулируемом участке, поэтому она может быть использована в психофизиологических исследованиях.

Наряду с электрической допустима стимуляция коры мозга человека слабым электромагнитным полем. Основу этого метода составляет принципиальная возможность изменения характеристик деятельности ЦНС под влиянием контролируемых магнитных полей. В этом случае также не оказывается разрушающего воздействия на клетки мозга. В то же время по некоторым данным воздействие электромагнитным полем ощутимо влияет на протекание психических процессов, следовательно, этот метод представляет интерес для психофизиологии.

Разрушение участков мозга. Повреждение или удаление части головного мозга для установления ее функций в обеспечении поведения — один из наиболее старых и распространенных методов изучения физиологических основ поведения. В чистом виде метод применяется в экспериментах с животными. Наряду с этим распространено психофизиологическое обследование людей, которым по медицинским показаниям было проведено удаление части мозга.

Разрушающее вмешательство может осуществляться путем: 1) перерезки отдельных путей или полного отделения структур (например, разделение полушарий путем рассечения межполушарной связки — мозолистого тела); 2) разрушения структур при пропускании постоянного тока (электролитическое разрушение) или тока высокой частоты (термокоагуляция) через введенные в соответствующие участки мозга электроды; 3) хирургического удаления ткани скальпелем или отсасыванием с помощью специального вакуумного насоса, выполняющего роль ловушки для отсасываемой ткани; 4) химических разрушений с помощью специальных препаратов, истощающих запасы медиаторов или разрушающих нейроны; 5) обратимого функционального разрушения, которое достигается за счет охлаждения, местной анестезии и других приемов.

Итак, в общем, метод разрушения мозга включает в себя разрушение, удаление и рассечение ткани, истощение нейрхимических веществ, в первую очередь медиаторов, а также временное функциональное выключение отдельных областей головного мозга и оценку влияния вышеперечисленных эффектов на поведение животных.

2.2. Электрическая активность кожи

Методы регистрации. Измерение и изучение электрической активности кожи (ЭАК) или кожно-гальванической реакции (КГР) впервые началось в конце XIX века, когда почти одновременно французский врач Фере и российский физиолог Тарханов зарегистрировали: первый — изменение сопротивления кожи при пропускании через нее слабого тока, второй — разность потенциалов между разными участками кожи. Эти открытия легли в основу двух методов регистрации КГР: экзосоматического (измерение сопротивления кожи) и эндосоматического (измерение электрических потенциалов самой кожи). Следует помнить, что эти методы дают несовпадающие результаты.

В настоящее время ЭАК объединяет целый ряд показателей: уровень потенциала кожи, реакция потенциала кожи, спонтанная реакция потенциала кожи, уровень сопротивления кожи, реакция сопротивления кожи, спонтанная реакция сопротивления кожи. В качестве индикаторов стали использоваться также характеристики проводимости кожи: уровень, реакция и спонтанная реакция. Во всех трех случаях «уровень» означает тоническую составляющую ЭАК, т.е. длительные изменения показателей; «реакция» — фазическую составляющую ЭАК, т.е. быстрые, ситуативные изменения показателей ЭАК; спонтанные реакции — краткосрочные изменения, не имеющие видимой связи с внешними факторами. Как правило, ее регистрируют с кончиков пальцев или ладони, хотя можно измерять и с подошв ног, и со лба. Следует сказать, однако, что природа КГР или ЭАК еще до сих пор неясна.

Происхождение и значение ЭАК. Возникновение электрической активности кожи обусловлено, главным образом, активностью потовых желез в коже человека, которые в свою очередь находятся под контролем симпатической нервной системы.

У человека имеется 2 — 3 миллиона потовых желез, но количество их на разных участках тела сильно варьирует. Например, на ладонях и подошвах около 400 потовых желез на один квадратный сантиметр поверхности кожи, на лбу около 200, на спине около 60. Выделение железам пота происходит постоянно, даже когда на коже не появляется ни капли. В течение дня выделяется около полулитра жидкости. При исключительно сильной жаре потеря жидкости может достигать 3,5 литра в час и 14 литров в день.

Существует два типа потовых желез: апокринные и эккринные. Первые, расположенные в подмышечных впадинах и в паху, определяют запах тела и реагируют на раздражители, вызывающие стресс. Они непосредственно не связаны с регуляцией температуры тела. Вторые расположены по всей поверхности тела и выделяют обычный пот, главными компонентами которого являются вода и хлористый натрий. Их главная функция — терморегуляция, т.е. поддержание постоянной температуры тела. Однако, те эккринные железы, которые расположены на ладонях и подошвах ног, а также на лбу и под мышками — реагируют в основном на внешние раздражители и стрессовые воздействия.

Многие эмпирические исследования показали, что электрическая активность кожи представляет собой высокореактивный психофизиологический показатель, способный дифференцированно отражать различные степени эмоционального возбуждения, в том числе при разных видах психической деятельности (рис. 2.7).

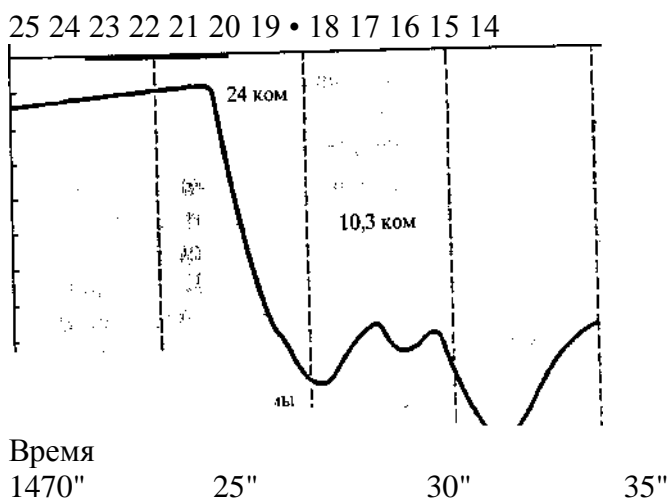


Рис. 2.7 Динамика кожно-гальванической реакции в процессе решения мыслительной (шахматной) задачи.

В нижней части рисунка даны сопровождающие решение речевые рассуждения. Резкое падение сопротивления кожи является показателем эмоциональной активации в момент принятия решения (по О.К.Тихомирову, 1984).

По современным представлениям ЭАК или КГР обусловлена неспецифической активацией. При повторении раздражителя она уменьшается по амплитуде, подвергаясь угашению, и при изменении раздражителя возникает вновь (Букзайн, 1994).

2.3. Показатели работы сердечно-сосудистой системы

Сердечно-сосудистая система выполняет витальные функции, обеспечивая постоянство жизненной среды организма. Сердечная мышца и кровеносные сосуды действуют согласованно, чтобы удовлетворять постоянно меняющиеся потребности различных органов и служить сетью для снабжения и связи, поскольку с кровотоком переносятся питательные вещества, газы, продукты распада, гормоны.

Индикаторы активности сердечно-сосудистой системы включают: ритм сердца (РС) — частоту сердечных сокращений (ЧСС); силу сокращений сердца — силу, с которой сердце накачивает кровь; минутный объем сердца — количество крови, проталкиваемое сердцем в одну минуту; артериальное давление (АД); региональный кровоток — показатели локального распределения крови. Для измерения мозгового кровотока получили распространение методы томографии и реографии (см. 1.5). Среди показателей сердечно-сосудистой системы используют также среднюю частоту пульса и ее дисперсию.

У взрослого человека в состоянии относительного покоя систолический объем каждого желудочка составляет 70 — 80 мл. Минутный объем сердца — количество крови, которое сердце выбрасывает в легочный ствол и аорту за 1 мин — измеряется как произведение величины систолического объема на частоту сердечных сокращений в 1 мин. В покое минутный объем составляет 3 — 5 л. При интенсивной работе минутный объем может существенно увеличиваться до 25 — 30 л, причем на первых этапах минутный объем сердца растет за счет повышения величины систолического объема, а при больших нагрузках в основном за счет увеличения сердечного ритма.

Артериальное давление — общеизвестный показатель работы сердечно-сосудистой системы. Оно характеризует силу напора крови в артериях. АД изменяется на протяжении сердечного цикла, оно достигает максимума во время систолы (сокращения сердца) и падает до минимума в диастоле, когда сердце расслабляется перед следующим

сокращением. Нормальное артериальное давление здорового человека в покое около 130 / 70 мм рт.ст., где 130 — систолическое давление АД, а 70 — диастолическое АД. Пульсовое давление — разность между систолическим и диастолическим давлением и в норме составляет около 60 мм рт.ст.

Ритм сердца — показатель, часто используемый для диагностики функционального состояния человека, зависит от взаимодействия симпатических и парасимпатических влияний из вегетативной нервной системы. При этом возрастание напряженности в работе сердца может возникать по двум причинам — в результате усиления симпатической активности и сужения парасимпатической.

Электрокардиограмма (ЭКГ) — запись электрических процессов, связанных с сокращением сердечной мышцы. Это самый большой по мощности биоэлектрический процесс, регистрируемый в организме человека (рис. 2.8).

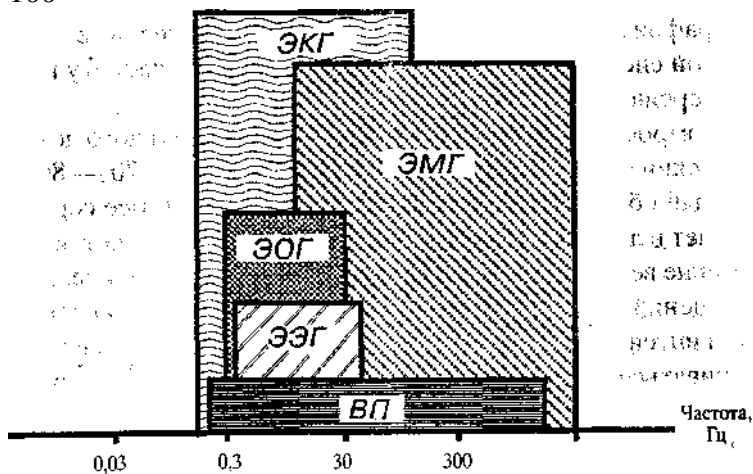
Амплитуда, мкВ

Т?"

1000

250

100



3000

Рис. 2.8 Амплитудно-частотные соотношения биоэлектрических сигналов (ЭЭГ, ЭМГ, ЭОГ, ЭКГ) (по В.В.Гнездицкому, 1997).

Впервые была сделана в 1903 г. Эйнтховеном. С помощью клинических и диагностических установок ЭКГ можно регистрировать, используя до 12 различных пар отведений; половина их связана с грудной клеткой, а другая половина — с конечностями. Каждая пара электродов регистрирует разность потенциалов между двумя сторонами сердца, и разные пары дают несколько различную информацию о положении сердца в грудной клетке и о механизмах его сокращения. При заболеваниях сердца в одном или нескольких отведениях могут обнаруживаться отклонения от нормальной формы ЭКГ, и это существенно помогает при постановке диагноза.

В психофизиологии ЭКГ в основном используется для измерения частоты сокращения желудочков. С этой целью применяют прибор кардиотахометр. Ритм сердца, зарегистрированный с помощью кардиотахометра, как правило, соответствует частоте пульса, т.е. числу волн давления, распространяющихся вдоль периферических артерий за одну минуту. В некоторых случаях эти величины, однако, не совпадают.

Исследование нейрогуморальной регуляции ритма сердца является одним из наиболее распространенных подходов к оценке состояния адаптационных возможностей организма человека. Для исследования вегетативного тонуса широко используются записи ЭКГ или кардиоинтервалограммы (КИГ). Наиболее распространенным является метод обработки кардиоинтервалов с помощью гисто-графического анализа: определяется величина моды (наиболее вероятного значения) распределения кардио - или P. — P. интервалов и их вариационный размах, и на основании этих параметров вычисляется

интегральный показатель — индекс напряжения (ИН) (Гаевский, 1976). Индекс напряжения пропорционален средней частоте сердечных сокращений и обратно пропорционален диапазону, в котором варьирует интервал между двумя ударами сердца. С начала 60-х годов начали использоваться различные спектральные методы анализа Р. — Р. интервалов (Данилова, 1986).

Плетизмография — метод регистрации сосудистых реакций организма. Плетизмография отражает изменения в объеме конечности или органа, вызванные изменениями количества находящейся в них крови. Конечность человека в изолирующей перчатке помещают внутрь сосуда с жидкостью, который соединен с манометром и регистрирующим устройством. Изменения давления крови и лимфы в конечности находят отражение в форме кривой, которая называется плетизмограммой. Широкое распространение получили пальцевые фотоплетизмографы, портативные устройства, которые также можно использовать для регистрации сердечного ритма.

В плетизмограмме можно выделить два типа изменений: фазические и тонические. Фазические изменения обусловлены динамикой пульсового объема от одного сокращения сердца к другому. Тонические изменения кровотока — это собственно изменения объема крови в конечности. Оба показателя обнаруживают при действии психических раздражителей сдвиги, свидетельствующие о сужении сосудов. Плетизмограмма — высоко чувствительный индикатор вегетативных сдвигов в организме.

2.4. Показатели активности мышечной системы

Мышечную систему образно определяют как биологический ключ человека к внешнему миру.

Электромиография — метод исследования функционального состояния органов движения путем регистрации биопотенциалов мышц. Электромиография — это регистрация электрических процессов в мышцах, фактически запись потенциалов действия мышечных волокон, которые заставляют ее сокращаться. Мышца представляет собой массу ткани, состоящую из множества отдельных мышечных волокон, соединенных вместе и работающих согласованно. Каждое мышечное волокно — это тонкая нить, толщиной всего лишь около 0,1 мм до 300 мм длиной. При стимуляции электрическим потенциалом действия, приходящим к волокну от мотонейрона, это волокно сокращается иногда примерно до половины первоначальной длины. Мышцы, участвующие в тонких двигательных коррекциях (фиксация объекта глазами) могут иметь в каждой единице всего по 10 волокон. В мышцах, осуществляющих более грубую регулировку при поддержании позы, в одной двигательной единице может быть до 3000 мышечных волокон.

Поверхностная электромиограмма (ЭМГ) суммарно отражает разряды двигательных единиц, вызывающих сокращение. Регистрация ЭМГ позволяет выявить намерение начать движение за несколько секунд до его реального начала. Помимо этого миограмма выступает как индикатор мышечного напряжения. В состоянии относительного покоя связь между действительной силой, развиваемой мышцей, и ЭМГ линейна.

Прибор, с помощью которого регистрируются биопотенциалы мышц, называется электромиографом, а регистрируемая с его помощью запись электромиограммой (ЭМГ). ЭМГ в отличие от биоэлектрической активности мозга (ЭЭГ) состоит из высокочастотных разрядов мышечных волокон, для неискаженной записи которых по некоторым представлениям требуется полоса пропускания до 10000 Гц.

2.5. Показатели активности дыхательной системы (пневмография)

Дыхательная система состоит из дыхательных путей и легких.

Основной двигательный аппарат этой системы составляют межреберные мышцы, диафрагма и мышцы живота. Воздух, поступающий в легкие во время вдоха, снабжает протекающую по легочным капиллярам кровь кислородом. Одновременно из крови выходят двуокись углерода и другие вредные продукты метаболизма, которые выводятся наружу при выдохе. Между интенсивностью мышечной работы, совершаемой человеком

и потреблением кислорода существует простая линейная зависимость.

В психофизиологических экспериментах в настоящее время дыхание регистрируется относительно редко, главным образом, для того, чтобы контролировать артефакты.

Для измерения интенсивности (амплитуды и частоты) дыхания используют специальный прибор — пневмограф. Он состоит из надувной камеры-пояса, плотно оборачиваемой вокруг грудной клетки испытуемого, и отводящей трубки, соединенной с манометром и регистрирующим устройством. Возможны и другие способы регистрации дыхательных движений, но в любом случае обязательно должны присутствовать датчики натяжения, фиксирующие изменение объема грудной клетки.

Для регистрации объемов воздуха, поступающего в легкие во время вдоха и выходящего из них во время выдоха, используется прибор спирометр. Можно сказать, что дыхание — это один из недостаточно оцененных факторов в психофизиологических исследованиях.

2.6. Реакции глаз

Для психофизиолога наибольший интерес представляют три категории глазных реакций: сужение и расширение зрачка, мигание и глазные движения.

Пупиллометрия — метод изучения зрачковых реакций. Зрачок — отверстие в радужной оболочке, через которое свет попадает на сетчатку. Диаметр зрачка человека может меняться в пределах от 1,5 до 9 мм. Величина зрачка существенно колеблется в зависимости от количества света, падающего на глаз: на свету зрачок сужается, в темноте — расширяется. Наряду с этим размер зрачка существенно изменяется, если испытуемый реагирует на воздействие эмоционально. В связи с этим пупиллометрия используется для изучения субъективного отношения людей к тем или иным внешним раздражителям.

Диаметр зрачка можно измерять путем простого фотографирования глаза в ходе обследования или же с помощью специальных устройств, преобразующих изменения величины зрачка в постоянно варьирующий уровень потенциала, регистрируемый на полиграфе.

Мигание (моргание) — периодическое смыкание век. Длительность одного мигания приблизительно 0,35 с. Средняя частота мигания составляет 7,5 в минуту и может варьировать в пределах от 1 до 46 в минуту. Мигание выполняет разные функции в обеспечении жизнедеятельности глаз. Однако для психофизиолога существенно, что частота мигания изменяется в зависимости от психического состояния человека.

Движения глаз широко исследуются в психологии и психофизиологии. Это разнообразны по функции, механизму и биомеханике вращения глаз в орбитах. Существуют разные типы глазных движений, выполняющие различные функции. Однако наиболее важная среди них функция движений глаз состоит в том, чтобы поддерживать интересующее человека изображение в центре сетчатки, где самая высокая острота зрения. Минимальная скорость прослеживающих движений около 5 угл. мин./с, максимальная достигает 40 град./с.

Электроокулография — метод регистрации движения глаз, основанный на графической регистрации изменения электрического потенциала сетчатки и глазных мышц. У человека передний полюс глаза электрически положителен, а задний отрицателен, поэтому существует разность потенциалов между дном глаза и роговицей, которую можно измерить. При повороте глаза положение полюсов меняется, возникающая при этом разность потенциалов характеризует направление, амплитуду и скорость движения глаза. Это изменение, зарегистрированное графически, носит название электроокулограммы (ЭОГ). Однако микродвижения глаз с помощью этого метода не регистрируются, для их регистрации разработаны другие приемы.

2.7. Детектор лжи

Детектор лжи — условное название прибора — полиграфа, одновременно

регистрирующего комплекс физиологических показателей (КГР, ЭЭГ, плетизмограмму и др.) с целью выявить динамику эмоционального напряжения. С человеком, проходящем обследование на полиграфе, проводят собеседование, в ходе которого наряду с нейтральными задают вопросы, составляющие предмет специальной заинтересованности. По характеру физиологических реакций, сопровождающих ответы на разные вопросы, можно судить об эмоциональной реактивности человека и в какой-то мере о степени его искренности в данной ситуации. Поскольку в большинстве случаев не обученный специально человек не контролирует свои вегетативные реакции, детектор лжи дает по некоторым оценкам до 71 % случаев обнаружения обмана.

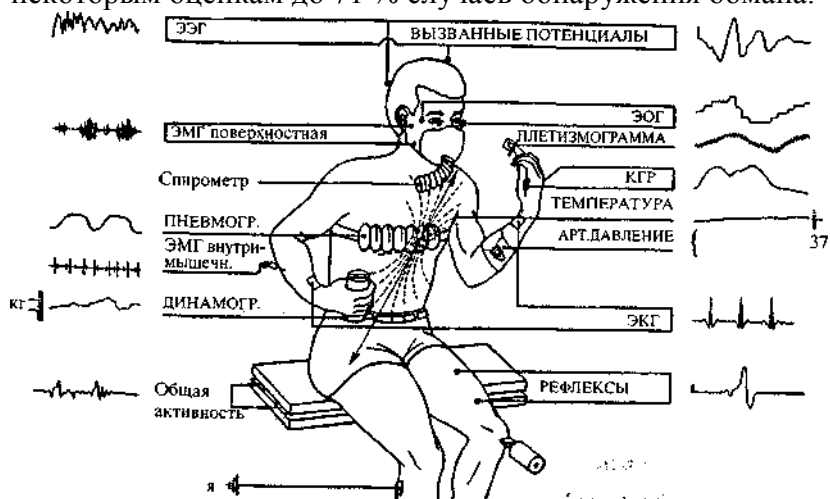


Рис. 2.9 Многоканальная регистрация наиболее часто изучаемых видов биоэлектрической активности человека (по В.Блоку, 1970).

Следует иметь в виду, однако, что сама процедура собеседования (допроса) может быть настолько неприятна для человека, что возникающие по ходу физиологические сдвиги будут отражать эмоциональную реакцию человека на процедуру. Отличить спровоцированные процедурой тестирования эмоции от эмоций, вызванных целевыми вопросам, невозможно. В то же время человек, обладающий высокой эмоциональной стабильностью, сможет относительно спокойно чувствовать себя в этой ситуации, и его вегетативные реакции не дадут твердых оснований для вынесения однозначного суждения. По этой причине к результатам, полученных с помощью детектора лжи, нужно относиться с должной мерой критичности.

2.8. Выбор методик и показателей

В идеале выбор физиологических методик и показателей должен логически вытекать из принятого исследователем методологического подхода и целей, поставленных перед экспериментом. Однако на практике нередко исходят из других соображений, например, доступности приборов и легкости обработки экспериментальных данных. Более весомыми представляются аргументы в пользу выбора таких методик, показатели которых получают логически непротиворечивое, содержательное толкование в контексте изучаемой психологической или психофизиологической модели.

Психофизиологические модели. В науке под моделью понимается упрощенное знание, несущее определенную, ограниченную информацию об объекте /явлении, отражающее те или иные его свойства. С помощью моделей можно имитировать функционирование и прогнозировать свойства изучаемых объектов, процессов или явлений. В психологии моделирование имеет два аспекта: моделирование психики и моделирование ситуаций. Под первым подразумевается знаковая или техническая имитация механизмов, процессов и результатов психической деятельности, под вторым — организация того или иного вида человеческой деятельности путем искусственного конструирования среды, в которой осуществляется эта деятельность.

Оба аспекта моделирования находят место в психофизиологических исследованиях. В первом случае моделируемые особенности деятельности человека,

психических процессов и состояний прогнозируются на основе объективных физиологических показателей, нередко зарегистрированных вне прямой связи с изучаемым феноменом. Например, показано, что некоторые индивидуальные особенности восприятия и памяти можно прогнозировать по характеристикам биотоков мозга. Во втором случае психофизиологическое моделирование включает имитацию в лабораторных условиях определенной психической деятельности, с целью выявления ее физиологических коррелятов и /или механизмов. Обязательным при этом является создание некоторых искусственных ситуаций, в которых, так или иначе, включаются исследуемые психические процессы и функции. Примером такого подхода служат многочисленные эксперименты по выявлению физиологических коррелятов восприятия, памяти и т.д.

При интерпретации результатов в подобных экспериментах исследователь должен четко представлять себе, что модель никогда не бывает полностью идентична изучаемому явлению или процессу. Как правило, в ней учитываются лишь какие-то отдельные стороны реальности. Следовательно, каким бы исчерпывающим не казался, например, какой-либо психофизиологический эксперимент по выявлению нейрофизиологических коррелятов процессов памяти, он будет давать лишь частичное знание о природе ее физиологических механизмов, ограниченное рамками данной модели и используемых методических приемов и показателей. Именно по этой причине психофизиология изобилует разнообразием не связанных между собой, а иногда и просто противоречивых экспериментальных данных. Полученные в контексте разных моделей такие данные представляют фрагментарное знание, которое в перспективе, вероятно, должно объединиться в целостную систему, описывающую механизмы психофизиологического функционирования.

Интерпретация показателей. Особого внимания заслуживает вопрос о том, какое значение экспериментатор придает каждому из используемых им показателей. В принципе физиологические показатели могут выполнять две основные роли: целевую (смысловую) и служебную (вспомогательную). Например, при изучении биотоков мозга в процессе умственной деятельности целесообразно параллельно регистрировать движения глаз, мышечное напряжение и некоторые другие показатели. Причем в контексте такой работы только показатели биотоков мозга несут смысловую нагрузку, связанную с данной задачей. Остальные показатели служат для контроля артефактов и качества регистрации биотоков (регистрация глазных движений), контроля эмоциональных состояний испытуемого (регистрация КГР), поскольку хорошо известно, что глазные движения и эмоциональное напряжение могут приносить помехи и искажать картину биотоков, особенно когда испытуемый решает какую-либо задачу. В то же время в другом исследовании регистрация и глазных движений, и КГР может играть смысловую, а не служебную роль. Например, когда предмет исследования — стратегия визуального поиска, или изучение физиологических механизмов эмоциональной сферы человека. Таким образом, один и тот же физиологический показатель может быть использован для решения разных задач. Другими словами, специфика использования показателя определяется не только его собственными функциональными возможностями, но также и тем психологическим контекстом, в который он включается. Хорошее знание природы и всех возможностей используемых физиологических показателей—важный фактор в организации психофизиологического эксперимента.

Значение экспериментов, выполненных на животных. Как уже отмечалось выше, многие задачи в психофизиологии решались и продолжают решаться в экспериментах на животных. (В первую очередь речь идет об изучении активности нейронов.) В связи с этим особое значение приобретает проблема, сформулированная еще Л.С. Выготским. Это проблема специфического для человека соотношения структурных и функциональных единиц в деятельности мозга и определения, новых по сравнению с животными принципов функционирования систем, внутри- и межсистемных взаимодействий.

Следует прямо указать, что проблема «специфического для человека соотношения структурных и функциональных единиц в деятельности мозга и определения новых по сравнению с животными» принципов функционирования систем, к сожалению, пока не получила продуктивного развития. Как пишет О.С. Андрианов с соавторами (1993):

«Стремительное «погружение» биологии и медицины... в глубины живой материи отодвинуло на задний план изучение важнейшей проблемы — эволюционной специфики мозга человека. Попытки найти на молекулярном уровне некий материальный субстрат, характерный только для мозга человека и определяющий особенности наиболее сложных психических функций, пока не увенчались успехом».

Таким образом, встает вопрос о правомерности переноса данных, полученных на животных, для объяснения мозговых функций у человека. Широко принята точка зрения, в соответствии с которой существуют универсальные механизмы клеточного функционирования и общие принципы кодирования информации, что позволяет осуществлять интерполяцию результатов (см. например, «Основы психофизиологии» под ред. Ю.И. Александрова, 1997).

Один из основателей отечественной психофизиологии Е.Н. Соколов, решая проблему переноса результатов исследований, выполненных на животных, на человека, сформулировал принцип психофизиологического исследования следующим образом: человек — нейрон — модель. Это значит, что психофизиологическое исследование начинается с изучения поведенческих (психофизиологических) реакций человека, затем оно переходит к изучению механизмов поведения с помощью микроэлектродной регистрации нейронной активности в опытах на животных, а у человека — с использованием электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов. Интеграция всех данных осуществляется путем построения модели из нейроподобных элементов. При этом вся модель как целое должна воспроизводить исследуемую функцию, а отдельные нейроподобные элементы должны обладать характеристиками и свойствами реальных нейронов. Перспективы исследований такого рода заключаются в построении моделей «специфически человеческого типа», таких, например, как нейроинтеллект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше материалы свидетельствуют о большом разнообразии и разноуровневости психофизиологических методов. В сферу компетентности психофизиолога входит многое, начиная от динамики нейрональной активности в глубоких структурах мозга до локального кровотока в пальце руки. Закономерно возникает вопрос, каким образом объединить столь различные по способам получения и содержанию показатели в логически непротиворечивую систему. Решение этого вопроса упирается, однако, в отсутствие единой общепринятой психофизиологической теории. Психофизиология, которая родилась как экспериментальная ветвь психологии, в значительной степени остается таковой и по сей день, компенсируя несовершенство теоретического фундамента многообразием и изощренностью методического арсенала. Богатство этого арсенала велико, его ресурсы и перспективы представляются неисчерпаемыми. Стремительный рост новых технологий неизбежно расширит возможности проникновения в тайны человеческой телесности. Он, безусловно, приведет к созданию новых обрабатывающих устройств, способных формализовать сложную систему зависимости переменных величин, используемых в объективных физиологических методиках, закономерно связанных с психической деятельностью человека. Независимо от того, будут ли новые решения результатом дальнейшего развития технологии эксперимента, эвристических моделей или других еще неизвестных нам способов познания, развитие науки в будущем неизбежно приведет к более углубленному постижению механизмов функционирования живого мозга.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем.— М.: Медицина, 1975.
2. БурешЯ., Бурешова О., Хьюстон Д. П. Методики и основные эксперименты по

- изучению мозга и поведения. — М.: Высшая школа, 1991.
3. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. — М. — Воронеж, 1997.
 4. Бехтерева Н.П., Бундзен П.В., Гоголицын Ю.Л. Мозговые коды психической деятельности. — Л.: Наука, 1977.
 5. Данилова Н.Н. Психофизиология. — М.: Аспект Пресс, 1998.
 6. Естественнаучные основы психологии /под. ред. А.А.Смирнова,
 7. А.Р.Лурия, В.Д.Небылицына. — М.: Педагогика, 1978
 8. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. - М.: Наука, 1984.
 9. Методика и техника психофизиологического эксперимента. — М.: Наука, 1987.
 10. Мозг и разум I под ред. Д.И.Дубровского. — М.: Наука, 1994.
 11. Основы психофизиологии I под ред. Ю.И. Александрова. — М.: Инфра, 1998.
 12. ХэссетДж. Введение в психофизиологию. — М.: Мир, 1981.
 13. Чуприкова Н.И. Психика и сознание как функция мозга. — М.: Наука, 1985.
 14. Ярвилехто Т. Мозг и психика. —• М.: Прогресс, 1992.
 15. Ярошевский М.Г. Наука о поведении: русский путь. — М. — Воронеж, 1996.

Глава третья

3. Психофизиология функциональных состояний

Значительные колебания уровня жизненной активности человека (спокойное или напряженное бодрствование, сон и др.) представляют собой одну из важных проблем психофизиологии. В то же время эта проблема имеет междисциплинарный характер. В центре ее находится представление об особом явлении, которое именуется функциональным состоянием (ФС). Это понятие широко используется в физиологии, психологии, эргономике (науке, комплексно изучающей трудовую деятельность людей и условия ее протекания). Поэтому знание физиологических механизмов, ответственных за функциональные состояния организма человека, имеет очень важное практическое значение. Тем не менее до сих пор нет общепризнанной теории функциональных состояний, в то же время существует несколько подходов к описанию и диагностике функциональных состояний разного типа.

3.1. Проблемы определения функциональных состояний

Нередко функциональное состояние (ФС) определяется как фоновая активность ЦНС, в условиях которой осуществляется та или иная деятельность. Однако это определение нельзя считать достаточным. Во-первых, оно носит слишком общий характер и не учитывает структурно-функциональную неоднородность ЦНС. Во-вторых, вводя в качестве критерия «условия осуществления деятельности», оно сужает круг функциональных состояний организма человека, исключая из их числа все состояния, которые непосредственно не связаны с деятельностью (например, сон или медитация), того, обобщенность этого определения не позволяет выявить основания, по которым можно проводить дифференциацию различных функциональных состояний организма.

3.1.1. Разные подходы к определению ФС

Комплексный подход. Появление возможности множественной регистрации психофизиологических индикаторов (ЭЭГ, ЧСС, ЭМГ, дыхательных движений и др.) привели к пониманию функциональных состояний как комплекса поведенческих проявлений, сопровождающих различные аспекты человеческой деятельности и поведения. С позиций системного подхода, ФС представляет собой результат динамического взаимодействия организма с внешней средой и отражает состояние «организованного» целого. По этой логике под функциональным состоянием понимается интегральный комплекс наличных характеристик тех качеств и свойств организма человека, которые прямо или косвенно определяют его деятельность.

Итак, функциональное состояние — это системный ответ организма, обеспечивающий его адекватность требованиям деятельности. Таким образом, изменение ФС представляет собой смену одного комплекса реакций другим, причем все эти реакции

взаимосвязаны между собой и обеспечивают более или менее адекватное поведение организма в окружающей среде. Согласно этой логике, диагностика функциональных состояний связана с задачей распознавания многомерного вектора, компонентами которого являются различные физиологические показатели и реакции.

Понятно, что увеличение числа компонент этого вектора, т.е. привлечение к анализу все большего числа показателей и реакций, а также их всевозможных комбинаций, приводит к еще большей дробности и затрудненности анализа функционального состояния. Однако положительным является то, что каждое ФС при этом характеризуется своим собственным уникальным сочетанием показателей и реакций (однозначным многомерным вектором). В то же время никакой набор показателей, пусть даже строго упорядоченный и уникальный, не позволяет выявить сущность конкретного функционального состояния, поскольку всегда оказывается лишь внешним описанием и перечислением, лишенным содержательной характеристики наиболее значимой для понимания сути ФС.

Эргономический подход. Сюда же примыкает эргономическое определение ФС как такого состояния организма человека, которое оценивается по результатам трудовой и профессиональной деятельности. И именно результаты подобной деятельности рассматриваются как наиболее интегральный показатель функционального состояния. При этом снижение результативности деятельности рассматривается как признак ухудшения ФС. Согласно этой логике, здесь выделяют два класса функциональных состояний:

- 1) состояние адекватной мобилизации, когда все системы организма работают оптимально и соответствуют требованиям деятельности;
- 2) состояние динамического рассогласования, при котором различные системы организма:
 - а) не полностью обеспечивают его деятельность;
 - б) или эти системы работают на излишне высоком уровне траты энергетических ресурсов.

В первом случае имеется в виду «оперативный покой» — особое состояние готовности к деятельности, при котором организм человека за короткий отрезок времени способен перейти в различные формы физиологической активности для выполнения конкретной деятельности. Состояние оперативного покоя сопровождается повышением тонуса нервных центров, особенно тех, которые имеют отношение к построению движений, связанных с предполагаемыми трудовыми действиями и операциями, а также напряжением некоторых вегетативных функций.

Во втором случае речь идет о так называемых экстремальных состояниях (реактивные пограничные или патологические состояния).

Конечно, между состоянием оперативного покоя и экстремальными состояниями существует немало других состояний типа: утомления, теплового напряжения, водного истощения и т.п.

Подобный способ оценки ФС, безусловно, полезен при решении задач повышения эффективности труда. Кроме того, он позволяет прогнозировать развитие нежелательных ФС, таких, как монотония, стресс или высокая степень утомления. Однако, как уже было сказано выше, такой подход не позволяет подойти к решению проблемы механизмов формирования и смены ФС.

Психофизиологический подход к определению функциональных состояний опирается на представление о существовании модулирующих систем мозга. Согласно этому подходу акцент делается на функциональной специализации двух систем организма. В это число входят:

- 1) ретикулярная формация ствола мозга, способная оказывать как возбуждающее, так и тормозное влияние на вышележащие отделы мозга;
- 2) лимбическая система, ответственная за эмоциональные состояния человека.

Обе модулирующие системы, будучи тесно связаны с высшими отделами коры больших полушарий, образуют особую функциональную систему, имеющую несколько уровней реагирования: физиологический, поведенческий, психологический (субъективный). В

соответствии с этой логикой функциональное состояние можно рассматривать как результат активности объединенной функциональной системы.

Таким образом, в психофизиологии функциональное состояние выступает как результат взаимодействия модулирующих систем мозга и высших отделов коры больших полушарий, который определяет текущую форму жизненной активности индивида. Это определение дает основание проводить границу между разными функциональными состояниями не только по поведенческим проявлениям, эффективности деятельности или результатам полиграфической регистрации, но также и по уровню активности модулирующих систем мозга.

Уровень бодрствования является внешним проявлением активности нервных центров. Это понятие характеризует интенсивность поведения. Все поведенческие проявления в первом приближении можно рассматривать как континуум (или одномерную шкалу), обусловленный колебаниями возбуждения модулирующих систем мозга. Принято считать, что между сном и состоянием крайнего возбуждения имеется непрерывный ряд изменений уровня бодрствования, вызываемых изменениями уровней активности нервных центров. Максимальная эффективность деятельности соответствует оптимальному уровню бодрствования (Блок, 1970).

Итак, предположительно изменения в функционировании нервных процессов образуют одномерную шкалу, нижняя граница которой — состояние сна, верхняя — состояние очень сильного возбуждения типа ярости. Допускается, что между этими полюсами существует целый ряд уровней бодрствования, составляющих диапазон интенсивности поведения. Изменения уровней бодрствования вызывают изменения тонуса нервных центров: всякая нервная активация должна выражаться в усилении бодрствования.

Схема, описывающая линейный континуум уровней бодрствования, требует, однако, двух важных уточнений. Во-первых, установлено, что активность нервных центров во время сна далеко не всегда минимальна. Как будет показано ниже, в некоторые периоды ночного сна организм человека обнаруживает высокое напряжение физиологических функций. Вероятно, следует признать, что между разными ФС существуют качественные отличия, не сводимые только к различиям в уровнях активации. Во-вторых, представление о последовательном увеличении уровней бодрствования не предполагает, что приспособительные возможности организма возрастают также монотонно. Начиная с какого-то достаточно высокого уровня бодрствования, большинство действий нарушается, таким образом, эффективность выполняемой деятельности связана с уровнем бодрствования обратной U-образной зависимостью.

Теоретически можно предположить, что для каждого типа адаптивного поведения существует оптимальный уровень бодрствования и соответствующего ему функционального состояния, на фоне которых человек добивается наиболее высоких результатов. Следует отметить, что не существует количественной меры для фиксации уровня бодрствования, т.е. нельзя напрямую измерить уровень бодрствования, как, например, измеряют температуру тела. Переход от одного уровня бодрствования к другому оценивается эмпирически на основе наблюдения и количественной оценки различных физиологических показателей.

Нейрохимический подход к определению функциональных состояний опирается на представление о сильной зависимости психического состояния человека (его настроений и переживаний) от биохимического состава внутренней среды организма. Предполагается, что в мозге человека существует особый механизм, регулирующий функциональное состояние через изменение уровня активности медиаторных систем мозга, а также баланса их активности (Данилова, 1992). Устойчивое равновесие активности медиаторных систем дает представление о среднем уровне активации или функциональном состоянии, при котором реализуется данное поведение. Разным типам поведения соответствуют различные балансы активности медиаторных систем мозга.

3.1.2. Нейрофизиологические механизмы регуляции бодрствования

Изменения уровней бодрствования связаны с изменениями тонуса соответствующих нервных центров, при этом можно выделить несколько уровней регуляции бодрствования: клеточный, отдельных мозговых центров, модулирующих систем и мозга как целого.

Нейронные механизмы. На нейронном уровне регуляция функциональных состояний осуществляется с помощью особой категории нейронов, именуемых модуляторными. Существуют две категории модуляторных нейронов: активирующего и инактивирующего типа. Первые увеличивают активность синапсов, соединяющих чувствительные и исполнительные нейроны, вторые снижают эффективность синапсов, прерывая путь передачи информации от афферентных к эфферентным нейронам. Кроме того, нейроны-модуляторы различаются по степени генерализованности своего действия. Переход к бессознательному состоянию, например, при засыпании можно определить как выключение активирующих нейронов-модуляторов генерализованного типа и включение инактивирующих нейронов-модуляторов.

В эволюции нейроны-модуляторы объединились в ансамбли и сети, сосредоточенные на уровне ретикулярной формации ствола мозга и неспецифического таламуса, образуя активирующую и инактивирующую системы.

Модулирующие системы. Совокупность модулирующих систем образует особый блок, который регулирует тонус коры и подкорковых структур, оптимизирует уровень бодрствования в отношении выполняемой деятельности и обуславливает адекватный выбор поведения в соответствии с актуализированной потребностью.

Важнейший участок регуляторного блока ретикулярная формация мозга, представляющая сеть из нервных клеток в средней части ствола. Со всех сторон ретикулярная формация окружена сенсорными путями, которые отдают ей часть афферентной импульсации. Благодаря этому любое сенсорное возбуждение повышает уровень активации ретикулярной формации, и активация по восходящим путям распространяется вверх к коре больших полушарий. Экспериментально показано, что раздражение, вживленных в ретикулярную формацию электродов, приводит к пробуждению спящего животного.

Еще одно важное звено регуляции функциональных состояний связано с работой таламуса. Зрительный бугор, или таламус, — отдел промежуточного мозга, который выполняет роль коллектора сенсорной информации, так как в него поступает информация от всех органов чувств. По некоторым данным в центре таламуса находится «водитель ритма» — морфо-функциональное образование, отвечающее за генерацию ритмической активности и распространяющее синхронизирующие влияния на обширные области коры. Ядра неспецифического таламуса образуют диффузную проекционную таламическую систему, которая оказывает на кору возбуждающие и тормозные влияния. Эти влияния по сравнению с эффектами возбуждения ствола мозга имеют более ограниченный характер и захватывают относительно небольшие участки коры.

Таким образом, при раздражении таламуса возникает реакция активации в коре головного мозга. Эта реакция отчетливо видна в текущей электроэнцефалограмме: она сравнительно кратковременна и локализована. В отличие от реакции активации, вызываемой ретикулярной формацией ствола мозга, которая считается генерализованной реакцией активации, эффекты возбуждения неспецифического таламуса называют локальной активацией.

Таблица 3.1.

Основные различия в эффектах активации ствола мозга и таламуса.

Характеристики реакции	ЭЭГ активация ствола мозга	ЭЭГ активация таламуса
Область распространения	Генерализованная	Локальная
Тип реакции	Тоническая	Фазическая

Временная динамика	Медленно угасающая	Быстро угасающая
--------------------	--------------------	------------------

Следовательно, передача эстафеты активирующих влияний с уровня ретикулярной формации ствола мозга на уровень таламической системы означает переход от генерализованной активации коры к локальной. Первая отвечает за глобальные сдвиги общего уровня бодрствования. Вторая отвечает за селективное, т.е. избирательное сосредоточение внимания (см. раздел 3, глава 6).

В регуляции уровня бодрствования и обеспечении избирательной активации той или иной формы поведения, направленного на удовлетворение потребностей, принимает участие лимбическая система мозга, имеющая как активирующие, так и тормозящие поведенческие отделы (см. раздел 2, глава 4).

По имеющимся представлениям, к регуляции функциональных состояний имеет также отношение стриопаллидарная система — комплекс нервных центров, именуемых также базальными ганглиями. По мнению Н.Ф.Суворова и О.П.Таирова (1985), ведущая роль в формировании избирательной активации неокортекса принадлежит стриопаллидарной системе, которая сама находится под контролем коры. Эта система отвечает за распределение активационных ресурсов мозга при организации восприятия и действия. При этом стриопаллидарная система работает как адаптивно настраиваемый фильтр, избирательно регулирующий по нисходящей системе связей мышечный тонус (иерархию движений) и избирательность сенсорного внимания.

Регуляция активации, которая осуществляется стриопаллидарной системой, находится в соответствии с уровнем и характером мотивационного возбуждения, а также результатом обработки информации, осуществляемой корой мозга. В результате взаимодействия стриопаллидарной системы, таламуса и коры достигается наиболее адекватное распределение активации по структурам мозга, которое и обеспечивает избирательное реагирование на значимые стимулы (Суворов, Таиров, 1985).

Регуляция функциональных состояний на уровне целого мозга. Важнейшим регулятором уровня бодрствования в целом, а также внимания как избирательного процесса, служат передние отделы коры больших полушарий — фронтальные зоны. Именно эти структуры по нисходящим кортико-ретикулярным путям модулируют в нужном направлении активность таламуса и ствола мозга. Включение в этот процесс фронтальных зон с их нисходящими путями позволяет говорить о существовании своеобразного замкнутого контура регуляции.

Исходно ретикулярная формация ствола мозга, возбуждаясь под действием внешних стимулов, активизирует неспецифический таламус и кору больших полушарий, а та, в свою очередь, благодаря нисходящим проводящим путям может или снизить активность ретикулярной формации ствола и таламуса или, напротив, увеличить, в зависимости от того, что требуется в данный момент времени. Таким образом, можно говорить о существовании регулируемой или управляемой корковой активации, за счет которой кора больших полушарий может настраивать собственный уровень возбудимости соответственно задачам текущей жизнедеятельности.

3.1.3. Методы диагностики функциональных состояний

Физиологические методы диагностики функциональных состояний представляют собой особый класс методических приемов и связанных с ними показателей, по которым можно надежно и объективно судить о текущем состоянии организма и его изменениях. Детальный анализ методов психофизиологии был представлен в главе 2. Рассмотрим специфику их использования при диагностике функциональных состояний.

ЭЭГ показатели ФС. Изменения параметров электрической активности мозга традиционно используются в качестве непосредственного индикатора динамики уровня активации (рис 3.1). Различным уровням бодрствования соответствуют характерные изменения спектрального состава ЭЭГ. Для спокойного бодрствования типично

преобладание альфа-ритма, степень выраженности которого еще более увеличивается при закрытых глазах. При открывании глаз и повышении уровня бодрствования наступает явление блокады альфа-ритма, которое проявляется в десинхронизации ЭЭГ и появлении бета-активности. Для активного бодрствования характерна десинхронизированная ЭЭГ с преобладанием высокочастотных составляющих бета- и гамма-ритмов. При эмоциональном напряжении и умственной активности в ЭЭГ может появляться и усиливаться тета-ритм. В состоянии утомления начинает более отчетливо проявляться медленноволновая активность в тета- и дельта-полосах. По мере возрастания утомления продолжительность этих периодов увеличивается и возникает картина «гиперсинхронизации» ЭЭГ. Дельта-ритм также наиболее характерен для определенной стадии сна (см. главу 3, раздел 3.2).

Сверхвозбуждение

Эмоция

Активное бодрствование

Диффузное бодрствование

Сон

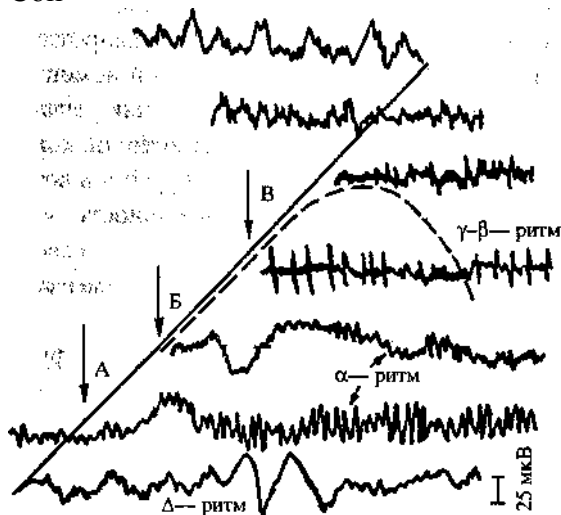


Рис. 3.1 Динамика ЭЭГ в зависимости от уровней бодрствования.

I — уровни бодрствования. II — динамика ритмов ЭЭГ при разных уровнях бодрствования. А — пробуждение ото сна. Б — пробуждение внимания. В — пробуждение эмоций. Прямой линией обозначено возрастание уровней бодрствования в пределах континнума. Пунктирной линией обозначена динамика эффективности деятельности в зависимости от уровня бодрствования (по В.Блоку, 1970).

Пространственно-временная организация биоэлектрической активности мозга и ее динамика тесно связаны с особенностями функционального состояния мозга, поэтому наряду с оценкой отдельных ритмических составляющих ЭЭГ используются характеристики их пространственно-временных отношений, в частности, показатели когерентности (см. главу 2). Средний уровень когерентности может быть определен для отдельных частотных диапазонов (например, альфа или бета) и для двух спектров мощности по всем частотам взятым вместе. Установлено, что средний уровень когерентности, вычисленный для симметричных точек в разных полушариях или для двух точек в одном полушарии, при неизменном функциональном состоянии оказывается индивидуально устойчивым и сохраняет свое значение через несколько дней и месяцев. Хорошим показателем нормального состояния мозга является также средний уровень когерентности по отдельным спектральным составляющим (дельта, тета, альфа и бета).

Изменения ФС у здорового человека, как правило, сопровождаются переструктурированием пространственно-временных соотношений биотоков мозга, при этом связи между одними участками мозга или спектральными составляющими могут ослабевать, а между другими усиливаться. Однако, как показывают результаты

корреляционного анализа, при общей мобилизационной готовности или с увеличением сложности выполняемого задания интенсивность большинства межрегиональных связей может возрастать.

Изучение ФС с помощью ПЭТ-томографии. С помощью ПЭТ было обнаружено, что так называемое состояние спокойного бодрствования оказывается довольно активным процессом с точки зрения мозговой организации.

Установлено, что в каждой зоне мозга можно зафиксировать определенный свойственный только ей уровень медленно меняющейся базовой активности, называемый постоянным потенциалом. Сверхмедленные физиологические процессы представляют собой комплекс, состоящий из этого постоянного устойчивого потенциала, а также медленных физиологических колебаний разной длительности. Постоянный потенциал может колебаться, но только в пределах определенного оптимального диапазона, различного для разных участков мозга. В совокупности постоянные потенциалы играют решающую роль в функционировании нормального мозга. В том случае, когда постоянный потенциал какой-либо зоны мозга становится или слишком высоким или слишком низким, выходя тем самым за пределы своего оптимального диапазона, функциональные возможности этой зоны существенно ухудшаются (Бехтерева, 1999).

Динамика вегетативных показателей. При диагностике функциональных состояний с успехом применяются показатели сердечно-сосудистой, мышечной, дыхательной, выделительной и других систем организма.

Например, частота сердечных сокращений, сила сокращений сердца, минутный объем сердца, артериальное давление, региональный кровоток закономерно изменяются при изменении функциональных состояний, прежде всего на фоне больших физических нагрузок. При интенсивной работе минутный объем может увеличиться почти в десять раз: с 3 — 5 л до 25 — 30 л, значительно возрастает частота сердечных сокращений и кровотоков в скелетных мышцах, может увеличиваться и кровяное давление.

Однако в отсутствие физических нагрузок изменения тех же показателей неоднозначны. Другими словами, при одних и тех же внешних раздражителях можно наблюдать противоположные по направлению изменения в показателях работы сердечно-сосудистой системы. Эти факты имеют свое закономерное объяснение.

Регуляция гемодинамики (ударного и минутного объема крови, артериального давления, распределения крови по организму) осуществляется с помощью симпатического и парасимпатического отделов нервной системы. Оба отдела в свою очередь находятся под контролем высшего вегетативного центра организма — гипоталамуса и ряда других подкорковых структур. Поэтому изменения в состоянии симпатического и парасимпатического отделов имеют системный характер, т.е. закономерно проявляются в состоянии большинства органов и систем.

Ниже приведены некоторые специфические реакции, за которые ответственны симпатическая и парасимпатическая нервная системы.

Таблица 3.2

Эффекты действия симпатической и парасимпатической систем

Системы и органы	Симпатическая система	Парасимпатическая система
1. зрачок	Расширение	сужение
2. слезная железа	—	усиление секреции
3. слюнные железы	малое количество густого секрета	обильный водянистый секрет
4. сердечный ритм	усиление	урежение
5. сократимость сердца	усиление	урежение
6. кровеносные сосуды	в целом сужение	слабое влияние

7. скелетные мышцы	повышение тонуса	расслабление
8. частота дыхания	усиление	урегание
9. бронхи	расширение просвета	сужение просвета
10. потовые железы	активация	—
11. надпочечники и мозговое вещество	секреция адреналина и норадреналина	—
12. половые органы	эякуляция	эрекция
13. подвижность и тонус желудочно-кишечного тракта	торможение	активация
14. сфинктеры	активация	расслабление

Таким образом, при преобладании возбуждения симпатической нервной системы налицо будет один вариант вегетативного реагирования, а при возбуждении парасимпатической — другой. Симпатическая нервная система призвана обеспечить мобилизацию организма к деятельности, следовательно, состояние мобилизации и действия будет протекать на фоне вегетативных изменений по симпатическому варианту. При снижении уровня напряжения и успокоении будет снижаться тонус симпатической нервной системы и возрастать тонус парасимпатической, при этом все изменения систем организма будут иметь соответствующую динамику. Для диагностики перечисленных вегетативных изменений могут быть использованы все конкретные методические приемы, описанные в главе 2.

3.2. Психофизиология сна

3.2.1. Физиологические особенности сна I

Сон — это специфическое состояние нервной системы с характерными особенностями и циклами мозговой деятельности. Цикличность присуща многим природным явлениям. Цикличность лежит в основе нашего существования, упорядоченного ритмичной сменой дня и ночи, времен года, работы и отдыха. На уровне организма цикличность представлена биологическими ритмами, в первую очередь, так называемыми циркадными ритмами, обусловленными вращением Земли вокруг своей оси. Виды сна. Сон называют монофазным, когда период бодрствования и сна приурочен к суточной смене дня и ночи. Ежесуточный сон взрослого человека, как правило, является монофазным, иногда дифазным (дважды в сутки), у маленького ребенка наблюдается полифазный тип сна, когда чередование сна и бодрствования происходит несколько раз в сутки.

В природе наблюдается также сезонный сон (спячка животных), обусловленный неблагоприятными для организма условиями среды: холод, засуха т.д. Все перечисленные виды сна можно условно определить как естественные или природно обусловленные.

Наряду с этим существуют следующие «неестественные» виды сна: наркотический, гипнотический и патологический. Наркотический сон может быть вызван химическими воздействиями: вдыханием паров эфира, хлороформа, введением в организм транквилизаторов, алкоголя, морфия и некоторых других веществ. Этот сон можно также вызвать электронаркозом (воздействием прерывистого электрического тока слабой силы).

Патологический сон возникает при анемии мозга, мозговой травме, наличии опухолей в больших полушариях или поражении некоторых участков ствола мозга. Сюда же относится и летаргический сон, который иногда возникает как реакция на сильную эмоциональную травму и может длиться от нескольких дней до нескольких лет. К явлениям патологического сна следует отнести также и снохождение (сомнамбулизм), физиологические механизмы которого до сих пор неизвестны.

Гипнотический сон может быть вызван гипногенным действием обстановки и / или

специальными воздействиями человека (гипнотизера). Во время гипнотического сна имеет место выключение произвольной саморегуляции при сохранении частичного контакта с окружающими и способности к сенсомоторной деятельности. Следует отметить, что существуют значительные индивидуальные различия в способности воспринимать гипнотические внушения или воздействия.

Нередко наблюдаются нарушения ритмичности сна, к которым следует отнести бессонницу и так называемый непреодолимый сон (нарколепсию), возникающий во время пассивной езды на транспорте, при выполнении монотонной работы, а также при управлении транспортными средствами.

Чередование сна и бодрствования наблюдается на всех этапах эволюционной лестницы: от низших позвоночных до человека. Несомненно, что подобная универсальная организация ритмического чередования активности и покоя имеет глубокий физиологический смысл. Хорошо известно, что во время сна происходят значительные физиологические изменения в работе ЦНС, вегетативной нервной системы и в других системах и функциях организма.

Стадии сна. Сон человека ритмичен и имеет правильную циклическую организацию. В течении сна различают пять стадий. Четыре стадии медленноволнового сна и одна стадия быстрого. Иногда говорят, что сон состоит из двух фаз: медленной и быстрой. Завершенным циклом считается отрезок сна, в котором происходит последовательная смена стадий медленноволнового сна быстрым сном. Базируясь на этих положениях, В.М. Ковальзон предлагает следующее определение сна: «сон это особое генетически детерминированное состояние организма человека (и теплокровных животных, т.е. млекопитающих и птиц), характеризующееся закономерной последовательной сменой определенных полиграфических картин в виде циклов, фаз и стадий» (Ковальзон, 1993).

Изучение сна проводится посредством полиграфической регистрации физиологических показателей. С помощью регистрации ЭЭГ выявлены существенные различия как между стадиями сна, так и между состоянием сна и бодрствования. На основе комплексного изучения сна с использованием ЭЭГ, ЭМГ, ЭКГ, ЭОГ и пневмографии (см. главу 2) У. Цемент и Н. Клейтман в 1957 году предложили ставшую классической схему сна. Восьми — девятичасовой сон подразделяется на пять — шесть циклов, перемежающихся краткими интервалами пробуждения, не оставляющих, как правило, никаких воспоминаний у спящего. Каждый цикл включает в себя две фазы: фазу медленного (ортодоксального) сна и фазу быстрого (парадоксального) сна.

дремота (стадия 1)

легкий сон (стадия 2)

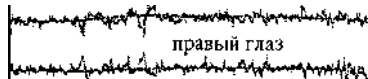
правый глаз

ЭМГ



ЭОГ

левый глаз



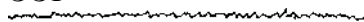
ЭМГ

глубокий сон (стадии 3,4)

парадоксальный сон

ЭМГ

ЭЭГ



ЭОГ

левый глаз



правый глаз



ЭМГ

Рис. 3.2 Фрагменты полиграммы на разных стадиях сна.

Видно, что для смены стадий медленного сна характерно постепенное увеличение амплитуды и снижение частоты волн ЭЭГ, смена быстрых движений глаз медленными, вплоть до полного исчезновения, прогрессивное уменьшение амплитуды ЭМГ. При парадоксальном сне ЭЭГ такая же, как при бодрствовании, ЭОГ демонстрирует быстрые движения глаз, а ЭМГ почти не регистрируется (по М.Ковальзону, 1999)

Первая стадия является переходной от состояния бодрствования ко сну. Она сопровождается уменьшением альфа-активности и появлением низкоамплитудных колебаний различной частоты. В конце этой стадии могут появляться короткие вспышки так называемых сонных веретен, хорошо видимых на фоне медленноволновой активности. Однако пока веретена сна не достигнут длительности 0,5 с. этот период считается первой стадией сна. В поведении эта стадия соответствует периоду дремоты. Она может быть связана с рождением интуитивных идей, способствующих успешности решения той или иной проблемы (см. главу 11).

Вторая стадия, занимающая чуть меньше половины всего ночного сна, получила название стадии «сонных веретен», т.к. наиболее яркой ее чертой является наличие в ЭЭГ веретенообразной ритмической активности с частотой колебания 12 — 20 . Длительность этих «веретен», хорошо выделяющихся из фоновой высокоамплитудной ЭЭГ со смешанной частотой колебаний, составляет от 0,2 до 0,5 с.

Третья стадия характеризуется всеми чертами второй стадии, к которым добавляется наличие в ЭЭГ медленных дельта-колебаний с частотой 2 Гц и менее, занимающих от 20 до 50% эпохи записи. Этот переходный период длится всего несколько минут. При углублении сна «веретена» постепенно исчезают.

Четвертая стадия характеризуется преобладанием в ЭЭГ медленных дельта-колебаний с частотой 2 Гц и менее, занимающих более 50% эпохи записи ночного сна. Третья и четвертые стадии обычно объединяют под названием дельта-сна. Глубокие стадии дельта-сна более выражены в начале и постепенно уменьшаются к концу сна. В этой стадии разбудить человека достаточно трудно. Именно в это время возникают около 80% сновидений, и именно в этой стадии возможны приступы лунатизма и ночные кошмары, однако человек почти ничего из этого не помнит. Первые четыре медленноволновые стадии сна в норме занимают 75 — 80% всего периода сна.

Пятая стадия сна. Пятая стадия сна имеет ряд названий: стадия «быстрых движений глаз» или сокращенно БДГ, КЕМ-сон, «быстрый сон», «парадоксальный сон». Во время этой стадии человек совершенно неподвижен вследствие резкого падения мышечного тонуса. Однако глазные яблоки под сомкнутыми веками совершают быстрые движения с частотой 60 — 70 раз в секунду. Причем существует отчетливая связь между быстрыми движениями глаз и сновидениями.

Если в это время разбудить спящего, то приблизительно в 90% случаев можно услышать рассказ о ярком сновидении, причем точность деталей будет существенно выше, чем при пробуждении из медленного сна.

В частности, у здоровых людей этих движений больше, чем у больных с нарушением сна. Характерно, что слепым от рождения людям снятся только звуки и ощущения. Глаза их при этом неподвижны. Одно время считалось, что по интенсивности БДГ можно судить о яркости и эмоциональной насыщенности сновидений. Однако движения глаз во сне отличаются от тех, которые характерны для рассматривания объектов в состоянии бодрствования.

Кроме того, на этой стадии сна электроэнцефалограмма приобретает признаки, характерные для состояния бодрствования (в спектре преобладают низкоамплитудные высокочастотные составляющие). Название «парадоксальная» стадия возникло из-за видимого несоответствия между состоянием тела (полный покой) и активностью мозга. Парадоксальная стадия сна имеется у многих видов млекопитающих. Отмечено также, что

у животных доля парадоксального сна имеет тенденцию увеличиваться с увеличением степени развития коры. Однако парадоксальный сон у животных и человека протекает по-разному. Если у человека двигаются только глаза, у животных же наблюдаются движения конечностей, а также мигательные, сосательные движения, иногда они издают звуки.

Периоды БДГ-сна возникают приблизительно с 90-минутными интервалами и продолжаются в среднем около 20 минут. У нормальных взрослых эта стадия сна занимает примерно 20 — 25 % времени, проводимого во сне. У младенцев эта доля значительно выше; в первые недели жизни около 80% времени сна составляет парадоксальный сон, а в два года лишь 30%.

Потребность в сне. Эта витальная потребность зависит от возраста. Так общая продолжительность сна новорожденных составляет 20 — 23 часа в сутки, в возрасте от 6 месяцев до 1 года — око

ло 18 часов, в возрасте от 2-х до 4-х лет — около 16 часов, в возрасте от 4-х до 8 лет 12 часов, в возрасте от 8 до 12 лет 10 часов, в возрасте от 12 до 16 лет 9 часов. Взрослые спят в среднем 7 — 8 часов в сутки.

В среднем у взрослых процентное соотношение между всеми стадиями сна такое:

I стадия (дремота) занимает в среднем 5 — 10 %

II стадия (сонные веретена) — 40 — 45 %

III и IV стадии (дельта-сон) — 20 — 30%

V стадия (парадоксальный сон) — 15 — 25%

Бытует мнение, что потребность во сне к старости снижается. Однако, установлено, что люди старше 60 лет, страдающие различными заболеваниями спят, как правило, менее 7 часов в сутки. В то же время практически здоровые люди этого возраста спят более 8 часов в сутки. При увеличении продолжительности сна у «малоспящих» пожилых людей наблюдается улучшение самочувствия. По некоторым данным продолжительность сна долгожителей Кавказа колеблется от 9 до 16 — 17 часов в сутки. В среднем же долгожители спят по 11 — 13 часов. Иными словами по мере старения человека продолжительность сна должна увеличиваться.

Лишенный сна человек погибает в течение двух недель. Лишение сна в течении 3 — 5 суток вызывает непреодолимую потребность во сне. В результате 60 — 80 часового отсутствия сна у человека наблюдается снижение скорости психических реакций, портится настроение, происходит дезориентация в окружающей среде, резко снижается работоспособность, возникает быстрая утомляемость при умственной работе и меньшая ее точность. Человек теряет способность к сосредоточенному вниманию, могут возникнуть различные нарушения моторики (тремор и тики), возможны и галлюцинации, иногда наблюдаются внезапная потеря памяти и сбивчивость речи. При более длительном лишении сна могут возникнуть психопатии и даже параноические расстройства психики.

Изменения вегетативных функций при длительной бессоннице очень невелики, отмечается только небольшое понижение температуры тела и незначительные замедления пульса.

В науке описаны несколько случаев длительного отсутствия сна, которые, наряду с явлениями сомнамбулизма (лунатизма) и летаргического сна до сих пор не нашли объяснений. Чаще всего эти случаи были связаны с сильными психическими потрясениями (потеря близкого человека, последствия катастрофы). Однако в большинстве случаев подобные события приводят к обратному результату — к летаргическому сну.

Медленный и парадоксальный сон в равной степени необходимы организму. Так, если будить человека каждый раз при наступлении парадоксального сна, тенденция впасть в парадоксальный сон станет нарастать. Через несколько дней человек будет переходить от бодрствования к парадоксальному сну без промежуточной фазы обычного сна. Таким образом, стадии сна образуют своеобразную систему, в которой воздействие на одно звено влечет за собой изменение в состоянии другого звена.

Физиологические изменения во время сна. К наиболее характерным симптомам сна относится снижение активности нервной системы и прекращение контакта с окружающей средой за счет «отключения» сенсомоторной сферы.

Пороги всех видов чувствительности (зрение, слух, вкус, обоняние и осязание) во сне возрастают. По величине порога можно судить о глубине сна. В первых четырех стадиях пороги восприятия увеличиваются на 30 — 40%, в то время как в БДГ-сне — на 400%. Рефлекторная функция во время сна резко ослаблена. Условные рефлексы заторможены, безусловные значительно понижены. При этом некоторые виды корковой деятельности и реакции на определенные раздражители могут сохраняться во время нормального периодического сна. Например, спящая мать слышит звуки движений больного ребенка. Такое явление получило название частичного бодрствования.

Большинство мышц во сне находится в расслабленном состоянии, причем человек способен длительно сохранять определенную позу тела. При этом усилен тонус мышц, закрывающих веки, а также кольцевого мускула, запирающего мочевой пузырь. По мере погружения в сон ритмы сердца и дыхания замедляются, становясь, все более равномерными.

Медленноволновой сон сопровождается снижением вегетативного тонуса. В результате преобладания парасимпатических влияний сужаются зрачки, розовеет кожа, усиливается потоотделение, снижается слюноотделение, снижается активность сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и выделительной систем, уменьшается объем циркулирующей крови; наблюдается избыточное кровенаполнение легочных сосудов; уменьшается частота дыхания, что приводит к ограничению объема поступающего в кровь кислорода и более медленному удалению углекислого газа, т.е. уменьшается интенсивность легочного газообмена. Именно поэтому ночью снижается частота сердечных сокращений, а вместе с ней и скорость кровотока.

Следует подчеркнуть, что, хотя в целом во сне понижается уровень обмена веществ, одновременно с этим активизируются процессы восстановления работоспособности всех клеток организма, интенсивно идет их размножение, происходит замена белков.

В противоположность этому во время парадоксального сна наступает «вегетативная буря». Дыхание становится неритмичным и меняется по глубине. Возможна и остановка дыхания (например, в ночном кошмаре). Мозговой кровоток усиливается, частота сердечного ритма может возрасти, наблюдаются колебания артериального давления. У мужчин на этой стадии может возникать эрекция полового члена, у женщин — клитора, причем не только у взрослых, но и у детей. На стадии быстрого сна человек теряет способность регулировать температуру тела посредством дрожи и потоотделения.

В течение всей ночи у человека активизируется рост волос и ногтей. Температура тела человека во время сна понижается (у женщин она падает до 35,6, а у мужчин до 34,9 градусов). Подобные суточные колебания температуры — снижение ночью и повышение днем — наблюдаются также и в отсутствие сна или при дневном сне и ночном бодрствовании.

При некоторых формах так называемого гипнотического сна, и в частности, при каталепсии (каталепсия — застывание человека в принятой им позе, иногда даже очень неудобной, требующей значительного мышечного напряжения), происходит резкое повышение мышечного тонуса.

3.2.2. Теории сна

Первые идеи о происхождении сна представляют в основном исторический интерес. Так в соответствии с гемодинамической теорией сон возникает в результате застоя крови в мозгу при горизонтальном положении тела. По другой версии сон — результат анемии мозга и в то же время его отдых. Согласно гистологической теории сон наступает в результате нарушения связей между нервными клетками и их отростками, возникающего из-за длительного возбуждения нервной системы.

Химическая теория. По этой теории во время бодрствования в клетках тела

накапливаются легко окисляющиеся продукты, в результате возникает дефицит кислорода, и человек засыпает. По словам психиатра Э. Клапареда, мы засыпаем не от того, что отравлены или устали, а чтобы не отравиться и не устать.

Гистологический анализ мозга собак, умерщвленных после десяти дней без сна, показывает изменения формы ядер пирамидных нейронов лобной коры. При этом кровеносные сосуды мозга окружены лейкоцитами и местами разорваны. Однако если перед умерщвлением собакам дать немного поспать, в клетках не обнаруживается никаких изменений.

По некоторым предположениям эти изменения вызываются особым ядом гипнотоксином. Состав, приготовленный из крови, спинномозговой жидкости или экстракта вещества головного мозга долго не спавших собак, впрыскивали бодрствующим собакам. Последние сразу же обнаруживали все признаки утомления и впадали в глубокий сон. В их нервных клетках появлялись те же изменения, что и у долго не спавших собак. Однако в чистом виде выделить гипнотоксин так и не удалось. Более того, этой теории противоречат наблюдения П.К.Анохина над двумя парами сиамских близнецов с общей системой кровообращения. Если сон вызывается веществами, переносимыми кровью, то близнецы должны засыпать одновременно. Однако в таких парах возможны ситуации, когда одна голова спит, а другая бодрствует.

Химическая теория не может также ответить на ряд вопросов. Например, почему ежедневное отравление продуктами усталости не приносит организму никакого вреда? Что происходит с этими веществами при бессоннице? Почему новорожденный младенец практически все время спит?

Сон как торможение. Согласно И.П.Павлову, сон и внутреннее торможение по своей физико-химической природе являются единым процессом. Различие между ними состоит в том, что внутреннее торможение у бодрствующего человека охватывает лишь отдельные группы клеток, в то время как при развитии сна торможение широко иррадирует по коре больших полушарий, распространяясь на нижележащие отделы мозга. Такое разлитое торможение коры и подкорковых центров обеспечивает их восстановление для последующей деятельности. Сон, развивающийся под влиянием тормозных условных раздражителей, И.П.Павлов назвал активным, противопоставляя ему пассивный сон, возникающий в случае прекращения или резкого ограничения притока афферентных импульсов в кору больших полушарий.

Современные представления о природе сна. В настоящее время большинство существующих гипотез относительно функционального значения сна и отдельных его стадий можно свести к трем основным подходам: 1) энергетическому или компенсаторно-восстановительному, 2) информационному, 3) психодинамическому.

Согласно первому во сне происходит восстановление энергии, затраченной во время бодрствования. Особенная роль при этом отводится дельта-сну, увеличение продолжительности которого следует за физическим и умственным напряжением. Любая нагрузка компенсируется увеличением доли дельта-сна. Именно на стадии дельта-сна происходит секреция нейрогормонов, обладающих анаболическим действием.

Выделены морфологические образования, имеющие отношение к регуляции сна. Так, ретикулярная формация управляет начальным этапом сна. Гипногенная зона, находящаяся в передней части гипоталамуса, также оказывает регулирующее влияние на функции сна и бодрствования. Периферические гипногенные зоны расположены в стенках сонных артерий. Итак, в организме существует целый ряд гипногенных зон. Механизм наступления сна и пробуждения от сна сложен и, вероятно, имеет определенную иерархию.

П.К. Анохин придавал в этом процессе решающее значение функциям гипоталамуса. При длительном бодрствовании уровень жизненной активности клеток коры мозга снижается, поэтому их тормозное влияние на гипоталамус ослабевает, что позволяет гипоталамусу «выключать» активизирующее воздействие ретикулярной

формации. При снижении восходящего потока возбуждения человек засыпает.

Информационный подход исходит из того, что сон это результат уменьшения сенсорного притока к ретикулярной формации. Последнее влечет за собой включение тормозных структур. Высказывалась и такая точка зрения, что нуждаются в отдыхе не клетки, не ткани, не органы, а психические функции: восприятие, сознание, память. Воспринимаемая информация может «переполнить» мозг, поэтому ему необходимо отключиться от окружающего мира (что и является сущностью сна) и перейти на иной режим работы. Сон прерывается, когда информация записана, и организм готов к новым впечатлениям.

В контексте информационного подхода решающее значение придается понятию синхронизации в работе мозговых структур. При утомлении синхронизация нарушается. Эталонном для создания оптимальной согласованности ритмов служит «модель потребного биоритмического фона», создающаяся во время бодрствования на основе врожденной программы поведения и приходящих извне сигналов. Для создания этой модели нужна внешняя информация. В сновидениях, возможно, и отражается этот процесс упорядочения биоритмических отношений между мозговыми структурами. При этом, возможно, что в быстром сне происходит активизация работы тех нейронов, которые функционировали днем. Поэтому, чтобы соответствовать биоритмическому фону, они вынуждены активно работать в БДГ (Вейн, 1991).

В логике информационного подхода сформулирована и гипотеза И.Н. Пигарева (1994). Согласно этой теории мозг во сне продолжает выполнять привычную для него деятельность по переработке информации. При этом те структуры мозга, которые в бодрствующем состоянии обрабатывают информацию, поступающую от органов чувств, во сне настраиваются на восприятие и обработку информации, идущей от внутренних органов.

По мнению известного психоневролога А.М.Вейна (1991), информационный подход не противоречит энергетической концепции восстановления, ибо переработка информации во сне не подменяет собой переработку во время бодрствования, а дополняет ее. Восстановление в самом широком значении этого слова — это не покой и пассивное накопление ресурсов, но прежде всего своеобразная мозговая деятельность, направленная на реорганизацию воспринятой информации.

Психодинамический подход иллюстрирует теория А.М.Вейна (1991), согласно которой существует иерархически построенная, целостная мозговая система, регулирующая циклы сна и бодрствования. В нее входят: ретикулярная активирующая система, поддерживающая уровень бодрствования; синхронизирующие аппараты, ответственные за медленный сон, и ретикулярные ядра варолиева моста, ответственные за быстрый сон. Между этими структурами осуществляется динамическое взаимодействие, результирующая которого определяет итоговую направленность состояния организма — в сторону бодрствования или сна. В этой же системе направленность состояния организма координируется с деятельностью вегетативной и соматической систем, и получает свой эквивалент в виде субъективно переживаемого психического состояния. Представления о природе быстрого сна. Существует целый ряд теорий и гипотез о природе и значении парадоксального сна. В отличие от медленного сна быстрый сон имеет ярко выраженную активную природу. Парадоксальный сон запускается из четко очерченного центра, расположенного в задней части мозга, в области варолиева моста и продолговатого мозга. Во время этой стадии сна клетки мозга чрезвычайно активны, но процесс передачи информации от органов чувств в мозговые центры, а также от них в мышечную систему блокирован.

Ряд исследователей считает, что это периоды восстановления клеток, другие полагают, что БДГ сон играет роль «предохранительного клапана», позволяющего разряжаться избытку энергии, пока тело полностью лишено движения; по мнению третьих, БДГ-сон способствует закреплению в памяти информации, полученной во время

бодрствования. Некоторые исследования указывают даже на тесную связь между высоким уровнем интеллектуального развития и большой общей продолжительностью периодов парадоксального сна у многих людей.

Очень привлекательной выглядит гипотеза Жуве, согласно которой в быстром сне в нейробиологическую память передается наследственная, генетическая информация, имеющая отношение к организации целостного поведения.

Сам быстрый сон можно разделить на две стадии. На фоне сплошной десинхронизации, длящейся от 5 до 20 секунд и сопровождающейся быстрыми движениями глаз, начинается бурное развитие тета-ритма, генерируемого гиппокампом. Это эмоциональная стадия быстрого сна. Затем тета-ритм ослабевает, а тем временем в новой коре, особенно в ее сенсомоторной области, усиливается альфа-ритм. Затем ослабевает альфа-ритм, и в гиппокампе вновь нарастает тета-ритм. Обе стадии чередуются во время сна несколько раз, причем первая всегда длиннее второй. Усилению тета-ритма в быстром сне сопутствуют те же вегетативные явления, которыми и сопровождается насыщенное сильными эмоциями напряженное бодрствование.

В целом можно заключить, что главной функцией медленного сна является восстановление гомеостаза мозговой ткани и оптимизация управления внутренними органами. Хорошо известно также, что сон необходим для восстановления физических сил и оптимального психического состояния. Что же касается парадоксального сна, то считается, что он облегчает долговременное хранение информации и ее считывание.

3.3. Психобиология стресса

Стресс нередко рассматривают как особое функциональное состояние и в то же время как психобиологическую реакцию организма на воздействия среды, выходящие за границы адаптивной нормы. Термин «стресс» был введен Гансом Селье в 1929 году. Будучи студентом-медиком, он обратил внимание на то, что у всех пациентов, страдающих от самых разных заболеваний, возникает ряд общих симптомов (потеря аппетита, мышечная слабость, повышенные артериальное давление и температура, утрата мотивации к достижениям). Поскольку эти симптомы не зависят от природы соматического расстройства, Селье предложил обозначить такое состояние «синдром просто болезни». Первоначально Селье использовал термин «стресс» для описания совокупности всех неспецифических изменений (внутри организма), функциональных или органических. Одно из его последних определений стресса таково: «неспецифическая реакция организма на любое требование извне» (Селье, 1974).

В настоящее время термин стресс используется для обозначения целого ряда явлений:

- 1) сильное, неблагоприятное, отрицательно влияющее на организм воздействие;
- 2) сильная неблагоприятная для организма физиологическая или психологическая реакция на действие стрессора;
- 3) сильные, как благоприятные, так и неблагоприятные для организма реакции разного рода;
- 4) неспецифические черты (элементы) физиологических и психологических реакций организма при сильных, экстремальных на него воздействиях, вызывающих интенсивные проявления адаптационной активности;
- 5) неспецифические черты (элементы) физиологических и психологических реакций организма, возникающие при любых реакциях организма.

Таким образом, в целом стресс представляет собой неспецифический компонент адаптации, играющий мобилизующую роль и обуславливающий привлечение энергетических и пластических ресурсов для адаптационной перестройки организма.

Виды стресса. Селье считал, что стрессовая реакция представляет собой неспецифический набор психобиологических изменений, который не зависит от природы фактора, провоцирующего стресс. Позднее, однако, было показано, что общая картина психобиологических реакций может быть весьма специфична. В ее формирование вносят

свой вклад и качественное своеобразие раздражителя, и индивидуальные особенности организма.

В связи с особенностями раздражителя принято выделять, по крайней мере, два варианта стресса: физический (физиологический, первосигнальный) и психоэмоциональный (второсигнальный).

Стимул, вызывающий стрессовую реакцию, называется стрессором. Раздражитель может стать стрессором в результате его когнитивной интерпретации, т.е. значения, которое человек приписывает данному раздражителю (психоэмоциональный стресс). Например, звук чужих шагов за спиной идущего по улице человека ночью на пустынной улице может оказаться сильным стрессором. Физический стресс возникает в результате воздействия раздражителя через какой-либо сенсорный или метаболический процесс. Например, удушье или слишком сильные физические нагрузки приобретают роль стрессоров, провоцирующих физиологический стресс. Следует подчеркнуть особую роль длительности воздействия неблагоприятного фактора. Так некоторые раздражители способны вызывать стрессовую реакцию в результате достаточно долгого их воздействия на человека. В случае кратковременного стресса, как правило, актуализируются уже сложившиеся программы реагирования и мобилизации ресурсов

3.3.1. Условия возникновения стресса

При длительном воздействии стрессогенных факторов возможны два варианта. В первом — происходят перестройки функциональных систем, ответственных за мобилизацию ресурсов. Причем нередко эти перестройки могут повлечь за собой тяжелые последствия для здоровья человека: например, сердечно-сосудистая патология, заболевания желудочно-кишечного тракта и т.п. Во втором случае перестройки функциональных систем как таковых не происходит. При этом реакции на внешние воздействия имеют преимущественно локальный характер. Например, физические раздражители (сильная жара или холод, сильный шум, духота и т.п.), действуют на низшие сенсорные механизмы, а такие раздражители как кофе, никотин, различные нейротропики и т.д. — действуют на организм через пищеварительный тракт и процессы метаболизма. Физиологический стресс, как правило, связан с объективным изменением условий жизнедеятельности человека. В отличие от этого, психоэмоциональный стресс нередко возникает в результате собственной позиции индивида. Человек реагирует на то, что его окружает в соответствии со своей интерпретацией внешних стимулов, которая зависит от личностных особенностей, социального статуса, ролевого поведения и т.п. Применяя при стрессе кофеин, алкоголь, никотин, наркотики и т.п., человек лишь усиливает отрицательные эффекты стресса.

Значение стресса. Сущность реакции на стрессор заключается в активации всех систем организма, необходимой для преодоления «препятствия» и возвращения организма к нормальным условиям существования. Если стрессовая реакция выполняет эту функцию, ее адаптивная ценность становится очевидной. Не вызывает сомнения положение о том, что биологической функцией стресса является адаптация. В связи с этим стресс предназначен для защиты организма от угрожающих и разрушающих воздействий различной модальности как психических, так и физических. Поэтому возникновение стресса означает, что человек включается в определенную деятельность, направленную на противостояние опасным для него воздействиям. Одновременно с этим возникает особое функциональное состояние и целый комплекс различных физиологических и психологических реакций. Таким образом, стресс это нормальное явление в здоровом организме — защитный механизм биологической системы.

Сказанное выше, безусловно, справедливо для физиологического стресса. Однако стрессовую реакцию, возникающую у современного человека при психоэмоциональном стрессе нередко можно квалифицировать как неадекватное возбуждение примитивных защитных механизмов, когда организм активизируется для физической деятельности (борьбы или бегства). В условиях социальной регламентации поведения нет места ни

тому, ни другому. Очевидно, что цивилизованный человек не может ударить своего оппонента, даже если он абсолютно уверен в своей правоте.

Множественно возникающая и не получающая разрядки стрессовая реакция нередко приводит к дисфункциональным и патологическим нарушениям, характеризующимся структурными изменениями в ткани и функциональной системе органа-мишени. Когда эти изменения возникают вследствие стресса, такая болезнь получает название психосоматического или психофизиологического заболевания.

Тем не менее со времен Селье принято различать конструктивный и деструктивный аспекты стресса. Другими словами, не всякий стресс вреден. Стрессовая активация нередко является положительной силой, обогащая человека осознанием своих реальных возможностей. Селье называл положительный стресс эустрессом, а ослабляющий и разрушающий стресс — дистрессом. (По происхождению слово «стресс» означает ограничение или притеснение, а слово «дистресс» — пребывание в состоянии ограничения или притеснения).

На ранней стадии развития стресса, как правило, улучшается общее самочувствие и состояние здоровья. Однако, продолжая нарастать, стресс достигает своего апогея. Эту точку можно назвать оптимальным уровнем стресса, потому что, если стресс возрастает и дальше, то он становится вредным для организма.

Этапы развития стресса. Любой раздражитель, вызывающий стрессовую реакцию, должен вначале быть воспринят (хотя и не обязательно осознанно) сенсорными рецепторами периферической нервной системы. Восприняв это раздражение, рецепторы посылают импульсы по сенсорным путям периферической нервной системы к мозгу. В ЦНС от главных путей, восходящих к неокортексу, отходят нервные ответвления, направляющиеся в ретикулярную формацию и далее в образования промежуточного мозга. Поэтому воспринимаемые события получают должную оценку в структурах мозга, связанных с обеспечением мотивационно-потребностной сферы человека (гипоталамусе и лимбической системе).

В конечном счете, все потоки нервной импульсации по восходящим путям поступают в кору больших полушарий, где осуществляется их содержательная, смысловая интерпретация. Результаты этой интерпретации по каналам обратной связи попадают в лимбическую систему. Если раздражитель истолковывается как угроза или вызов, провоцирующий ярко выраженную эмоциональную оценку, возникает стрессогенная реакция. Для многих людей активация эмоций (как отрицательных, так и положительных) является стимулом.

Для стресса.

Раздражитель - сенсорные пути

когнитивная интерпретация (неокортекс)

аффективная интерпретация (лимбическая система)

Итак, в самом общем виде условия возникновения реакции на стресс таковы: любой раздражитель получает двойную интерпретацию — объективную (в коре больших полушарий) и субъективную (в лимбической системе). В том случае, если субъективная оценка говорит об угрозе, т.е. имеет негативную аффективную окраску (страх, гнев), она приобретает роль триггера, автоматически запуская последовательность соответствующих физиологических реакций. В том случае, когда нет восприятия угрозы, стрессовой реакции не возникает.

Распространение стрессогенной реакции в организме осуществляется через вегетативную нервную систему и, в первую очередь, ее симпатический отдел, эффекты возбуждения которого были описаны выше.

Организм человека справляется со стрессом следующим образом:

- 1) Стрессоры анализируются в высших отделах коры головного мозга, после чего определенные сигналы поступают к мышцам, ответственным за движения, подготавливая организм к ответу на стрессор.
- 2) Стрессор оказывает влияние и на вегетативную нервную систему. Учащается пульс,

повышается давление, растет уровень эритроцитов и содержание сахара в крови, дыхание становится частым и прерывистым. Тем самым увеличивается количество поступающего к тканям кислорода. Человек оказывается готовым к борьбе или бегству.

3) Из анализаторных отделов коры сигналы поступают в гипоталамус и надпочечники. Надпочечники регулируют выброс в кровь адреналина, который является общим быстродействующим стимулятором. Гипоталамус передает сигнал гипофизу, а тот — надпочечникам, в результате чего возрастает синтез гормонов и их выброс в кровь. Гормоны, в основном, осуществляют медленнодействующую защиту организма. Они изменяют водно-солевой баланс крови, повышая давление, стимулируют быстрое переваривание пищи и освобождают энергию; гормоны повышают число лейкоцитов в крови, стимулируя иммунную систему и аллергические реакции.

Наиболее продолжительные соматические реакции на стресс являются результатом активации «эндокринных осей». Этим термином обозначают эндокринные пути, по которым осуществляется реакция на стресс. Существуют три основные «эндокринные оси», которые вовлекаются в стрессовую реакцию человека: адreno-кортикальная, соматотропная и тиреоидная. Они связаны с активацией коры и мозгового вещества надпочечников и щитовидной железы. Показано, что эти три оси могут быть активизированы посредством многочисленных и разнообразных психологических воздействий, включая различные психосоциальные стимулы. Реакция по эндокринным осям не только продолжительна во времени, но, как правило, возникает с некоторой задержкой. Последнее обусловлено, во-первых, тем, что единственным транспортным механизмом для этих осей является система кровообращения, и, во-вторых, тем, что для их активации требуется более сильный раздражитель.

Все эти биохимические и физиологические изменения мобилизуют организм на «борьбу» или «бегство». Когда конфликтная ситуация требует немедленного ответа, адаптивные механизмы работают четко и слаженно, биохимические реакции ускоряются, а следующие за ними функциональные изменения в органах и тканях позволяют организму реагировать на угрозу с удвоенной силой.

В жизни первобытного человека большинство стрессовых воздействий завершалось выраженной активностью организма (реакция «борьбы или бегства»). В современном мире стресс, нередко ограничиваясь только внутренними проявлениями, может приобретать затяжной характер. В этом случае у организма нет шансов нормализовать уже включившиеся стресс-адаптационные процессы, хотя нервная система продолжает реагировать на стрессоры привычным для организма человека способом. При этом ни одну из вышеописанных физиологических реакций нельзя произвольно исключить из традиционного комплекса реагирования. Стресс-адаптивная система нашего организма относительно неспецифична и реагирует одинаковыми изменениями как на хорошие, так и на плохие события.

Итак, как уже подчеркивалось, в современном мире стрессовые реакции на психосоциальные стимулы являются не столько следствием самих раздражителей, сколько результатом их когнитивной интерпретации, а также и эмоционального возбуждения.

3.3.2. Общий адаптационный синдром

В 1956 году Селье разработал концепцию «общего адаптационного синдрома» (ОАС). ОАС есть не что иное, как усилие организма приспособиться к изменившимся условиям среды за счет включения специальных защитных механизмов, выработанных в процессе эволюции. ОАС подразделяется на три стадии. Первая называется стадией тревоги. Эта стадия связана с мобилизацией защитных механизмов организма. Во время этой стадии эндокринная система отвечает нарастающей активацией всех трех осей. При этом главную роль играет адreno-кортикальная система.

Следующая стадия называется стадией сопротивления или резистентности. Эту стадию отличает максимально высокий уровень сопротивляемости организма к действию вредоносных факторов. Она выражает усилия организма поддержать состояние

гомеостаза (равновесия внутренней среды) в изменившихся условиях.

Если воздействие стрессора будет продолжаться, то в итоге «энергия адаптации», т.е. адаптивные механизмы, участвующие в поддержании стадии резистентности, исчерпают себя. Тогда организм вступает в финальную стадию — стадию истощения. В некоторых случаях под большой угрозой действительно может оказаться выживание организма.

Сущность ОАС ясно излагает сам Селье: «Ни один организм, — подчеркивает он, — не может постоянно находиться в состоянии тревоги. Если агент настолько силен, что значительное воздействие его становится несовместимым с жизнью, животное погибает еще на стадии тревоги, в течение первых часов или дней. Если оно выживает, за первоначальной реакцией обязательно следует стадия резистентности. Эта вторая стадия отвечает за сбалансированное расходование адаптационных резервов. При этом поддерживается практически не отличающееся от нормы существование организма в условиях повышенного требования к его адаптационным возможностям. Но поскольку адаптационная энергия не беспредельна, то, если стрессор продолжает действовать, наступает третья стадия — истощение».

Последствия продолжительного и кратковременного стресса. Психическое и соматическое (телесное) так сильно переплетены между собой, что не может быть психического феномена без последующего соматического и наоборот, не существует соматического явления без психологического. Стрессовая реакция представляет собой концентрированную сущность взаимоотношения психики и тела.

Принято считать, что все симптомы, вызванные стрессом, являются психосоматическими. Это значит, что в ответе на стресс принимают участие все системы — нервная, эндокринная, сердечно-сосудистая, желудочно-кишечная и т.п. Очень часто, особенно после продолжительного стресса, вследствие истощения всего организма наступает слабость. Как правило, стресс вызывает ухудшение деятельности самого «слабого» звена в организме, уже больного органа, например, язву желудка на фоне хронического гастрита и т.п. Ослабляя иммунную систему организма, стресс повышает риск инфекционных заболеваний. Наиболее часто стресс влияет на состояние сердечно-сосудистой системы.

Установлено, что при стрессе дыхание становится более частым. При непродолжительном стрессе попадание избытка кислорода в кровь вызывает одышку. Если же стресс длительный, то частое дыхание будет продолжаться до тех пор, пока не пересохнут слизистые поверхности носоглотки. Человек в этом случае чувствует боль в грудной клетке из-за спазма дыхательных мышц и диафрагмы. При этом вследствие ухудшения защитных функций слизистой оболочки носоглотки резко возрастает вероятность заболевания различными инфекционными заболеваниями.

Повышение уровня сахара в крови, также являющееся частью реакции организма на стресс, вызывает свою цепную реакцию. Во-первых, повышение уровня сахара (глюкозы) провоцирует усиленную секрецию инсулина — гормона поджелудочной железы, который, в свою очередь, способствует отложению глюкозы в виде гликогена в печени, мышцах и частичному превращению ее в жир. В результате концентрация сахара в крови падает, и у человека возникает чувство голода, а организм требует немедленной компенсации. Это состояние в свою очередь стимулирует дальнейшую секрецию инсулина, и уровень сахара в крови продолжает снижаться.

Таким образом, при стрессе так или иначе страдают все системы организма.

Индивидуальные различия. В 1974 г. вышла книга М. Фридмана и Р. Розенмана «Поведение А-типа и ваше сердце», первое и наиболее значительное исследование взаимосвязи стресса и заболеваний сердечно-сосудистой системы. Было выделено два полярных типа поведения и соответственно группы людей, у которых преобладает один из двух вариантов поведения: тип А или тип Б. К первому типу относится поведение, ориентированное на успех и жизненные достижения. И именно этот тип поведения

значительно повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний и скоропостижной смерти. В лабораторных условиях было показано, что оба типа по разному реагируют на информационную нагрузку. Характер этих реакций согласуется с преобладанием активности одного из двух отделов вегетативной нервной системы: симпатического (тип А) или парасимпатического (тип Б). Первый реагирует на нагрузку учащением пульса, ростом артериального давления и другими вегетативными реакциями, сопровождающими активацию симпатической нервной системы. Тип Б в тех же условиях реагирует по парасимпатическому варианту: снижением частоты сердцебиений и другими соответствующими вегетативными проявлениями. Итак, для типа А характерен высокий уровень двигательной активности и преобладание симпатических реакций, т.е. для этого типа характерна постоянная готовность к действию. Тип Б представляет вариант реагирования с преобладанием парасимпатических эффектов, для него характерно снижение двигательной активности и относительно низкая готовность включаться в действие. Перечисленные различия определяют разную чувствительность того и другого типа к стрессогенным воздействиям. Один из путей профилактики сердечно-сосудистых заболеваний состоит в том, чтобы уменьшить в репертуаре поведения пациента проявления типа А.

Борьба со стрессом. Терапия стрессовых состояний — сложная задача, включающая целый ряд аспектов. Среди них следует отметить, в первую очередь, собственную позицию человека. Речь идет об ответственности человека за свое здоровье. Утверждение, что чрезмерный стресс и эмоциональные расстройства зависят от способа интерпретации индивидом своего окружения, прямо связано с признанием личностной ответственности человека за свое отношение к происходящему и таким образом за свое здоровье. Более того, сама возможность применения некоторых средств борьбы со стрессом и эффективность их использования зависят от того, насколько осознанно человек подходит к своему здоровью. Психофизиологические методы коррекции стрессогенных состояний связаны, в первую очередь, с использованием приемов обратной связи (раздел 3.5).

3.4. Боль и ее физиологические механизмы

Теоретически боль не рассматривается как особое функциональное состояние. По определению боль — неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением ткани или описываемое в терминах такого повреждения. Тем не менее длительные (хронические) боли столь существенно изменяют психофизиологическое состояние человека, а в некоторых случаях и мировосприятие в целом, что представляется целесообразным уделить специальное внимание анализу этого явления.

Типология боли осуществляется по ряду признаков. По характеру локализации все болевые проявления подразделяются на соматические и висцеральные. В свою очередь соматическая боль может быть поверхностной или глубокой. Боль, возникающая в коже называется поверхностной. Боль, локализуемая в мышцах, костях, суставах и соединительных тканях, называется глубокой.

Поверхностная боль, вызываемая, например, уколом кожи, — это, как правило, яркое по характеру и легко локализуемое ощущение, быстро угасающее с прекращением стимуляции. Часто за этой ранней болью с задержкой в 0,5 — 1,0с. следует так называемая поздняя боль, тупая и ноющая. Эту боль труднее локализовать, и она медленнее угасает. Глубокая боль одна из самых обычных у человека и животных. , как правило, тупая, трудно локализуемая и имеет тенденцию к иррадиации в окружающие ткани. Однако есть типы острых, а также хронических болей в суставах, скелетных мышцах и в соединительных тканях. Висцеральная боль связана с болезненными ощущениями во внутренних органах. Например, висцеральную боль можно вызвать быстрым и сильным растяжением полых органов брюшной полости. Спазмы или сильные сокращения внутренних органов также относятся к типу висцеральных болей.

Важной характеристикой боли является ее продолжительность. Так кратковременная острая боль обычно ограничена поврежденной областью (например, ожог кожи). При этом человек точно знает, где она локализуется и осознает степень ее интенсивности. Такая боль указывает на грозящее или уже произошедшее повреждение ткани и поэтому обладает четкой сигнальной и предупредительной функцией. После устранения повреждения она быстро исчезает.

Наряду с этим устойчивые и рецидивирующие формы боли являются так называемыми хроническими типами боли. К хроническим болям относят такие, которые длятся более полугода. Хронические боли достаточно длительны и более или менее регулярно повторяются (например, головные боли, называемые мигренью). К хроническим болям можно отнести и так называемые «фантомные» боли, которые возникают в тех конечностях, которые были ампутированы.

Обычной хронической боли нельзя приписать какой-либо физиологической функции. В этом отношении она «бессмысленна» и от нее надо избавляться. С точки зрения сенсорной физиологии, у хронической боли нет прямой связи между ее интенсивностью и степенью органического повреждения. Иногда хроническая боль не зависит от расстройства, лежащего в ее основе, и проявляется как отдельный, индивидуальный синдром, принципиально отличный от острой боли.

Компоненты боли. Любая боль включает ряд составляющих или компонентов. К числу таких составляющих боли относится сенсорный, аффективный, вегетативный, двигательный и когнитивный компоненты. Сенсорный компонент передает в кору головного мозга информацию о местоположении источника боли, начале и окончании его действия и о его интенсивности. Человек осознает эту информацию в виде ощущения, точно также как и другие сенсорные сигналы, например, запах или давление.

Аффективный компонент окрашивает эту информацию неприятными переживаниями. Вегетативный компонент обеспечивает реакцию на болевую стимуляцию. Например, при погружении руки в горячую воду происходит расширение кровеносных сосудов, при этом повышается кровяное давление, учащается пульс, расширяются зрачки, изменяется ритм дыхания. Это так называемый вегетативный компонент боли. При сильной боли реакция вегетативной нервной системы может быть и более выраженной, например, при желчной колике может возникнуть тошнота, рвота, потоотделение, резкое падение кровяного давления. Двигательный компонент чаще всего проявляется как рефлекс избегания или защиты. Мышечное напряжение проявляется как произвольная реакция, направленная на избегание боли.

Когнитивный компонент боли связан с рациональной оценкой происхождения и содержания боли, а также регуляцией поведения, связанного с болью.

В раннем онтогенезе боль играет роль обратной связи, фиксирующей переживание и изменяющей соответствующие проявления психической реальности ребенка. Доказано, что поведенческие и эмоционально нормальные реакции на болевые стимулы не являются врожденными, они приобретаются в ходе развития. Если этот опыт не приобретен в раннем детстве, выработать соответствующие реакции позднее оказывается очень трудно. Так щенки, специально ограждаемые от вредных стимулов в первые восемь месяцев жизни, оказывались неспособными правильно реагировать на боль, например, они неоднократно «нюхали» огонь, а на глубокое погружение иглы в кожу отвечали лишь локальными рефлекторными вздрагиваниями.

В онтогенезе формируется также и градация в оценке болевых ощущений (слабая, беспокоящая, сильная, невыносимая). Главное в этой оценке сравнение боли, испытываемое в данный момент с ранее пережитыми видами боли. Иными словами, текущее состояние измеряется относительно прежних переживаний, хранящихся в памяти и оценивается в свете накопленного опыта. Такую оценку можно рассматривать в качестве когнитивного компонента. В зависимости от результата этого сравнения психомоторный компонент боли будет выражаться по-разному: мимикой, стонами, жалобами, различными

просьбами и т.п. Когнитивное суждение, вероятно, влияет и на степень проявления аффективного и вегетативного компонентов боли. Так, например, человек больше страдает от боли, которая, по его мнению, оказывает важное влияние на самочувствие, чем от такой же по интенсивности, но привычной и субъективно оцениваемой как безвредная.

На оценку боли и ее выражение влияет и ряд других факторов, например, жалобы человека на боль зависят от его социального статуса, семейного воспитания и этнического происхождения. Так в обряде инициации подростков в ряде племен Африки и Южной Америки невыносимая с точки зрения нормального европейца боль не должна сопровождаться никакими внешними проявлениями у юноши, проходящего обряд.

Кроме того, на оценку боли оказывают решающее влияние те обстоятельства, при которых она возникает. Известно, что спортсмены на ответственных соревнованиях не испытывают боли даже от серьезной травмы, и, кроме того, им требуется существенно меньше болеутоляющих средств, чем людям, получившим такие же повреждения в обычных условиях.

Интересно, что не получено значимых корреляционных связей между поведением при боли и устойчивыми личностными чертами, например, экстраверсией и интроверсией. Иными словами, невозможно на основе знания личностных черт предсказать реакцию данного человека на боль.

Как правило, все компоненты боли возникают вместе, но их соотношение и степень выраженности каждого может варьировать в зависимости от вида боли и ряда других факторов. Однако, поскольку они связаны с различными отделами нервной системы, то все компоненты боли могут в принципе возникать изолированно друг от друга. Например, спящий человек может отдернуть руку от болевого стимула, даже не ощутив боли сознательно.

Ноцицептивная система. С какими физиологическими системами и процессами связано возникновение боли? До недавних пор существовала точка зрения, что боль не имеет специфических физиологических механизмов. Как ощущение она может возникать в любой сенсорной системе, если воздействие оказывается слишком сильным. Однако экспериментально было показано, что существует особая мозговая система, обеспечивающая восприятие и передачу болевой информации в кору больших полушарий. Объективная обработка болевых сигналов осуществляется в особой мозговой системе, именуемой ноцицептивной. Она включает особые виды рецепторов, обеспечивающих восприятие болевых стимулов, нервные волокна и проводящие пути в спинном мозге, а также центральные структуры в стволе мозга — таламусе и коре больших полушарий. Боль как переживание является отражением деятельности ноцицептивной системы в сознании — и поэтому ее можно рассматривать как субъективный компонент. Иначе говоря, боль как переживание не всегда может быть связана с реальным болевым стимулом. Если возбуждение возникает в проводящих путях и высших центрах ноцицептивной системы, минуя болевые рецепторы, человек будет испытывать боль в отсутствие реального болевого воздействия. Подобная боль имеет патологическую природу, и требует лечения.

Особенностью ноцицептивной системы как мозгового субстрата боли является также наличие особых тормозных механизмов, которые действуют на уровне спинного мозга и ряда центров головного мозга. Когда эти механизмы включены, уровень возбудимости ноцицептивной системы в целом снижается и боль как ощущение уменьшается или исчезает полностью. Эти представления лежат в основе теории воротного контроля боли. Включением центральных механизмов воротного контроля объясняются те случаи, когда сильно травмированный человек почти не испытывает боли. Методы снятия боли. Организм человека обладает собственными возможностями снижения активности ноцицептивной системы. Эндогенные системы подавления боли связаны, во-первых, с наличием на нейронах ноцицептивной системы специфических об-

разований, так называемых опиатных рецепторов. Эти рецепторы вступают во взаимодействие с веществами типа опия и морфия, поэтому последние вызывают снятие болевых ощущений. Однако в самом мозге вырабатываются вещества — эндорфины, которые, взаимодействуя с опиатными рецепторами, вызывают успокоение и снятие боли. Во-вторых, в глубоких структурах мозга обнаружены центры, электрическая стимуляция которых вызывает обезболивание. Установлено также, что электрическая стимуляция всего головного мозга может вызвать снижение болевых ощущений. Это явление называют электронаркозом.

К лечебным методам снятия боли относят фармакологические, физические и психологические методы.

При фармакологических методах снятия боли используются различные виды наркотических и не наркотических анальгетиков (веществ облегчающих и/или снимающих боль).

Для физического облегчения боли используются средства физиотерапии различного характера. Это прикладывание горячего или холодного, массаж, гимнастика, электрическая стимуляция и нейрохирургия. В последнее время в европейской культуре для снятия боли все больше начинает применяться метод иглоукалывания. Большинство нейрохирургических современных средств являются крайними средствами воздействия на боль. Наибольшее практическое значение имеет перерезка нервных путей, прерывающая проведение ноци-цептивных сигналов. Она может весьма эффективно облегчить сильную хроническую боль на несколько недель или даже месяцев.

К психологическим методам облегчения боли прибегают, как правило, в тех случаях, когда оказывается неясной периферическая основа боли. В этих случаях психотерапия играет существенную роль. При этом используются такие средства как гипноз, аутотренинг, медитация.

3.5. Обратная связь в регуляции функциональных состояний

Теоретические и экспериментальные исследования в области физиологии представляют биологическую обратную связь как процесс саморегуляции поведенческих и физиологических функций.

Гомеостаз. Термин «гомеостаз» был предложен В.Кенноном в 1932 году. Он обозначает координацию физиологических процессов, поддерживающих большинство устойчивых состояний организма и предполагает наличие равновесия, устойчивого состояния и стабильности большинства физиологических систем. Таким образом, гомеостаз определяет динамическое постоянство внутренней среды и ее колебания в допустимых пределах. Хорошо известны биологические константы, при которых возможно полноценное существование организма: температура тела, кровяное давление, концентрация глюкозы и кислорода в крови и другие. Организм человека — открытая система, причем внешние воздействия постоянно дестабилизируют внутреннюю среду, нарушая ее постоянство, столь необходимое для полноценной жизнедеятельности. Тем не менее гомеостаз поддерживается благодаря сложным скоординированным механизмам саморегуляции, среди которых важную роль играет обратная связь.

Биологическая обратная связь. В живых организмах саморегуляция опосредуется механизмами обратной связи. Термин «обратная связь» впервые был использован в технике для описания автоматического управления машинами и механизмами. Любая система, поведение которой основано на принципе обратной связи обладает тремя основными свойствами: 1) генерирует движение к цели по определенному пути, 2) обнаруживает ошибку путем сравнения реального действия с правильным путем, 3) использует сигнал об ошибке для изменения направления действия.

В здоровом организме информация о результатах деятельности какого-либо органа (нервного центра, железы, мышцы) всегда тем или иным способом возвращается к нему обратно. На основе этого производятся изменения и корректировки первоначальной деятельности. Тем самым создается петля «обратной связи». Этот механизм действует

практически на всех уровнях организации живого организма, начиная от петель обратной связи, ответственных за изменение скорости протекания самых элементарных биохимических реакций,' до крайне сложных видов поведенческой деятельности. Причем самым существенным моментом в структурной организации обратной связи является наличие определенной информации о результате или характеристиках протекания того или иного процесса, с тем, чтобы иметь возможность изменить его в полезном для организма направлении.

Обратная связь (афферентация) является важнейшим звеном функциональных систем всех уровней организации. Другими словами, ее значение далеко выходит за рамки регуляции гомеостаза. Она выступает как важнейший механизм саморегуляции поведения и деятельности животных и человека (Анохин, 1978). При этом основным интерес представляют собой те реципрокные, регуляторные, опосредованные мозгом взаимодействия между моторным механизмом и рецептором, в которых обратная связь от рецептора управляет моторным ответом и сама регулируется им. Фундаментальные свойства этого взаимодействия для живых организмов — динамичность, замкнутость контура управления и непрерывность действия. Однако, анализ обратной связи в таком плане в значительной степени — предмет будущих исследований.

Искусственная обратная связь. Важная особенность обратной связи заключается в том, что ее можно рассматривать как метод регуляции функциональных состояний организма и управления деятельностью человека, причем первый из аспектов больше связан с психофизиологией, второй — с психологией труда и эргономикой. Суть в том, что при помощи специально сконструированных приборов информация о функциональном состоянии человека или результатах его деятельности регистрируется, преобразуется в доступную для восприятия форму и посылается обратно. Анализируя «вернувшуюся» информацию, человек принимает решение о дальнейших шагах в своем поведении, будь это управление состоянием организма или выполнение производственной задачи. Иными словами, при помощи специальной аппаратуры создается искусственная петля «обратной связи», с помощью которой человек способен сознательно регулировать многие функции своего организма, начиная от изменения скорости протекания элементарных психофизиологических реакций до крайне сложных видов деятельности. Самым существенным при организации аппаратной обратной связи является обеспечение конкретной, доступной человеку информации о результате или характеристиках протекания того или иного процесса, чтобы у человека была возможность изменить его в любом, но лучше в полезном для организма, направлении. Имеются многочисленные данные, говорящие о том, что при наличии соответствующей информации, на основе обратной связи человек может научиться изменять такие функции своего организма, которые ранее считались недоступными для произвольной регуляции и осознанного контроля.

3.5.1. Виды искусственной обратной связи в психофизиологии?

Электромиографическая (ЭМГ) обратная связь. Этот тип связи основан на использовании миографа — прибора, улавливающего и усиливающего электрические импульсы, возникающие при мышечном напряжении. Миограф регистрирует уровень мышечной активности и преобразует эту активность в сигналы, доступные для восприятия человека, пропорционально силе мышечного напряжения. В зависимости от типа прибора обратная связь с человеком осуществляется при помощи световых или звуковых сигналов. В первых исследованиях, например, изменялась освещенность комнаты: чем больше человек напрягал свои мышцы, тем ярче светили лампочки, и наоборот. Задавшись целью снизить уровень мышечного напряжения, человек в оценке результатов своих усилий ориентируется на изменения освещенности. Таким образом, он воспринимает эти сенсорные раздражители как информацию, необходимую ему для изменения степени мышечного напряжения, для релаксации.

Температурная обратная связь. Использование температурной связи основано на

том факте, что периферическая температура кожи отражает степень сужения или расширения кровеносных сосудов. Когда периферические кровеносные сосуды расширены, ток крови через них увеличивается и кожа становится более теплой. Измеряя температуру в конечностях, можно определить степень сужения кровеносных сосудов и так как их сужение и расширение регулируется симпатическим отделом автономной нервной системы, можно тем самым косвенно оценить степень симпатической активности.

Аппаратура для температурной обратной связи состоит из датчика и обрабатывающего устройства. Как и при регистрации мышечного напряжения, доступные для восприятия стимулы говорят человеку о температуре кожи пропорционально ее изменениям.

Электроэнцефалографическая (ЭЭГ) обратная связь. Описание метода регистрации ЭЭГ дано в главе 2. При изучении обратной связи такого типа, ЭЭГ записывается обычным способом, однако предварительно определяются частотные и амплитудные характеристики контролируемых показателей испытуемого (как правило, альфа-ритма или тета-ритма) и по их величине настраивается «окно» звуковой обратной связи. Человек получает обратную связь в виде звука, когда амплитуда и частота соответствующих ритмов находятся в пределах установленного индивидуального диапазона. Как показывают многочисленные опыты, человек может относительно быстро овладеть умением настраивать собственную электрическую активность в соответствии с заданными параметрами.

Было показано также, что биологическая обратная связь может быть использована не только для поддержания и увеличения альфа-активности на ЭЭГ по всей поверхности головного мозга, но и при изменении межполушарных соотношений по показателям альфа-ритма. Так, испытуемым предлагалось попытаться определить наличие асимметрии в собственной биоэлектрической активности мозга и добиться усиления ее выраженности с помощью биологической обратной связи. Испытуемые, ориентируясь на звуковой сигнал, информирующий их о степени преобладания альфа-ритма в правом полушарии, по инструкции произвольно поддерживали то или иное состояние ЭЭГ-асимметрии. У большинства испытуемых асимметрия менялась только за счет относительного увеличения или уменьшения альфа-ритма при сохранении исходной тенденции к доминированию альфа-ритма справа. Есть данные, что некоторые люди способны различать характер и степень выраженности собственной ЭЭГ-асимметрии.

Благоприятным фактором для регуляции альфа-ритма оказалось отсутствие критико-аналитического отношения к среде и к себе. Было также отмечено, что те испытуемые, которые хорошо представляют себе, что такое образы и сновидения, т.е. чьи образные компоненты мышления выражены достаточно ярко, обучаются особенно эффективно усиливать альфа-ритм. Именно эти субъекты обнаруживают большие способности к медитации и интуитивному постижению проблемы.

Электрокожная (ЭК) обратная связь. Основу для этого варианта обратной связи составляет электрическая активность кожи (см. гл.2). Наиболее часто встречающимся индикатором обратной связи служат преобразованные в доступную для восприятия форму сопротивление и проводимость кожи. Поскольку изменение электрических характеристик кожи является функцией симпатической нервной системы, то с помощью ЭК человек обучается регулировать уровень активации симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Комплексная обратная связь основана на сочетании двух или более видов обратной связи из числа описанных выше, например, одновременно с ЭЭГ-обратной связью можно применять ЭМГ-обратную связь. Последнее позволяет человеку более дифференцированно и эффективно осуществлять регуляцию соответствующих психофизиологических показателей и функциональных состояний организма.

3.5.2. Значение обратной связи в организации поведения

Значение обратной связи особенно ярко иллюстрируют исследования с отставлением информации о результатах выполнения действия.

Задержка обратной связи. Впервые этот экспериментальный прием использовал американский исследователь В.Ли. С помощью двойного звукозаписывающего устройства он фиксировал речь испытуемого и подавал ее обратно с помощью электрического преобразователя через наушники, которые препятствовали непосредственному восприятию испытуемым своей речи. Такая система позволяла создавать задержки между речевыми движениями испытуемого и звуковой обратной связью от этих движений. Задержки около 0,2 с вызывали у испытуемых радикальное нарушение речи — заикание, паузы, ошибки и в ряде случаев полное ее прекращение. Эти факты убедительно свидетельствуют, насколько важно человеку для правильного проговаривания слышать свою собственную речь.

Описаны эффекты задержек обратной связи и для других видов деятельности человека, таких как письмо, рисование, пение, управление позой и движениями головы и др. Показано, что задержка сенсорной обратной связи снижает организацию и эффективность всех движений тела, при этом наблюдается ухудшение точностных, временных и интегративных характеристик всех сенсомоторных механизмов. Так, в частности, уже после нескольких минут участия в экспериментах с звуковой задержкой профессиональные музыканты (пианисты, скрипачи, виолончелисты, флейтисты) полностью отказывались от участия в дальнейших экспериментах, поскольку они сразу обнаруживали, что подобный эксперимент разрушает навыки игры. В различных экспериментах с применением компьютера было показано, что задержка зрительной обратной связи от движений глаз ухудшает все виды глазодвигательной активности при прослеживании.

Значение обратной связи в организации движения. Можно утверждать, следовательно, что независимо от того, какие нейронные механизмы участвуют в процессах формирования двигательного навыка, тот факт, что даже небольшие нарушения нормальных временных и/или пространственных параметров обратной связи вызывают существенное ухудшение двигательных навыков, моторной деятельности и обучения, позволяет предположить наличие тесных взаимосвязей между периферическим мотосенсорным и центральными механизмами регуляции динамики движений, (см. раздел 3 глава 10).

Терапевтическое значение искусственной обратной связи. Проблема биологической обратной связи является одной из наиболее важных при изучении взаимодействия психики и тела. Как экспериментальный метод искусственная обратная связь позволяет изучать, какими способами мозг человека «дирижирует» различными функциями системы «психика-тело». Существуют и терапевтические аспекты применения искусственной обратной связи, когда, опираясь на получаемую информацию, человек стремится улучшить свое функциональное состояние.

Одним из условий успешности применения обратной связи в клинике является степень когнитивного переструктурирования воспринимаемой человеком внешней и внутренней информации, в результате которого он начинает более дифференцированно оценивать способы взаимодействия мозга и тела.

Имеются многочисленные данные, говорящие о том, что при наличии соответствующей информации на основе обратной связи человек может научиться изменять такие функции своего организма, которые ранее считались недоступными для сознательного контроля, например, степень мышечного напряжения, величину альфа-ритма, температуру кожного покрова, сердечную деятельность и др. Практическое применение обратной связи непосредственно связано с регуляцией состояния избыточного напряжения симпатического отдела вегетативной нервной системы с целью снижения ;его нежелательных для организма последствий.

Глава четвертая

4. Психофизиология эмоционально-потребностной сферы

В целостной поведенческой реакции любого живого организма потребности, мотивации и эмоции выступают в неразрывном единстве, однако и содержательно, и экспериментально их можно разделить, так как они отражают активность, хотя и тесно взаимодействующих, но специализированных отделов ЦНС, с одной стороны, и выполняют разные функции в обеспечении поведения, с другой.

4.1. Психофизиология потребностей

4.1.1. Определение и классификация потребностей

Потребности — форма связи организма с внешним миром и источник его активности. Именно потребности, являясь внутренними сущностными силами организма, побуждают его к разным формам активности (деятельности), необходимым для сохранения и развития индивида и рода в целом. Потребности живых существ чрезвычайно разнообразны. Существуют разные подходы к их классификации, однако большинство исследователей выделяют три типа потребностей: биологические, социальные и идеальные.

Биологические потребности. В своих первичных биологических формах потребность выступает как нужда, испытываемая организмом в чем-то, находящемся во внешней среде, и необходимом для его жизнедеятельности. Биологические потребности обусловлены необходимостью поддерживать постоянство внутренней среды организма. Побуждаемая ими активность всегда направлена на достижение оптимального уровня функционирования основных жизненных процессов, на достижение полезного, приспособительного результата (Анохин, 1968). Эта активность возобновляется при отклонении параметров внутренней среды от оптимального уровня и прекращается при его достижении.

Биологические потребности (в пище, воде, безопасности и т.д.) свойственны как человеку, так и животным. Однако большинство потребностей у животных носит инстинктивный характер. Инстинкты можно рассматривать как функциональные системы, в которых генетически «предопределены» не только свойства внешних предметов (или живых существ), способных удовлетворить эти потребности, но и основные последовательности (схемы, программы) поведенческих актов, приводящих к достижению полезного результата.

Потребности человека отличаются от аналогичных потребностей животных. Основное отличие лежит, прежде всего, в уровне социализации биологических потребностей человека, которые могут существенно видоизменяться под влиянием социокультурных факторов. Так, например, социализация пищевой потребности породила высоко ценимое искусство кулинарии и эстетизации процесса потребления пищи. Известно также, что в некоторых случаях люди способны подавлять в себе биологические потребности (пищевую, половую и т.д.), руководствуясь целями высшего порядка.

Потребности, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность организма, хорошо известны — это потребности в пище, воде, оптимальных экологических условиях (содержание кислорода в воздухе, атмосферное давление, температура окружающей среды и т.п.). Особое место в этом ряду занимает потребность в безопасности. Неудовлетворенность этой потребностью рождает такие ощущения, как тревога и страх.

Социальные и идеальные потребности. Физиология высшей нервной деятельности подходит к определению природы и состава социальных и идеальных потребностей, опираясь на представления о существовании врожденной, безусловнорефлекторной основы поведения, имеющей универсальный характер и проявляющейся в поведении как высших животных, так и человека (Симонов, 1973).

Социальные потребности (зоосоциальные у животных) в качестве первоосновы включают следующие их виды: 1) потребность принадлежать к определенной социальной группе; 2) потребность занимать в этой группе определенное положение в соответствии с субъективным представлением индивида об иерархии этой группы; 3) потребность

следовать поведенческим образцам, принятым в данной группе. Они направлены на обеспечение взаимодействия индивида с другими представителями своего вида.

Идеальные потребности составляют биологически обусловленную основу для саморазвития индивида. В эту группу включаются: 1) потребность в новизне; 2) потребность в компетентности; 3) потребность преодоления.

Потребность в новизне лежит в основе ориентировочно-исследовательской деятельности индивида и обеспечивает ему возможность активного познания окружающего мира. Две группы факторов имеют отношение к актуализации этой потребности: дефицит активации, который побуждает к поиску новых стимулов (сложных и изменчивых), и дефицит информации, который заставляет искать пути снижения неопределенности.

При описании потребностной сферы человека иногда как особый вид потребности выделяется информационная потребность, которая представляет собой не «сенсорный голод» как таковой, а потребность в разнообразной стимуляции. Неудовлетворенность информационной потребности может привести к нарушениям не только психического равновесия человека, но и жизнедеятельности его организма.

Так, например, в экспериментах по полной сенсорной изоляции здорового человека погружают в специальную ванну, которая позволяет практически полностью изолировать его от сенсорных раздражителей различных модальностей (акустических, зрительных, тактильных и др.). Через некоторое время (у каждого человека оно различно) люди начинают испытывать психический дискомфорт (потеря ощущения своего тела, галлюцинации, кошмары), который может привести к нервному срыву.

Простая монотонная стимуляция рецепторов (например, монотонный звук) лишь на короткое время улучшает состояние. Однако, если те же стимулы предъявлять не ритмически, а в случайном порядке, самочувствие человека улучшается. При неизменности параметров стимула вводится момент неопределенности и с ним возможность прогноза, несущего определенный смысл или информацию. Это способствует нормализации психического состояния человека. Таким образом, информационная потребность, хотя и относится к идеальным потребностям, у человека приобретает витальную или жизненную значимость.

Одной из природных предпосылок обучения является потребность в компетентности, тонкие физиологические механизмы которой пока неизвестны. Она проявляется в стремлении повторять одно и то же действие до полного успеха его исполнения, и обнаруживается в поведении высших животных и нередко маленьких детей. Адаптивный смысл этой потребности очевиден: ее удовлетворение создает основу для овладения инструментальными навыками, т.е. основу для обучения в самом широком смысле этого слова.

Потребность преодоления («рефлекс свободы» по определению И. П. Павлова) возникает при наличии реального препятствия и детерминирована стремлением живого существа преодолеть это препятствие. Рефлекс свободы ярче всего выражен у диких животных, стимулом для его актуализации служит какое-либо ограничение (препятствие), а безусловным подкреплением является преодоление этого препятствия. Адаптивное значение этой потребности в первую очередь связано с побуждением животного к расширению среды обитания, и, в конечном счете, к улучшению условий для выживания вида.

Сточки зрения эволюционной физиологии, перечисленные социальные и идеальные потребности должны иметь свое представительство и в мотивационно-потребностной сфере человека. В ходе индивидуального развития базисные потребности социализируются, включаются в личностный контекст и приобретают качественно новое содержание, становясь мотивами деятельности.

4.1.2. Психофизиологические механизмы возникновения потребностей

Физиологические условия возникновения потребностей — проблема недостаточно

разработанная, и некоторая определенность в настоящее время существует только в отношении таких витальных потребностей, как потребность в пище и воде. С точки зрения психологии, голод и жажда — это гомеостатические влечения — драйвы, направленные на получение организмом достаточного для обеспечения выживания количества воды и пищи. Эти драйвы относятся к врожденным и не требуют специального научения, однако в течение жизни могут модифицироваться разнообразными влияниями среды.

Природа чувства голода. Энергетический баланс у людей поддерживается при условии соответствия поступления энергии ее расходу на мышечную работу, химические процессы (рост и восстановление тканей) и потерю тепла. Отсутствие пищи вызывает чувство голода, которое инициирует поведение, направленное на поиск пищи. При каких физиологических условиях возникает чувство голода? Первоначально предполагалось, что чувство голода возникает в результате сокращений пустого желудка, которые могут восприниматься механорецепторами, находящимися в стенках желудка.

По современным представлениям решающую роль в этом играет растворенная в крови глюкоза. В норме, независимо от качества потребляемой пищи, концентрация глюкозы в крови поддерживается в пределах от 0,8 до 1,0 г/л. В промежуточном мозге, печени, стенках сосудов кровеносной системы находятся хеморецепторы, реагирующие на концентрацию глюкозы в крови, так называемые — глюкорецепторы. Реагируя на снижение содержания глюкозы в крови, они способствуют возникновению чувства голода. Предполагается, что чувство голода может также возникать в результате нехватки в организме продуктов обмена белков и жиров.

Кроме этого, определенную роль в возникновении голода могут играть текущие условия жизнедеятельности. Известно, что при снижении температуры окружающей среды, у теплокровных животных возрастает потребление пищи, причем в количестве обратно пропорциональном имеющейся температуре. Таким образом, внутренние терморецепторы могут служить источником стимуляции, который способствует возникновению ощущения голода.

Наряду с физиологическими существуют и психологические факторы, регулирующие возникновение чувства голода. Режим питания, включающий ритмичность потребления пищи, длительность интервалов между приемами пищи, ее качественный состав и количество, безусловно, влияют на возникновение ощущения голода.

Стремление к определенной пище называют аппетитом. Он может возникать при ощущении голода и вне его (например, при виде или описании особо вкусного блюда). Специфический аппетит может отражать реальный дефицит какого-либо компонента в составе пищи, например, тяга к соленой пище может возникать в результате потери организмом значительного количества соли. Однако подобная связь прослеживается не всегда. Предпочтение одних видов пищи и отвращение к другим определяются индивидуальным опытом воспитания человека и культурными традициями.

Процесс поглощения пищи обычно прекращается задолго до того, как в результате ее переваривания исчезает дефицит энергии, вызвавший чувство голода и побудивший начать поглощение пищи. Сумма процессов, заставляющих завершить этот акт, называется насыщением. Ощущение сытости всегда сопровождается снятием напряжения (поскольку сопряжено с активацией парасимпатической системы) и положительными эмоциями, следовательно, оно представляет собой нечто большее, нежели простое исчезновение голода.

Природа чувства жажды. Тело взрослого человека содержит приблизительно 75 % воды. При потере количества воды, превышающей 0,5 % массы тела (около 350 мл у человека, имеющего вес тела 70 кг) возникает чувство жажды. Жажда — общее ощущение, основанное на комбинированном действии рецепторов многих типов, расположенных как на периферии, так и в головном мозге. Основные нервные структуры, ответственные за регуляцию водно-солевого баланса, находятся в промежуточном мозге,

главным образом в гипоталамусе. В его передних отделах расположены так называемые осморорецепторы, которые активируются при повышении внутриклеточной концентрации солей, т.е. когда клетки теряют воду. Осморорецепторы называют рецепторами жажды, вызываемой дефицитом воды в клетках. Кроме них, в формировании ощущения жажды могут принимать участие и другие факторы, например, рецепторы полости рта и глотки (создающие ощущение сухости), рецепторы растяжения в стенках крупных вен и другие. Важно подчеркнуть, что адаптация к ощущению жажды отсутствует, поэтому единственное средство ее устранения — потребление воды.

Биохимические корреляты потребности в ощущениях. По некоторым данным, потребность в дополнительной стимуляции может определяться некоторыми биохимическими особенностями человека. Так, например, в известных исследованиях американского психолога М. Закермана (Зискегтап, 1984) изучалась тенденция человека к поиску новых переживаний, стремление к физическому и социальному риску. Эту склонность определяют как «поиск ощущений». С помощью специального опросника можно оценить потребности человека в новизне, сильных и острых ощущениях. Установлено, что индивидуальный уровень потребности в ощущениях имеет свои биохимические предпосылки. Степень потребности в ощущениях отрицательно связана с уровнем следующих биохимических показателей: моноаминоксидазы (МАО), эндорфинов и половых гормонов.

Функция моноаминоксидазы состоит в контроле и ограничении уровня некоторых медиаторов, в частности, норадреналина и дофамина. Эти медиаторы обеспечивают функционирование нейронов катехоламиноэргической системы, имеющей отношение к регуляции эмоциональных состояний индивида. Если содержание МАО в нейронах оказывается сниженным (по сравнению с нормой), ослабляется биохимический контроль за действием указанных медиаторов. Эндорфины, продуцируемые в мозге биологически активные вещества, снижают болевую чувствительность и успокаивающе влияют на психику человека. Половые гормоны (андрогены и эстрогены) связаны с процессами маскулинизации и феминизации.

Другими словами, индивиды, у которых меньше продуцируется в организме МАО, эндорфинов и половых гормонов, с большей вероятностью будут склонны к формированию поведения, выражающегося в поиске сильной дополнительной стимуляции. Закерман высказал предположение, что поиск ощущений связан с необходимостью обеспечить оптимальный уровень активации в катехоламиноэргической системе. Поэтому индивиды с низким уровнем продукции катехоламинов будут, по-видимому, искать сильных ощущений, чтобы поднять активность этой системы до оптимального уровня.

Этот пример дает основания полагать, что со временем могут быть обнаружены биохимические особенности, создающие условия для формирования некоторых не только витальных, но и идеальных потребностей человека. Однако нельзя упускать из виду, что корреляция как метод анализа не дает основания для оценки причинно-следственных отношений. В принципе нельзя исключить того, что перечисленные биохимические особенности сами возникают как следствие поведения, направленного на поиск ощущений, которое формируется в результате действия каких-либо других, неизвестных в настоящее время (может быть и социальных) факторов.

4.2. Мотивация как фактор организации поведения

Термин «мотивация» буквально означает «то, что вызывает движение», т.е. в широком смысле мотивацию можно рассматривать как фактор (механизм), детерминирующий поведение.

Мотивация. Потребность, перерастая в мотивацию, активирует ЦНС и другие системы организма. При этом она выступает как энергетический фактор («слепая сила» по И.П. Павлову), побуждающий организма к определенному поведению.

Не следует отождествлять мотивации и потребности. Потребности далеко не всегда

преобразуются в мотивационные возбуждения, в то же время без должного мотивационного возбуждения невозможно удовлетворение соответствующих потребностей. Во многих • жизненных ситуациях имеющаяся потребность по тем или иным причинам не сопровождается мотивационным побуждением к действию. Образно говоря, потребность говорит о том, «что нужно организму», а мотивация мобилизует силы организма на достижение «нужного».

Мотивационное возбуждение можно рассматривать как особое, интегрированное состояние мозга, при котором на основе влияния подкорковых структур осуществляется вовлечение в деятельность коры больших полушарий. В результате живое существо начинает целенаправленно искать пути и объекты удовлетворения соответствующей потребности.

Суть этих процессов четко выразил А.Н.Леонтьев (1977) в словах: мотивация это определенная потребность, или «само целенаправленное поведение».

Особый вопрос заключается в том, каков механизм перерастания потребности в мотивацию. В отношении некоторых биологических потребностей (голод, жажда) этот механизм, как было показано выше, связан с принципом гомеостаза. Согласно этому принципу внутренняя среда организма должна всегда оставаться постоянной, что определяется наличием ряда неизменных параметров (жестких констант), отклонение от которых влечет резкие нарушения жизнедеятельности. Примерами таких констант служат: уровень глюкозы в крови, содержание кислорода, осмотическое давление и т.д.

В результате непрерывно идущего обмена веществ эти константы могут смещаться. Их отклонение от требуемого уровня приводит к включению механизмов саморегуляции, которые обеспечивают возвращение констант к исходному уровню. В каких-то пределах эти отклонения могут быть компенсированы за счет внутренних ресурсов. Однако внутренние возможности ограничены, В таком случае в организме активизируются процессы, направленные на получение необходимых веществ извне. Именно этот момент, характеризующий, например, изменение важной константы в крови, можно рассматривать как возникновение потребности. По мере истощения внутренних ресурсов происходит постепенное нарастание потребности. По достижении некоторого порогового значения потребность приводит к развитию мотивационного возбуждения, которое должно привести к удовлетворению потребности за счет внешних источников.

В отношении других потребностей картина не столь очевидна. Тем не менее есть основания полагать, что и здесь действует принцип «порогового значения». Потребность перестает в мотивацию лишь по достижении некоторого уровня, при превышении этого условного порога человек, как правило, не может игнорировать нарастающую потребность и подчиненную ей мотивацию.

Виды мотиваций. В любой мотивации необходимо различать две составляющие: энергетическую и направляющую. Первая отражает меру напряжения потребности, вторая — специфику или семантическое содержание потребности. Таким образом, мотивации различаются по силе и по содержанию. В первом случае они варьируют в диапазоне от слабой до сильной. Во втором — прямо связаны с потребностью, на удовлетворение которой направлены.

Соответственно так же, как и потребности, мотивации принято разделять на низшие (первичные, простые, биологические) и высшие (вторичные, сложные, социальные). Примерами биологических мотиваций могут служить голод, жажда, страх, агрессия, половое влечение, забота о потомстве.

Биологические и социальные мотивации определяют подавляющее большинство форм целенаправленной деятельности живых существ.

Доминирующее мотивационное возбуждение. В силу многообразия разные потребности нередко сосуществуют одновременно, побуждая индивида к различным иногда взаимоисключающим стилям поведения. Например, могут остро конкурировать потребность безопасности (страх) и потребность защитить свое дитя (материнский

инстинкт). Именно поэтому нередко происходит своеобразная «борьба» мотиваций и выстраивание их иерархии.

В формировании мотиваций и их иерархической смене ведущую роль играет принцип доминанты, сформулированный А.А.Ухтомским (1925). Согласно этому принципу в каждый момент времени доминирует та мотивация, в основе которой лежит наиболее важная биологическая потребность. Сила потребности, т.е. величина отклонения физиологических констант или концентрации соответствующих гормональных факторов, получает свое отражение & в величине мотивационного возбуждения структур лимбической системы и определяет его доминантный характер.

Консервативный характер доминанты проявляется в ее инертности, устойчивости и длительности. В этом заключается ее большой биологический смысл для организма, который стремится к удовлетворению этой биологической потребности в случайной и постоянно меняющейся внешней среде. В физиологическом смысле такое состояние доминанты характеризуется определенным уровнем возбудимости центральных структур, обеспечивающей их высокую отзывчивость и «впечатлительность» к разнообразным воздействиям.

Доминирующее мотивационное возбуждение, побуждающее к определенному целенаправленному поведению, сохраняется до тех пор, пока не будет удовлетворена вызвавшая его потребность. При этом все посторонние раздражители только усиливают мотивацию, а одновременно с этим все другие виды деятельности подавляются. Однако в экстремальных ситуациях доминирующая мотивация обладает способностью трансформировать свою направленность, а, следовательно, и реорганизовывать целостный поведенческий акт, благодаря чему организм оказывается способным достигать новых, неадекватных исходной потребности результатов целенаправленной деятельности. Например, доминанта, созданная страхом, в исключительных случаях может превратиться в свою противоположность — доминанту ярости.

Нейронные механизмы мотивации. Возбуждение мотивационных подкорковых центров осуществляется по механизму триггера: возникая, оно как бы накапливается до критического уровня, когда нервные клетки начинают посылать определенные разряды и сохраняют такую активность до удовлетворения потребности.

Мотивационное возбуждение усиливает работу нейронов, степень разброса их активности, что проявляется в нерегулярном характере импульсной активности нейронов разных уровней мозга. Удовлетворение потребности, напротив, уменьшает степень разброса в активности нейронов, переводя нерегулярную активность нейронов различных уровней мозга — в регулярную.

Доминирующая мотивация отражается в характерном распределении межстимульных интервалов у нейронов различных отделов мозга. При этом распределение межстимульных интервалов для различных биологических мотиваций (например, жажда, голод и т.п.) носит специфический характер. Однако практически в любой области мозга можно найти значительное число нейронов со специфическим для каждой мотивации распределением межстимульных интервалов. Последнее, по мнению К.В.Судакова (1987), позволяет говорить о голографическом принципе отражения доминирующей мотивации в деятельности отдельных структур и элементов мозга.

Физиологические теории мотиваций. Первые представления исходили из того, что мотивации возникают в результате стремления организма избежать неприятных ощущений, сопровождающих различные побуждения. Например, животное утоляет жажду, чтобы избавиться от сухости в полости рта и глотки, поедает пищу, чтобы избавиться от мышечных сокращений пустого желудка и т.д.

Были выдвинуты теории, в которых основное внимание уделялось гуморальным факторам мотиваций. Так голод связывался с возникновением так называемой «голодной крови», т.е. крови с существенным отклонением от обычной разницы в концентрации глюкозы. Предполагалось, что недостаток глюкозы в крови приводит к «голодным»

сокращения желудка. Мотивация жажды также оценивалась как следствие изменения осмотического давления плазмы крови или снижения внеклеточной воды в тканях. Половое влечение ставилось в прямую зависимость от уровня половых гормонов в крови. Действительно в глубоких структурах мозга, как уже отмечалось, существуют хеморецепторы, специализированные на восприятии колебаний в содержании определенных химических веществ в крови. Основным центром, содержащим такие рецепторы, является гипоталамус. На этой основе была выдвинута гипоталамическая теория мотиваций, в соответствии с которой гипоталамус выполняет роль центра мотивационных состояний. Экспериментальным путем, например, было установлено, что в латеральном гипоталамусе располагается центр голода, побуждающий организм к поискам и приему пищи, а в медиальном гипоталамусе — центр насыщения, ограничивающий прием пищи. Двухстороннее разрушение латеральных ядер у подопытных животных приводит к отказу от пищи, а их стимуляция через вживленные электроды — к усиленному потреблению пищи. Разрушение некоторых участков медиального гипоталамуса влечет за собой ожирение и повышенное потребление пищи.

Однако гипоталамические структуры не могут рассматриваться в качестве единственных центров, регулирующих мотивационное возбуждение. Первая инстанция, куда адресуется возбуждение любого мотивационного центра гипоталамуса, — лимбическая система мозга. При усилении гипоталамического возбуждения оно начинает широко распространяться, охватывая кору больших полушарий и ретикулярную формацию. Последняя оказывает на кору головного мозга генерализованное активирующее влияние. Фронтальная кора выполняет функции построения программ поведения, направленные - на удовлетворение потребностей. Именно эти влияния и составляют энергетическую основу формирования целенаправленного поведения для удовлетворения насущных потребностей.

Теория функциональных систем и мотивация. Наиболее полное психофизиологическое описание поведения дает теория функциональных систем П.К.Анохина (см. главу 1.4.1.). Согласно теории ФС, немотивированного поведения не существует.

Мотивация активизирует работу ФС, в первую очередь, афферентный синтез и акцептор результатов действия. Соответственно активизируются афферентные системы (снижаются сенсорные пороги, усиливаются ориентировочные реакции) и активизируется память (актуализируются необходимые для поисковой активности образы-энграммы памяти).

Мотивация создает особое состояние ФС — «предпусковую интеграцию», которая обеспечивает готовность организма к выполнению соответствующей деятельности. Для этого состояния характерен целый ряд изменений. Во-первых, активизируется двигательная система (хотя разные формы мотивации реализуются в разных вариантах поведенческих реакций, при любых видах мотивационного напряжения возрастает уровень двигательной активности). Во-вторых, повышается тонус симпатической нервной системы, усиливаются вегетативные реакции (возрастает ЧСС, артериальное давление, сосудистые реакции, меняется проводимость кожи). В результате возрастает собственно поисковая активность, имеющая целенаправленный характер. Кроме того, возникают субъективные эмоциональные переживания, и эти переживания имеют преимущественно негативный оттенок, во всяком случае, до тех пор, пока не будет удовлетворена соответствующая потребность. Все перечисленное создает условия для оптимального выполнения предстоящего поведенческого акта.

Мотивация сохраняется на протяжении всего поведенческого акта, определяя не только начальную стадию поведения (афферентный синтез), но и все последующие: предвидение будущих результатов, принятие решения, его коррекцию на основе акцептора результатов действия и изменившейся обстановочной афферентации. Именно доминирующая мотивация выбирает из акцептора результатов действия необходимый

поведенческий опыт, способствуя тем самым созданию определенной программы поведения. С этой точки зрения акцептор результата действия представляет доминирующую потребность организма, преобразованную мотивацией в форму опережающего возбуждения мозга.

Таким образом, мотивация оказывается существенным компонентом функциональной системы поведения. Она представляет собой особое состояние организма, которое, сохраняясь на протяжении всего времени — от начала поведенческого акта до получения полезных результатов, определяет целенаправленную поведенческую деятельность организма и характер его реагирования на внешние раздражители.

Теория редукции драйва, предложенная К. Халлом (Hull, 1943) еще в середине XX века, утверждала, что динамика поведения при наличии мотивационного состояния (драйва) непосредственно обусловлена стремлением к минимальному уровню активации, которое обеспечивает организму снятие напряжения и ощущение покоя. Согласно этой теории, организм стремится уменьшить избыточное напряжение, вызванное мотивационным драйвом.

Однако, как показали дальнейшие исследования, стремление к редукции драйва — не единственный фактор, детерминирующий поведение. Редукция драйва не может объяснить все виды поведения, направленные на поиск новой дополнительной стимуляции. По-видимому, во всех жизненных ситуациях организм стремится не к покою, а к некоторому оптимальному уровню активации, который позволяет ему функционировать наиболее эффективным образом. В тех случаях, когда напряжение слишком сильно, это будет поведение, направленное на снятие избыточного напряжения, в других, когда уровень активации очень низок, поведение будет направлено на поиск дополнительной стимуляции, обеспечивающей потребный уровень активации. Субъективное ощущение человека при оптимальном уровне активации, видимо, более всего соответствует состоянию «оперативного покоя» (глава 3.1).

Индивидуальные различия в уровне активации. Вышесказанное хорошо согласуется с представлениями Г. Айзенка (Eysenck, 1985), согласно которым индивидуальные различия по такой черте личности как экстраверсия — интроверсия зависят от особенностей функционирования восходящей ретикулярной активирующей системы (см. главу 3.1). Эта структура контролирует уровень активации коры больших полушарий. Предполагается, что:

- 1) умеренная степень кортикальной активации переживается как состояние удовольствия, в то время как очень высокий или очень низкий уровни ее переживаются как неприятное состояние;
- 2) ретикулярная формация у интровертов и экстравертов обеспечивает разные уровни активации кортикальных структур, причем у интровертов уровень активации существенно выше, чем у экстравертов.

Айзенк утверждает, что в покое (например, при работе в библиотеке) экстраверты, у которых в норме структуры коры не слишком высоко активированы, могут испытывать неприятные ощущения, поскольку их уровень кортикальной активации оказывается значительно ниже той точки, при возбуждении которой переживается чувство психического комфорта. Поэтому у них возникает потребность что-то сделать (разговаривать с другими, слушать музыку в наушниках, делать перерывы). Поскольку интроверты, напротив, высоко активированы, любое дальнейшее увеличение уровня активации для них неприятно. Другими словами, экстраверты нуждаются в постоянном среднем «шуме», чтобы довести уровень возбуждения коры до состояния, приносящего удовлетворение. В то же время интроверты такой потребности не испытывают, и действительно будут считать такую стимуляцию сверхвозбуждающей и потому неприятной. Существуют эмпирические данные, подтверждающие эту концепцию (Cale, 1983). Таким образом, теория Айзенка свидетельствует в пользу того, что поведение выступает как

инструмент, модулирующий уровень активации, увеличивая или уменьшая последний, в зависимости от нужд человека.

4.3. Психофизиология эмоций

По определению, эмоции — особый класс психических процессов и состояний, связанных с потребностями и мотивами, отражающих в форме непосредственных субъективных переживаний (удовлетворения, радости, страха и т.д.) значимость действующих на индивида явлений и ситуаций. Сопровождая практически любые проявления жизненной активности человека, эмоции служат одним из главных механизмов внутренней регуляции психической деятельности и поведения, направленных на удовлетворение потребностей.

По критерию длительности эмоциональных явлений выделяют, во-первых, эмоциональный фон (или эмоциональное состояние), во-вторых, эмоциональное реагирование. Указанные два Ласса эмоциональных явлений подчиняются разным закономерностям. Эмоциональные состояния в большей степени отражают общее глобальное отношение человека к окружающей ситуации, к себе самому и связаны с его личностными характеристиками. Эмоциональное реагирование — это кратковременный эмоциональный ответ на то или иное воздействие, имеющий ситуационный характер. Наиболее существенными характеристиками эмоций являются их знак и интенсивность. Положительные и отрицательные эмоции всегда характеризуются определенной интенсивностью.

4.3.1. Морфофункциональный субстрат эмоций

Возникновение и протекание эмоций тесно связано с деятельностью модулирующих систем мозга, причем решающую роль играет лимбическая система.

Лимбическая система — комплекс функционально связанных между собой филогенетически древних глубинных структур головного мозга, участвующих в регуляции вегетативно-висцеральных функций и поведенческих реакций организма. Термин «лимбическая система» ввел в 1952 г. П. Мак Лин. Однако еще ранее в 1937 г. Дж. Папек предположил наличие «анатомического» эмоционального кольца. В него входили: гиппокамп — свод — мамиллярные тела — переднее ядро таламуса — поясная извилина — гиппокамп. Папек считал, что любая афферентация, поступающая в таламус, разделяется на три потока: движения, мысли и чувства. Поток «чувств» циркулирует по анатомическому «эмоциональному кольцу», создавая таким образом физиологическую основу эмоциональных переживаний.

Круг Папеца лег в основу лимбической системы. В своих основных частях она сходна у всех млекопитающих. К лимбической системе, кроме кольца Папеца, принято относить: некоторые ядра гипоталамуса, миндалевидное тело или миндалину (клеточное скопление, величиной с орех), обонятельную луковицу, тракт и бугорок, неспецифические ядра таламуса и ретикулярную формацию среднего мозга. В совокупности эти морфологические структуры образуют единую гипоталамо-лимбико-ретикулярную систему. Центральной частью лимбической системы является гиппокамп. Кроме того, существует точка зрения, что передняя лобная область является неокортикальным продолжением лимбической системы-

Нервные сигналы, поступающие от всех органов чувств, направляясь по нервным путям ствола мозга в кору, проходят через одну или несколько лимбических структур — миндалину, гиппокамп или часть гипоталамуса. Сигналы, исходящие от коры, тоже проходят через эти структуры. Различные отделы лимбической системы по-разному ответственны за формирование эмоций. Их возникновение зависит в большей степени от активности миндалевидного комплекса и поясной извилины. Однако лимбическая система принимает участие в запуске преимущественно тех эмоциональных реакций, которые уже апробированы в ходе жизненного опыта.

Существуют убедительные данные в пользу того, что ряд фундаментальных человеческих эмоций имеет эволюционную основу. Эти эмоции оказываются

наследственно закрепленными в лимбической системе.

Ретикулярная формация. Важную роль в обеспечении эмоций играет ретикулярная формация ствола мозга. Как известно, волокна от нейронов ретикулярной формации идут в различные области коры больших полушарий. Большинство этих нейронов считаются «неспецифическими», т.е. в отличие от нейронов первичных сенсорных зон, зрительных или слуховых, реагирующих только на один вид раздражителей, нейроны ретикулярной формации могут отвечать на многие виды стимулов. Эти нейроны передают сигналы от всех органов чувств (глаз, кожи, мышц, внутренних органов и т.д.) к структурам лимбической системы и коре больших полушарий.

Некоторые участки ретикулярной формации обладают более определенными функциями. Так, например, особый отдел ретикулярной формации, называемый голубым пятном (это плотное скопление нейронов, отростки которых образуют широко ветвящиеся сети с одним выходом, использующие в качестве медиатора норадреналин) имеет отношение к пробуждению эмоций. От голубого пятна к таламусу, гипоталамусу и многим областям коры идут нервные пути, по которым пробудившаяся эмоциональная реакция может широко распространяться по всем структурам мозга. По некоторым данным недостаток норадреналина в мозгу приводит к депрессии. Положительный эффект электрошоковой терапии, в большинстве случаев устраняющей депрессию у пациента, связан с усилением синтеза и ростом концентрации норадреналина в мозге. Результаты исследования мозга больных, покончивших с собой в состоянии депрессии, показали, что он обеднен норадреналином и серотонином. Возможно, что норадреналин играет роль в возникновении реакций, субъективно воспринимаемых как удовольствие. Во всяком случае, дефицит норадреналина проявляется в появлении депрессивных состояний, связанных с тоской, а недостаток адреналина связывается с депрессиями тревоги.

Другой отдел ретикулярной формации, называемый черной субстанцией, представляет собой скопление нейронов, также образующих широко ветвящиеся сети с одним выходом, но выделяющих другой медиатор — дофамин, который способствует возникновению приятных ощущений. Не исключено, что он участвует в возникновении особого психического состояния — эйфории.

Лобные доли из всех отделов коры больших полушарий мозга в наибольшей степени ответственны за возникновение и осознание эмоциональных переживаний. К лобным долям идут прямые нейронные пути от таламуса, лимбической системы, ретикулярной формации.

Ранения людей в области лобных долей мозга показывают, что чаще всего у них наблюдаются изменения настроения от эйфории до депрессии, а также своеобразная утрата ориентировки, выражающаяся в неспособности строить планы. Иногда изменения психики напоминают депрессию: больной проявляет апатию, утрату инициативы, эмоциональную заторможенность, равнодушие к сексу. Иногда же изменения сходны с психопатическим поведением: утрачивается восприимчивость к социальным сигналам, появляется несдержанность в поведении и речи.

Межполушарная асимметрия и эмоции. Есть немало фактов, говорящих о том, что в обеспечение эмоциональной сферы человека левое и правое полушария головного мозга вносят разный вклад. Более эмоциогенным является правое полушарие. Так, у здоровых людей обнаружено преимущество левой половины зрительного поля (т.е. правого полушария) при оценке выражения лица, а также левого уха (тоже правого полушария) — при оценке эмоционального тона голоса и других звуковых проявлений человеческих чувств (смеха, плача), при восприятии музыкальных фрагментов. Помимо этого выявлено также более интенсивное выражение эмоций (мимические проявления) на левой половине лица. Существует также мнение, что левая половина лица в большей степени отражает отрицательные, правая — положительные эмоции. По некоторым данным эти различия проявляются уже у младенцев, в частности в асимметрии мимики при вкусовом восприятии сладкого и горького.

Из клиники известно, что эмоциональные нарушения при поражении правого полушария выражены сильнее, при этом отмечается избирательное ухудшение способности оценивать и идентифицировать эмоциональную экспрессию в мимике. При левосторонних поражениях у больных часто возникают приступы тревоги, беспокойства и страха, усиливается интенсивность отрицательных эмоциональных переживаний. Больным с поражениями правого полушария более свойственны состояния благодушия, веселости, а также безразличия к окружающим. Им трудно оценить настроения и выявить эмоциональные компоненты речи других людей. Клинические наблюдения за больными с патологическим навязчивым смехом или плачем показывают, что патологический смех часто связан с правосторонними поражениями, а патологический плач — с левосторонними.

Функция восприятия эмоций по выражению лица у больных с поврежденным правым полушарием страдает больше, чем у людей с поврежденным левым полушарием. При этом знак эмоций не имеет значения, однако, когнитивная оценка значимости эмоциональных слов оказывается у таких больных адекватной. Иными словами у них страдает только восприятие эмоций. Право- и левосторонние поражения по-разному влияют и на временные аспекты эмоциональных явлений: с поражением правого полушария чаще связаны внезапные аффективные изменения, а с поражением левого — долговременные эмоциональные переживания.

По некоторым представлениям левое полушарие ответственно за восприятие и экспрессию положительных эмоций, а правое — отрицательных. Депрессивные переживания, возникающие при поражении левого полушария, рассматриваются как результат растормаживания правого, а эйфория, нередко сопровождающая поражение правого полушария, — как результат растормаживания левого.

Существуют и другие подходы к описанию специфики межполушарного взаимодействия в обеспечении эмоций. Например, высказывается предположение, что тенденция правого полушария к синтезу и объединению множества сигналов в глобальный образ играет решающую роль в выработке и стимулировании эмоционального переживания. В то же время преимущество левого полушария в анализе отдельных упорядоченных во времени и четко определенных деталей используется для видоизменения и ослабления эмоциональных реакций. Таким образом, когнитивные и эмоциональные функции обоих полушарий тесно связаны и в когнитивной сфере, и в регуляции эмоций.

По другим представлениям каждое из полушарий обладает собственным эмоциональным «видением» мира. При этом правое полушарие, которое рассматривается как источник бессознательной мотивации, в отличие от левого воспринимает окружающий мир в неприятном, угрожающем свете, но именно левое полушарие доминирует в организации целостного эмоционального переживания на сознательном уровне. Таким образом, корковая регуляция эмоций осуществляется в норме при взаимодействии полушарий.

4.3.2. Теории эмоций

Проблемы происхождения и функционального значения эмоций в поведении человека и животных представляют предмет постоянных исследований и дискуссий. В настоящее время существует несколько биологических теорий эмоций.

Биологическая теория Дарвина. Одним из первых, кто выделил регуляторную роль эмоций в поведении млекопитающих, был выдающийся естествоиспытатель Ч. Дарвин. Проведенный им анализ эмоциональных выразительных движений животных дал основания рассматривать эти движения как своеобразное проявление инстинктивных действий, исполняющих роль биологически значимых сигналов для представителей не только своего, но и других видов животных. Эти эмоциональные сигналы (страх, угроза, радость) и сопровождающие их мимические и пантомимические движения имеют адаптивное значение. Многие из них проявляются с момента рождения и определяются

как врожденные эмоциональные реакции.

Каждому из нас знакомы мимика и пантомимика, сопровождающая эмоциональные переживания. По выражению лица человека и напряжению его тела довольно точно можно определить, что он переживает: страх, гнев, радость или другие чувства.

Итак, Дарвин первым обратил внимание на особую роль в проявлении эмоций, которую играет мышечная система организма и в первую очередь те ее отделы, которые участвуют в организации специфических для большинства эмоций движений тела и выражений лица. Кроме того, он указал на значение обратной связи в регуляции эмоций, подчеркивая, что усиление эмоций связано с свободным внешним их выражением. Напротив, подавление всех внешних признаков эмоций ослабляет силу эмоционального переживания.

Однако, кроме внешних проявлений эмоций, при эмоциональном возбуждении наблюдаются изменения частоты сердечного ритма, дыхания, мышечного напряжения и т.д. Все это свидетельствует о том, что эмоциональные переживания тесно связаны с вегетативными сдвигами в организме. Именно эти наблюдения дали основания для первой широко известной теории эмоций — теории Джеймса — Ланге.

Теория Джеймса — Ланге — одна из первых теорий, пытавшихся связать эмоции и вегетативные сдвиги в организме человека, сопровождающие эмоциональные переживания. Она предполагает, что после восприятия события, вызвавшего эмоцию, человек переживает эту эмоцию как ощущение физиологических изменений в собственном организме, т.е. физические ощущения и есть сама эмоция. Как утверждал Джеймс: «мы грустим, потому что плачем, сердимся, потому что наносим удар, боимся, потому что дрожим».

Теория неоднократно подвергалась критике. В первую очередь отмечалось, что ошибочно само исходное положение, в соответствии с которым каждой эмоции соответствует свой собственный набор физиологических изменений. Экспериментально было показано, что одни и те же физиологические сдвиги могут сопровождать разные эмоциональные переживания. Эти сдвиги имеют слишком неспецифический характер и потому сами по себе не могут определять качественное своеобразие и специфику эмоциональных переживаний. Кроме того, вегетативные изменения в организме человека обладают определенной инертностью, т.е. могут протекать медленнее и не успевают следовать за той гаммой чувств, которой человек способен иногда переживать почти одновременно (например, страх и гнев или страх и радость).

Таламическая теория Кеннона — Барда. Эта теория в качестве центрального звена, ответственного за переживание эмоций, выделила одно из образований глубоких структур мозга — таламус (зрительный бугор). Согласно этой теории при восприятии событий, вызывающих эмоции, нервные импульсы сначала поступают в таламус, где потоки импульсации делятся: часть из них поступает в кору больших полушарий, где возникает субъективное переживание эмоции (страха, радости и др.). Другая часть поступает в гипоталамус, который, как уже неоднократно говорилось, отвечает за вегетативные изменения в организме. Таким образом, эта теория выделила как самостоятельное звено субъективное переживание эмоции и соотнесла его с деятельностью коры больших полушарий.

Активационная теория Линдсли. Центральную роль в обеспечении эмоций в этой теории играет активирующая ретикулярная формация ствола мозга. Активация, возникающая в результате возбуждения нейронов ретикулярной формации, выполняет главную эмоциогенную функцию. Согласно этой теории эмоциогенный стимул возбуждает нейроны ствола мозга, которые посылают импульсы к таламусу, гипоталамусу и коре. Таким образом, выраженная эмоциональная реакция возникает при диффузной активации коры с одновременным включением гипоталамических центров промежуточного мозга. Основное условие появления эмоциональных реакций — наличие активирующих влияний из ретикулярной формации при ослаблении коркового контроля

за лимбической системой. Предполагаемый активирующий механизм преобразует эти импульсы в поведение, сопровождающееся эмоциональным возбуждением. Эта теория, разумеется, не объясняет всех механизмов физиологического обеспечения эмоций, но она позволяет связать понятия активации и эмоционального возбуждения с некоторыми характерными изменениями в биоэлектрической активности мозга. Биологическая теория П.К.Анохина, как и теория Дарвина, подчеркивает эволюционный приспособительный характер эмоций, их регуляторную функцию в обеспечении поведения и адаптации организма к окружающей среде. Согласно этой теории в поведении живых существ условно можно выделить две основные стадии, которые, чередуясь, составляют основу жизнедеятельности: стадию формирования потребностей и стадию их удовлетворения. Каждая из стадий сопровождается своими эмоциональными переживаниями: первая, в основном, негативной окраской, вторая, напротив, позитивной. Действительно, удовлетворение потребности, как правило, связано с чувством удовольствия. Неудовлетворенная потребность всегда является источником дискомфорта. Таким образом, с биологической точки зрения эмоциональные ощущения закрепились как своеобразный инструмент, удерживающий процесс адаптации организма к среде в оптимальных границах и предупреждающий разрушительный характер недостатка или избытка каких-либо факторов для его жизни.

Итак, суть теории П.К.Анохина состоит в следующем: положительное эмоциональное состояние (например, удовлетворение какой-либо потребности) возникает лишь в том случае, если обратная информация от результатов выполненного действия точно совпадает с ожидаемым результатом, т.е. акцептором действия. Таким образом, положительная эмоция, связанная с удовлетворением потребности, закрепляет правильность любого поведенческого акта в том случае, если его результат достигает цели, т.е. приносит пользу, обеспечивая приспособление. Напротив, несовпадение получаемого результата с ожиданиями немедленно ведет к беспокойству (т.е. к отрицательной эмоции) и к дальнейшему поиску, который может обеспечить достижение требуемого результата, и, следовательно, к полноценной эмоции удовлетворения. С точки зрения Анохина, во всех эмоциях, начиная от грубых низших и заканчивая высшими социально обусловленными, используется одна и та же физиологическая архитектура функциональной системы.

Информационная теория эмоций П.В.Симонова вводит в круг анализируемых явлений понятие информации. Эмоции тесно связаны с информацией, которую мы получаем из окружающего мира. Обычно эмоции возникают из-за неожиданного события, к которому человек не был готов. В то же время эмоция не возникает, если мы встречаем ситуацию с достаточным запасом нужных сведений. Отрицательные эмоции возникают чаще всего из-за неприятной информации и особенно при недостаточной информации, положительные — при получении достаточной информации, особенно когда она оказалась лучше ожидаемой.

С точки зрения автора этой теории П.В. Симонова, эмоция — это отражение мозгом человека и животных какой-то актуальной потребности (ее качества и величины), а также вероятности (возможности) ее удовлетворения, которую мозг оценивает на основе генетического и ранее приобретенного индивидуального опыта. В самом общем виде правило возникновения эмоций можно представить в виде структурной формулы:

$$\mathcal{E} = \tau(\Pi, (\text{Ин} - \text{Ис}) \dots),$$

где \mathcal{E} — эмоция, ее степень, качество и знак; Π — сила и качество актуальной потребности; $(\text{Ин} - \text{Ис})$ — оценка вероятности (возможности) удовлетворения потребности на основе врожденного и онтогенетического опыта; Ин — информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности; Ис — информация о средствах, которыми располагает субъект в данный момент.

Из «формулы эмоций» видно, что небольшая вероятность удовлетворения потребности ведет к возникновению отрицательных эмоций. Напротив, возрастание

вероятности достижения цели, т.е. удовлетворения потребности по сравнению с ранее имевшимся прогнозом, приводит к возникновению положительных эмоций.

Эта теория на первый план выдвигает оценочную функцию эмоций, которая всегда представляет собой результат взаимодействия двух факторов: спроса (потребности) и предложения (возможности удовлетворения этой потребности).

Теория дифференциальных эмоций. Центральным положением этой теории является представление о существовании некоторого числа базисных эмоций, каждая из которых обладает присущими только ей мотивационными и феноменологическими свойствами. Базисные эмоции (радость, страх, гнев и др.) ведут к различным внутренним переживаниям и различным внешним проявлениям и могут взаимодействовать друг с другом, ослабляя или усиливая одна другую.

Каждая эмоция включает три взаимосвязанных компонента: 1) нейронную активность мозга и периферической нервной системы (неврологический компонент); 2) деятельность поперечно-полосатой мускулатуры, обеспечивающей мимическую и пантомимическую выразительность и обратную связь в системе «тело/лицо-мозг» (выразительный компонент); 3) субъективное эмоциональное переживание (субъективный компонент). Каждый из компонентов обладает определенной автономностью и может существовать независимо от других (Изард, 1980).

К сожалению, теория дифференциальных эмоций не дает удовлетворительного объяснения тому, как актуализируется та или иная эмоция, каковы внешние и внутренние условия ее пробуждения. Кроме того, недостатком этой теории является нечеткость в определении собственно базисных эмоций. Их число колеблется от четырех до десяти. Для выделения базисных эмоций используются эволюционные и кросскультурные данные. Наличие сходных эмоций у человекообразных обезьян и людей, а также у людей, выросших в разных культурах, свидетельствует в пользу существования ряда базисных эмоций. Однако способность эмоциональных процессов вступать во взаимодействие и образовывать сложные комплексы эмоционального реагирования затрудняет четкое выделение фундаментальных базисных эмоций.

Нейрокультурная теория эмоций была разработана П.Экманом в 70-е годы XX века. Как и в теории дифференциальных эмоций, ее исходными положениями является представление о шести основных (базисных) эмоциях. Согласно этой теории экспрессивные проявления основных эмоций (гнева, страха, печали, удивления, отвращения, счастья,) универсальны и практически не чувствительны к воздействию факторов среды. Другими словами, все люди практически одинаково используют мышцы лица при переживании основных эмоций. Каждая из них связана с генетически детерминированной программой движения лицевых мышц.

Тем не менее принятые в обществе нормы социального контроля определяют правила проявления эмоций. Например, японцы обычно маскируют свои отрицательные эмоциональные переживания, искусно демонстрируя позитивное отношение к событиям. О механизме социального контроля проявления эмоций свидетельствуют так называемые кратковременные выражения лица. Они фиксируются во время специальной киносъемки и отражают реальное отношение человека к ситуации, чередуясь с социально нормативными выражениями лица. Длительность таких подлинных экспрессивных реакций составляет 300 — 500 мс. Таким образом, в ситуации социального контроля люди способны контролировать выражения лица в соответствии с принятыми нормами и традициями воспитания.

Из всего вышеизложенного следует, что единой общепринятой физиологической теории эмоций не существует. Каждая из теорий позволяет понять лишь некоторые стороны психофизиологических механизмов функционирования эмоционально-потребностной сферы человека, выводя на первый план проблемы: адаптации к среде (теории Дарвина, Анохина), мозгового обеспечения и физиологических показателей эмоциональных переживаний (таламическая и активационная теории, теория Экмана),

вегетативных и гомеостатических компонентов эмоций (теория Джеймса — Ланге), влияния информированности на эмоциональное переживания (теория Симонова), специфики базисных эмоций (теория дифференциальных эмоций).

Многообразие не согласованных друг с другом подходов осложняет воссоздание целостной картины и свидетельствует о том, что появление единой логически непротиворечивой теории эмоций, видимо, дело отдаленного будущего.

4.3.3. Методы изучения и диагностики эмоций

Изучение физиологических механизмов эмоций — многосторонний процесс, который включает эксперименты на животных, связанные с раздражением и разрушением отдельных участков мозга, изучение особенностей эмоционального реагирования у пациентов с различными поражениями мозга, а также лабораторные исследования здоровых людей при переживании ими искусственно создаваемых эмоциогенных ситуаций.

Электрическая стимуляция мозга. Стимуляция разных отделов мозга через вживленные электроды нередко вызывает эмоциональные переживания у пациентов, а также своеобразные изменения поведения у животных.

При стимуляции различных отделов гипоталамуса у кошки может быть получена, например, реакция «бегства», когда животное отчаянно ищет убежища. Стимуляция образований среднего мозга ведет к активации с положительной или отрицательной эмоциональной окраской или к состоянию успокоения. Раздражение передней и нижней поверхности височной доли вызывает чувство страха; переднего и заднего отделов гипоталамуса — тревоги и ярости; перегородки — наслаждения; миндалевидного тела — страха, ярости и гнева, а в некоторых случаях и удовольствия.

Широкую известность приобрели опыты Д.Олдса, в которых крысам вживляли электроды в разные области гипоталамуса. Крысы, обнаружив связь между нажатием педали и получением стимуляции, в некоторых случаях продолжали стимулировать свой мозг с поразительным упорством. Они могли нажимать на педаль по несколько тысяч раз в час в течение десяти часов, доходя до полного изнеможения. Участки гипоталамуса, которые крысы стремились раздражать, получили название «центров удовольствия». По аналогии с этим были выявлены участки мозга, раздражения которых животные всеми силами старались избегать.

системой, 5 % с отрицательной и 60% с отсутствием побуждения к повторению или избеганию стимуляции. Принципиальная организация эмоциогенных систем мозга оказалась весьма сходной у представителей разных отрядов млекопитающих.

Электростимуляцию проводили также у некоторых больных во время операций на головном мозге. Некоторые из таких операций проходят без общего наркоза, поскольку манипуляции с мозговой тканью не вызывают боли. Во время подобной операции с больным вступали в контакт и выясняли, что он испытывает при раздражении тех или иных точек. Больные нередко сообщали о приятных ощущениях, возникавших при раздражении участков мозга, которые примерно соответствуют расположению «центров удовольствия» у животных. Точно также были выявлены участки, раздражение которых вызывало неприятные ощущения.

Разрушение мозга. Частично влияние повреждения разных отделов мозга было проанализировано выше, когда рассматривалась проблема морфофизиологического субстрата эмоций. Клиника очаговых поражений мозга дает немало сведений о том, как влияют на протекание эмоциональных переживаний человека повреждение лобных долей мозга, левого и правого полушария.

Наряду с этим имеется большой массив экспериментальных исследований на животных, в которых проводилось целенаправленное разрушение или удаление отдельных эмоциогенных зон с целью выявления эффектов этого вмешательства. Хорошо известны эксперименты на обезьянах с разрушением миндалевидного ядра, в результате чего ранее доминирующий в группе самец занимал самое низкое положение в стадной иерархии.

Диагностика эмоциональных переживаний. Физиологические проявления эмоциональных переживаний здорового человека широко исследуются в лабораторных условиях. При этом, как правило, используется метод психологического моделирования, т.е. либо создаются условия, непосредственно вызывающие у индивида эмоциональное напряжение (например, критические замечания в адрес его деятельности в условиях эксперимента), либо испытуемому предъявляются внешние стимулы, заведомо провоцирующие возникновение тех или иных эмоций (например, фотографии, вызывающие отвращение). При изучении физиологических коррелятов эмоциональных переживаний обычно сравниваются данные, полученные в состоянии покоя и при эмоциональном напряжении.

Изучение мимики лица. По выражению лица человека нередко можно определить, какие чувства он переживает. Особенности мимики при переживании эмоций получили название лицевой экспрессии. В работах П.Экмана была разработана особая техника идентификации эмоций по выражению лица. Существует атлас фотоэталонов лицевой экспрессии для шести базисных эмоций: гнева, страха, печали, отвращения, удивления, радости. Кроме этого, была детально изучена анатомия лицевых мышц, было выделено 24 варианта реакций отдельных мышц и 20 вариантов, отражающих работу групп мышц. Проводилось прямое сопоставление силы переживания с активностью мышц лица. Оказалось, например, что переживание счастья связано с активностью большой скуловой мышцы. Чем сильнее активность этой мышцы, тем выше уровень субъективной оценки переживаемого «счастья» при просмотре приятного фильма. По активности большой скуловой мышцы можно предсказывать появление положительного эмоционального переживания. В то же время отрицательные эмоции (гнев, печаль) сочетаются с подавлением активности большой скуловой мышцы и возрастанием активности мышцы нахмуривания. Электрическая активность кожи (ЭАК), измеряемая с поверхности ладони, широко используется в качестве индикатора эмоциональных состояний человека. По величине ЭАК или КГР (кожно-гальваническая реакция) можно определить уровень эмоционального напряжения человека (причем установлен вид математической связи между силой эмоций и амплитудой КГР). В то же время по КГР практически невозможно установить качественную характеристику переживаемой эмоции, т.е. сказать, какую именно эмоцию испытывает человек. Предполагается, что фазический и тонический компоненты КГР могут иметь разное отношение к качеству и интенсивности переживаемых эмоций. Причем фазическая КГР является в большей степени индикатором интенсивности и в меньшей степени — специфичности эмоций. Есть также некоторые основания считать⁴ что реакции тонического типа более связаны с мозговыми механизмами, отвечающими за реакцию страха, а фазические компоненты могут служить индикаторами предвосхищения, прогнозирования эмоционально-положительных стимулов. В то же время собственно КГР не может служить показателем однозначного определения специфичности эмоций, а является индикатором неспецифической активации.

Реакции сердечно-сосудистой системы. Изменения деятельности сердца, вне зависимости от того, идет ли речь об урежении или учащении сердечных сокращений, служат наиболее надежными объективными показателями степени эмоционального напряжения у человека по сравнению с другими вегетативными функциями при наличии следующих условий: эмоциональное переживание характеризуется сильным напряжением и не сопровождается физической нагрузкой.

Сильное эмоциональное напряжение без всякой физической нагрузки может существенно изменять частоту сердечных сокращений. Например, у переводчиков-синхронистов частота сердечных сокращений (ЧСС) во время работы достигает иногда 160 ударов в минуту. При этом даже значительная физическая нагрузка у них же увеличивает ЧСС до 145 ударов в минуту.

Электроэнцефалографические (ЭЭГ) показатели эмоций. Экспериментальные

исследования свидетельствуют о том, что можно выделить ЭЭГ-показатели эмоционального напряжения. Установлено, что для состояния покоя характерно преобладание синхронизирующих влияний, что соответствует хорошо выраженному альфа-ритму. Одним из ЭЭГ-симптомов эмоционального возбуждения служит усиление тета-ритма с частотой колебаний 4 — 7 Гц, сопровождающее переживание как положительных, так и отрицательных эмоций. По своему происхождению тета-ритм связан с кортико-лимбическим взаимодействием. Предполагается, что усиление тета-ритма при эмоциях отражает активацию коры больших полушарий со стороны лимбической системы. Динамика ЭЭГ-активности при эмоциональных переживаниях выглядит следующим образом.

При положительных эмоциях усиливается возбуждение, однако одновременно наблюдается нарастание тормозящих влияний. Это обстоятельство проявляется периодами экзальтации (возрастанием амплитуды ЭЭГ-колебаний) альфа-волн и усилением тета-активности. При сильных положительных эмоциях может наблюдаться депрессия альфа-ритма и усиление высокочастотных бета-колебаний. По некоторым представлениям, одновременная активация возбуждающих и тормозных механизмов, полноценность «тормозной защиты» мозговых структур лежат в основе относительной безвредности для организма даже сильных положительных эмоций.

Для отрицательных эмоциональных переживаний наиболее типична депрессия альфа-ритма и нарастание быстрых колебаний. Необходимо подчеркнуть, что на первых этапах развития таких эмоций тормозные влияния еще продолжают возрастать, что проявляется усилением тета- и альфа-активности. Однако в отличие от положительных эмоций напряжение стабилизирующих механизмов вскоре преодолевается растущим возбуждением.

Специфические изменения возникают в ЭЭГ на том этапе, когда отрицательные эмоции приобретают застойный характер (глубокое горе, сильный страх, переходящий в оцепенение и т.д.). На фоне все еще повышенного тонуса здесь наблюдается явное преобладание тормозящих влияний с появлением в ЭЭГ медленных волн.

Статистические методы ЭЭГ в оценке эмоций. Особое направление в изучении физиологии эмоций составляют исследования, в которых используются статистические методы оценки спектров ЭЭГ, пространственно-временной синхронизации биопотенциалов, вызванные потенциалы, сверхмедленная ритмическая активность мозга. Установлено, например, что сверхмедленные колебания потенциалов ЭЭГ отражают эмоциональные состояния испытуемых. Обнаружено также, что увеличение субъективной оценки отрицательного эмоционального состояния у здоровых людей связано с возрастанием синхронизации потенциалов, регистрируемых в лобных отделах мозга (особенно в левой лобной доле) с потенциалами, регистрируемыми в правой височной области (при переживании неудачи и болевых ощущениях).

Аффективный тонус отражается в показателях синхронизации ЭЭГ височных зон. Особенности эмоционального состояния здоровых испытуемых, полученные с помощью проективных методик, коррелируют с фоновыми значениями показателей синхронизации лобного и правого височного отведений: увеличение этих показателей соответствовало усилению отрицательных эмоций, уменьшение — усилению положительных эмоций. Некоторые личностные характеристики (по тесту Кетелла — аффективность, эмоциональная устойчивость, экстраверсия) также коррелировали с динамикой соотношения показателей синхронизации. У больных с поражением левого полушария и преобладанием отрицательного эмоционального фона наблюдалось повышение синхронизации лобных и правого височных отведений, а у больных с поражением правого полушария с общим позитивным эмоциональным фоном — те же показатели уменьшались.

Таким образом, показатели пространственной синхронизации иопотенциалов, регистрируемых в лобных и височных отделах Мозга, могут быть использованы для изучения эмоциональных состояний в норме и при локальных повреждениях мозга.

В настоящее время еще нет полного представления о всех возможных психофизиологических показателях различных эмоциональных реакций и состояний. Очевидно, однако, что в подавляющем большинстве случаев выделенные корреляты и средства диагностики эмоций не обладают необходимой мерой специфичности. Другими словами, изменения большинства показателей не позволяют судить о качестве мотивационного и эмоционального напряжения, а лишь о его динамике во времени и отчасти о силе.

Одним из путей, который поможет раскрыть психофизиологические закономерности эмоционально-потребностной сферы человека, должно стать комплексное психологическое, морфофизио-логическое и нейрохимическое изучение всей совокупности процессов, обеспечивающих функционирование этой сферы в индивидуальном развитии.

Изучение эмоций с помощью ПЭТ. В исследованиях Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников при помощи ПЭТ, изучались состояния счастья, грусти и отвращения. Регистрировались повышение активности в таламусе и медиальной префронтальной коре, передних и задних височных структурах. Состояние счастья отличалось от грусти большей активностью вблизи вентрально-медиальных отделов лобной коры. Иными словами, при помощи ПЭТ можно различать работающие области коры и подкорки, отвечающие за положительные и отрицательные эмоции. Возможно, что с помощью ПЭТ можно увидеть разницу между эмоциями, вызванными внешними и внутренними факторами.

По Медведеву, эмоциональная нестабильность связана с наружением обмена веществ, в то время как эмоциональная стабильность обеспечивается целым рядом нейрогуморальных компенсаторных механизмов.

Эмоции, по Бехтеревой, оказываются важнейшим фактором, определяющим СМФП — сверхмедленные физиологические процессы. Переживание эмоций связано с разнонаправленными сдвигами постоянного потенциала. Прекращение эмоций связано с возвращением постоянного потенциала к норме. В том случае, если защитная реакция (т.е. сдвиги постоянного потенциала) становятся избыточными, собственно потенциал опускается ниже оптимального во всех зонах мозга, что приводит к состоянию эмоциональной тупости.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Блок В. Уровни бодрствования и внимание // Экспериментальная психология / под ред. П.Фресса и Ж.Пиаже.— М.: Прогресс, 1970.
2. Блум Ф., Лайзерсон А., Хорстедтер Л. Мозг, разум и поведение — М.: Мир, 1988.
3. Власов Н.А., Вейн А.М., Александровский Ю.А. Регуляция сна — М • Наука 1983.
4. Гримак Л.П. Введение в психологию активности. — М • Политиздат 1987.
5. Данилова Н. Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. — М.: МГУ, 1992.
6. Данилова Н.Н. Психофизиология. — М.: Аспект Пресс, 1998.
7. Изард К.Е. Эмоции человека.— М.: МГУ, 1980
8. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. —М.: Наука, 1983.
9. Куприянович Л.Б. Биологические ритмы и сон. — М.: Наука, 1976.
10. Ларионов А. В., Эрзяйкин П.А. Сони сновидения. — Екатеринбург 1996.
- И. Ротенберг С.М., Бондаренко С.М. Мозг. Обучение. Здоровье. — М.!: Просвещение, 1989.
12. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. — М.: Наука, 1981.
13. Хамская Е.Д., Башова Н.Я. Мозг и эмоции. — М., 1992.
14. Эверли Дж.С., Розенфельд Р. Стресс. Природа и лечение, — М., Медицина, 1985.

Глава пятая

5. Психофизиология восприятия

Человек воспринимает окружающий мир при помощи специализированных сенсорных систем — анализаторов. Восприятие — это процесс и результат формирования субъективного образа предмета или явления, действующего на анализатор.

Классификация анализаторов осуществляется на основе местоположения рецепторов. Рецепторы — это специальные чувствительные нервные образования, воспринимающие раздражения из внешней или внутренней среды и перерабатывающие их в нервные сигналы. По локализации рецепторов анализаторы делятся на экстероцептивные и интероцептивные. В первом случае источники стимуляции находятся вне организма, во втором — информация поступает от внутренних систем и органов. Извне на организм действуют зрительные, слуховые, тактильные, вкусовые, обонятельные стимулы, а также сила тяготения (табл.5.1.).

Таблица 5.1. Экстероцептивные анализаторы и их характеристики

Модальность	Локализация рецепторов	Тип рецепторов	Воспринимаемое качество
Зрение	Сетчатка	Палочки Колбочки	Освещенность Контрастность Движение Цвет Размеры
Слух	Улитка	Волосковые клетки	Высота Сила звука Тембр Локализация звук
Равновесие	Вестибулярный орган	Макулярные клетки	Вращение Сила тяжести
Осязание	Кожа	Окончания Руффини Диски Маркеля Тельца Пачини	Тепло Давление Вибрация
Вкус	Язык	Вкусовые сосочки на кончике языка Вкусовые сосочки у основания языка	Сладкий и кислый вкус Горький и соленый вкус
Обоняние	Обонятельный эпителий в носу	Обонятельные рецепторы	Цветочный Фруктовый Мускусный Пикантный запах

Симультанное и сукцессивное восприятие. Все виды восприятия несут информацию о времени, т.е. о том моменте, когда появился стимул и как долго он действовал. Другими словами восприятие — это процесс, началом которого служит момент действия стимула на рецептор. Завершением восприятия является образ стимула — объекта и его опознание (идентификация). Длительность одного акта восприятия может быть очень короткой, почти мгновенной, особенно, когда объект восприятия хорошо знаком. В таком случае говорят об одномоментном (симультанном) восприятии. Если человек сталкивается с неизвестным стимулом, длительность восприятия может существенно увеличиваться. Требуется время, чтобы провести детальный сенсорный анализ, выдвинуть и проверить несколько гипотез по поводу действующего стимула, и лишь после этого принять решение о том, что же представляет собой воспринимаемый стимул. В этом случае говорят о последовательной обработке информации и сукцессивном восприятии.

5.1. Кодирование информации в нервной системе

Интенсивное изучение нейрофизиологических механизмов восприятия стало возможным в связи с возникновением методов регистрации микро- и макропотенциалов мозга, т.е. активности отдельных нейронов и суммарной биоэлектрической активности

мозга. Возможно, поэтому исследования механизмов восприятия многочисленны и включают несколько уровней анализа: от единичного нейрона до целого мозга, причем каждому уровню соответствует свой вариант анализа перцептивного процесса. Однако, независимо от того, на каком уровне изучаются процессы восприятия, одно из главных мест занимает проблема кодирования. При этом основной вопрос состоит в следующем, каким образом происходит прием и преобразование сенсорных стимулов и в каком виде отражается воспринятый и преобразованный стимул в ЦНС человека,

Учение И. Мюллера. Проблема преобразования информации в нервной системе привлекала внимание исследователей очень давно. Первые идеи в этой области были представлены еще в середине прошлого века учением Мюллера о специфической энергии органов чувств. Суть его состояла в том, что чувствительность к раздражению зависит не от воздействующего раздражителя, а от свойств возбуждаемых нервов. Например, зрительный нерв передает ощущение света, даже если его раздражать механическим путем (ударом по глазу). Мюллер и его последователи полагали, что каждое ощущение возникает при разрядах специфических нейронов мозга, имеющих собственные «линии» связи с периферическими органами. Различные комбинации этих элементарных ощущений должны были создавать более сложные виды восприятия. Разумеется, эти представления в основном имеют исторический интерес. Принцип «меченой линии». В настоящее время физиология сенсорных систем очень продвинута (по сравнению с другими разделами) область нейробиологии, тем не менее основная проблема по сути не изменилась. Ее формулировка звучит так: каким образом нервная импульсация, идущая от специализированных рецепторов органов чувств, передает информацию разных типов? Трудность усугубляется тем, что, хотя рецепторы модально специализированы и чувствительны к определенному типу стимуляции (звуку, свету, давлению и т.д.), нервы, по которым «бегут» импульсы в основном одинаковы, и сами импульсы, распространяющиеся от этих рецепторов в головном мозге, имеют постоянные характеристики. (Хорошо известно, что нервный импульс — потенциал действия — генерируется нейроном по принципу «все или ничего»). ? Наиболее простой ответ предполагает, что мозг узнает о типе воздействующего стимула на основании того, в какой конечный пункт назначения в коре больших полушарий приходит нервная импульсация. Так, потенциалы действия, поступающие в зрительные области коры, несут информацию о зрительных стимулах, а сходные импульсы, поступающие в слуховые зоны, — о звуках и т.д. В наиболее полном виде эти представления воплотились в принципе «меченой линии», в соответствии с которым, допускается прямая морфологическая связь и соответственно передача информации от рецептора к определенному центральному нейрону, который отвечает за определение качества стимула.

Однако каким образом мозг различает разные качества каждого из стимулов в пределах одной модальности, т.е. как мозг дифференцирует разные зрительные или разные звуковые раздражители? Такие тонкие различия осуществляются на основе особых форм организации импульсной активности нейронов, которые получили название кодов.

Коды как средства передачи информации. Кодирование информации в нервной системе — это преобразование специфической энергии стимулов (света, звука, давления и др.) в универсальные коды нейронной активности, на основе которых мозг осуществляет весь процесс обработки информации. Таким образом, коды — это особые формы организации импульсной активности нейронов, которые несут информацию о качественных и количественных характеристиках действующего на организм стимула.

Проблема образования кодов и их функционирования в ЦНС и составляет в настоящее время центральное ядро проблемы представления и преобразования информации в организме человека и животных. При решении вопроса о природе того или иного кода выделяются четыре главных аспекта: 1) какую конкретную информацию

представляет данный код; 2) по какому закону преобразуется данная информация; 3) каким образом передается преобразованная информация; 4) каким образом осуществляется ее интерпретация (Ропотов, Пономарев, 1993).

С точки зрения одного из известных специалистов в области сенсорного кодирования Дж. Сомьена (1975), наиболее распространена в сенсорных системах передача информации с помощью частоты разрядов нейронов. Возможны и другие варианты нейронных кодов: плотность импульсного потока, интервалы между импульсами, особенности организация импульсов в «пачке» (группе импульсов) — периодичность пачек, длительность, число импульсов в пачке и т.д. Существует немало данных, подтверждающих, что перечисленные характеристики нейронной активности меняются закономерным образом при изменении параметров стимула. Однако проблема кодирования не сводится только к анализу разных вариантов импульсной активности нейронов. Она намного шире и требует более углубленного анализа.

5.2. Нейронные модели восприятия

В настоящее время существуют вполне определенные представления о конкретных нейронных механизмах, осуществляющих сенсорный анализ и построение сенсорной модели внешней среды.

Детекторная концепция. В этой концепции главным является представление о нейроне-детекторе. Нейрон-детектор — нервная высокоспециализированная клетка, способная избирательно реагировать на тот или иной признак сенсорного сигнала. Такие клетки выделяют в сложном раздражителе его отдельные признаки. Разделение сложного сенсорного сигнала на признаки для их отдельного анализа является необходимым этапом операции опознания образов в сенсорных системах. Нейроны-детекторы были обнаружены в 60-е годы сначала в сетчатке лягушки, затем в зрительной коре кошки, а впоследствии и в зрительной системе человека.

Информация об отдельных параметрах стимула кодируется нейроном-детектором в виде частоты потенциалов действия, при этом нейроны-детекторы обладают избирательной чувствительностью по отношению к отдельным сенсорным параметрам.

Виды нейронов-детекторов. Наиболее детально нейроны-детекторы исследованы в зрительной системе. Речь идет, в первую очередь, об ориентационно- и дирекционально-чувствительных клетках. За открытие феномена ориентационной избирательности нейронов зрительной коры кошки ее авторы Д.Хьюбел и Т.Визел в 1981 г. были удостоены Нобелевской премии. Явление ориентационной избирательности заключается в том, что клетка дает максимальный по частоте и числу импульсов разряд при определенном угле поворота световой или темной полосы или решетки.

В то же время при других ориентациях стимулов те же клетки отвечают плохо или не отвечают совсем (рис. 5.1). Эта особенность дает основание говорить об остроте настройки нейрона-детектора и предпочитаемом диапазоне реагирования. Дирекционально-избирательные нейроны реагируют на движение стимула, демонстрируя предпочтение в выборе направления и скорости движения.



ПЕРВИЧНАЯ ЗРИТЕЛЬНАЯ КОРА





Предъявление стимула

рис. 5.1 Длинная и узкая полоса света вызывает реакцию сложной клетки независимо от того, в каком месте рецептивного поля она предъявлена, если только ее ориентация оптимальна (три верхние записи), если ориентация полосы отличается от оптимальной, клетка реагирует слабее (нижняя запись) (по Д.Хьюбелу, 1990).

По своим способностям реагировать на описанные характеристики зрительных стимулов (ориентацию, скорость и направление Движения) нейроны-детекторы делятся на три типа: простые, сложные и сверхсложные. Нейроны разного типа расположены в разных слоях коры и различаются по степени сложности и месту в последовательной обработки сигнала.

Помимо этого описаны нейроны-детекторы, которые реагируют в основном, на стимулы, похожие на те, что встречаются в жизни, например, движущуюся тень от руки, циклические движения, напоминающие взмахи крыльев и т.д. Сюда же относятся нейроны, которые реагируют лишь на приближение и удаление объектов. Выделены также нейроны — детекторы цвета. Наиболее часто встречаются нейроны, чувствительные к синему цвету (с длиной волны 480 нм), зеленому цвету (с длиной волны 500 нм) и красному (с длиной волны 620 нм).

В высших центрах мозга обнаружены также зрительные нейроны, особо чувствительные к стимулам, сходным с человеческим лицом или какими-то его частями. Ответы этих нейронов регистрируются при любом расположении, размере, цвете «лицевого раздражителя». Важно отметить, что эти нейроны находятся не только в неокортексе, но и в более глубоких структурах мозга — в базальных ганглиях, таламусе и др. Иными словами, среди внешних стимулов есть наиболее «предпочтительные», такие, которые оказываются наиболее «удобными» для обработки нейронными механизмами восприятия.

Предполагается также, что существуют специализированные нейроны с возрастающей способностью к обобщению отдельных признаков объекта и так называемые полимодальные нейроны, обладающие способностью реагировать одновременно на стимулы разных сенсорных модальностей (зрительно-слуховые, зрительно-соматосенсорные и т.д.).

Описаны нейроны-детекторы и в других сенсорных системах: слуховой и соматосенсорной. В первом случае речь идет о локализации (детектировании) положения источника звука в пространстве и направления его движения. Во втором — активность нейронов детекторов связана с определением движения тактильного стимула по коже или величиной суставного угла при изменении положения конечности.

Несмотря на то, что имеющихся данных о механизмах детектирования и в зрительной, и особенно в других модальностях (слуховой, соматосенсорной, обонятельной) явно недостаточно, тем не менее многие исследователи в настоящее время рассматривают принцип нейронного детектирования как универсальный принцип строения и функционирования всех сенсорных систем.

Формирование гештальта. Образование целостного образа результате совокупной активности некоторого числа нейронов-детекторов объясняется в контексте теории векторного кодирования. В соответствии с этой теорией «вектор возбуждения», отвечающий за восприятие целостного образа (гештальта), представляет собой комбинацию возбуждений в определенном ансамбле нейронов. Объединение нейронов-детекторов, отвечающих за элементарные признаки воспринимаемого объекта, происходит в результате их включения в иерархически организованную нейронную сеть по типу пирамиды, вершиной которой является так называемая «гностическая единица»

— нейрон, осуществляющий синтез воспринимаемого образа — гештальта (см. главу 10.2).

Например, восприятие человеческого лица происходит за счет вектора возбуждения, компонентами которого являются возбуждения нейронов детекторов отдельных его признаков. Возбуждения этих нейронов конвергируют на нейроне более высокого уровня (гностической единице), избирательно реагирующем именно на восприятие конкретного человеческого лица, при этом выполняется принцип «один гештальт — один нейрон» (Соколов, 1996).

Считается, что нейроны, функционирующие в качестве гностических единиц, являются продуктами обучения. Экспериментальные доказательства их существования были получены в опытах на обезьянах. Однако остается неясным, по каким критериям следует дифференцировать сложные и сверхсложные нейроны-детекторы и гностические единицы.

Обобщенная модель сенсорной системы. Детекторный принцип кодирования положен в основу «обобщенной модели сенсорной системы, выполняющей активный синтез при внутреннем отображении внешнего стимула» (Соколов, Вайткявичус, 1989). Модель воспроизводит все этапы процесса переработки информации от возникновения возбуждения на выходах рецепторов до формирования Целостного образа.

Преобразование информационного потока в ней осуществляется с помощью нескольких типов формальных нейронов (детекторов, гностических нейронов, нейрон-модуляторов, командных, Мнемических и семантических нейронов), связанных между собой стабильными и пластическими связями двух типов: информационными и модулирующими.

Предполагается, что внешний раздражитель через органы чувств создает распределенное возбуждение на выходе рецептора. В результате первичного анализа из этого потока возбуждения выделяются отдельные признаки стимула. На следующем этапе происходит организация целостного образа, в ходе этой стадии в зрительной системе человека по отдельным фрагментам возникает гипотеза о том, что это может быть. Гипотетические представления об объекте (ожидаемый образ) извлекаются из памяти и сопоставляются с той информацией, которая поступает из сенсорной системы. Далее принимается решение о соответствии или несоответствии гипотезы объекту, проверяются уточняющие гипотезу признаки.

Концепция частотной фильтрации. Применительно к работе зрительной системы описан и другой предполагаемый механизм восприятия: частотная фильтрация (Глезер, 1985). Предполагается, что зрительная система, в первую очередь кора мозга, настроена на восприятие пространственной информации разного частотного диапазона. Другими словами, допускается, что зрительная система человека содержит нейронные комплексы, которые наделены свойствами двумерных пространственно-частотных фильтров, осуществляющих анализ параметров стимула по принципу, который описывается разложением Фурье. Причем существует, по-видимому, множество относительно «узких» фильтров, настроенных на восприятие разных пространственных частот.

Преимущество системы, основанной на частотном анализе, заключается в том, что она упрощает узнавание знакомых объектов, которые имеют увеличенные или уменьшенные размеры. При этом предполагается, что в системе памяти фиксируется только гармонический состав (перечень волновых составляющих, полученный в результате разложения), он не зависит от реального размера объекта, и это делает опознание стимула более экономным.

Дискуссионные вопросы. Детекторная концепция и концепция частотной фильтрации не дают четкого ответа на один вопрос: как из некоторого числа элементов, будь это реакции нейронов-детекторов или узкополосные характеристики частотных нейронов-фильтров, создается целостный образ, т.е. неопределенным остается механизм визуального синтеза и константности зрительного образа.

Один из основателей детекторной концепции Д.Хьюбел так характеризует эту проблему: «...часто спрашивают, каковы наиболее правдоподобные предположения относительно того, каким образом распознаются видимые объекты, становятся ли клетки при переходе к более центральным уровням все более специализированными, так что на каком-то уровне могут найтись клетки, реагирующие на лицо одного единственного конкретного человека — например, чьей-то бабушки? Такое представление, называемое «теорией бабушкиной клетки», вряд ли можно принимать всерьез. Можем ли мы обнаружить отдельные клетки для бабушки улыбающейся, плачущей или занимающейся шитьем? Или отдельные клетки, отражающие понятие или определение «бабушки»? И если бы у нас действительно имелись «бабушкины клетки», куда они посылали бы свои выходные сигналы?» (Хьюбел, 1991, с. 228).

Нейронный ансамбль как основа концепции. В качестве возможного решения проблемы синтеза целостного образа восприятия предлагается следующий механизм. Воспринимаемый объект активизирует определенную группу клеток — «нейронный ансамбль», каждый член которого может принадлежать также и другим ансамблям. Поскольку известно, что разрушение небольшого участка мозга обычно не ведет к исчезновению определенных воспоминаний, приходится предполагать, что клетки одного ансамбля не сосредоточены в одной корковой зоне, а разбросаны по многим зонам. Таким образом, «бабушке», занимающейся шитьем, должен соответствовать более крупный ансамбль, включающий бабушку по определению, бабушкино лицо и процесс шитья. Предлагаемая схема, однако, носит скорее гипотетический характер (Хьюбел, 1991). Наряду с этим экспериментально доказано существование специализированных нейронов, связанных с восприятием стимулов различной сенсорной модальности, в мозге человека. Многочисленные Данные такого рода были получены в клинических исследованиях Н.П. Бехтеревой с сотрудниками (1985,1988). Более того, ими был сформулирован общий психофизиологический принцип, в соответствии с которым кодирование содержания психической деятельности осуществляется комбинациями частот импульсной активности в паттернах разрядов нейронов мозга и в характеристиках их взаимодействия. В частности, например, было показано, что паттерны текущей частоты разрядов нейронов некоторых структур мозга при восприятии вербальных стимулов способны отражать акустические и общие смысловые характеристики слов.

Тем не менее в исследованиях восприятия, выполняемых с помощью регистрации активности нейронов, проблема формирования и опознания образа остается мало изученной.

5.3. Электроэнцефалографические исследования восприятия

Изучение физиологических основ восприятия проводится с помощью макропотенциалов мозга: фоновой электроэнцефалограммы, а также вызванных и событийно-связанных потенциалов, причем использование ЭЭГ имеет два разных аспекта. Первый связан с выявлением параметров ЭЭГ, имеющих отношение к кодированию стимула. Второй, более традиционный, представляет собой изучение параметров ЭЭГ отдельных зон коры или показателей их совместного взаимодействия при восприятии стимулов.

ЭЭГ-показатели восприятия. Среди ритмов ЭЭГ наибольшее внимание исследователей в этом плане привлекает альфа-ритм (8 —12 Гц), который регистрируется преимущественно в задних отделах коры в состоянии спокойного бодрствования. Известно, что при предъявлении стимулов имеет место подавление или «блокада» альфа-ритма: причем она тянется тем больше, чем сложнее изображение. Существует немало предположений, касающихся роли альфа-ритма в обеспечении активности мозга как целого. Основоположник кибернетики Н. Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм отражает механизм временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти. Действительно по некоторым данным биопотенциальное поле альфа-ритма связано с функцией сканиро-

вания информации в реальном времени и тем самым связано с процессами межмодальной сенсорной интеграции в процессах восприятия и памяти. По другим представлениям, альфа-ритм связан с действием селективирующих механизмов мозга, выполняющих функцию резонансного фильтра, и таким образом регулирующих поток сенсорных импульсов.

Поиск электрофизиологических показателей восприятия в параметрах альфа-ритма опирается на представление о том, что воспринимаемая человеком информация кодируется комбинациями фаз и частот периодических нейронных процессов, которые находят свое отражение в характеристиках альфа-ритма. Предполагается, что такая особенность ЭЭГ, как пакет волн, создается синхронизированной когерентной активностью группы нейронов, расположенных в разных участках мозга и образующих ансамбль. Предположительно все волны одного пакета хранят информацию об одном образе или его части и при восприятии опознается только тот образ, который закодирован ритмической активностью наибольшего числа нейронов в каждый данный момент времени (Лебедев, 1985).

Экспериментально было показано, что значения параметров колебаний системы нейронов, оцениваемые, в частности, по расстоянию между соседними спектральными пиками внутри альфа-диапазона, могут служить аргументами уравнений, предсказывающих некоторые особенности восприятия. Например, чем больше период доминирующих колебаний в ЭЭГ человека и чем больше разнообразие воспринимаемых и ожидаемых стимулов, тем медленнее осуществляется их восприятие.

Наряду с этим существуют исследования пространственно-временных отношений потенциалов мозга при восприятии сенсорной информации. В отличие от предыдущего этот подход учитывает два фактора: время восприятия и его мозговую организацию. Речь идет о множественной регистрации ЭЭГ из разных зон коры больших полушарий в процессе восприятия. Поскольку нейронные ансамбли, участвующие в переработке информации, распределены по разным отделам мозга, в первую очередь, коры больших полушарий, логично считать, что перцептивный акт будет сопровождаться изменением пространственного соотношения ЭЭГ. Действительно, изучение дистантной синхронизации биопотенциалов коры (Ливанов, 1977) в зоне зрительного восприятия позволяет выявить следующее: вначале наблюдается преимущественная активация задних отделов коры обоих полушарий, затем в процесс вовлекаются передние отделы правого полушария. Узнавание связано с активным включением в процесс центральных и фронтальных зон коры.]

Изменения биоэлектрической активности мозга в процессе перцептивного акта характерны для всех видов сенсорных модальностей. Однако в зависимости от вида анализатора эти изменения имеют разную пространственную картину. Как правило, на ранних этапах перцепции наибольшую активность демонстрируют проекционные зоны (зрительная, слуховая, соматосенсорная), а на завершающих этапах в процесс включаются передние отделы коры.

Вызванный потенциал как коррелят перцептивного акта. Наиболее адекватным инструментом изучения физиологической природы перцептивного процесса является метод регистрации вызванных (ВП) или событийно-связанных потенциалов. Последнее обусловлено тем, что во-первых, ВП — это реакция мозга на внешнее раздражение, по длительности сопоставимая со временем перцептивного акта, во-вторых, ВП, взятые отдельно в каждой зоне коры, имеют свои характеристики, обусловленные функциональными особенностями этой зоны. Таким образом, при предъявлении стимула любой модальности (зрительного, звукового, тактильного и др.) в разных зонах коры возникают специализированные реакции, сопоставимые по длительности с реальным психологическим процессом восприятия. Первые исследования в этом направлении ставили своей целью соотнести конфигурацию и параметры ВП с типом стимула и выделить варианты ответов, связанных с содержанием и физическими характеристиками

стимула, например, установить отвечает ли мозг специфическим ответом на геометрические фигуры (круг, квадрат) или определенные слова. Предпринимались даже попытки определять по конфигурации ВП, какой стимул предъявлялся испытуемому. Несмотря на определенные положительные результаты, эти исследования не получили развития.

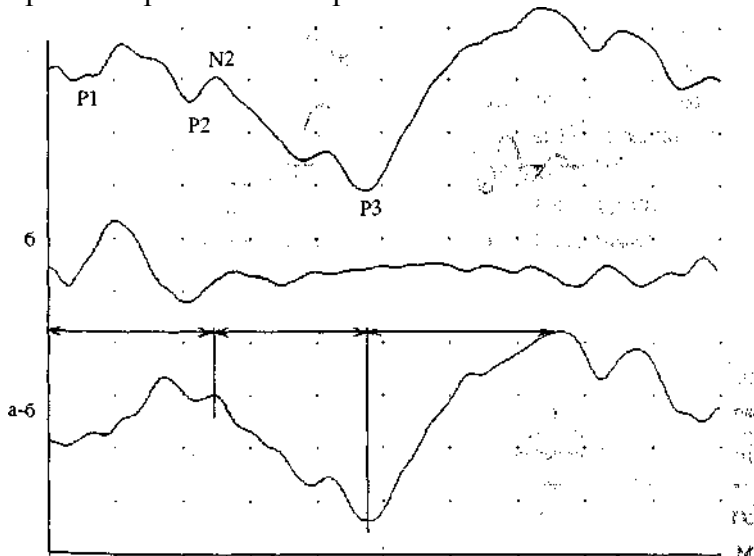
На первый план выступил иной подход. В его основе лежали представления о том, что компонентная структура ВП отражает не конкретное содержание или признак воспринимаемого стимула, а некоторые общие последовательные операции головного мозга по обработке стимула.

ВП и последовательная модель переработки информации. Было установлено, что в конфигурации ВП можно выделять компоненты двух типов: ранние специфические (экзогенные) и поздние неспецифические (эндогенные) компоненты. Обработка физических параметров стимула (сенсорный анализ) связывается с деятельностью специфических сенсорных систем и находит свое отражение преимущественно в параметрах экзогенных компонентов ВП. В зрительной модальности эти компоненты регистрируются в интервале до 100 мс от начала ответа, в слуховой и соматосенсорной модальностях — еще раньше, в пределах 10 — 50 мс от начала стимуляции. Эндогенные компоненты ВП, возникающие позднее и длящиеся до окончания ответа, предположительно отражают этапы более сложной обработки стимула: формирование образа, сличение его с эталонами памяти, принятие перцептивного решения. При изучении структуры перцептивного акта с помощью вызванных потенциалов так же, как и при изучении внимания, получают разностные кривые, «в чистом виде» представляющие когнитивную составляющую биоэлектрической активности (рис. 5.2).

5 мкВ/дел.

N1

принятие решения восприятие опознание счет



75 мс/дел.

Рис. 5.2 Выделение когнитивной составляющей ответа.

Вет в условиях опознания значимого стимула у здорового испытуемого (45 лет): P1-III-P2 собственно "вет" а стимул, N2 — 170 мс и P3 — 357 мс. • Ответ на тот же стимул без его опознания;

• Разность между ответами в условиях распознавания и в стандартных условиях без распознавания.

Когнитивный комплекс. Восприятие начинается на 76 мс, опознание и дифференцировка — компонент

~ 170 мс, принятие решения и запоминание — компонент P3 — 354 мс (по В.В.Гнездицкому, 1997).

Интерпретация процессов, отражающихся в параметрах и конфигурации ВП, может осуществляться в контексте разных моделей: последовательной, параллельной и циклической.

Первую иллюстрирует концепция «информационного синтеза» А.М. Иваницкого (1986). Согласно этой концепции ранние компоненты ВП в интервале 0 — 100 мс связаны с оценкой физических параметров стимула, в среднелатентных компонентах в интервале 100 — 200 мс находят отражение процессы синтеза текущей сенсорной информации с содержанием памяти, а в поздних компонентах ВП отражается когнитивная оценка стимула как такового (рис. 5.3).

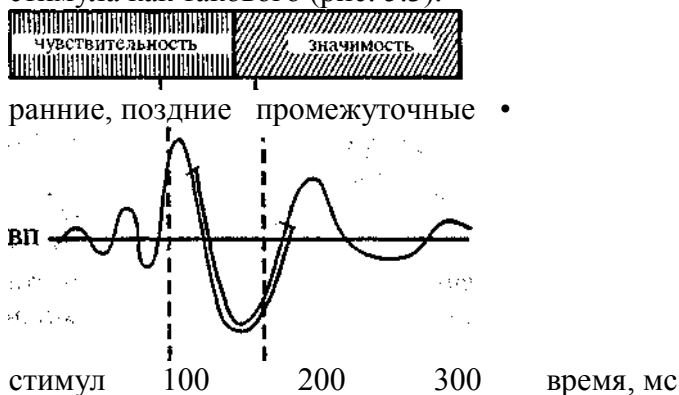


Рис. 5.3 Вызванные потенциалы (ВП) мозга, возникающие в ответ на световой или кожный раздражитель.

Видно, что ранние волны соотносятся с чувствительностью, поздние — с мотивацией, значимостью стимула, а промежуточные — одновременно с двумя этими психофизическими показателями. Стрелкой на временной шкале обозначен момент предъявления стимула (по А.М.Иваницкому, 1999).

Эти представления хорошо согласуются с нейрокибернетическими построениями Д. Эделмена и В. Маунткасла (1981), согласно которым повторный возврат возбуждений является мозговой основой всех психических процессов. Так, например, момент возникновения образа совпадает по времени со встречей в коре двух информационных потоков, один из которых представляет собой внешний сигнал, а другой память. Предполагается, что эта память и есть возникающая в сознании человека частица «я», по отношению к которой, сигнал воспринимается как нечто внешнее (см. главу 10).

Изложенные выше представления объяснимы с помощью последовательной модели переработки информации, согласно которой каждая стадия перцептивного процесса наступает не ранее, чем реализуется предыдущая.

ВП и другие модели переработки информации. В то же время имеются данные, трудно объяснимые в контексте последовательной модели переработки информации. Например, при регистрации зрительных ВП на особо сложные стимулы параметры этих стимулов могут обрабатываться во всем временном диапазоне ВП. Последнее предполагает наличие иных моделей переработки информации: параллельной и циклической. Причем в рамках обеих моделей ВП имеют различное толкование.

В основе параллельной модели лежит представление о существовании в зрительной системе нескольких параллельно работающих подсистем, в которых переработка информации о разных признаках стимула происходит независимо, например, по одному каналу осуществляется описание формы объекта, по другому - контраста, цвета и т.д. В этой логике компоненты ВП рассматриваются как показатели включения разных каналов.

Таким образом, главное отличие параллельной модели от последовательной заключается в том, что отдельные компоненты здесь рассматриваются не как маркеры реализации конкретных стадий обработки информации, а как маркеры включения разных каналов обработки информации. Так, например, компонентная структура ВП на такие стимулы, как шахматные поля и решетки интерпретируется как последовательность

включения разных каналов, обрабатывающих информацию о яркости (яркостный канал) и о пространственном контрасте, анализ которого необходим для выделения формы (канал формы).

При этом различия в выраженности относительно ранних и поздних компонентов ВП в ответах на низкие и высокие пространственные частоты отражают не временную последовательность процессов обработки высоких и низких пространственных частот, а различную пространственную локализацию генераторов ВП на разные пространственные частоты (Зислина, 1978). В принципе эти предположения имеют определенные основания, поскольку опираются на электрофизиологические данные, касающиеся источников генерации ВП, а те подтверждают, что относительно ранние компоненты ВП на шахматные поля и решетки с латентным периодом 75—125 мс генерируются в стриарной коре, а более поздние имеют своим источником парастриарную область.

Циклическая модель предполагает, что в перцептивном процессе могут существовать отдельные и независимые перцептивные циклы с разной внутренней структурой и продолжительностью отдельных стадий. При циклической обработке информации, по-видимому, происходит повторное активирование одних и тех же нейронных популяций. Переработка информации при этом обеспечивается не только однократными специфическими реакциями нейронов, но и их повторным вовлечением в фазический процесс.

При трудной перцептивной задаче правильное опознание с большей вероятностью происходит на поздних этапах переработки информации. По мере привыкания возрастает вероятность опознания сигнала на более ранних фазах переработки. При этом предполагается, что число компонентов ВП определяется количеством фаз переработки информации в корково-подкорковых нейронных сетях (Переслени с соавт., 1987). Таким образом, в одном и том же интервале времени после предъявления одних и тех же стимулов могут возникать различающиеся по числу компонентов и конфигурации ВП. И наоборот, внешне одни и те же компоненты ВП могут соответствовать разным стадиям обработки стимула.

Эти представления ставят под сомнение возможность существования фиксированной схемы обработки информации по типу «постоянный стимул — неизменная реакция». В то же время логически непротиворечивое обоснование вышеописанные факты получают с позиций гипотезы когнитивных детерминант организации перцептивного акта. Согласно этой гипотезе порядок следования и набор операций (и соответствующих компонентов ВП) в каждом перцептивном акте непостоянен (от пробы к пробе) и определяется в процессе поступления информации и по ходу ее обработки. Решающую роль при этом будут играть условия задачи и опыт субъекта в организации информации.

5.4. Топографические аспекты восприятия 3

В основе этого подхода лежит представление о системном характере взаимодействия структур мозга в обеспечении психических функций (Л.С.Выготский, А.Р.Лурия, Е.Д.Хомская, М.Н.Ливанов, О.С.Адрианов, Н.П.Бехтерева и др.). Проблема участия разных отделов мозга, в первую очередь коры, в обеспечении восприятия изучается экспериментально с помощью разных методов: электроэнцефалографии и вызванных потенциалов, компьютерной томографии, прямого раздражения коры мозга, анализа нарушений восприятия при очаговых поражениях мозга.

Блок приема, переработки и хранения информации. Одной из первых топографических концепций можно считать концепцию А.Р. Лурии (1973) о трех функциональных блоках головного мозга человека. Первый блок (ствол мозга) обеспечивает регуляцию тонуса и бодрствования; второй (задние отделы коры) — получение, переработку и хранение информации, поступающей из внешнего мира; третий (передние отделы коры) — программирование, регуляцию и контроль психической деятельности. Функциональное обеспечение восприятия связано с деятельностью второго

блока. Морфологически он представлен задними отделами коры больших полушарий и включает «аппараты» зрительной (затылочной), слуховой (височной), общечувствительной (теменной), а также соматосенсорной (постцентральной) зон коры. Все перечисленные «аппараты» построены по общему принципу: они включают первичные проекционные зоны («корковые концы анализаторов») и ассоциативные вторичные и третичные зоны.

Общей особенностью первичных зон является топическая организация, т.е. каждому участку такой зоны соответствует определенный участок периферической рецепторной поверхности. Проекция сетчатки образует ретинотопическую организацию затылочной зоны, проекция кортиева органа — томотопическую слуховой зоны, проекция рецепторной поверхности кожи — соматотопическую соматосенсорной зоны. Такой принцип организации обеспечивает своеобразное картирование сетчатки, кортиева органа и кожной поверхности.

Лучше других изучена соматотопическая организация соматосенсорной зоны. Хорошо известен соматосенсорный гомункулюс — схематический «человечек», отражающий пространственную обусловленность разных участков тела в этой зоне коры. Фактически он предоставляет карту этой зоны, которая была получена во время операций на мозге человека с помощью прямой электрической стимуляции. Такая стимуляция вызывает у человека ощущения, которые распределены по разным участкам тела, но неравномерно — более всего представлены в коре функционально наиболее значимые участки рецепторной поверхности (лицо, язык, рука).

Последнее справедливо для всех проекционных зон, так, например, в затылочной зоне большую часть занимает проекция центрального участка, где преимущественно сосредоточены колбочки, обеспечивающие высокую контрастную чувствительность и цветное зрение.

Таким образом, при восприятии стимула не происходит равномерного возбуждения всей проекционной зоны: активируются, главным образом, те нейроны, к которым поступает информация от возбужденных периферических элементов — рецепторов. Этот первичный этап нередко обозначают как сенсорный анализ.

Принципиально меняется характер обработки информации при переходе к вторичным ассоциативным зонам коры. Являясь модально специфическими, эти зоны, по образному утверждению А.Р. Лурии, превращают топическую проекцию раздражения в функциональную организацию. Это значит, что обработка информации в ассоциативных зонах происходит на другой основе. Опираясь на представления, сформулированные в разделе 5.1., можно предположить, что при переходе информации от первичной проекционной зоны к ассоциативным изменяется природа кодов, в которых обрабатывается информация. За счет каких именно механизмов осуществляется реорганизация потоков импульсной активности нейронов, пока неизвестно. Выше (см.5.2.) говорилось о существовании нейронов разной специализации (мнемических, семантических, гностических и др.), нейронных ансамблей, осуществляющих функции обобщения при восприятии. Однако недостаточно экспериментальных данных для описания нейронных процессов, сопровождающих обработку информации во вторичных зонах коры. Тем не менее деятельность этих зон связывается с интеграцией разобщенных возбуждений первичной проекционной коры и формированием целостных образов восприятия. Функции третичных зон связаны с процессами межмодального обобщения и построения картины мира.

Б концепции А.Р.Лурии не были учтены существенные межполушарные различия в строении зон коры. Уже в более поздних работах появились сообщения о том, что существуют межполушарные различия в соотношении проекционных и ассоциативных зон в левом и правом полушариях (Гольдберг, Коста, 1995). Первичные сенсорные и моторные области больше представлены в левом полушарии, а для правого характерна большая выраженность ассоциативных зон. Благодаря этому правое полушарие обладает

большими возможностями для обработки сложной информации. Вообще для левого полушария в большей степени характерна функциональная неравнозначность мозговых структур, для правого характерна значительно меньшая дифференцированность его отделов. В левом полушарии взаимодействие между зонами осуществляется преимущественно по системе коротких связей. В правом полушарии взаимодействие осуществляется преимущественно по вертикальным связям, которые в нем преобладают. Кроме того, установлена преимущественная связь правого полушария со структурами промежуточного мозга, а левого с нижней частью ствола мозга.

Морфофункциональные уровни и этапы обработки информации. Процесс обработки информации имеет много этапов и начинается на уровне рецепторов: чувствительных элементов кожи, сетчатки, кортиева органа в улитке и т.д. Кроме того, каждый анализатор включает целый ряд подкорковых переключений звеньев (в частности, например, на уровне таламуса), где проводится начальная обработка информации. Только после этих стадий (т.е. осуществляемых на подкорковом уровне) уже частично обработанная информация поступает по проводящим путям в проекционные зоны коры и из них уже во вторичные и третичные. Такая общая последовательность стадий имеет свою специфику для каждого вида чувствительности.

Так в зрительном анализаторе выделяются две системы обработки информации о внешнем мире. Первая из них ответственна за опознание объекта, вторая определяет локализацию объекта во внешнем зрительном поле. Выполняя разные функции зрительного восприятия, эти системы отличаются по своему морфологическому строению. Хотя обе системы начинаются в сетчатке, но первая система берет начало от так называемых клеток типа X, вторая система — от клеток типа Y. Далее эти системы имеют свое представительство в разных подкорковых центрах: первая система продолжает обработку информации о форме объекта в латеральных колленчатых телах таламуса, откуда информация поступает в зрительные центры коры: первичную проекционную зону, вторичные ассоциативные поля, и оттуда в нижневисочную зону коры. При выборочном поражении отдельных участков перечисленных зон страдает восприятие отдельных качеств объекта: только цвета, только формы или движения. Интеграция всех раздельно обрабатываемых признаков объекта происходит в нижневисочной коре, которая отвечает за окончательное формирование целостного зрительного образа объекта.

Вторая система имеет иную мозговую топографию. От сетчатки волокна этой системы направляются в собственные подкорковые центры — верхние двуххолмия. В этой структуре осуществляется не только зрительное восприятие пространственных характеристик объекта, в ней же находятся центры, управляющие движением глаз. Активация этих центров запускает саккаду — быстрое скачкообразное движение глаз, амплитуда и направление которой обеспечивает попадание стимула в центральное поле зрения. Это необходимо, потому что именно центральное поле зрения обладает наилучшими способностями к восприятию высококонтрастных сложных стимулов. Дальнейшая обработка информации в этой системе связана с деятельностью другого таламического ядра — так называемой подушки и теменной области коры больших полушарий. В этой области происходит интеграция информации от первичной зрительной коры и центров, контролирующей движения глаз. Слияние двух потоков информации создает константный, т.е. постоянный экран внешнего зрительного поля. Благодаря этому перемещающийся по сетчатке во время движения глаз образ зрительного мира остается неизменным.

Таким образом, на основе взаимодействия информации, поступающей из разных отделов зрительной системы и системы управления глазодвигательной активностью, осуществляется построение целостной и стабильной картины мира.

Модель зрительного восприятия, учитывающую морфологическое строение анализатора, предложил В.Д. Глезер (1985). Он выделяет четыре уровня переработки

зрительной информации от зрительных центров подкорки, реализующих элементарный сенсор-анализ, через проекционную кору, где осуществляется пространственно-частотный анализ, к третьему уровню, на котором происходит сегментация зрительного пространства на отдельные фигурные элементы, и от него к высшим зрительным центрам, нижневисочной и заднетеменной областям коры, осуществляющим опознание и обучение, — таков путь преобразования и описания зрительной информации по схеме Глезера.

Предложенная модель далеко не единственная в описании предполагаемых механизмов, обеспечивающих целостность зрительного восприятия. Проблема состоит в том, что каждый анализатор имеет вертикально организованные звенья (расположенные на пути от рецептора к первичной проекционной зоне), горизонтально организованные звенья (первичные, вторичные и третичные зоны коры) и латерально организованные звенья (симметричные подкорковые образования и зоны коры в левом и правом полушарии). Однако в подавляющем большинстве случаев предлагаемые модели ограничиваются одной или двумя из перечисленных составляющих.

Перцептивная специализация полушарий. Особенности функциональной специализации левого и правого полушарий мозга широко исследуются. Подробный анализ этой проблемы представлен в книгах Н.Н.Брагиной и Т.А.Доброхотовой (1981,1994), Е.Д.Хомской (1987), С. Спрингер и Г.Дейча (1983) и многих других. В самом общем виде межполушарные различия укладываются в ряд дихотомий: абстрактный (вербально-логический) и конкретный (наглядно-образный) способы переработки информации, произвольная и непроизвольная регуляция высшей психической деятельности, осознанность-неосознанность психических функций и состояний, сукцессивная и симультанная организация высших психических функций.

Нервная система человека устроена таким образом, что каждое полушарие мозга получает информацию главным образом от противоположной стороны тела. Этот принцип контралатеральной проекции относится как к общей телесной, тактильной чувствительности, так и к зрению и слуху, хотя применительно к последним картина не столь однозначна. Однако использование соответствующих Методик, позволяет избирательно подавать информацию только в одно полушарие и выявлять тем самым значительные различия в функциональных способностях двух полушарий.

Наиболее изучены межполушарные отношения при зрительном и слуховом восприятии. Особенности специализации полушарий при восприятии звуковых стимулов, в первую очередь, речи представлены в главе 8 (8.4; 8.5), поэтому здесь основное внимание будет посвящено специализации полушарий мозга при зрительном восприятии. Как показывают клинические исследования, разрушение центральных зрительных зон в одном из полушарий ведет к утрате противоположной половины поля зрения (правой при левостороннем повреждении и левой — при правостороннем). Зная место повреждения зрительной коры, можно предсказать, какова будет потеря зрения. Однако предсказать реакции человека на такое повреждение сложно, поскольку нервная система человека обладает компенсаторными возможностями.

Среди гипотез относительно природы межполушарных различий при зрительном восприятии распространены две: одна связывает эти различия с вербализацией воспринимаемых стимулов, по другой — различия коренятся в особенностях стиля работы каждого полушария — аналитического для левого и целостного глобального для правого. В целом, доминирует точка зрения о том, что превосходство того или иного полушария при восприятии зрительных стимулов определяется соотношением двух этапов переработки: зрительно-пространственного, в котором преобладает правое полушарие, и процессов вербализации, реализуемых левым.

Предпринимаются попытки объяснить межполушарные различия на основе специализации нейронов в перцептивном процессе. Известной в этом плане является модель, приписывающая полушариям головного мозга определенную специализацию относительно обработки разных пространственных частот. По этим предположениям по-

разному осуществляется частотная фильтрация в зрительных центрах того и другого полушария. Правое полушарие с большим успехом обрабатывает низкие пространственные частоты и, следовательно, в большей степени связано с восприятием контуров объектов и их крупных деталей. Левое, напротив, более успешно обрабатывает высокие частоты и в большей степени ответственно за восприятие мелких деталей изображения.

В наиболее общем виде специализация полушарий в обеспечении зрительного восприятия приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

Различия между полушариями при зрительном восприятии (Л.И.Леушна и др., 1982)

Левое полушарие	Правое полушарие
Лучше узнаются стимулы	
Вербальные Легко различимые Знакомые	Невербальные Трудно различимые Незнакомые
Лучше воспринимаются задачи	
Оценка временных отношений Установление сходства Установление идентичности стимулов по названиям Переход к вербальному кодированию	Оценка пространственных отношений Установление различий Установление физической идентичности стимулов Зрительно-пространственный анализ
Особенности процесса восприятия	
Аналитичность Последовательность (сукцессивность) Абстрактность, обобщенность, инвариантное узнавание	Целостность (гештальт) Одновременность (симультанность) Конкретное узнавание
Предполагаемые морфофизиологические различия	
Фокусированное представительство элементарных функций	Диффузное представительство элементарных функций

В целом, следует заключить, что правое «пространственное» и левое «временное» полушария обладают своими специфическими способностями, позволяющими им вносить важный вклад в большинство видов когнитивной деятельности. По-видимому, у левого больше возможностей во временной и слуховой сферах, а у правого в пространственной и зрительной. Эти особенности, вероятно, помогают левому полушарию лучше отмечать и обособлять детали, которые могут быть четко охарактеризованы и расположены во временной последовательности. В свою очередь одновременность восприятия пространственных форм и признаков правым полушарием, возможно, способствует поиску интегративных отношений и схватыванию общих конфигураций. Если такая интерпретация верна, то, по-видимому, каждое полушарие перерабатывает одни и те же сигналы по-своему и преобразует сенсорные стимулы в соответствии со специфичной для себя стратегией их представления.

Глава шестая

6. Психофизиология внимания

В психологии внимание определяется как процесс и состояние настройки субъекта на восприятие приоритетной информации и выполнение поставленных задач. Направленность и сосредоточенность психической деятельности при внимании обеспечивает более эффективное восприятие информации. В общем плане выделяют два

основных вида внимания: произвольное и произвольное (избирательное, селективное). Оба вида внимания имеют разные функции, по-разному формируются в онтогенезе, и в их основе лежат различные физиологические механизмы.

6.1. Ориентировочная реакция

Принято считать, что физиологическую основу, на которой развивается и функционирует произвольное внимание, составляет ориентировочная реакция.

Ориентировочная реакция (ОР) впервые была описана И.П. Павловым как двигательная реакция животного на новый внезапно появляющийся раздражитель. Она включала поворот головы и глаз в сторону раздражителя и обязательно сопровождалась торможением текущей условно-рефлекторной деятельности. Другая особенность ОР заключалась в угашении всех ее поведенческих проявлений при повторении стимула. Угасшая ОР легко восстанавливалась при малейшем изменении обстановки.

Физиологические показатели ОР. Использование полиграфической регистрации показало, что ОР вызывает не только поведенческие проявления, но и целый спектр вегетативных изменений. Отражением этих генерализованных изменений являются различные компоненты ОР: двигательный (мышечный), сердечный, дыхательный, кожно-гальванический, сосудистый, зрачковый, сенсорный и электроэнцефалографический (см. главу 2). Как правило, при предъявлении нового стимула повышается мышечный тонус, изменяется частота дыхания, пульса, возрастает электрическая активность кожи, расширяются зрачки, снижаются сенсорные пороги. В электроэнцефалограмме в начале ориентировочной реакции возникает генерализованная активация, которая проявляется в блокаде (подавлении) альфа-ритма и смене его высокочастотной активностью. Одновременно с этим возникает возможность объединения и синхронной работы нервных клеток не по принципу их пространственной близости, а по функциональному принципу. Благодаря всем этим изменениям возникает особое состояние мобилизационной готовности организма.

Чаще других в экспериментах, направленных на изучение ОР, используют показатели кожно-гальванической реакции (КГР). Она обладает особой чувствительностью к новизне стимула, модально неспецифична, т.е. не зависит от того, какой именно стимул вызывает ОР. Кроме того, КГР быстро угасает, даже если ОР вызвана болевым раздражителем. Однако КГР тесно связана с эмоциональной сферой, поэтому использование КГР при изучении ОР требует четкого разделения собственно ориентировочного и эмоционального компонентов реагирования на новый стимул.

Нервная модель стимула. Механизм возникновения и угашения ОР получил толкование в концепции нервной модели стимула, предложенной Е.Н. Соколовым (1958). Согласно этой концепции в результате повторения стимула в нервной системе формируется «модель», определенная конфигурация следа, в которой фиксируются все параметры стимула. Ориентировочная реакция возникает в тех случаях, когда обнаруживается рассогласование между действующим стимулом и сформированным следом, т.е. «нервной моделью». Если действующий стимул и нервный след, оставленный предшествующим раздражителем, идентичны, то ОР не возникает. Если же они не совпадают, то ориентировочная реакция возникает и оказывается до известной степени тем сильнее, чем больше различаются предшествующий и новый раздражители. Поскольку ОР возникает в результате рассогласования афферентного раздражения с «нервной моделью» ожидаемого стимула, очевидно, что ОР будет длиться до тех пор, пока существует эта разница.

В соответствии с этой концепцией ОР должна фиксироваться при любом сколь угодно малом расхождении между двумя последовательно предъявляемыми стимулами. Имеются, однако, многочисленные факты, которые свидетельствуют о том, что ОР далеко не всегда обязательно возникает при изменении параметров стимула. Значимость стимула. Ориентировочный рефлекс связан с адаптацией организма к меняющимся условиям среды, поэтому для него справедлив «закон силы». Иначе говоря,

чем больше изменяется стимул (например, его интенсивность или степень новизны), тем значительнее ответная реакция. Однако не меньшую, а нередко и большую реакцию могут вызвать ничтожные изменения ситуации, если они прямо адресованы к основным потребностям человека.

Кажется, что более значимый и, следовательно, в чем-то уже знакомый человеку стимул должен при прочих равных условиях вызывать меньшую ОР, чем абсолютно новый. Факты, однако, говорят о другом. Значимость стимула нередко имеет решающее значение для возникновения ОР. Высоко значимый стимул может вызвать мощную ориентировочную реакцию, имея небольшую физическую интенсивность.

По некоторым представлениям факторы, провоцирующие ОР, можно упорядочить, выделив 4 уровня или регистра: стимульный, регистр новизны, регистр интенсивности и регистр значимости. Первый уровень оценки проходят практически все стимулы, второй и третий регистры работают параллельно. Пройдя любой из этих двух регистров, стимул поступает в последний и там оценивается его значимость. Только после этого завершающего акта оценивания развивается весь комплекс ориентировочной реакции (Кочубей, 1990).

Таким образом, ОР возникает не на любой новый стимул, а только на такой, который предварительно оценивается как биологически значимый. Иначе мы переживали бы ОР ежесекундно, так как новые раздражители действуют на нас постоянно. Оценивая ОР, следовательно, надо учитывать не формальное количество информации, содержащейся в стимуле, а количество семантической, значимой информации.

Существенно и другое: восприятие значимого стимула нередко сопровождается формированием ответной адекватной реакции. Присутствие моторных компонентов свидетельствует о том, что ОР представляет собой единство воспринимающих и исполнительных механизмов. Таким образом, ОР, традиционно рассматриваемая как реакция на новый раздражитель, представляет частный случай ориентировочной деятельности, которая понимается как организация новых видов деятельности, формирование активности в изменившихся условиях среды.

6.2. Нейрофизиологические механизмы внимания

Изучение физиологических механизмов внимания осуществляется на разных уровнях: нейронном, структурно-функциональном и системном. Каждый из этих уровней исследования формирует свои представления о физиологических основах внимания.

Нейроны новизны. Наиболее интересные факты, иллюстрирующие функции нейронов в механизмах внимания, связаны с обеспечением ориентировочной реакции. Еще в 60-е годы Г. Джаспер во время нейрохирургических операций выделил в таламусе человека особые нейроны — «детекторы» новизны или внимания, которые реагировали на первые предъявления стимулов.

Позднее в нейронных сетях были выделены нервные клетки, получившие название нейронов новизны и тождества (Соколов, 1995). Нейроны новизны позволяют выделять новые сигналы. Они отличаются от других характерной особенностью: их фоновая импульсация возрастает при действии новых стимулов разной модальности. С помощью множественных связей эти нейроны соединены с детекторами отдельных зон коры головного мозга, которые образуют на нейронах новизны пластичные возбуждающие синапсы. Таким образом, при действии новых стимулов импульсная активность нейронов новизны возрастает. По мере повторения стимула и в зависимости от силы возбуждения ответ нейрона новизны избирательно подавляется, так что дополнительная активация в нем исчезает и сохраняется лишь фоновая активность.

Нейрон тождества также обладает фоновой активностью. К этим нейронам через пластичные синапсы поступают импульсы от детекторов разных модальностей. Но в отличие от нейронов новизны, в нейронах тождества их связь с детекторами осуществляется через Тормозные синапсы. При действии нового раздражителя фоновая активность в нейронах тождества подавляется, а при действии прививных раздражителей,

напротив, активизируется.

Итак, новый стимул возбуждает нейроны новизны и тормозит нейроны тождества, таким образом, новый раздражитель стимулирует активирующую систему мозга и подавляет синхронизирующую (тормозную) систему. Привычный стимул действует прямо противоположным образом — усиливая работу тормозной системы, не влияя на активирующую.

Особенности импульсной активности нейронов человека при выполнении психологических проб, требующих мобилизации произвольного внимания, описаны в работах Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников. При этом в передних отделах таламуса и ряде других структур ближайшей подкорки были зафиксированы стремительные возникающие вспышки импульсной активности, по частоте в 2 — 3 раза превышающие уровень фона. Характерно, что описанные изменения в импульсной активности нейронов сохранялись на протяжении выполнения всего теста, и только по его завершении уровень активности этих нейронов возвращался к исходному.

В целом, в этих исследованиях установлено, что различные формы познавательной деятельности человека, сопровождающиеся мобилизацией произвольного внимания, характеризуются определенным типом активности нейронов, четко сопоставимым с динамикой произвольного внимания.

Структурно-функциональный уровень организации внимания. Одним из наиболее выдающихся достижений нейрофизиологии в XX веке явилось открытие и систематическое изучение функций неспецифической системы мозга, которое началось с появления в 1949 г. книги Г. Моруцци и Г.Мэгуна «Ретикулярная формация мозгового ствола и реакция активации в ЭЭГ».

Ретикулярная формация наряду с лимбической системой образуют блок модулирующих систем мозга, основной функцией которых является регуляция функциональных состояний организма (см. главу 3.1.3.). Первоначально к неспецифической системе мозга относили в основном лишь сетевидные образования ствола мозга и их главной задачей считали диффузную генерализованную активацию коры больших полушарий. По современным представлениям, восходящая неспецифическая активирующая система простирается от продолговатого мозга до зрительного бугра (таламуса). Таламус, входящий в состав промежуточного мозга, имеет ядер-структуру. Он состоит из специфических и неспецифических ядер. Специфические ядра обрабатывают всю поступающую в организм сенсорную информацию, поэтому таламус образно называют коллектором сенсорной информации. Специфические ядра таламуса связаны, главным образом, с первичными проекционными зонами анализаторов. Неспецифические ядра направляют свои восходящие пути в ассоциативные зоны коры больших полушарий.

В 1955г. Г.Джаспером было сформулировано представление о диффузно-проекционной таламической системе. Опираясь на целый ряд фактов, он утверждал, что диффузная проекционная таламическая система (неспецифический таламус) в определенных пределах может управлять состоянием коры, оказывая на нее как возбуждающее, так и тормозное влияния. В экспериментах на животных было показано, что при раздражении неспецифического таламуса в коре головного мозга возникает реакция активации. Эту реакцию легко наблюдать при регистрации энцефалограммы, однако активация коры при раздражении неспецифического таламуса имеет ряд отличий от активации, возникающей при раздражении ретикулярной формации ствола мозга (см. главу 3.2).

По современным представлениям, переключение активирующих влияний с уровня ретикулярной формации ствола мозга на уровень таламической системы означает переход от генерализованной активации коры к локальной:

- 1) первая отвечает за глобальные сдвиги общего уровня бодрствования;
- 2) вторая отвечает за избирательное сосредоточение внимания.

Ретикулярная формация ствола мозга и неспецифический таламус тесно связаны с корой больших полушарий. Особое место в системе этих связей занимают фронтальные зоны коры. Предполагается, что возбуждение ретикулярной формации ствола мозга и неспецифического таламуса по прямым восходящим путям распространяется на передние отделы коры, При достижении определенного уровня возбуждения фронтальных зон по нисходящим путям, идущим в ретикулярную формацию и таламус, осуществляется тормозное влияние. Фактически здесь имеет место контур са-морегуляции: ретикулярная формация изначально активизирует Фронтальную кору, а та в свою очередь тормозит (снижает) активность ретикулярной формации. Поскольку все эти влияния носят градуальный характер, т.е. изменяются постепенно, то с помощью двухсторонних связей фронтальные зоны коры могут обеспечивать именно тот уровень возбуждения, который требуется в каждом конкретном случае.

Таким образом, фронтальная кора — важнейший регулятор состояния бодрствования в целом и внимания как избирательного процесса. Она модулирует в нужном направлении активность стволовой и таламической систем. Благодаря этому, можно говорить о таком явлении как управляемая корковая активация (Дубровинская, 1985).

Система внимания в мозге человека. Изложенная выше схема не исчерпывает всех представлений о мозговом обеспечении внимания. Она характеризует общие принципы нейрофизиологической организации внимания и адресуется, главным образом, к так называемому модально-неспецифическому вниманию. Более детальное изучение позволяет специализировать внимание, выделив его модально-специфические виды. Как относительно самостоятельные можно описать следующие виды внимания: сенсорное (зрительное, слуховое, тактильное), двигательное, эмоциональное и интеллектуальное. Клиника очаговых поражений показывает, что эти виды внимания могут страдать независимо друг от друга и в их обеспечении принимают участие разные отделы мозга. В поддержании модально-специфических видов внимания принимают активное участие зоны коры, непосредственно связанные с обеспечением соответствующих психических функций (Хомская, 1987).

Наряду с этим, с помощью метода регистрации локального мозгового кровотока установлено, что правая фронтальная область коры вносит больший вклад в обеспечение функций селективного внимания, чем левая. Этим же методом установлено, что при восприятии речевых стимулов возрастает активация преимущественно в височно-теменных отделах левого полушария, причем этот эффект не зависит от того, в какое ухо подается стимул. В то же время при прослушивании музыки кровоток усиливается в правом полушарии. Позитронно-эмиссионная томография открыла прямой доступ к изучению топографических аспектов функционирования мозговой системы внимания. Показано, что при привлечении внимания к слуховым или зрительным стимулам радикально меняется паттерн возбуждения мозговых структур. Причем в зависимости от того, в какой сенсорной модальности активизируется внимание, распределение по коре активированных участков оказывается разным. При зрительной направленности внимания возбуждение преимущественно сконцентрировано в экстрастриарной коре, а при внимании к слуховым стимулам возбуждены височные области, фронтальная кора и ряд подкорковых образований.

Исследования с помощью ПЭТ-томографии показали также, что вербальная стимуляция вызывает более выраженное потребление глюкозы в левом полушарии по сравнению с правым (у праворуких), а прослушивание музыкальных произведений активизирует преимущественно правое полушарие, особенно его переднефронтальные, теменные и передневисочные зоны.

Известный американский исследователь М. Познер (Рокпег, 1988) утверждает, что в мозге человека существует самостоятельная система внимания, которая анатомически изолирована от систем обработки поступающей информации. Внимание поддерживается

за счет работы разных анатомических зон, образующих сетевую структуру, и эти зоны выполняют разные функции, которые можно описать в когнитивных терминах. Причем выделяется ряд функциональных подсистем внимания. Они обеспечивают три главные функции: ориентацию на сенсорные события, обнаружение сигнала для фокальной (сознательной обработки) и поддержание бдительности или бодрствующего состояния. В обеспечении первой функции существенную роль играет задняя теменная область и некоторые ядра таламуса, второй — латеральные и медиальные отделы фронтальной коры. Поддержание бдительности обеспечивается за счет деятельности правого полушария. Помимо этого, немало клинических и экспериментальных данных свидетельствует о разном вкладе отдельных зон коры и полушарий в обеспечение не только восприятия, но и избирательного внимания. Они позволяют считать, что правое полушарие в основном обеспечивает общую мобилизационную готовность человека, поддерживает необходимый уровень бодрствования и сравнительно мало связано с особенностями конкретной деятельности. Левое в большей степени отвечает за специализированную организацию внимания в соответствии с особенностями задачи.

6.3. Методы изучения и диагностики внимания

Внимание имеет длительную историю изучения в психологии и психофизиологии. Традиционные методы изучения внимания в психофизиологии.

Систематическое изучение внимания было начато еще в школе В. Вундта в русле физиологической психологии. В соответствии с традициями этой науки для изучения внимания использовались объективные психофизиологические методы. К ним прежде всего относятся: методы регистрации КГР, показателей сердечно-сосудистой системы, (главным образом, ЧСС — частоты сердечных сокращений), а также электромиограммы. Позднее было установлено, что дополнительные возможности в этой области представляет собой регистрация паттерна активности электромиограммы (ЭМГ), получаемого при одновременной регистрации разных групп мышц, например, паттерна лицевой мускулатуры при эмоциональном напряжении.

Однако, как пишет Р. Нааттанен (1998), эти методы мало подходят для изучения собственно феномена внимания, они не могут служить прямой мерой информационных процессов, связанных с вниманием, поскольку слишком инертны и не позволяют шаг за шагом проследить последовательность информационных процессов, составляющих сущность внимания. Наиболее точно они отражают активационные и эмоциональные сдвиги в организме, т.е. суммарную реакцию физиологических событий, связанных с отдельными стадиями обработки информации. По этой причине они являются существенным дополнением к тем методам, которые позволяют более точно измерять специфику информационных процессов внимания.

Электроэнцефалографические корреляты внимания. Хорошо известно, что при предъявлении стимула в энцефалограмме наблюдается подавление (блокада) альфа-ритма, и на смену ему приходит реакция активации. Однако этим не исчерпываются изменения электрической активности мозга в ситуации внимания.

Исследование суммарной электрической активности при мобилизации интеллектуального внимания выявило закономерные изменения в характере совместной деятельности разных зон коры. При оценке степени дистантной синхронизации биопотенциалов было установлено, что в передних зонах левого полушария по сравнению с фоном существенно увеличивается уровень пространственной синхронизации. Сходные результаты дает использование и другого показателя, извлекаемого из энцефалограммы, — когерентности (см. главу 2.1.1.). В ситуации ожидания стимула, независимо от его модальности, наблюдается рост когерентности в полосе альфа-ритма, причем преимущественно в передних (премоторных) зонах коры. Высокие показатели дистантной синхронизации и когерентности говорят о том, насколько тесно взаимодействуют зоны коры и, в первую очередь, передних отделов левого полушария в обеспечении произвольного внимания.

Изучение внимания с помощью ВП. Первые исследования внимания методом регистрации вызванных потенциалов мозга (ВП), начавшиеся в 50 — 60-е годы, использовали простые поведенческие модели, например, счет стимулов. При этом было установлено, что привлечение внимания испытуемых к стимулу сопровождается увеличением амплитуды компонентов ВП и/или сокращением их латентности. Напротив, отвлечение внимания от стимула сопровождается снижением амплитуды ВП и увеличением латентности.

Однако оставалось неясным, чем обусловлены эти изменения параметров ВП: изменением общего уровня активации, поддержанием бдительности или механизмами избирательного внимания. Для разведения указанных процессов необходимо было построить эксперимент таким образом, чтобы его организация позволяла вычлнить эффект мобилизации селективного внимания «в чистом» виде.

В качестве такой модели можно привести эксперименты С. Хильярда, которые получили в 70-е годы широкую известность. При предъявлении звуковых стимулов через наушники в левое и правое ухо испытуемому предлагается мысленно реагировать (считать) редко встречающиеся («целевые») стимулы, поступающие по одному из каналов (только в правое или левое ухо). В результате получают вызванные потенциалы в ответ на 4 варианта стимулов: часто встречающиеся в релевантном (контролируемом) и иррелевантном (игнорируемом) каналах и редко встречающиеся (целевые) в том и другом каналах.

В этом случае появляется возможность сравнивать эффекты канала и стимула, которые являются объектом внимания. В экспериментах такого типа, как правило, применяются очень короткие интервалы между стимулами (немногим более или менее одной секунды), в результате усиливается напряженность и устойчивость избирательного внимания испытуемого к быстро чередующимся стимулам разной информационной значимости.

Было установлено, что привлечение внимания к одному из каналов ведет к увеличению амплитуды первой отрицательной волны с латентным периодом около 150 мс, обозначаемой как компонент N1. Целевые стимулы сопровождались появлением в составе ВП позднего положительного колебания P3 с латентным периодом около 300 мс. Высказывалось предположение, что негативная волна N1 отражает «установку» на стимул, определяющую направленность произвольного внимания, а компонент P3 — «установку на ответ», связанную с выбором варианта ответа. В дальнейшем компонент P3 (чаще определяемый как P300) явился предметом множества исследований (см. главу 10).

Привлечение внимания Отвлечение внимания

Разностные волны

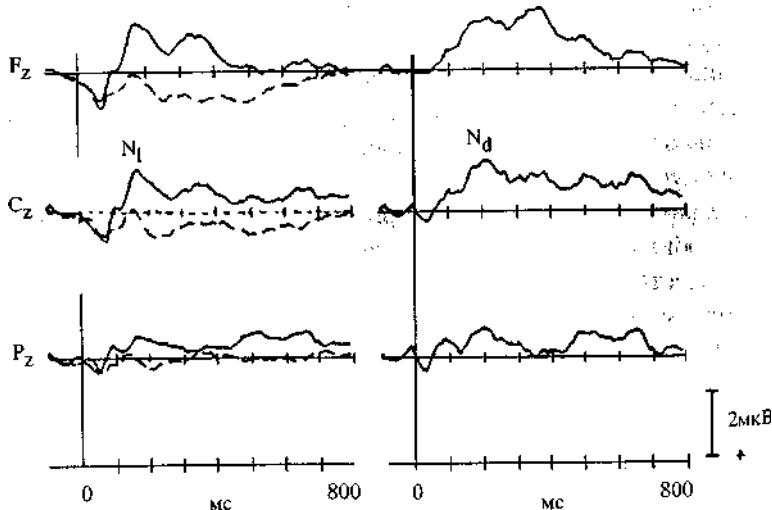


Рис. 6.1 Слуховые вызванные потенциалы, отражающие привлечение селективного внимания к одному из каналов в ситуации различения звуковых сигналов (700 или 300 Гц). Высоко и низкочастотные тоны предъявлялись в случайном порядке (приблизительно три

раза в секунду). Испытуемые каждый раз обещали внимание только на один канал, пытаясь выделить сигнальные стимулы, имевшие большую длительность ВП в канале, к которому было привлечено внимание, имели выраженную негативную волну. Эта волна отчетливо выступает при вычитании ответа на сигнальный стимул из ответа на несигнальный, на рисунке справа.

В более поздних исследованиях с помощью специального приема вычитания потенциалов, регистрируемых в ответ на сигнальные и стандартные стимулы, обнаружилось, что первая отрицательная волна N1 представляет собой неоднородный корковый феномен сложной структуры, в котором можно выделить особое отрицательное колебание, так называемую — «негативность, отражающую обработку информации». Это колебание с латентным периодом около 150 мс и длительностью не менее 500 мс регистрируется при несовпадении редко предъявляемого целевого стимула со «следом внимания», образуемым в ассоциативной слуховой зоне и лобной области при частом повторении и воспроизведении стандартного стимула. При этом, чем меньше разница между этими стимулами, тем больше латентный период и тем дольше длится отрицательное колебание, развивающееся в ответ на целевой, нестандартный стимул.

Кроме этого, описано еще одно отрицательное колебание, в ряде случаев сопровождающее ситуацию сравнения стимулов. Этот компонент, обозначаемый как «негативность рассогласования», возникает в слуховой коре с латентным периодом 70 — 100 мс и отражает автоматический процесс сравнения физических признаков звукового стимула со следом стандартного стимула, хранящемся в течение 5 — 10 сек в сенсорной памяти. При отклонении физических свойств стимула от следа многократно предъявляемого стандартного стимула развивается «негативность рассогласования» (Наатанен, 1998).

Предполагается, что в образовании волны N1 могут участвовать оба компонента («негативность, связанная с обработкой информации» и «негативность рассогласования»). Причем первый из этих компонентов связан с предсознательной, непровольной оценкой признаков необычного звукового стимула, осуществляемой путем сравнения их с нервной моделью часто повторяющегося стимула, а второй компонент отражает процессы обработки сенсорной информации на сознательном уровне, а именно: произвольного внимания, фокусирования субъектом сознания на определенных критических признаках стимула и сравнения его со «следом внимания», хранящемся в рабочей памяти. Таким образом, с помощью метода •Ч было показано, что на целевые звуковые стимулы (в ситуации выбора стимула и канала) возникает два типа компонентов, один из которых отражает процессы сенсорной памяти, другой — селективного внимания.

Из вышесказанного следует, что роль вызванных и событийно-связанных потенциалов в изучении внимания достаточно велика. Главное состоит в том, что с их помощью можно получить пространственно-временную картину потока событий, возникающих в мозге до, во время и после предъявления стимула или выполнения задачи. На основе этих данных можно сделать вывод о том, в каких областях мозга и в какой момент обработки стимула возникает максимальная активация. Полученная таким образом последовательность физиологических явлений в мозге может быть затем связана с предполагаемыми «психологическими» стадиями или шагами процесса переработки информации, с субъективными отчетами и объективными оценками исполнения.

Основной психофизиологической «единицей анализа» в этом контексте выступает компонент ВП или ССП, который предположительно отражает некоторый общий аспект активности большой популяции нейронов. Вероятно, что информация, переносимая этими компонентами, не сводима к микроскопическим уровням, представленным активностью одиночных нейронов, а отражает подлинные уровни организации функциональных систем мозга (Наатанен, 1998).

Временные характеристики внимания. С помощью метода ВП можно оценить динамику развития процессов внимания в реальном времени. Вопрос заключается в

следующем: на каком этапе обработки информации включаются процессы внимания? Поскольку начало первой негативной волны, возникающей в ответ на сигнальные стимулы, в основном приурочено к 50 мс от момента предъявления стимула, пятидесятимиллисекундная граница довольно долго рассматривалась как временной рубеж, после которого разворачиваются процессы селективного внимания (Кочубей, 1990). Более детальные исследования, однако, показали, что в слуховой и, по-видимому, соматосенсорной системах произвольная регуляция процессов обработки поступающей информации включается не позже, чем через 20 — 30 с после предъявления стимула. «Эффекты внимания в зрительной системе обнаруживают себя позднее» начиная с 60 мс. Не исключено, что и эти временные границы по мере совершенствования методов изучения будут изменены. Суть, однако, в том, что хронометрия переработки информации и включения внимания как одного из главных регуляторов этого процесса с такой точностью может быть изучена только в психофизиологических экспериментах.

Теория следов внимания. Р. Наатанен на основе изучения ССП ввел понятие следов внимания как условия реализации конкретной деятельности. В соответствии с этими представлениями только признаки релевантного стимула, достаточно часто предъявляемого испытуемому в процессе деятельности, могут формировать след внимания, необходимый для эффективного решения задания.

Согласно этой теории, след внимания представляет собой нейронную структуру (аналогичную энграмме памяти, модели воспринимаемого стимула), находящуюся в сенсорной памяти. При наличии отвлекающего, иррелевантного стимула человек не в состоянии постоянно удерживать след внимания, и иногда происходит отвлечение внимания от выполняемой деятельности. Во время таких отвлечений след внимания исчезает, но может снова сформироваться в случае, если в сенсорной памяти существует адекватное представление о значимом, релевантном стимуле, связанном с решением текущей задачи. След внимания поддерживается почти непрерывным автоматическим процессом сличения, а также временного прогнозирования ситуации и появления релевантного стимула. Собственно поддержание следа внимания есть процесс произвольный и контролируемый. Последнее может объяснить относительную легкость удержания внимания на одном речевом сообщении среди нескольких одновременно предъявляемых.

Наатанен полагает, что сенсорно-специфический след внимания регулируется и контролируется механизмом фронтальной коры, а сенсорная память является необходимым условием возникновения следа внимания. Теория следов внимания представляет современный подход к интерпретации физиологических механизмов внимания в контексте когнитивной психологии.

Глава седьмая

7. Психофизиология памяти

Одним из основных свойств нервной системы является способность к длительному хранению информации о внешних событиях.

По определению память — это особая форма психического отражения действительности, заключающаяся в закреплении, сохранении и последующем воспроизведении информации в живой системе. По современным представлениям, в памяти закрепляются не отдельные информационные элементы, а целостные системы знаний, позволяющие всему живому приобретать, хранить и использовать обширный запас сведений в целях эффективного приспособления к окружающему миру.

Память как результат обучения связана с такими изменениями в нервной системе, которые сохраняются в течение некоторого времени и существенным образом влияют на дальнейшее поведение живого организма. Комплекс таких структурно-функциональных изменений связан с процессом образования энграмм — т.е. следов памяти (термин, предложенный зоологом Дж. Янгом в 50-х годах).

Память выступает также как своеобразный информационный фильтр, поскольку в ней обрабатывается и сохраняется лишь ничтожная доля от общего числа раздражителей, воздействующих на организм. Без отбора и вытеснения информации из памяти живое существо было бы, образно говоря, «затоплено» бесконечным потоком поступающих извне раздражителей. Результаты этого были бы так же катастрофичны, как и отсутствие способности к обучению и памяти.

7.1. Классификация видов памяти

Пронизывая все стороны существования человека, память имеет разные формы и уровни проявления и функционирования.

7.1.1. Элементарные виды памяти и научения

В нейрофизиологии выделяют следующие элементарные механизмы научения: привыкание, сенситизацию, временную связь (условный рефлекс). Согласно И.П.Павлову, физиологической основой запоминания служит условный рефлекс как акт образования временной связи между стимулом и реакцией. Эти формы памяти и научения называют простыми, чтобы отличать от научения, имеющего произвольный, осознанный характер. Элементарные формы научения есть даже у беспозвоночных.

Привыкание проявляется в постепенном уменьшении реакции по мере повторного предъявления раздражителя. Привыкание всегда сопровождается угашение ориентировочной реакции. Сенситизация — это процесс, противоположный привыканию. Он выражается в снижении порога при предъявлении раздражителей. Благодаря сенситизации организм начинает реагировать на ранее нейтральный раздражитель.

Существует также разделение памяти на генотипическую и фенотипическую. Первая — генотипическая, или филогенетическая, связана с безусловными рефлексам и инстинктами. Вторая — фенотипическая или онтогенетическая, обеспечивает обработку и хранение информации, приобретаемой в ходе онтогенеза на основе различных механизмов научения.

7.1.2. Специфические виды памяти

В ходе совершенствования механизмов адаптации развились и упрочились более сложные формы памяти, связанные с запечатлением разных сторон индивидуального опыта.

Модально-специфические виды. Мнестические процессы могут быть связаны с деятельностью разных анализаторов, поэтому существуют специфические виды памяти соответственно органам чувств: зрительная, слуховая, тактильная, обонятельная, двигательная. Следует упомянуть, что уровень развития этих видов памяти у разных людей различен. Не исключено, что последнее связано с индивидуальными особенностями анализаторных систем. Например, встречаются индивиды с необыкновенно развитой зрительной памятью. Это явление — эйдетизм — выражается в том, что человек в нужный момент способен воспроизвести во всех деталях ранее виденный предмет, картину, страницу книги и т.д. (Лурия, 1996). Идетический образ отличается от обычных тем, что человек как бы продолжает воспринимать образ в его отсутствие. Предполагается, что физиологическую основу эйдетических образов составляет остаточное возбуждение зрительного анализатора. Хорошо развитая модально-специфическая память нередко является профессионально важным качеством: например, слуховая память музыкантов, вкусовая и обонятельная дегустаторов, двигательная гимнастов и т.д.

Образная память. Запечатления и воспроизведение картин окружающего мира связаны с синтезом модально-специфических впечатлений. В этом случае фиксируются сложные образы, объединяющие зрительные, слуховые и другие модально-специфические сигналы. Такую память называют образной. Образная память гибка, спонтанна и обеспечивает длительное хранение следа.

По некоторым представлениям ее морфологической основой служат сложные нейронные сети, включающие взаимосвязанные нейронные звенья, расположенные в

разных отделах мозга. Поэтому выпадение какого-либо одного звена или нескольких звеньев образной памяти не способно разрушить всю ее структуру. Это дает образной памяти большие преимущества как в эффективности процессов усвоения и хранения, так и в объеме и прочности фиксации. Информации. Вероятно, что с подобными особенностями образной памяти связаны внезапные, нередко безо всяких усилий, припоминания забытого материала.

Помимо этого, иногда выделяют также эмоциональную и словесно-логическую память.

Эмоциональная память. Эмоциональная память связана с запоминанием и воспроизведением эмоциональных переживаний. Эмоционально окрашенные воспоминания могут возникать как при повторном воздействии раздражителей, обусловивших это состояние, так и в отсутствие последних. Эмоционально окрашенное впечатление фиксируется практически мгновенно и произвольно, обеспечивая пополнение подсознательной сферы человеческой психики. Также произвольно информация воспроизводится из эмоциональной памяти. Этот вид памяти во многом сходен с образной, но иногда эмоциональная память оказывается даже более устойчивой, чем образная. Ее морфологической основой предположительно служат распределенные нервные сети, включающие нейронные группы из разных отделов коры и ближайшей подкорки.

Словесно-логическая память. Словесно-логическая (или семантическая) — это память на словесные сигналы и символы, обозначающие как внешние объекты, так и внутренние действия и переживания. Ее морфологическую основу можно схематически представить как упорядоченную последовательность линейных звеньев, каждое из которых соединено, как правило, с предшествующим и последующим. Сами же цепи соединяются между собой только в отдельных звеньях. В результате выпадение даже одного звена (например, вследствие органического поражения нервной ткани) ведет к разрыву всей цепи, нарушению последовательности хранимых событий и к выпадению из памяти большего или меньшего объема информации.

7.1.3. Временная организация памяти

Другим основанием для классификации памяти является продолжительность закрепления и сохранения материала. Принято подразделять память на три вида: иконическую, или сенсорную, память (ИП), кратковременную, или оперативную, память (КВП) и долговременную, или декларативную, память (ДВП). Иногда последний вид памяти называется препозиционной, вторичной или семантической. Считается, что каждый из этих видов памяти обеспечивается различными мозговыми процессами и механизмами, связанными с деятельностью функционально и структурно различных мозговых систем.

Иконическая память. Длительность хранения в сенсорной или иконической памяти составляет 250 — 400 мс, в слуховом сенсорном регистре или эхоической памяти сенсорная копия акустической информации может удерживаться дольше: от 250 мс до 4 с (Солсо, 1996). Основная функция иконической памяти — обеспечить условия для предварительного анализа информации. Функция эхоической памяти — обеспечение условий для интеграции последовательно поступающей акустической информации.

Иконическая память, по-видимому, не просто физиологический «слепок» стимула, а активный процесс. Согласно Р. Наатанену (1998), это этап сенсорно-специфической обработки информации, в результате которой сенсорная информация поступает в регистр «Денис в психофизиологии осознанного восприятия. В течение этой фазы вызываемый стимулом паттерн активации системы детекторов существенных признаков преобразуется в коды сенсорной памяти, а также результаты возбуждения анализаторов отдельных признаков и их комбинаций интегрируются в единые репрезентации стимула, составляющие основу целостных образов.

Кроме того, интеграция активности детекторов признаков может осуществляться

также и во времени. Это особенно очевидно при восприятии речи и музыки. При этом стимулы небольшой длительности, как правило, воспринимаются как длящиеся значительно дольше. Более того, в течение некоторого небольшого по длительности временного интервала после предъявления стимула повышается реактивность организма на последующие сенсорные сигналы. Таким образом, кратковременная фаза сенсорной памяти должна рассматриваться не как «чистая» форма памяти, а скорее как промежуточная фаза между восприятием и памятью.

Кратковременная и долговременная память. Длительность хранения в кратковременной памяти составляет приблизительно 10 — 30 с, при повторении дольше. Объем КВП довольно ограничен, он представлен широко известным числом Миллера 7 ± 2 элемента. Однако посредством укрупнения единиц хранения (например, путем использования знака или символа вместо отдельных слов) ее объем может быть существенно увеличен. Информация может поступать в кратковременную память как из иконической, так и из долговременной памяти. Из кратковременной памяти информация поступает в долговременную. Длительность хранения в ДВП неопределенно долгая, объем сохраняемого материала велик, возможно, неограничен.

Подобную временную типологию памяти подтверждают эксперименты с животными, в которых показано, что запоминание ухудшается, если сразу же за научением следует удар электрическим током (электроконвульсивный шок — ЭКШ). Считается, что ЭКШ препятствует переносу информации из кратковременной памяти в долговременную. Аналогично, травма, полученная человеком, не сказывается сразу на воспроизведении событий, но уже через несколько минут человек не может точно вспомнить всех обстоятельств происшествия.

О существовании двух различных хранилищ памяти (долговременного и кратковременного) свидетельствуют такие факты. Две группы испытуемых — здоровые и больные амнезией — должны были воспроизвести список из 10 слов сразу после заучивания и с задержкой в 30 секунд. В момент задержки испытуемые обеих групп должны были решать арифметическую задачу. Значимых различий между двумя группами испытуемых при немедленном воспроизведении обнаружено не было, в то время как при отсроченном воспроизведении у больных амнезией объем запоминания был намного ниже. Этот эксперимент подтверждает, что механизмы кратковременной и долговременной памяти у человека различны.

Фиксация информации в долговременной памяти включает в себя, по крайней мере, три этапа: 1) формирование энграммы, т.е. следа, оставляемого в мозгу тем или иным событием; 2) сортировку и выделение новой информации; 3) долговременное хранение значимой информации.

7.1.4. Механизмы запечатления

Сложной проблемой является механизм образования следов памяти, выделение структурных образований, участвующих в хранении и воспроизведении имеющихся следов, а также тех структур, которые регулируют эти процессы.

Опыты Лешли. Пионер в исследования памяти Карл Лешли пытался с помощью хирургического вмешательства в мозг дать ответ о пространственном расположении памяти, по аналогии с речевыми, моторными или сенсорными зонами. Лешли обучал разных животных решать определенную задачу. Потом он удалял у этого животного один за другим различные участки коры — в поисках места расположения следов памяти — энграмм. Однако независимо от того, какое количество корковой ткани было удалено, найти то специфическое место, где хранятся следы памяти (энграммы) Лешли не удалось. Свою классическую статью он закончил выводом о том, что память одновременно находится в мозгу везде и нигде.

Впоследствии этим фактам было найдено объяснение. Оказалось, что в процессах памяти участвуют не только кора, но многие подкорковые образования и, кроме того, следы памяти широко представлены в коре и при этом многократно дублируются.

Этапы формирования энграмм. По современным представлениям фиксация следа в памяти осуществляется в три этапа. Вначале в иконической памяти на основе деятельности анализаторов возникают сенсорный след (зрительный, слуховой, тактильный и т. п.). Эти следы составляют содержание сенсорной памяти.

На втором этапе сенсорная информация направляется в высшие отделы головного мозга. В корковых зонах, а также в гиппокампе и лимбической системе происходит анализ, сортировка и переработка сигналов, с целью выделения из них новой для организма информации. Есть данные, что гиппокамп в совокупности с медиальной частью височной доли играет особую роль в процессе закрепления (консолидации) следов памяти. Речь идет о тех изменениях, которые происходят в нервной ткани при образовании энграмм. Гиппокамп, по-видимому, выполняет роль селективного входного фильтра. Он классифицирует все сигналы и отбрасывает случайные, способствуя оптимальной организации сенсорных следов в долговременной памяти. Он также участвует в извлечении следов из долговременной памяти под влиянием мотивационного возбуждения. Роль височной области предположительно состоит в том, что она устанавливает связь с местами хранения следов памяти в других отделах мозга, в первую очередь в коре больших полушарий. Другими словами, она отвечает за реорганизацию нервных сетей в процессе усвоения новых знаний, когда реорганизация закончена, височная область в дальнейшем процессе хранения участия не принимает.

На третьем этапе следовые процессы переходят в устойчивые структуры долговременной памяти. Перевод информации из кратковременной памяти в долговременную по некоторым предположениям может происходить как во время бодрствования, так и во сне.

Системы регуляции памяти. Важным параметром классификации памяти является уровень управления или регуляции мнестических процессов. По этому признаку выделяют произвольную и непроизвольную память. В первом случае запоминание и воспроизведение происходит без усилий, во втором — в результате осознанной мнестической деятельности. Очевидно, что эти процессы имеют разное мозговое обеспечение.

В целом, система управления и регуляции памяти в головном мозге включает неспецифические и специфические компоненты. При этом выделяются два уровня регуляции: 1) неспецифический (общемозговой)— сюда относят ретикулярную формацию, гипоталамус, неспецифический таламус, гиппокамп и лобную кору; 2) модально-специфический (локальный), связанный с деятельностью анализаторных систем. По современным представлениям неспецифический уровень регуляции участвует в обеспечении практически всех видов памяти. Из клиники очаговых поражений мозга известно, что существуют так называемые модально-неспецифические расстройства памяти, когда ослабление или утрата функций памяти не зависит от характера стимула. Они возникают при поражении глубоких структур мозга: ретикулярной формации ствола, диэнцефальной области, лимбической системы, гиппокампа. В случае поражения гиппокампа возникает известное заболевание — корсаковский синдром, при котором больной при сравнительной сохранности следов долговременной памяти утрачивает память на текущие события.

Установлено также, что при активации ретикулярной формации формирование энграмм происходит эффективнее, а при снижении уровня активации, напротив, ухудшается как непроизвольное, так и произвольное запоминание любого нового материала, независимо от его сложности и эмоциональной значимости. Наряду с этим улучшение кратковременной памяти (увеличение объема при предъявлении информации в быстром темпе) может наблюдаться при электрической стимуляции таламокортикальной системы. В то же время при разрушении ряда областей таламуса возникают затруднения в усвоении новой информации или сохранении заученной ранее.

В обеспечении произвольного запоминания или мнестической деятельности

ведущую роль играют лобные доли коры, особенно левая лобная доля.

Модально-специфический или локальный уровень регуляции памяти обеспечивается деятельностью анализаторных систем, главным образом на уровне первичных и ассоциативных зон коры. При Их нарушении возникают специфические формы нарушения мнестических процессов, имеющие избирательный характер.

Из сказанного следует, что система регуляции памяти имеет иерархическое строение, и полное обеспечение функций и процессов памяти возможно лишь при условии функционирования всех ее звеньев. Память следует понимать как системное (эмерджентное) свойство всего мозга и даже целого организма. Поэтому уровень, на котором возможно понимание памяти, — это уровень живой системы в целом.

7.2. Физиологические теории памяти

В современной нейробиологии и психофизиологии существует целый ряд теорий и моделей, объясняющих разные стороны функционирования памяти.

Теория Д.Хебба. Первые исследования физиологических основ памяти связаны с именем Д. Хебба. В 40-е годы он ввел понятия кратковременной и долговременной памяти и предложил теорию, объясняющую их нейрофизиологическую природу. По Хеббу, кратковременная память — это процесс, обусловленный повторным возбуждением импульсной активности в замкнутых цепях нейронов, не сопровождающийся морфологическими изменениями. Долговременная память, напротив, базируется на структурных изменениях, возникающих в результате модификации межклеточных контактов — синапсов. Хебб полагал, что эти структурные изменения связаны с повторной активацией (по его определению — «повторяющейся реверберацией возбуждения») замкнутых нейронных цепей, например, путей от коры к таламусу или гиппокампу и обратно к коре.

Повторное возбуждение нейронов, образующих такую цепь, приводит к тому, что в них возникают долговременные изменения, связанные с ростом синаптических соединений и увеличением площади их контакта между пресинаптическим аксоном и постсинаптической клеточной мембраной. После установления таких связей эти нейроны образуют клеточный ансамбль, и любое возбуждение хотя бы одного относящегося к нему нейрона, приводит к возбуждению весь ансамбль. Это и есть ирональный механизм хранения и извлечения информации из памяти. Непосредственно же основные структурные изменения, согласно Хеббу, происходят в синапсах в результате процессов их роста или метаболических изменений, усиливающих воздействие каждого нейрона на следующий нейрон.

Достоинство этой теории в том, что она толкует память не как статическую запись или продукт изменений в одной или нескольких нервных клетках, а как процесс взаимодействия многих нейронов на основе соответствующих структурных изменений. Современные подходы к изучению физиологических механизмов памяти в значительной степени связаны с развитием изложенных выше идей Д. Хебба.

Синаптическая теория. Свое название эта теория получила из-за того, что главное внимание в ней уделяется роли синапса в фиксации следа памяти. Она утверждает, что при прохождении импульса через определенную группу нейронов возникают стойкие изменения синаптической проводимости в пределах определенного нейронного ансамбля. Один из наиболее авторитетных исследователей нейробиологических основ памяти, С.Роуз подчеркивает: при усвоении нового опыта, необходимого для достижения каких-либо целей, происходят изменения в определенных клетках нервной системы. Эти изменения, выявляемые морфологическими методами с помощью световой или электронной микроскопии, представляют собой стойкие модификации структуры нейронов и их синаптических связей (Роуз, 1995).

Г.Линч и М.Бодри (1984) предложили следующую гипотезу. Повторная импульсация в нейроне, связанная с процессом запоминания, предположительно, сопровождается увеличением концентрации кальция в постсинаптической мембране, что

приводит к расщеплению одного из ее белков. В результате этого освобождаются замаскированные и ранее неактивные белковые рецепторы (глута-матрорецепторы). За счет увеличения числа этих рецепторов возникает состояние повышенной проводимости синапса, которое может сохраняться до 5 — 6 суток.

Эти процессы тесно связаны с увеличением диаметра и усилением активности так называемого аксошипикового синапса — наиболее пластичного контакта между нейронами. Одновременно с этим образуются новые шипики на дендритах, а также увеличиваются число и величина синапсов. Таким образом, экспериментально показаны морфологические изменения, сопровождающие формирование следа памяти.

Реверберационная теория. Основания теории были выдвинуты известным нейрофизиологом Л. де Но. Теория базировалась на существовании в структурах мозга замкнутых нейронных цепей. Известно, что аксоны нервных клеток соприкасаются не только с дендритами других клеток, но могут и возвращаться обратно к телу своей же клетки. Благодаря такой структуре нервных контактов появляется возможность циркуляции нервного импульса по реверберирующим (постепенно затухающим) кругам возбуждения разной сложности. В результате возникающий в клетке разряд возвращается к ней либо сразу, либо через промежуточную цепь нейронов и поддерживает в ней возбуждение. Эти стойкие круги реверберирующего возбуждения не выходят за пределы определенной совокупности нервных клеток и рассматриваются как физиологический субстрат сохранения энграмм. Именно в реверберационном круге возбуждения происходит переход из кратковременной в долговременную память.

С этим непосредственно связана гипотеза А.С. Батуева (1991) о двух нейронных системах, обеспечивающих оперативную память. Одна система, включающая нейроны «памяти», работает на эстафетно-реверберационном принципе передачи информации, когда отдельные группы нейронов памяти вовлекаются друг за другом, представляя собой своеобразные «нейронные ловушки», поскольку возбуждение в них циркулирует в течение 1,5 — 2с. Другая система обеспечивает надежность переходных процессов: переключение информации с «сенсорных» нейронов на «нейроны памяти» и далее на нейроны «моторных программ» и т.д. Их взаимодействие позволяет эффективно запоминать текущую информацию.

Однако реверберационная теория не дает ответа на ряд вопросов. В частности, она не объясняет причину возврата памяти после электрошоковых воздействий, когда согласно этой теории, в подобных случаях возврата памяти не должно быть.

Нейронные модели памяти. С развитием микроэлектродной техники появилась возможность изучения электрофизиологических процессов, лежащих в основе памяти на уровне нервной клетки. Наиболее эффективным оказался метод внутриклеточного отведения электрической активности отдельного нейрона. С его помощью можно анализировать роль синаптических процессов в изменении активности нейрона. В частности, на этой основе были установлены нейронные механизмы простой формы обучения — привыкания (см. 7.1.1).

Изучение нейронных основ памяти сопряжено с поиском структур, нейроны которых обнаруживают пластические изменения при обучении. Экспериментальным путем такие нейроны обнаружены у животных в гиппокампе, ретикулярной формации и некоторых зонах коры.

Исследования М.Н.Ливанова и С.Р.Раевой (1987) показали, что активация оперативной памяти у человека сопровождается изменением активности нейронов многих структур мозга. При применении тестов на оперативную и произвольную память были обнаружены «пусковые» нейроны, расположенные в головке хвостатого ядра и передней части зрительного бугра, которые отвечали лишь на речевые команды типа: «запомните», «повторите».

В контексте векторной психофизиологии (см. 1.4.4) разрабатывает нейронную модель памяти Е.Н. Соколов. По его представлениям разнообразная информация

закодирована в нейронных структурах мозга в виде особых векторов памяти, которые создаются набором постсинаптических локусов на теле нейрона-детектора, имеющих разную электрическую проводимость. Этот вектор определяется как единица структурного кода памяти. Вектор восприятия состоит из набора постсинаптических потенциалов разнообразной амплитуды. Размерности всех векторов восприятия и всех векторов памяти одинаковы. Если узор потенциалов полностью совпадает с узором проводимостей, то это соответствует идентификации воспринимаемого сигнала.

Частотная фильтрация и память. Концепция частотной фильтрации предполагает, что обработка информации в зрительной системе осуществляется через нейронные комплексы, наделенные свойствами двумерных пространственно-частотных фильтров. Такие фильтры осуществляют анализ параметров стимула по принципу, описываемому разложением Фурье.

При этом механизмы хранения энграмм находят своеобразное выражение в концепции пространственно-частотного анализа. Предполагается, что в памяти фиксируется только гармонический состав нервных импульсов, а узнавание знакомых объектов упрощается за счет того, что отношение частот внутри гармонического состава не зависит от абсолютной величины импульса. Именно поэтому для оперативной памяти требуется столь малый объем.

В то же время в контексте этой модели конкретные механизмы функционирования памяти еще далеко не ясны. Однако показано, что различные пространственные частоты по-разному взаимодействуют с памятью: высокочастотная информация сохраняется в кратковременной памяти дольше, чем низкочастотная. Кроме того, нейронные механизмы, формирующие основные функциональные свойства фильтров, их пространственно-частотную избирательность, по-видимому, различным образом представлены в долговременной памяти.

Математическое моделирование памяти. Математическое моделирование на уровне суммарной биоэлектрической активности мозга применяется и к изучению памяти. Исходя из представлений об импульсном кодировании сигналов в памяти и цикличности нейронных процессов А.Н. Лебедев (1985) предлагает математическую модель, которая, используя некоторые характеристики основного ритма электроэнцефалограммы — альфа-ритма — позволяет количественно оценить объем долговременной и кратковременной памяти и некоторые другие ее характеристики.

Физиологическими основами памяти, согласно А.Н. Лебедеву, служат пачки нейронных импульсов, способные циклически повторяться. Каждая пачка импульсов — своеобразная «буква» универсального нейронного кода. Сколько разных пачек по числу импульсов в каждой, столько разных букв в нейронном коде. Пачки импульсов возникают друг за другом и образуют ограниченные цепочки. Это кодовые слова. Каждой цепочке, т.е. каждому кодовому слову, соответствует свой, порождающий его ансамбль нейронов. В результате каждому приобретенному образу памяти (слову, предмету, явлению и т.п.) соответствует свой нейронный ансамбль. Нейроны ансамбля, хранящие один образ, активизируются согласованно, циклически. Колебания клеточных потенциалов, связанные с импульсацией нейронов, создают повторяющийся узор биопотенциалов. Причем каждому образу соответствует свой собственный узор. Часть нейронов ансамбля могут «замолкать» или включаться в работу другого ансамбля, другого образа. При этом ансамбль может не только приобретать нейроны (повторение), но и терять их (забывание). Предполагается, что работу одного ансамбля может обеспечить от 100 до 1000 нейронов. Нейроны одного ансамбля не обязательно размещаются рядом, однако часть нейронов любого образа с необходимостью располагается в ретикулярной формации ствола и промежуточного мозга, другие нейроны размещаются в старой и новой коре, в ее первичных, вторичных и третичных зонах.

А.Н. Лебедев предполагает, что узоры, образованные волнами активности какого-либо ансамбля повторяются чаще всего через 100 мс, т.е. после каждого нервного

импульса клетка «отдыхает», восстанавливаясь в течении 10 мс. Это так называемая относительная рефрактерная фаза, снижающая способность нейрона включаться в коллективную деятельность под влиянием протекающих к нему импульсов от других нейронов. Таким образом, синхронные импульсы многих нейронов ансамбля возникают друг за другом с промежутками около 1 мс, составляя группу, которая и является минимальной кодовой единицей памяти. Цепочка из групп, появляющаяся в одном цикле активности, может быть названа нейронным, кодовым «словом», а отдельная группа в составе слова — кодовой «буквой».

Представление о циклических кодах памяти оказалось также продуктивным и для теоретического расчета быстродействия памяти, проявляющегося в скорости мнемического поиска и быстроте принятия решения в ситуации выбора.

Согласно нейрофизиологической модели динамической памяти А.Н.Лебедева, показано, что объем кратковременной памяти человека определяется, с одной стороны, параметрами доминирующего ритма фоновой активности электроэнцефалограммы — альфа -ритма, а с другой стороны, размером алфавита запоминаемых стимулов. Поступающая извне информация кодируется мозгом человека на альфа-частоте (8 —13 Гц) с помощью таких характеристик альфа-активности, как доминирующая частота в альфа-спектре, частотная рефрактерность (разность периодов колебаний, составляющих альфа-спектр).

7.3. Биохимические исследования памяти

Поиску специфических веществ, ответственных за хранение информации — «информационных молекул», посвящено немало исследований. Исходно эти исследования опирались на предположение, что все этапы формирования, удержания и воспроизведения энграмм можно представить в виде последовательности биохимических процессов.

«Молекулы памяти». Первые гипотезы, связывающие запечатление информации с биохимическими изменениями в нервной ткани, родились на основе широко известных в 60-е годы опытов Г. Хидена, которые показали, что образование следов памяти сопровождается изменениями свойств РНК и белка в нейронах. Выяснилось, что раздражение нервной клетки увеличивает в ней содержание РНК и оставляет длительные биохимические следы, сообщающие клетке способность резонировать в ответ на повторные действия одних и тех же раздражителей. Таким образом, было установлено, что РНК играет важную роль в механизмах формирования и сохранения следов памяти. Однако в более поздних работах было показано, что в консолидации энграмм памяти ведущую роль играет ДНК, которая может служить хранилищем не только генетической, но и приобретенной информации, а РНК обеспечивает передачу специфического информационного кода. Высказывалось даже предположение, что неспособность зрелых нейронов делиться имеет своей целью предотвратить разрушение приобретенной информации, хранящейся в ДНК нейрона.

Эти открытия имели большой научный и общественный резонанс. Некоторые исследователи, например, увлеклись идеей улучшения памяти путем введения этих биохимических компонентов в рацион питания. Однако если иметь в виду, что крупные молекулы такого типа распадаются в кишечнике на составляющие их аминокислоты до включения их в обмен веществ потребителя, надежных результатов здесь получить было невозможно.

Другим примером той же логики служили попытки переноса или «транспорта памяти» от обученных животных к необученным. Методически это осуществлялась с помощью инъекций мозгового субстрата животного-донора, обученного простым навыкам, животному-реципиенту, ранее не обучавшемуся. Наибольшую популярность в связи с этим приобрели эксперименты Г. Унгара, который предпринял попытку выделить особое вещество — пептид «ското-фобин», передающий информацию о страхе перед темнотой. Многочисленные проверки, последовавшие за этим открытием, не дали положительных результатов.

Итак, концепции биохимического кодирования индивидуального опыта в памяти, опираются на две группы фактов: 1) образование в мозге при обучении новых биохимических факторов (например, «пептидов памяти»); 2) возможность передачи приобретенной информации необученному мозгу с помощью этих факторов. Однако идея существования биохимических факторов, способных к сохранению и переносу информации, большинством исследователей воспринимается критически. В настоящее время считается, что гипотеза молекулярного кодирования индивидуального опыта не имеет прямых фактических доказательств. Несмотря на то, что установлена существенная роль нуклеиновых кислот и белков в механизмах научения и памяти, предполагается, что принимающие участие в формировании новой ассоциативной связи РНК и белки специфичны лишь по отношению к функциональному изменению участвующих в процессе синапсов и неспецифичны по отношению к самой информации.

Медиаторные системы. Медиаторам — химическим посредникам в синаптической передаче информации — придается большое значение в обеспечении механизмов долговременной памяти. Основные медиаторные системы головного мозга — холинэргическая и моноаминоэргическая (включает норадренэргическую, дофаминэргическую и серотонинэргическую) — принимают самое непосредственное участие в обучении и формировании энграмм памяти. Так, экспериментально установлено, что уменьшение количества норадреналина замедляет обучение, вызывает амнезию и нарушает извлечение следов из памяти.

Р.И.Кругликов (1986) разработал концепцию, в соответствии с которой в основе долговременной памяти лежат сложные структурно-химические преобразования на системном и клеточном уровнях головного мозга. При этом холинэргическая система мозга обеспечивает информационную составляющую процесса обучения. Моноаминоэргические системы мозга в большей степени связаны с обеспечением подкрепляющих и мотивационных составляющих процессов обучения и памяти. Показано, что под влиянием обучения увеличивается количество холинорецепторов, т.е. рецепторов, расположенных на теле нейрона и отвечающих за обнаружение медиатора ацетилхолина. В процессе образования условного рефлекса повышается чувствительность соответствующих нейронов к ацетилхолину, что облегчает обучение, ускоряет запоминание и способствует более быстрому извлечению следа из памяти. В то же время вещества, препятствующие действию ацетилхолина, нарушают обучение и воспроизведение, вызывая амнезию (потерю памяти).

Важно подчеркнуть, что холинэргическая система испытывает на себе модулирующее влияние со стороны моноаминоэргической системы. Под действием этих влияний может изменяться активность холинэргических синапсов и запускаться цепь биохимических внутриклеточных процессов, приводящих к более эффективному образованию энграмм.

Значение биохимических исследований памяти. Биохимические методы, позволяющие проникнуть в последовательность процессов, разыгрывающихся в синаптических мембранах с последующим синтезом новых белков, привлекают многих исследователей памяти. На этом пути ожидаются новые яркие открытия. Предполагается, например, что для различных видов памяти в ближайшем будущем будут выявлены различия в биохимических процессах.

Тем не менее следует подчеркнуть, что интенсивные биохимические исследования привели к явной переоценке и автономизации клеточно-молекулярного уровня изучения механизмов памяти. Как указывает С.Роуз (1995), эксперименты, проводимые только на клеточном уровне, слишком ограничены, и, по-видимому, не способны ответить на вопрос — как мозг человека запоминает, например, сложные симфонические партитуры, или извлекает из памяти данные, необходимые для разгадывания простого кроссворда.

Для более полного знания о специфике функционирования процессов памяти необходим переход на уровень сложных мозговых систем, где многие нейроны соединены

между собой морфологическими и функциональными связями. При этом психофизиологические исследования на здоровых людях позволяют изучать процессы переработки и хранения информации, а изучение больных с различного рода амнезиями, возникающими после повреждения мозга, позволяют глубже проникать в тайны памяти.

Память нельзя рассматривать как нечто статичное, находящееся строго в одном месте или в небольшой группе клеток. Память существует в динамичной и относительно распределенной форме. При этом мозг действует как функциональная система, насыщенная разнообразными связями, которые лежат в основе регуляции процессов памяти.

Глава восьмая

8. Психофизиология речевых процессов

По определению речь — это исторически сложившаяся форма общения людей посредством языка. У каждого участника речевого общения механизм речи обязательно включает три основных звена: восприятие речи, ее продуцирование и центральное звено, именуемое «внутренней речью». Таким образом, речь является многозвенным психофизиологическим процессом. Этот процесс основан на работе различных анализаторов (слухового, зрительного, тактильного и двигательного), с помощью которых происходит опознание и порождение речевых сигналов.

Способность человека к анализу и синтезу звуков речи тесно связана с развитием фонематического слуха, т.е. слуха, обеспечивающего восприятие и понимание фонем данного языка. В свою очередь речевое общение опирается на законы конкретного языка, которые диктуют систему фонетических, лексических, грамматических и стилистических правил. Важно подчеркнуть, что речевая деятельность — это не только восприятие речевых сигналов и произнесение слов. Полноценное речевое общение предполагает также и понимание речи для установления смысла сообщения. Среди когнитивных процессов речь занимает особое место, поскольку, включаясь в разнообразные познавательные акты (мышление, восприятие, ощущение), она способствует «оречевлению» информации, получаемой человеком.

Однако до сих пор не ясны механизмы того, как один человек материализует свою мысль в поток звуков, а другой, восприняв этот звуковой поток, понимает обращенную к нему мысль. Тем не менее естественнонаучный подход к изучению речи имеет свою историю. Видное место здесь принадлежит представлениям, сложившимся в русле физиологии ВНД.

8.1. Неречевые формы коммуникации

Опыт общения людей с животными показывает, что большинство млекопитающих может научиться понимать значения многих слов и фраз, но это понимание не представляет собой настоящего речевого общения.

Использование речи животными. Животное не в состоянии обучиться синтаксическим правилам языка, т.е., услышав новое предложение, оно не сможет провести его синтаксический анализ и использовать его в другом контексте.

Известно, что некоторые птицы обладают речевым аппаратом, подходящим для имитации звуков человеческой речи, однако, имитируя речь, животные не способны придавать словам новые значения. Показано, что у большинства животных отсутствует инвариантное восприятие фонем, свойственное людям.

Этой точке зрения, казалось бы, противоречат опыты по обучению человекообразных обезьян языку глухих. Так обезьяна — горилла по имени Коко овладела приблизительно 370 жестами-знаками. Однако жесты-знаки, используемые человекообразными обезьянами, выполняют только коммуникативную функцию. Высшие понятийные формы речи обезьянам недоступны. Более того, животные не в состоянии складывать из знаков новые предложения, менять порядок жестов-знаков для выражения одной и той же мысли, а точнее, одной и той же потребности.

Известно также, что животные общаются между собой с помощью языка жестов и

звуков, каждый из которых имеет свое жестко фиксированное значение. В большинстве случаев такой знак представляет собой врожденную реакцию на конкретную ситуацию, а реакция другого животного на этот знак, также обусловлена генетически. Например, дельфины обладают необычайно богатым репертуаром вокализаций, однако последние исследования их «речи» с помощью современных методов анализа, не дали положительных результатов. Вокализация дельфинов хаотична и случайна, в ней невозможно вычлениить инварианты, которые можно было бы считать сообщениями, имеющими определенный смысл.

Невербальная коммуникация. С другой стороны, общение посредством знаков присуще не только животным, но и человеку. Известно, что люди интенсивно используют мимику и жесты. По некоторым данным в процессе общения информация, передаваемая словом, занимает лишь 7% от общего объема, 38% приходится на долю интонационных компонентов и 55% занимают невербальные коммуникативные сигналы. Согласно другим подсчетам, в среднем человек говорит лишь 10 — 11 минут в день. Среднее предложение звучит около 2,5 секунд. При этом вербальный компонент разговора занимает около 35%, а невербальный — 65%. Считают, что с помощью слов передается в основном информация, а с помощью жестов — различное отношение к этой информации, при этом иногда жесты могут заменять слова.

8.2. Речь как система сигналов

И.П. Павлов предложил выделить совокупность словесных раздражителей в особую систему, отличающую человека от животных.

Вторая сигнальная система. Согласно И.П. Павлову, у людей существует две системы сигнальных раздражителей: первая сигнальная система — это непосредственные воздействия внутренней и внешней среды на различные рецепторы (эта система есть и у животных) и вторая сигнальная система, состоящая только из слов. Причем лишь незначительная часть этих слов обозначает различные сенсорные воздействия на человека.

Таким образом, с помощью понятия второй сигнальной системы И.П. Павлов обозначил специальные особенности ВНД человека, существенно отличающие его от животных. Этим понятием охватывается совокупность условнорефлекторных процессов, связанных со словом. Слово при этом понимается как «сигнал сигналов» и является такими же реальным условным раздражителем, как и все другие. Работа второй сигнальной системы заключается прежде всего в анализе и синтезе обобщенных речевых сигналов.

Развитие этих представлений нашло свое отражение в трудах М.М. Кольцовой, Т.Н. Ушаковой, Н.И. Чуприковой и др. Так, например, Т.Н. Ушакова (1979), опираясь на эти идеи и привлекая современные представления о строении нервных сетей (см. главу 1), предложила выделять три иерархически организованных уровня в строении внутренней речи, разделение которых четко прослеживается уже в онтогенезе.

Три уровня внутренней речи. Первый уровень связан с механизмами действия и владения отдельными словами, обозначающими события и явления внешнего мира. Этот уровень реализует так называемую номинативную функцию языка и речи и служит в онтогенезе основой для дальнейшего развития механизмов внутренней речи. В работах М.М. Кольцовой, посвященных онтогенезу речи, было показано, что следы словесных сигналов в коре мозга ребенка вместе с образами воспринимаемых предметов образуют специализированные комплексы временных связей, которые можно рассматривать как базовые элементы внутренней речи.

Второй уровень соотносится с образованием множественных связей между базовыми элементами и материализованной лексикой языка, так называемой «вербальной сетью». В многочисленных электроэнцефалографических экспериментах было показано, что объективной языковой связанности слов соответствует связанность их следов в нервной системе. Эти связи и есть «вербальные сети» или «семантические поля».

Показано, что при активации узла «вербальной сети» затухающее возбуждение распространяется на близлежащие узлы этой сети. Подобные связи «вербальной сети» оказываются стабильными и сохраняются на протяжении всей жизни. Т.Н. Ушакова предполагает, что в структуре «вербальной сети» материализуется языковой опыт человечества, а сама «вербальная сеть» составляет статическую основу речевого общения людей, позволяя им передавать и воспринимать речевую информацию.

Поскольку речь человека всегда динамична и индивидуальна, то «вербальная сеть» в силу своих особенностей, таких как статичность и стандартность, может составлять лишь предпосылку и возможность речевого процесса. Поэтому, согласно Т.Н. Ушаковой, в механизме внутренней речи существует третий динамический уровень, соответствующий по своим временным и содержательным характеристикам продуцируемой внешней речи. Этот уровень состоит из быстро сменяющихся активаций отдельных узлов «вербальной сети», так что каждому произносимому человеком слову предшествует активация соответствующей структуры внутренней речи, переходящая путем перекодирования в команды артикуляционным органам.

Вербальные сети фактически представляют собой морфофункциональный субстрат второй сигнальной системы.

8.3. Периферические системы обеспечения речи

К периферическим органам речи относятся:

- 1) энергетическая система дыхательных органов, необходимая для возникновения звука (легкие и главная дыхательная мышца — диафрагма);
- 2) генераторная система — звуковые вибраторы, при колебании которых образуются звуковые волны (голосовые связки гортани — тоновый вибратор; щели и затворы, получающиеся во рту при артикуляции);
- 3) резонаторная система (носоглотка, череп, гортань и грудная клетка).

Речь образуется в результате изменения формы и объема надставной трубки, состоящей из полости рта, носа и глотки. В резонаторной системе, отвечающей за тембр голоса, образуются определенные форманты, специфические для данного языка. Резонанс возникает в результате изменения формы и объема надставной трубки.

Артикуляция — это совместная работа органов речи, необходимая для произнесения звуков речи. Артикуляция регулируется речевыми зонами коры и подкорковыми образованиями. Для правильной артикуляции необходима определенная система движений органов речи, формирующаяся под влиянием слухового и кинестетического анализаторов.

Процесс речи можно рассматривать как результат работы периферических органов, основанный на генерации дифференцированных акустических последовательностей (звуков) и являющийся высоко координированной произвольной моторной активностью фонационного и артикуляционного аппаратов. Все характеристики речи, такие, как скорость, сила звука, тембр, окончательно складываются у мужчины после так называемой «ломки голоса», а у женщины по достижении старшего подросткового возраста и представляют собой устойчивую функциональную систему, которая остается практически неизменной вплоть до глубокой старости. Именно поэтому мы легко узнаем знакомого человека по голосу и по особенностям речи.

8.4. Мозговые центры речи

Клинические данные, полученные при изучении локальных поражений мозга, а также результаты электростимуляции структур мозга, позволили четко выделить те специализированные структуры коры и подкорковых образований, которые ответственны за способность произносить и понимать речь. Так, установлено, что локальные поражения левого полушария различной природы у правшей приводят, как правило, к нарушению функции речи в целом, а не к выпадению какой-либо одной речевой функции.

Речевые центры коры. Способность человека к анализу и синтезу речевых звуков, тесно связана с развитием фонематического слуха, т.е. слуха, обеспечивающего

восприятие и понимание фонем данного языка. Главная роль в адекватном функционировании фонематического слуха принадлежит такому центральному органу речи как слухоречевая зона коры больших полушарий — задняя треть верхней височной извилины левого полушария, т.н. центр Вернике. К другому центральному органу речи принадлежит т.н. зона Брока, которая у лиц с доминированием речи по левому полушарию, находится в нижних отделах третьей лобной извилины левого полушария. Зона Брока обеспечивает моторную организацию речи.

В 60-е годы широкую известность получили исследования В. Пенфилда, который во время операций на открытом мозге с помощью слабых токов раздражал речевые зоны коры (Брока и Вернике) и получал изменения речевой активности пациентов. (Операции такого рода иногда выполняют при местной анестезии, поэтому с пациентом можно поддерживать речевой контакт). Эти факты нашли свое подтверждение и в более поздних работах. Было установлено, что с помощью электростимуляции можно выделить все зоны и участки коры, включающиеся в выполнение той или иной речевой задачи, и эти участки весьма специализированы по отношению к особенностям речевой деятельности.

Регуляция речи, особенно голоса, осуществляется с участием лимбической системы, которая оказывает влияние на интонационные характеристики речи и придает ей эмоциональный характер.

Синтагматические и парадигматические аспекты речи. В нейропсихологии при изучении локальных поражений мозга установлено существование нарушений речевых функций (афазий) двух категорий: синтагматические и парадигматические (Лурия, 1973). Первые связаны с трудностями динамической организации речевого высказывания и наблюдаются при поражении передних отделов левого полушария. Вторые возникают при поражении задних отделов левого полушария и связаны с нарушением кодов речи (фонематического, артикуляционного, семантического и т.д.).

Синтагматические афазии возникают при нарушениях в работе передних отделов головного мозга, в частности центра Брока. Его поражение вызывает эфферентную моторную афазию, при которой собственная речь нарушается, а понимание чужой речи сохраняется почти полностью. При эфферентной моторной афазии нарушается кинетическая мелодия слов по причине невозможности плавного переключения с одного элемента высказывания на другой. Больные с афазией Брока осознают большую часть своих речевых ошибок, но могут общаться с большим трудом и лишь незначительное количество времени. Поражение другого отдела передних речевых зон (в нижних отделах премоторной зоны коры) сопровождается так называемой динамической афазией, когда больной теряет способность формулировать высказывание, переводить свои мысли в развернутую речь (нарушение программирующей функции речи).

При поражении центра Вернике возникают нарушения фонематического слуха, появляются затруднения в понимании устной речи, в письме под диктовку (сенсорная афазия). Речь такого больного достаточно беглая, но обычно бессмысленная, т.к. больной не замечает своих дефектов. С поражением задних отделов речевых зон коры связывают также акустическомнестическую и оптикомнестическую афазии, в основе которых лежит нарушение памяти, а также семантическую афазию — нарушение понимания логико-грамматических конструкций, отражающих пространственные отношения предметов.

Механизмы восприятия речи. Одно из фундаментальных положений науки о речи состоит в том, что переход к осмыслению сообщения возможен лишь после того, как речевой сигнал преобразован в последовательность дискретных элементов. Далее предполагается, что эта последовательность может быть представлена цепочкой символов-фонем, причем число фонем в каждом языке очень мало (например, в русском языке их 39). Таким образом, механизм восприятия речи обязательно включает блок фонетической интерпретации, который обеспечивает переход от речевого сигнала к последовательности элементов. Конкретные психофизиологические механизмы, обеспечивающие этот процесс еще далеко не ясны. Тем не менее, по-видимому, и здесь действует принцип детекторного

кодирования (см. главу 5.1.). На всех уровнях слуховой системы обнаружена достаточно строгая тонотопическая организация, т.е. нейроны, чувствительные к разным звуковым частотам расположены в определенном порядке и в подкорковых слуховых центрах, и первичной слуховой коре. Это означает, что нейроны обладают хорошо выраженной частотной избирательностью и реагируют на определенную полосу частот, которая существенно уже полного слухового диапазона. Предполагается также, что в слуховой системе существуют и более сложные типы детекторов, в частности, например, избирательно реагирующих на признаки согласных. При этом остается неясным, за счет каких механизмов происходит формирование фонетического образа слова и его опознание.

В связи с этим особый интерес представляет собой модель опознания букв и слов при чтении, разработанная Д.Мейером и Р.Шваневельдтом (Солсо, 1996). По их мнению, процесс опознания начинается в тот момент, когда ряд букв поступает на «анализатор деталей». Получающиеся при этом коды, содержащие информацию о форме букв (прямые линии, кривые, углы) передается на детекторы слов. При обнаружении этими детекторами достаточных признаков генерируется сигнал, подтверждающий, что обнаружено некоторое слово. Обнаружение определенного слова также активизирует расположенные рядом слова. Например, при обнаружении слова «компьютер» активизируются также слова, расположенные в сети памяти человека близко от него, — такие как «программное обеспечение», «винчестер», «компьютерные игры» и т.д. Возбуждение семантически связанных слов облегчает их последующее обнаружение. Эта модель подтверждается тем, что испытуемые опознают связанные слова быстрее, чем несвязанные. Эта модель привлекательна также и тем, что открывает путь к пониманию структуры семантической памяти.

Организация речевого ответа. Предполагается, что у взрослого человека, владеющего языком, восприятие и произношение слов опосредуются внутренними кодами, обеспечивающими фонологический, артикуляционный, зрительный и семантический анализ слова. Причем все перечисленные коды и операции, осуществляемые на их основе, имеют свою мозговую локализацию.

Клинические данные позволяют выстроить следующую последовательность событий. Заключенная в слове акустическая информация обрабатывается в «классической» слуховой системе и в других «неслуховых» образованиях мозга (подкорковых областях). Поступая в первичную слуховую кору (зону Вернике), обеспечивающую понимание смысла слова, информация преобразовывается там для формирования программы речевого ответа. Для произношения слова необходимо, чтобы «образ» или семантический код этого слова поступил в зону Брока. Обе зоны — Брока и Вернике — связаны между собой дугообразным пучком нервных волокон. В зоне Брока возникает детальная программа артикуляции, которая реализуется благодаря активации лицевой зоны области моторной коры, управляющей лицевой мускулатурой.

Однако, если слово поступает через зрительную систему, то вначале включается первичная зрительная кора. После этого информация о прочитанном слове направляется в угловую извилину, которая связывает зрительную форму данного слова с его акустическим сигналом в зоне Вернике. Дальнейший путь, приводящий к возникновению речевой реакции, такой же как и при чисто акустическом восприятии.

Данные, полученные с помощью позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) показывают, что у праворуких здоровых грамотных взрослых отдельные операции при восприятии слов действительно обеспечиваются за счет включения разных зон, главным образом, левого полушария. При звуковом восприятии слов активируются две зоны: первичная слуховая зона и височно-теменная. По-видимому, левая височно-теменная зона непосредственно связана с операцией фонологического кодирования, т.е. воссоздания звукового образа слова. При чтении (восприятии письменных знаков) эта зона, как правило, не активируется. Однако усложнение словесных заданий, предъявляемых в

письменном виде, может повлечь за собой и фонологические операции, которые связаны с возбуждением височно-теменной зоны.

По данным Н.П. Бехтеревой (1999), основные очаги возбуждения при восприятии написанных слов находятся в затылочных отделах: первичной проекционной и вторичных ассоциативных зонах, при этом охватывая как левое, так и правое полушарие. Судя по этим данным, зрительный «образ» слова формируется в затылочных областях. Семантический анализ слова и принятие решения в случае смысловой неоднозначности осуществляется главным образом при активном включении передних отделов левого полушария, в первую очередь, фронтальной зоны. Предполагается, что именно эта зона связана с нервными сетями, обеспечивающими словесные ассоциации, на основе которых программируется ответное поведение.

Из всего вышесказанного можно сделать следующий вывод: даже относительно простая лексическая задача, связанная с восприятием и анализом слов, требует участия целого ряда зон левого и частично правого полушария.

Контроль речевой деятельности. Для оценки успешности речевой деятельности человек использует три канала: слуховой, проприоцептивный / кинестетический и зрительный (Вартанян, 1999). Точность воспроизведения речи, т.е. степени соответствия акустической формы речевого сигнала его акустическому образу, сформированному в процессе обучения, оценивает слуховая обратная связь. Точность воспроизведения речи контролируется также оценкой афферентации от проприоцептивных и кинестетических рецепторов, расположенных в мышцах и сухожилиях речеобразующих органов. Полученная от рецепторов соматосенсорной системы афферентация сравнивается с хранящимся в памяти образом правильного двигательного акта и оценивается по степени соответствия эталона его реализации в движении. Зрительное восприятие обеспечивает оценку реакции слушателя на произнесенные слова. Говорящий человек реализует семантическую программу речи в определенной грамматической и акустической форме, при этом он контролирует свою речь, используя акустическую, проприоцептивную обратную связь и визуальный контроль одновременно. Синтезируя результаты контроля по всем трем каналам, он получает адекватную оценку своей речевой деятельности.

8.5. Речь и межполушарная асимметрия

В настоящее время представляется очевидным, что между двумя полушариями мозга существуют четкие различия в обеспечении речевой деятельности. Немало данных свидетельствует о морфологических различиях в строении симметричных зон коры, имеющих отношение к обеспечению речи. Так, установлено, что длина и ориентация сильвиевой борозды в правом и левом полушариях разная, а ее задняя часть, образующая зону Вернике, у взрослого праворукого человека в левом полушарии в семь раз больше, чем в правом.

Речевые функции левого полушария. Речевые функции у правшей локализованы преимущественно в левом полушарии и лишь у 5% правшей речевые центры находятся в правом. Большая часть леворуких — около 70% также имеют речевые зоны в левом полушарии. Примерно у 15% речь контролируется правым полушарием, а у оставшихся (около 15%) полушария не имеют четкой функциональной специализации по речи.

Установлено, что тональный слух идентичен для обоих полушарий, в то же время левое полушарие в большей степени ответственно за обнаружение и опознание артикуляционных звуков речи. Левое полушарие доминирует в формальных лингвистических операциях, оперирует символами и грамматическими конструкциями в пределах формальной логики и ранее усвоенных правил, осуществляет синтаксический анализ и фонетическое представление. Оно способно к регуляции сложных двигательных речевых функций, и обрабатывает входные сигналы, по-видимому, последовательным образом.

К уникальным особенностям левого полушария относится управление тонким артикуляционным аппаратом, а также высокочувствительными программами различения

временных последовательностей фонетических элементов. При этом предполагается существование генетически запрограммированных морфофункциональных комплексов, локализованных в левом полушарии и обеспечивающих переработку быстрой последовательности дискретных единиц информации, из которых складывается речь.

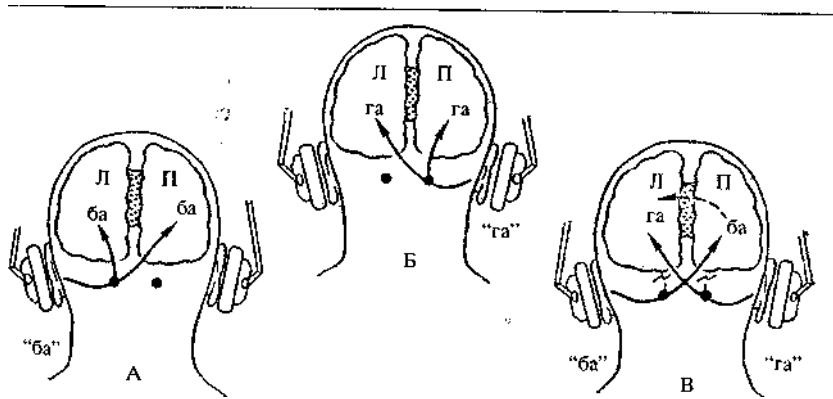
Однако в отличие от правого полушария левое не различает интонации речи и модуляции голоса, не чувствительно к музыке как к источнику эстетических переживаний (хотя и способно выделить в звуках определенный устойчивый ритм) и плохо справляется с распознаванием сложных образов, не поддающихся разложению на составные элементы. Все эти функции лучше осуществляются правым полушарием.

В экспериментах по временному отключению одного из полушарий мозга были получены следующие данные. При отключении правого полушария речь человека полностью сохранена, в разговоре он даже может проявлять инициативу, словарный запас становится богаче и разнообразнее, ответы более развернутыми и детализованными. Однако при этом речь теряет интонационную выразительность, становится тусклой, бесцветной, монотонной. Такой человек не способен улавливать интонации. У него улучшается настроение, появляется оптимизм, приветливость. В то же время нарушаются образное восприятие и мышление, но улучшается логическое мышление.

У человека с отключенным левым полушарием резко ухудшаются речевые возможности. Такой человек охотнее отвечает мимикой и жестами, с трудом вспоминает названия предметов, хотя узнает их и может объяснить их назначение. При этом ухудшается словесное и улучшается образное восприятие, нарушается словесно-логическая память. В эмоциональной сфере происходит сдвиг в сторону отрицательных эмоций (Шостак, 1998).

Метод Вада. Для точного установления специализации полушарий по отношению к речи используют особый прием, так называемый метод Вада— избирательный «наркоз полушарий». При этом в одну из сонных артерий на шее (слева или справа) вводят раствор снотворного (амитал-натрий). Каждая сонная артерия снабжает кровью лишь одно полушарие, поэтому с током крови снотворное попадает в соответствующее полушарие и оказывает на него свое действие. Во время теста испытуемый лежит на спине и считает вслух. При попадании препарата в речевое полушарие, наступает пауза, которая в зависимости от введенной дозы может длиться 3 — 5 минут. В противоположном случае задержка речи длится всего несколько секунд. Таким образом, этот метод позволяет на время «выключать» любое полушарие и исследовать изолированную работу оставшегося. Дихотическое прослушивание. При предъявлении двух разных по содержанию или звучанию стимулов, один из которых поступает через наушник в левое ухо, а другой в правое, эффект восприятия информации, поступающей в каждое ухо, оказывается разным. Метод, с помощью которого удалось установить, что симметричные слуховые каналы функционально изолированы и работают с разной успешностью, получил название «дихотическое прослушивание».

Сущность этого метода заключается в одновременном предъявлении различных акустических сигналов в правое и левое ухо и последующем сравнении эффектов восприятия. Например, испытуемому одновременно предъявляются пары цифр: одна цифра в одно ухо, вторая в другое, со скоростью две пары в секунду. После прослушивания трех пар цифр испытуемых просят назвать их. Оказалось, что испытуемые предпочитают сначала называть цифры, предъявленные в одно ухо, а затем в другое. Если их просили назвать цифры в порядке предъявления, то число правильных ответов значительно уменьшалось. На основании этого было сделано предположение о раздельном функционировании слуховых каналов, во-первых, и о большей мощности контралатерального (противоположного) слухового пути по сравнению с ипсилатеральным (принадлежащем той же стороне), во-вторых (рис. 8.1).



х

Рис. 8.1 Модель слуховой асимметрии у нормальных людей, предложенная Д. Кимура.

А. При мензуральном предъявлении стимула на левое ухо информация передается к правому полушарию по контралатеральным путям и к левому полушарию по ипсилатеральным путям. Испытуемый правильно называет слог ("ба"). Б. При мензуральном предъявлении стимула на правое ухо информация посылается к левому полушарию по контралатеральным путям и к правому полушарию по ипсилатеральным. Испытуемый правильно называет слог ("га"). В. При дихотическом предъявлении передача в ипсилатеральных путях подавлена, поэтому "га" поступает только к левому (речевому) полушарию, а "ба" достигает левого (речевого) полушария только через комиссуры. Вследствие этого слог "га" идентифицируется обычно более точно, чем "ба" (преимущество правого уха) (по С.Спрингер и Г.Дейчу, 1983).

В результате многочисленных экспериментов было установлено, что в условиях конкуренции между правым и левым слуховыми каналами наблюдается преимущество уха, контралатерального полушарию, доминирующему в обработке предъявляемых сигналов. Так, если одновременно подавать слуховые сигналы в левое и правое ухо, то люди с доминирующим по речи правым полушарием будут лучше воспринимать сигналы, подаваемые в левое ухо, а люди с доминирующим по речи левым полушарием — в правое. Поскольку подавляющее большинство людей праворуки, центр речи у них, как правило, сосредоточен в левом полушарии, для них свойственно преобладание правого слухового канала. Это явление носит специальное название — эффект правого уха. Величина эффекта у разных людей может колебаться. Степень индивидуальной выраженности эффекта может быть оценена с помощью специального коэффициента, который вычисляется на основе различий в точности воспроизведения сигналов, подаваемых в левое и правое ухо.

Итак, в основе этого эффекта лежит раздельное функционирование слуховых каналов. При этом предполагается, что при дихотическом прослушивании передача по прямому пути тормозится. Это значит, что у праворуких людей информация от левого уха сначала поступает по перекрестному пути в правое полушарие, а потом через особые связующие пути (комиссуры) в левое, причем часть ее теряется.

Однако преимущество правого уха встречается только у 80% правшей, а центр речи (согласно пробе Вада) находится в левом полушарии у 95% праворуких людей. Причина этого заключается в том, что у ряда людей морфологически преобладают прямые слуховые пути.

Дихотический метод в настоящее время является одним из самых, распространенных методов исследования межполушарной асимметрии речи у здоровых людей различного возраста и лиц с патологией ЦНС. | Модель обработки речевых сигналов в слуховой системе ; человека. Обобщенную модель взаимодействия полушарий мозга в восприятии речи, разработанную на основе метода дихотического I тестирования, предлагает В.П. Морозов и др. (1988). Предположительно, в каждом полушарии мозга имеются два последовательных | блока: обработки сигналов и принятия решения. Левополушарный блок обработки выделяет сегменты сигнала, связанные с лин-

лингвистическими единицами (фонемами, слогами), определяет их характеристики (спектральные максимумы, шумовые участки, паузы) и осуществляет идентификацию сегментов. Правополушарный блок обработки сопоставляет паттерн предъявляемого сигнала с хранящимися в памяти целостными эталонами, используя при этом информацию об огибающей сигнала, соотношении между сегментами по длительности и интенсивности, среднем спектре и др. Эталоны хранятся в словаре в сжатой форме. Словарь целостных эталонов организован по ассоциативному типу, и поиск в нем осуществляется на основе вероятностного прогнозирования. На базе полученных результатов блок принятия решения соответствующего полушария формирует лингвистическое решение.

Принципиальным является тот факт, что в процессе обработки речевых стимулов возможен обмен информацией: 1) между аналогичными блоками обоих полушарий; 2) между блоками обработки и принятия решения в каждом из полушарий. Такой тип взаимодействия обеспечивает промежуточную оценку и открывает возможность коррекции. Кроме того, согласно этой модели, каждое полушарие способно самостоятельно осуществлять распознавание сигнала, но для правого полушария имеются ограничения, связанные с величиной объема словаря целостных эталонов.

Эта модель взаимодействия полушарий мозга в процессе восприятия речи предполагает параллельную обработку речевой информации на основе разных принципов: левое полушарие осуществляет посегментный анализ речевого сигнала, правое использует целостный принцип анализа на основе сравнения акустического образа сигнала с хранящимися в памяти эталонами.

8.6. Развитие речи и специализация полушарий в онтогенезе

Известны две концепции, относящиеся к проблеме функциональной специализации полушарий в онтогенезе: эквипотенциальности полушарий и прогрессивной латерализации. Первая предполагает изначальное равенство или эквипотенциальность полушарий в отношении всех функций, в том числе и речевой. В пользу этой концепции говорят многочисленные данные о высокой пластичности мозга ребенка и взаимозаменяемости симметричных отделов мозга на ранних этапах развития.

Межполушарные различия. В соответствии со второй концепцией специализация полушарий существует уже с момента рождения. У праворуких людей она проявляется в виде заранее запрограммированной способности нервного субстрата левого полушария обнаруживать способность к развитию речевой функции и определять деятельность ведущей руки. Действительно, установлено, что уже у плода, т.е. задолго до реального развития речевой функции, можно обнаружить проявления межполушарной асимметрии в морфологическом строении будущих речевых зон (Уне180п, 1977). У новорожденных имеются анатомические различия между левым и правым полушариями — сильвиева борозда слева существенно больше, чем справа. Этот факт свидетельствует о том, что структурные межполушарные различия в известной степени являются врожденными. У взрослых людей структурные различия проявляются главным образом в большей величине площади зоны Вернике в височно-теменной области.

Данные о том, что асимметрия строения мозга у новорожденных детей отражает функциональные различия, были получены при изучении электроэнцефалографических реакций на звуки человеческой речи. Регистрация электрической активности мозга у младенцев при звуках человеческой речи показала, что у 9 из 10 детей амплитуда реакции в левом полушарии заметно больше, чем в правом. При неречевых звуках — шуме или аккордах музыки — амплитуда реакций у всех детей была выше в правом полушарии. Таким образом, исследования, проведенные на детях первого года жизни, позволили обнаружить признаки функциональной неравнозначности полушарий к воздействию речевых стимулов и подтвердить концепцию исходной «речевой» специализации левого полушария у праворуких.

Перенос центров речи. Однако клиническая практика свидетельствует о высокой пластичности полушарий мозга на ранних стадиях развития, которая, в первую очередь,

проявляется в возможности восстановления речевых функций при локальных поражениях левого полушария путем переноса центров речи из левого полушария в правое. Установлено, что при повреждении речевых зон левого полушария в ранний период жизни, выполнение их функций могут взять на себя симметричные отделы правого полушария.

Если по медицинским показаниям у младенцев удаляют речевые зоны левого полушария, то развитие речи не прекращается и более того — идет без видимых нарушений (Симмерницкая, 1985).

Развитие речи у младенцев с удаленным левым полушарием оказывается возможным благодаря переносу центров речи в правое полушарие. В последующем стандартные тесты, оценивающие уровень вербального интеллекта, не выявляют существенных различий в вербальных способностях оперированных по сравнению со всеми остальными. Лишь крайне специализированные тесты позволяют выявить разницу речевых функций детей с удаленным левым полушарием и здоровых: оперированные в младенчестве дети обнаруживают трудности при использовании сложных грамматических конструкций. Относительно полное и эффективное замещение речевых функций оказывается возможным только в том случае, если оно началось на ранних стадиях развития, когда нервная система обладает высокой пластичностью. По мере созревания пластичность снижается и наступает период, когда замещение становится невозможным. Несмотря на теоретические разногласия, все исследователи сходятся в одном: у детей, особенно в дошкольном возрасте, правое полушарие играет значительно большую роль в речевых процессах, чем у взрослых. Однако прогресс в речевом развитии связан с активным включением левого полушария. По некоторым представлениям обучение языку играет роль пускового механизма для нормальной специализации полушарий. Если в должное время овладения речью не происходит, области коры, в норме предназначенные для речи и связанных с ней способностей, могут претерпевать функциональное пере-рождение. В связи с этим возникло представление о сензитивном периоде освоения речи, который охватывает довольно длительный период онтогенеза — все дошкольное детство, при этом пластичность нервных центров постепенно уменьшается и утрачивается к началу полового созревания. Кроме того, к 7 — 8 годам формируется преимущество правого полушария в восприятии эмоций в пении и речи.

Общепризнано, что поведенческим критерием овладения языком является способность ребенка к осознанной произвольной регуляции речевой деятельности. По клиническим данным именно этот сознательный и произвольный уровень организации речевой деятельности, а не сам факт ее осуществления, обеспечивается структурами Доминантного по речи (у правшей) левого полушария мозга.

8.7. Электрофизиологические корреляты речевых процессов

Экспериментальные исследования речевых процессов в психофизиологии сравнительно немногочисленны и в прошлом в основном были связаны с использованием электромиографического метода.

Электромиограмма речевых реакций. Электромиографические исследования речевых реакций, выполненные в 50 — 60 годы, позволили установить, что при внимательном слушании текстов или разговоре в мышцах лба, подбородка и рук усиливается электрическая активность. Высказывалось мнение, что электромиографическая регистрация тонуса речевой мускулатуры непосредственно связана с процессами артикуляции. Однако наиболее систематические исследования электрической активности речевой мускулатуры при разных видах вербально-мыслительной деятельности были проведены А.Н.Соколовым (1968). Он показал, что Электромиограмма является тонким инструментом изучения речедвигательной активности. Используя этот метод, А.Н.Соколов показал, например, что беззвучное чтение («про себя») всегда сопровождается скрытой артикуляцией, но интенсивность ее может быть разной в зависимости от сложности текстов и навыков чтения. Тем же методом им установлено,

что все формы умственной деятельности, связанные с необходимостью более или менее развернутых рассуждений, всегда сопровождаются усилением речедвигательной импульсации, а повторное выполнение действий сопровождается ее ослаблением. А.Н.Соколов полагал, что внутренняя речь и связанная с ней артикуляция представляют основной механизм мышления, с помощью которого происходит целенаправленный отбор, обобщение и фиксирование сенсорной информации. Электрическая активность мозга. Новый этап в изучении психофизиологии речевых процессов связан с развитием электрофизиологических методов, в первую очередь, регистрацией активности отдельных нейронов, вызванных потенциалов и суммарной биоэлектрической активности.

Нейронные корреляты восприятия слов. Уникальные исследования импульсной активности нейронов человека при восприятии различных акустических стимулов, речевых и неречевых, были проведены Н. П. Бехтеревой с сотрудниками (1985, 1999). При этом были выявлены некоторые общие принципы акустического кодирования слова в структурах мозга, показано, что импульсная активность нейронных популяций, а также нейродинамические перестройки в различных звеньях системы восприятия закономерно связаны с акустическими характеристиками речевого стимула. В импульсной активности различных структур мозга выделены нейрофизиологические корреляты фонетического кодирования: при восприятии и воспроизведении как гласных, так и согласных фонем пространственно-временная организация нейронных ансамблей имеет специфический и устойчивый характер. Причем устойчивость во времени наиболее выражена в кодировании гласных фонем и характерна для периода приблизительно 200 мс.

Показано также, что принцип фонемного кодирования преобладает при обучении и вербализации ответа, наряду с этим возможны варианты и более компактного «блокового» кодирования слогов и слов. Эта форма как более экономичная представляет еще один уровень кодирования и служит своеобразным мостом при семантическом объединении слов, различных по своим акустическим характеристикам.

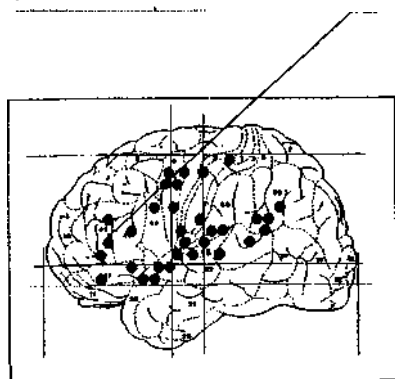
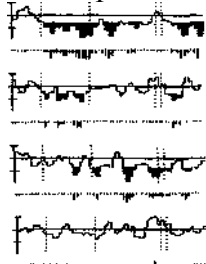
В задачах на смысловое обобщение и лингвистических тестах, содержащих как слова родного языка, так и неизвестные испытуемому слова иностранного языка, выявлены факты, позволяющие судить о нейрофизиологических особенностях смыслового кодирования. Смысловые особенности находят свое отражение в различиях нейродинамики импульсных потоков для разных зон мозга, которые меняются в зависимости от степени известности слова и его отношения к общему смысловому полю. Оказалось, что придание смыслового значения ранее неизвестному слову меняет нейрофизиологические показатели, а для слов общего семантического поля могут быть выделены общие нейрофизиологические признаки.

С помощью различных психофизиологических и нейрофизиологических методов осуществлялся поиск «эталона» слова, т.е. определенного паттерна взаимодействия импульсной активности между различными зонами коры головного мозга, который характеризует восприятие того или иного слова. Такие эталоны (паттерны) были найдены, но для них характерна значительная межиндивидуальная изменчивость, которая, возможно, определяется индивидуальными особенностями в смысловом кодировании слов. Применение ЭВМ позволило выявить развернутые и компрессированные (свернутые) формы аналогов «эталонных» слов в импульсной активности нейронных популяций. Было показано, что при анализе акустических, семантических и моторных характеристик воспринимаемых и воспроизводимых слов имеет место специализация разных зон мозга для различных речевых операций (Бехтерева и др., 1985).

Особый интерес представляют новые технологии изучения мозговых механизмов речи, сочетающие ПЭТ-томографию и регистрацию импульсной активности нейронов. ПЭТ-томография обеспечивает так называемое макрокартирование мозга, т.е. позволяет выявить участки наибольшего возбуждения коры при выполнении вербальной задачи. Регистрация нейронов в этих участках показывает, как перестраивается частота их импульсной активности в зависимости от характера задания (рис. 8.2).

А. Перистимульные гистограммы импульсной активности нейронных популяций 46-го поля:

- 1 — грамматически корректная 2 фраза;
- 2 — грамматически некорректная фраза; д
- 3 — грамматически корректная квазифраза;
- 4 — грамматически некорректный 4 словоподобный набор букв.



Б. Схема локализаций значимых корковых активаций при сравнении восприятия текста со счетом определенной буквы в грамматически некорректном словоподобном наборе букв.

Рис. 8.2 Исследование мозговой организации речи с помощью анализа импульсной активности нейронов (А) и ПЭТ (Б) (по Н.П.Бехтеревой, 1997).

Пространственная синхронизация биопотенциалов. Нейрофизиологическое обеспечение речевых функций изучалось и на уровне макро-потенциалов мозга, в частности, с помощью метода пространственной синхронизации. Пространственная синхронизация отдельных участков мозга рассматривается как нейрофизиологическая основа системных взаимодействий, обеспечивающих речевую деятельность. Этот метод позволяет оценить динамику вовлечения различных зон коры в речевой процесс (рис. 8.3). Так, например, наиболее ранние периоды восприятия и узнавания слова связаны с перемещением зон активации: сначала наиболее активированы лобные, центральные и височные зоны левого полушария, а также заднетеменные и центральные области правого. Затем фокус активации перемещается в затылочные области, сохраняясь при этом в правых заднетеменных и передневисочных областях. Процесс обработки слова, в основном, связан с активацией левых височных и частично правых височных зон коры. Подготовка к артикуляции и произнесение слова про себя сопровождается повышенной активацией переднецентральных областей, имеющих, по-видимому, решающее значение в обеспечении артикуляционного процесса (Ушакова с соавт., 1981).

1 этап

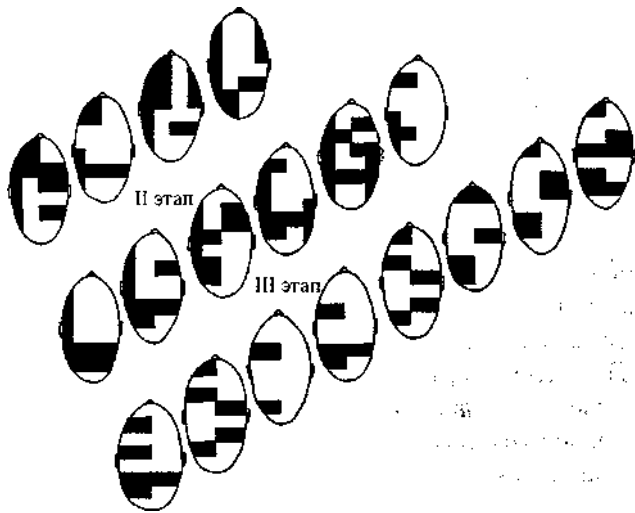
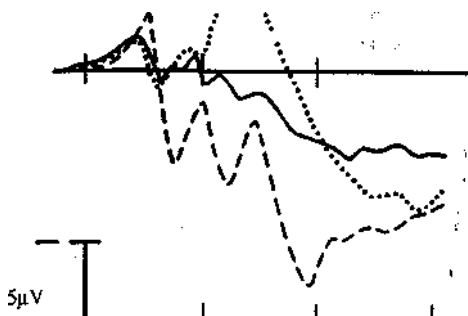


Рис. 8.3 Динамика активации мозговых структур на разных этапах речевого процесса (составление предложения) (по Т.Н.Ушаковой с соавт., 1981).

Вызванные потенциалы. Дополнительные возможности для изучения мозговых механизмов речи открывает метод регистрации вызванных или событийно-связанных потенциалов. Например, при использовании в качестве зрительных стимулов эмоционально значимых и нейтральных слов выявлены некоторые общие закономерности анализа вербальных раздражителей. Так, путем оценки временных параметров позднего компонента РЗОО в ответах на словесные стимулы было установлено, что скорость обработки информации в правом полушарии выше, чем в левом. Предполагается, что сначала в правом полушарии осуществляется зрительно-пространственный, досемантический анализ словесных раздражителей, т.е., образно говоря, прочитываются буквы без их понимания (см. 8.4.). Передача результатов в левое «речевое» полушарие представляет следующий этап в процессе восприятия словесных раздражителей — осмысление прочитанного. Таким образом, механизм более быстрой обработки информации в правом полушарии по сравнению с левым обеспечивает последовательность и согласованность во времени этапов переработки словесной информации, которая начинается в правом полушарии с анализа физических признаков отдельных букв и затем продолжается в левом, где осуществляется семантический анализ слова (Костандов, 1983).

Волновая форма ВП существенно меняется в зависимости от смыслового значения слова. Так было установлено, что при восприятии одних и тех же слов, получающих разную интерпретацию в зависимости от контекста (например, при сравнении слова «огонь» в выражениях: «сидеть у огня» или «приготовились, огонь»), конфигурация ВП оказывается разной, причем в левом полушарии эти различия выражены значительно больше.

Особое место в ряду информационных колебаний занимает отрицательный компонент N 400 или N 4, который, начинаясь после 250 мс, достигает максимума в 400 мс. Функционально этот компонент рассматривается как показатель принятия лексического решения. При использовании в качестве стимулов предложений, в которых последнее слово рождало семантическое несоответствие или логическое нарушение, это негативное колебание было тем больше, чем больше была степень рассогласования. Очевидно, волна N 400 отражает прерывание обработки предложения в результате его неправильного завершения и попытку заново пересмотреть информацию. На рис. 8.4 показаны событийно-связанные потенциалы на слова, завершающие предложения, и в случае семантического несоответствия хорошо виден компонент N 400.



Это, однако, не единственная лингвистическая задача в электрофизиологических исследованиях, где был выявлен негативный информационный компонент N 400. Подобный компонент был зафиксирован в задачах, когда надо было дифференцировать семантические классы, наборы слов или решать, относится ли данное слово к определенной семантической категории. Называние слов и картинок, принятие лексического решения, лексические суждения— все эти задачи сопровождаются появлением хорошо выраженного негативного колебания с латентным периодом приблизительно 400 мс. Есть также данные о том, что этот компонент регистрируется и в тех случаях, когда требуется оценить степень соответствия или рассогласования слов не только по семантическим, но и по физическим характеристикам. По-видимому, совокупность компонентов N 400 отражает процессы анализа и оценки лингвистических стимулов в разных экспериментальных задачах.

Каким образом, с помощью электрофизиологических методов установлен ряд общих закономерностей пространственно-временной организации нейронных ансамблей и динамики биоэлектрической активности, сопровождающих восприятие, обработку и воспроизведение речевых сигналов у человека.

Глава девятая

9. Психофизиология мыслительной деятельности

Изучение мыслительной деятельности в психофизиологии имеет свою специфику. В теоретическом плане проблема физиологических основ мыслительной деятельности мало разработана. До сих пор не существует широко принятых концепций (как это, например, имеет место применительно к восприятию или памяти), которые объясняли бы, каким образом ЦНС обеспечивает процесс мышления.

Функциональная система как модель мыслительной деятельности. Теория функциональных систем, пишет Н.Н. Данилова (1998, с. 272), позволяет сопоставить основные этапы мыслительного процесса с этапами поведенческого акта. Так, направленность процесса мышления определяется доминирующей мотивацией субъекта. Афферентный синтез позволяет выбрать зону поиска решения проблемы. Этапу принятия решения соответствует выбор наиболее подходящей модели, который производится согласно вероятностному принципу принятия или отвержения гипотезы с целью ее последующей проверки и доказательства. В акцепторе результатов действия в соответствии с принятой гипотезой формируются конкретные цели действия. Выполнение конкретного мыслительного действия эквивалентно этапу осуществления реального действия и базируется на центральной операции, осуществляемой головным мозгом человека — на операции сравнения. Здесь сравниваются исходные параметры реальной модели-задачи с соответствующими параметрами наиболее подходящей модели, находящейся в акцепторе результатов действия. В случае несовпадения ряда параметров модели данного, конкретного решения и модели, находящейся в акцепторе, активизируются различные когнитивные процессы, зависящие, прежде всего, от модальности (типа) решаемой задачи. Все вышеописанные когнитивные операции приводят к изменению содержания акцептора результатов действия. Возникают новые замыслы, идеи и, возможно, привлекаются иные способы доказательств.

Несомненно, что в дальнейшем изложенные представления могут послужить основой для разработки конкретных экспериментальных исследований по

психофизиологии мышления.

Эмпирические подходы к изучению мышления в психофизиологии. В настоящее время есть немало эмпирических исследований, посвященных изучению этой проблемы. Они образуют два относительно независимых подхода. Первый из них можно условно обозначить как «моделирующий», второй как «дифференциально-диагностический».

В основе первого лежит регистрация физиологических показателей в ситуациях моделирования мыслительной деятельности. Он направлен на выявление динамики этих показателей в процессе решения задач разного типа. Варьируя содержание заданий и анализируя сопутствующие изменения физиологических показателей, исследователи получают физиологические корреляты выполняемой деятельности. На этой основе делаются выводы относительно особенностей физиологического обеспечения решения задач разного типа. Классическим примером такого подхода служат эксперименты О.К.Тихомирова (1984), где в качестве моделей мыслительной деятельности использовалось решение шахматных задач, а в качестве физиологического индикатора — динамика кожногальванической реакции (см. главу 2, рис. 2.7).

При использовании таких показателей как ЭКГ, ЭМГ и КГР, надо иметь в виду, что эти индикаторы отражают преимущественно динамику общего напряжения, обусловленного активационными процессами. Поиск специфических психофизиологических изменений, сопровождающих процесс решения задач, связан в первую очередь с использованием электрофизиологических методов — ЭЭГ и ВП.

Второй подход, определяемый как дифференциально-диагностический, исходит из того, что присущие человеку способы познавательной деятельности находят закономерное отражение в физиологических показателях, которые в результате этого приобретают устойчивые индивидуальные особенности. Главная задача в данном случае — найти те показатели, которые статистически достоверно связаны с успешностью познавательной деятельности, например, коэффициентом интеллекта, причем физиологические показатели регистрируются независимо от психометрических.

Первый подход позволяет изучать процессуальную сторону, т.е. проследить, каким образом перестраивается физиологическая активность по ходу решения задачи и как результат отражается в динамике этой активности. Моделирование умственных задач позволяет выделять новые варианты изменения физиологических показателей и делать обобщения относительно соответствующих физиологических механизмов. Сложность заключается в том, чтобы, во-первых, разработать информативные модели мыслительной деятельности (и соответствующие им задания), и, во-вторых, подобрать адекватные методы и показатели, позволяющие в полном объеме охарактеризовать деятельность физиологических систем — потенциальных «кандидатов» на участие в обеспечении процесса решения задачи. При этом, строго говоря, выводы распространяются только на тот класс мыслительных задач, которые являются предметом изучения. Очевидно, что моделирование не может охватить все сферы мыслительной деятельности человека, и в этом заключается ограниченность первого подхода.

При втором походе такого ограничения нет, поскольку во главу угла ставится сопоставление индивидуально-специфических устойчивых физиологических и психологических показателей. Предполагается, что индивидуальный опыт мыслительной деятельности отражается в тех и других. Однако эта логика не позволяет исследовать психофизиологию процесса решения задач, хотя по результатам сопоставления и выдвигаются некоторые предположения относительно того, что способствует его успешной организации.

9.1. Электрофизиологические корреляты мышления

В подавляющем большинстве случаев основными в этих исследованиях служат показатели работы головного мозга в диапазоне от нейронной до суммарной биоэлектрической активности. Дополнительно в качестве контроля используют регистрацию миограммы, электрической активности кожи и глазных движений (см. главу

2). При выборе мыслительных задач нередко опираются на эмпирическое правило: задания должны быть адресованы топографически разнесенным областям мозга, в первую очередь коры больших полушарий. Типичным примером служит сочетание задач вербально-логических и зрительно-пространственных.

9.1.1. Нейронные корреляты мышления

Исследованиям нейронных коррелятов мышления придается в настоящее время особое значение. Причина в том, что среди разных электрофизиологических явлений импульсная активность нейронов наиболее сопоставима с процессами мышления по своим временным параметрам.

Предполагается, что должно существовать соответствие между временем переработки информации в мозге и временем реализации мыслительных процессов. Если, например, принятие решения занимает 100 мс, то и соответствующие электрофизиологические процессы должны иметь временные параметры в пределах 100 мс. По этому признаку наиболее подходящим объектом изучения является импульсная активность нейронов. Длительность импульса (потенциала действия) нейрона равна 1 мс, а межимпульсные интервалы составляют 30 — 60 мс. Количество нейронов в мозге оценивается числом десять в десятой степени, а число связей, возникающих между нейронами, практически бесконечно. Таким образом за счет временных параметров функционирования и множественности связей нейроны обладают потенциально неограниченными возможностями к функциональному объединению в целях обеспечения мыслительной деятельности. Принято считать, что сложные функции мозга и, в первую очередь, мышление обеспечивается системами функционально объединенных нейронов. Нейронные коды. Проблема кодов, т.е. «языка», который использует мозг человека на разных этапах решения задач, является первоочередной (см. главу 5.1). Фактически эта проблема определения предмета исследования: как только станет ясно, в каких формах физиологической активности нейронов отражается (кодируется) мыслительная деятельность человека, можно будет вплотную подойти к пониманию ее нейрофизиологических механизмов.

До недавних пор основным носителем информации в мозге считалась средняя частота последовательности импульсов, т.е. средняя частота импульсной активности нейрона за короткий промежуток времени, сопоставимый с реализацией того или иного умственного действия. Мозг сравнивали с информационно-управляющим устройством, языком которого является частота. Однако есть основания полагать, что это не единственный вид кода, и, возможно, существуют и другие, учитывающие не только временные факторы, но пространственные, обусловленные взаимодействием нейрональных групп, расположенных в топографически разнесенных отделах мозга. Весомый вклад в решение этой фундаментальной проблемы внесли исследования Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников.

Нейронные корреляты мыслительных операций. Изучение импульсной активности нейронов глубоких структур и отдельных зон коры мозга человека в процессе мыслительной деятельности проводилось при помощи метода хронически вживленных электродов. Первые данные, свидетельствующие о наличии закономерных перестроек частотных характеристик импульсной активности (паттернов) нейронов были получены при восприятии, запоминании и воспроизведении отдельных вербальных стимулов (см. главу 8.7).

Дальнейшие исследования в этом направлении позволили выявить специфические особенности процессов ассоциативно-логической обработки человеком вербальной информации вплоть до различных смысловых оттенков понятий. В частности, было установлено, что смысловая значимость стимула может кодироваться частотой разряда нейронов, т.е. паттерны текущей частоты активности нейронов некоторых структур мозга способны отражать общие смысловые характеристики слов.

Оказалось также, что паттерн текущей частоты разрядов функционально

объединенной группы нейронов можно рассматривать как структуру или последовательность, включающую несколько компонентов. Эти компоненты, представленные всплесками (или падениями) частоты разрядов, возникают на определенных стадиях решения задачи и, по-видимому, отражают включение или переключение работы нейронов на новый этап решения задачи.

Таким образом, при изучении динамики импульсной активности нейронов в определенных областях головного мозга были выявлены устойчивые пространственно-временные картины (паттерны) этой активности, связанные с конкретным видом мыслительной деятельности человека. После выделения таких паттернов можно достаточно точно определять, где и когда в мозге человека будут развиваться специфические изменения активности нейронных объединений в процессе решения задач определенного типа. При этом закономерности формирования паттернов импульсной активности нейронов по ходу выполнения испытуемым различных психологических тестов иногда позволяли предсказывать результат выполнения конкретной ассоциативно-логической операции.

9.1.2. Электроэнцефалографические корреляты мышления

Уже со времен первых, ставшими классическими, работ Бергера (1929), Эдриана и Мэтьюза (1934), хорошо известно, что умственная деятельность вызывает устойчивую десинхронизацию альфа-ритма и что именно десинхронизация оказывается объективным показателем активации.

Ритмы ЭЭГ и мышление. Установлено, что при умственной деятельности происходит перестройка частотно-амплитудных параметров ЭЭГ, охватывающая все основные ритмические диапазоны от дельта до гамма. Так при выполнении мыслительных заданий может усиливаться дельта- и тета-активность. Причем усиление последней составляющей положительно соотносится с успешностью решения задач. В этих случаях тета-активность наиболее выражена в передних отделах коры, которая соответствует по времени периодам наибольшей концентрации внимания человека при решении задач и обнаруживает связь со скоростью решения задач. Следует подчеркнуть, однако, что разные по содержанию и сложности задания вызывают неодинаковые изменения тета-диапазона.

По данным ряда авторов, умственная активность у взрослых сопровождается повышением мощности бета-ритма, причем значимое усиление высокочастотной активности наблюдается при умственной деятельности, включающей элементы новизны, в то время как стереотипные, повторяющиеся умственные операции, сопровождаются ее снижением. Установлено также, что успешность выполнения вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения оказывается положительно связанной с высокой активностью бета-диапазона ЭЭГ левого полушария. По некоторым предположениям эта активность связана с отражением деятельности механизмов сканирования структуры стимула, осуществляемой нейронными сетями, продуцирующими высокочастотную активность ЭЭГ.

Динамика альфа-активности при умственной деятельности имеет сложный характер. При анализе альфа-ритма в последнее время принято выделять три (иногда две) составляющие: высоко-, средне- и низкочастотную. Оказывается, что эти субкомпоненты альфа-ритма по-разному связаны с умственной деятельностью. Низкочастотный и высокочастотный альфа-ритм в большей мере соотносится с когнитивными аспектами деятельности, тогда как среднечастотный альфа-ритм в основном отражает процессы неспецифической активации.

Пространственно-временная организация ЭЭГ и мышление. Изменения биоэлектрической активности мозга в процессе мыслительной деятельности, как правило, имеют зональную специфику. Другими словами, ритмы ЭЭГ в различных зонах коры по-разному ведут себя при решении задач. Существует несколько способов оценить характер пространственно-временной организации ЭЭГ в процессе решения задач.

Одним из наиболее распространенных способов является исследование дистантной синхронизации биопотенциалов и когерентности спектральных составляющих ЭЭГ в разных зонах мозга (Ливанов, 1977). Известно, что для состояния покоя обычно характерен некоторый средний, уровень синхронности и когерентности ЭЭГ, который отражает активное поддержание межзональных связей и тонуса зон коры в покое. При предъявлении заданий эти типичные для покоя межзональные отношения существенно меняются.

Установлено, что при умственной деятельности происходит резкое увеличение числа участков коры, корреляционная связь между которыми по различным составляющим ЭЭГ обнаруживает высокую статистическую значимость. При этом, однако, в зависимости от характера задачи и избранного показателя картина межзональных отношений может выглядеть по-разному. Например, при решении как вербальных, так и арифметических задач возрастает степень дистантной синхронизации биопотенциалов в лобных и центральных отделах левого полушария, но помимо этого при решении математических задач возникает дополнительный фокус активации в теменно-затылочных отделах.

Меняется степень пространственной синхронизации биопотенциалов и в зависимости от степени алгоритмизации действия. При выполнении легкого по алгоритму действия возрастает степень синхронизации в задних отделах левого полушария, при трудном алгоритмическом действии фокус активации перемещается в передние зоны левого полушария.

Более того, характер межзональных отношений существенно зависит от того, какую стратегию реализует человек в процессе решения задачи. Например, при решении одной и той же математической задачи разными способами, арифметическим или пространственным, фокусы активации располагаются в разных участках коры. В первом случае — в правой префронтальной и левой теменно-височной, во-втором — сначала в передних, а затем задних отделах правого полушария. По другим данным при последовательном способе обработки информации (сукцессивном) наблюдается преимущественная активация передних зон левого полушария, при целостном схватывании (симультанном) — тех же зон правого полушария. Заслуживает также внимания и тот факт, что межзональные отношения изменяются в зависимости от степени оригинальности решения задачи. Так, у испытуемых, использующих стандартные приемы решения, преимущественно преобладает активность левого полушария, напротив, у испытуемых, которые применяют нестандартные (эвристические) решения, характерно преобладание активации в правом полушарии, наиболее сильное в лобных отделах, причем как в покое, так и при решении задачи.

9.2. Психофизиологические аспекты принятия решения

Проблема принятия решения относится к числу междисциплинарных. К ней обращаются кибернетика, теория управления, инженерная психология, социология и другие дисциплины, поэтому существуют разные и иногда трудно сопоставимые подходы к ее изучению. В то же время принятие решения — кульминационная и иногда завершающая операция мыслительной деятельности человека. Закономерно, что психофизиологическое обеспечение этой стадии процесса мышления, является предметом специального анализа.

В психофизиологии и нейрофизиологии эта проблема имеет свою историю изучения. Теория функциональных систем и информационная парадигма (см. главу 1) широко оперируют этим понятием. Имеется также немало эмпирических исследований, посвященных изучению физиологических коррелятов и механизмов феномена принятия решения.

Принятие решения в теории функциональных систем. По утверждению П.К.Анохина (1976), необходимость ввести понятие «принятия решения» возникла в процессе разработки теории ФС для четкого обозначения этапа, на котором заканчивается

формирование и начинается исполнение какого-либо поведенческого акта. Таким образом, принятие решения в функциональной системе является одним из этапов в развитии целенаправленного поведения. Оно всегда сопряжено с выбором, поскольку на стадии афферентного синтеза происходит сличение и анализ информации, поступающей из разных источников. Принятие решения представляет критический «пункт», в котором происходит организация комплекса эфферентных возбуждений, порождающих в дальнейшем определенное действие.

Обращаясь к физиологическим механизмам принятия решения, П.К. Анохин подчеркивал, что принятие решения — процесс, включающий разные уровни организации: от отдельного нейрона, который продуцирует свой ответ в результате суммации многих влияний, до системы в целом, интегрирующей влияния множества нейрональных объединений. Окончательный результат этого процесса выражается в утверждении: система приняла решение.

Уровни принятия решения. Значение принятия решения в поведении и мыслительной деятельности очевидно. Однако описание этого процесса с позиций системного подхода, как это часто бывает, носит слишком общий характер. Принятие решения как объект психофизиологического исследования должно иметь конкретное содержание и быть доступно для изучения с помощью экспериментальных методов.

Нейрофизиологические механизмы принятия решения должны существенно различаться в зависимости от того, в контекст какой деятельности они включены. В сенсорных и двигательных системах при каждом перцептивном или двигательном акте происходит разнообразный и многосторонний выбор возможного ответа, который осуществляется на бессознательном уровне.

Принципиально иные нейрофизиологические механизмы имеют «истинные» процессы принятия решения, которые выступают как звено сознательной произвольной деятельности человека (Лурия, Хомская, 1976). Будучи обязательным звеном в обеспечении всех видов познавательной деятельности, процесс принятия решения в каждом из них имеет свою специфику. Перцептивное решение отличается от мнестического или решения мыслительной задачи, и, что самое существенное, мозговое обеспечение этих решений включает разные звенья и строится на различных уровнях.

В психофизиологии наиболее разработаны представления о коррелятах и механизмах принятия решения, включенного в процессы переработки информации и организацию поведенческого акта.

Вызванные потенциалы и принятие решения. Продуктивным методом исследования физиологических основ принятия решения является метод регистрации вызванных или событийно-связанных потенциалов (ВП и ССП). ССП — это реакции разных зон коры на внешнее событие, сопоставимые по длительности с реальным психологическим процессом переработки информации (см. главу 5.3.) или поведенческим актом.

В составе этих реакций можно выделять компоненты двух типов: ранние специфические (экзогенные) и поздние неспецифические (эндогенные) компоненты. Экзогенные компоненты связаны с первичной обработкой, а эндогенные отражают этапы более сложной обработки, стимулы: формирование образа, сличение его с эталонами памяти, принятием перцептивного решения.

Обширный массив экспериментальных исследований связан с изучением наиболее известного информационного эндогенного колебания волны Р 300, позднего позитивного колебания, регистрируемого в интервале 300 — 600 мс. Многочисленные факты свидетельствуют, что волна Р 300 может рассматриваться как психофизиологический коррелят таких когнитивных процессов как ожидание, обучение, рассогласование, снятие неопределенности и принятие решения.

Функциональное значение волны Р 300 широко обсуждается во многих исследованиях, при этом обнаруживается целый ряд различных подходов к его

интерпретации. В качестве примера приведем некоторые из них.

С позиций теории функциональных систем возникновение волны Р 300 характеризует смену действующих ФС, переход от одного крупного этапа поведения к другому, волна Р 300 при этом отражает перестройку «текущего содержания психики», а ее амплитуда - масштаб реорганизаций, происходящих в той или иной области мозга (Максимова, Александров, 1984).

С позиций информационного подхода функциональное значение Р300 рассматривается как результат «когнитивного завершения». По этой логике процесс восприятия состоит из отдельных дискретных временных единиц «перцептивных эпох». Внутри каждой эпохи осуществляется анализ ситуации и складывается ожидание события, которое должно завершить эпоху. Завершение эпохи выражается в виде появления волны Р 300, преобладающей в теменной области. При этом предполагается, что отдельные компоненты ВП отражают чередование подъемов и спадов активации структур, ответственных за реализацию когнитивной деятельности, а волна Р 300 обусловлена снижением уровня активации в третичных зонах коры, ответственных за когнитивное завершение перцептивного акта и принятие решения.

По другим представлениям волна Р300 представляет собой проявление особой категории метаконтрольных процессов, которые связаны с планированием и контролем поведения в целом, установлением долговременных приоритетов в поведении, определением вероятностных изменений окружающей среды. Детектор ошибок. В исследованиях Н.П.Бехтеревой с сотрудниками (1997) было показано, что в мозге имеются нейронные популяции, реагирующие только на ошибочную реализацию деятельности. Другими словами, эти ансамбли нейронов активируются не при выполнении какой-либо конкретной деятельности как таковой, а реагируют только на ее ошибочное выполнение.

Подобные группы нейронов были обнаружены первоначально в подкорке, а затем и в коре больших полушарий. Эти группы нейронов были названы детекторами ошибок. Детектор ошибок всегда активируется при рассогласовании деятельности с ее планом, точнее с имеющейся в мозге моделью деятельности.

С точки зрения Н.П.Бехтеревой, аппарат сравнения, осуществляющий распознавание ошибок, относится к числу базисных механизмов мозга, повышающих надежность его работы. Представления о детекторе ошибок хорошо согласуются с теорией нервной модели стимула Е.Н.Соколова (см. главу 6.1.) и теорией функциональных систем П.К.Анохина (см. главу 1.4).

Хронометрия мыслительной деятельности. Психофизиологическая хронометрия — направление, исследующее временные параметры (начало, продолжительность, скорость) когнитивных операций с помощью физиологических методов. Наибольшее значение здесь имеют амплитудно-временные характеристики компонентов ВП иССП.

Объектом изучения являются как экзогенные, так и эндогенные компоненты, отражающие различные стадии процесса переработки информации. Временные параметры первых позволяют судить о времени, которое требуется для сенсорного анализа. Временные параметры эндогенных компонентов дают представление о длительности этапов обработки, связанных с операциями формирования образа, сличения его с эталонами памяти и принятия решения.

Анализ амплитудно-временных параметров этих компонентов в разных ситуациях позволяет установить круг психологических переменных, от которых зависит как скорость переработки информации в целом, так и длительность отдельных стадий этого процесса. Удалось, например, показать, что латентный период Р 300 прямо связан с информационной спецификой стимула и обратно пропорционален сложности экспериментальной задачи. При этом амплитуда компонента Р 300 тем больше, чем сложнее сам стимул в экспериментальной задаче и чем больше когнитивных операций требует от испытуемого ситуация эксперимента.

Таким образом, параметры ВП и ССП все чаще используются как инструмент микроструктурного анализа, позволяющий выделить временные характеристики определенных стадий внутренней организации поведенческого акта, недоступные внешнему наблюдению.

9.3. Психофизиологический подход к интеллекту

Известно, что в психологии существует много разных подходов к анализу природы интеллекта, его структуры, способов функционирования и путей измерения. С позиций психофизиологического анализа целесообразно остановиться на подходе к интеллекту как к биологическому образованию, в соответствии с которым предполагается, что индивидуальные различия в показателях интеллектуального развития объясняются действием ряда физиологических факторов, во-первых, и эти различия в значительной степени обусловлены генотипом, во-вторых.

Три аспекта интеллекта. В теоретическом плане наиболее последовательную позицию здесь занимает Г.Айзенк (1995). Он выделяет три разновидности интеллекта: биологический, психометрический и социальный. Первый из них представляет генетически детерминированную биологическую базу когнитивного функционирования и всех его индивидуальных различий. Биологический интеллект, возникая на основе нейрофизиологических и биохимических факторов, непосредственно связан с деятельностью коры больших полушарий.

Психометрический интеллект измеряется тестами интеллекта и зависит как от биологического интеллекта, так и от социокультурных факторов. Социальный интеллект представляет собой интеллектуальные способности, проявляющиеся в повседневной жизни. Он зависит от психометрического интеллекта, а также от личностных особенностей, обучения, социоэкономического статуса. Иногда биологический интеллект обозначают как интеллект А, социальный как интеллект Б. Очевидно, что интеллект Б гораздо шире, чем интеллект А и включает его в себя.

Концепция Айзенка в значительной степени опирается на труды предшественников. Представления о существовании физиологических факторов, определяющих индивидуальные различия в умственной деятельности людей, имеют достаточно длительную историю изучения.

Исторические предпосылки. Еще в середине прошлого века с появлением первых экспериментальных приемов измерения простых психофизиологических показателей, таких, как различительная сенсорная чувствительность, время реакции и т.д., в психологии возникло направление, ставящее своей целью найти простые физиологические процессы или свойства, которые могут лежать в основе индивидуальных различий по интеллекту.

Идея использования простых, имеющих физиологическую природу показателей для оценки индивидуальных различий по интеллекту идет от Френсиса Гальтона. Он рассматривал интеллект как биологическое образование, которое нужно измерять с помощью физиологических индикаторов. Экспериментальное воплощение эти идеи нашли в целом ряде работ, в которых в качестве коррелята интеллекта и частично способа его измерения предлагалось рассматривать время выполнения простых заданий.

Время как фактор эффективности. По некоторым представлениям определенная часть индивидуальных различий в успешности выполнения тестов интеллекта объясняется тем, насколько быстро индивид может обрабатывать информацию, причем независимо от приобретенных знаний и навыков. Поэтому времени как фактору, обеспечивающему эффективность умственной деятельности, и в настоящее время придается довольно большое значение.

Таким образом, понятие психической скорости или скорости выполнения умственных действий приобретает роль фактора, объясняющего происхождение индивидуальных различий в познавательной деятельности и показателях интеллекта. Действительно, неоднократно показано, что показатель интеллекта связан с временем

реакции, взятом в разных вариантах оценки, отрицательной корреляцией, составляющей в среднем -0,3.

Наряду с этим в психофизиологии существует специальное направление хронометрии процессов переработки информации, в котором одним из главных показателей служат латентности компонентов ВП, интерпретируемые как маркеры времени выполнения отдельных когнитивных операций. Закономерно, что существует целый ряд исследований взаимосвязи показателей ВП и интеллекта.

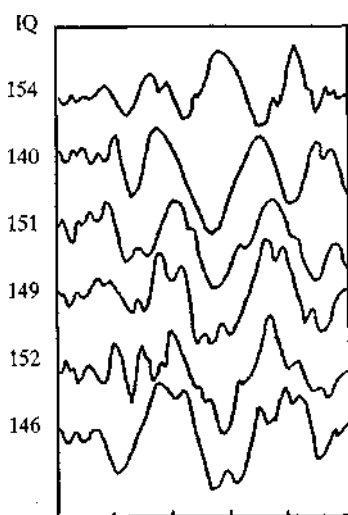
Нейрональная активность. В этом контексте была сформулирована гипотеза нейрональной эффективности, которая предполагает, что «биологически эффективные» индивиды обрабатывают информацию быстрее, поэтому они должны иметь более короткие временные параметры (латентности) компонентов ВП.

Эти предположения неоднократно подвергались проверке, и было установлено, что подобная связь обнаруживается при определенных условиях: биполярном способе регистрации ВП и использовании зрительных стимулов. Кроме того, существуют другие факторы, влияющие на ее проявления, например, уровень активации. Наибольшее соответствие между короткими латентностями и высокими показателями интеллекта имеет место при умеренном уровне активации, следовательно связь «латентные периоды ВП — показатели I(2)» зависит от уровня активации.

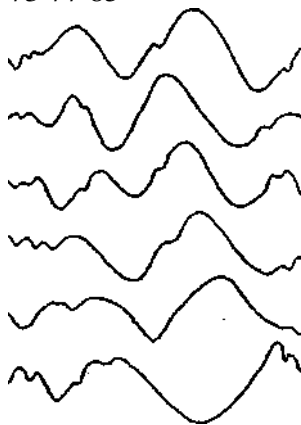
Кроме временных характеристик, для сопоставления с показателями IQ привлекаются и многие другие параметры ВП: различные варианты амплитудных оценок, вариативность, асимметрия.

Наибольшую известность в связи с этим приобрели исследования А. и Д. Хендриксонов. В их основе лежит теоретическая модель памяти, информационной обработки и интеллекта, базирующаяся на представлении о нейрональных и синаптических процессах и функциях. В основу индивидуальных различий здесь кладутся различия в особенностях синаптической передачи и формирования эн-грамм памяти. Предполагается, что при обработке информации на уровне синапсов в коре мозга могут возникать ошибки. Чем больше число таких ошибок продуцирует индивид, тем ниже показатели его интеллекта. Количественно оценить число этих ошибок невозможно, но они проявляется в индивидуальных особенностях конфигурации ВП.

Согласно этой концепции индивиды, безошибочно обрабатывающие информацию, должны продуцировать высокоамплитудные и имеющие сложную форму ВП, т.е. с дополнительными пиками и колебаниями (рис. 9.1).



0
10
96
...; 87
86



250гзес

250гзес

Рис. 9.1 Вызванные потенциалы у шести испытуемых с высокими (слева) и шести испытуемых с низкими (справа) показателями IQ.

Низкоамплитудные ВП упрощенной формы характерны для индивидов с низким показателями интеллекта. Эти предположения получили статистическое подтверждение при сопоставлении ВП и показателей интеллекта по тестам Векслера и Равена.

Таким образом, есть основания утверждать, что эффективность передачи информации на нейронном уровне определяется двумя параметрами скоростью и точностью (безошибочностью). Оба параметра можно рассматривать, как характеристики биологического интеллекта.

Не только вызванные потенциалы, но индивидуальные особенности ЭЭГ дают основания для прогноза интеллекта. Среди последних исследований такого рода наиболее иллюстративными являются работы А.Н.Лебедева с соавторами (1998). С использованием современных статистических средств обработки данных, ими было показано, что интеллектуальные способности индивида можно прогнозировать по таким показателям ЭЭГ как частота альфа-ритма, степень синхронизации колебаний в лобных областях, соотношение мощности колебаний в альфа- и тета-диапазонах и др.

Топографические факторы. В разделе 9.1.2. были проанализированы электрофизиологические корреляты межзонального взаимодействия в процессе мыслительной деятельности. Однако проблема этим не исчерпывается, особенно когда ставится вопрос о физиологических предпосылках интеллекта.

Роль топографических факторов в обеспечении мышления и интеллекта можно рассматривать, по крайней мере, в двух аспектах. Первый связан с морфологическими и функциональными особенностями отдельных структур мозга, которые связаны с высокими умственными достижениями. Второй касается особенностей взаимодействия между структурами мозга, при которых возможна высокоэффективная умственная деятельность.

«Жесткие» и «гибкие» звенья. Для характеристики свойств мозгового субстрата мыслительной деятельности Н.П. Бехтеревой (1966) был предложен «принцип индивидуально формирующихся мозговых систем», согласно которому реализация одной и той же психической деятельности может обеспечиваться топографически различающимися мозговыми системами. Это означает, что нейрофизиологические механизмы, обеспечивающие мыслительную деятельность человека, представляют собой системы, состоящие из «жестких» (стабильных) и «гибких» (вариативных) звеньев.

В дальнейшем эти представления получили подтверждение в исследованиях Н.П. Бехтеревой и ее сотрудников при помощи ПЭТ-томографии. Было показано, что в решении одной и той же мыслительной задачи принимают участие как постоянно активизирующиеся участки головного мозга (жесткие звенья), так и новые области мозга, названные «гибкими звеньями».

Иными словами, мозговая система обеспечения мышления состоит из жестких (одних и тех же) и гибких (вариативных) звеньев. Этот принцип организации мозговых систем является одним из важнейших механизмов надежности мозга, который обеспечивает возможность достижения правильного конечного результата мыслительной деятельности относительно независимо от внутренних и внешних помех.

Морфо-функциональные предпосылки интеллекта. Долгое время господствовал скептический взгляд на попытки найти какие-либо морфологические и топографические особенности в строении мозга людей, отличающихся высоким интеллектом. Однако в последнее время эта точка зрения уступила другой, по которой индивидуальным особенностям психической деятельности сопутствуют определенные соотношения в развитии различных областей мозга.

Постмортальное исследование мозга людей, которые обладали выдающимися способностями, демонстрирует связь между спецификой их одаренности и морфологическими особенностями мозга, в первую очередь, размерами нейронов в так называемом рецептивном слое коры. Анализ мозга выдающегося физика А. Эйнштейна показал, что именно в тех областях, где следовало ожидать максимальных изменений (передние ассоциативные зоны левого полушария) рецептивный слой коры был в два раза толще обычного. Кроме того, там же было обнаружено значительно превосходящее статистическую норму число так называемых глиальных клеток, которые обслуживали метаболические нужды увеличенных в размере нейронов. Характерно, что исследования других отделов мозга Эйнштейна не выявили особых отличий. Предполагается, что столь неравномерное развитие мозга связано с перераспределением его ресурсов (медиаторов, нейропептидов и т.д.) в пользу наиболее интенсивно работающих отделов. Особую роль здесь играет перераспределение ресурсов медиатора ацетилхолина. Холинэргическая система мозга, в которой ацетилхолин служит посредником проведения нервных импульсов, по некоторым представлениям обеспечивает информационную составляющую процессов обучения. Эти данные свидетельствуют о том, что индивидуальные различия в умственной деятельности человека, по-видимому, связаны с особенностями метаболизма в мозге.

Однако мышление и интеллект представляют собой свойство мозга как целого, поэтому особое значение приобретает анализ взаимодействия различных регионов мозга, при котором достигается высокоэффективная умственная деятельность, и в первую очередь анализ межполушарного взаимодействия.

Проблема функциональной специализации полушарий в познавательной деятельности человека имеет много разных сторон и хорошо изучена (см. главы 5.4. и 8.5.). В основном они сводятся к следующему: аналитическая, знаково опосредованная стратегия познания характерна для работы левого полушария, синтетическая, образно опосредованная — для правого. Закономерно, что функциональные свойства полушарий, а точнее степень их индивидуальной выраженности могут служить физиологическим условием высоких достижений в решении задач разного типа (вербально-логических или пространственных).

Исходно предполагалось, что условием высоких достижений в умственной деятельности является преимущественное развитие функций доминантного левого полушария, однако в настоящее время все большее значение в этом плане придается функциям субдоминантного правого полушария. В связи с этим возникла гипотеза эффективного билатерального взаимодействия как физиологической основы общей одаренности. Предполагается, что чем лучше праворукий человек использует возможности своего субдоминантного правого полушария, тем больше он способен: одновременно обдумывать разные вопросы; привлекать больше ресурсов для решения интересующей его проблемы; одновременно сравнивать и противопоставлять свойства объектов, вычленимые познавательными стратегиями каждого из полушарий. Гипотеза билатерального взаимодействия и эффективного использования всех возможностей левого

и правого полушарий в интеллектуальной деятельности представляется оптимальной, поскольку она, во-первых, адресуется к работе мозга как целого и, во-вторых, использует представления о ресурсах мозга.

Соотношение нейронного и топографического уровней. Мышление как психический процесс и интеллект как интегральная когнитивная характеристика функционируют на основе свойств мозга, взятого как целое. С позиций системного подхода (см. главу 1.4.5) в работе мозга следует выделять два уровня, или типа, систем: микро- и макросистемный.

Применительно к мышлению и интеллекту первый представлен параметрами функционирования нейронов (принципами кодирования информации в нейронных сетях) и особенностями распространения нервных импульсов (скоростью и точностью передачи информации). Второй отражает морфофункциональные особенности и значение отдельных структур мозга, а также их пространственно-временную организацию (хронотоп) в обеспечении эффективной умственной деятельности. Изучение этих факторов позволяет выявить, что головной мозг и, в первую очередь, зоны коры в процессе мыслительной деятельности действуют как единая система с очень гибкой и подвижной внутренней структурой, которая адекватна специфике задачи и способам ее решения.

Целостная картина мозговых механизмов, лежащих в основе умственной деятельности и интеллекта, возможна на пути интеграции представлений, сложившихся на каждом из уровней. В этом и заключается перспектива психофизиологических исследований мыслительной деятельности человека.

Глава десятая

10. Сознание как психофизиологический феномен

Проблема сознания имеет явно выраженный междисциплинарный характер. Тем не менее многочисленные данные позволяют выделять особый психофизиологический аспект проблемы сознания. Его содержание составляет объективная феноменология состояний сознания, их динамики под воздействием различных внешних и внутренних факторов и отражение этой динамики в показателях телесного функционирования.

Не вызывает сомнения тот факт, что индивидуальное сознание человека неразрывно связано с материальными процессами, протекающими в организме человека, в первую очередь в ЦНС и головном мозге. Проблема заключается в том, чтобы установить, какие именно материальные процессы, механизмы и состояния мозга лежат в основе сознания. Решение этой проблемы сопряжено с большими теоретическими, методологическими и методическими трудностями. И главная причина в том, что в изучении мозговых механизмов психики человека до сих пор существует целый ряд принципиальных проблем, не имеющих даже приблизительного объяснения.

Один из наиболее существенных вопросов состоит в следующем: почему в сознании не отражается «работа самого мозга». Известно, например, что рецепторы в сенсорных системах человека обладают очень высокой чувствительностью, которая позволяет реагировать на неизмеримо малые раздражители. Утверждают, например, что звуковой тон частотой 2000 Гц может быть воспринят, когда амплитуда движений частиц воздуха у барабанной перепонки, не превышает диаметра молекулы водорода (Величковский соавт., 1973). Почему при таких удивительных возможностях слухового анализатора мы не «слышим», как работает мозг? Еще один неразрешимый в настоящий момент вопрос таков. Благодаря какому гипотетическому механизму мозг, воспринимая информацию, передавая ее по проводящим путям, анализируя эту информацию, представляет в сознание не свою деятельность (передачу возбуждения из одних отделов в другие), а лишь ее результативную сторону в виде картины объективной действительности и субъективных переживаний человека?

Постижение нейрофизиологических основ сознания невозможно до тех пор, пока не будут найдены ответы на эти и многие другие вопросы. Тем не менее эмпирические

исследования и клинические наблюдения позволяют сформулировать некоторые представления о физиологических основах сознания.

10.1. Психофизиологический подход к определению сознания

Единого общепринятого определения сознания в психологии и психофизиологии не существует. В большинстве случаев сознание определяют через функции, которые оно выполняет. Например, нейрофизиолог Х. Дельгадо (1971), автор широко известной книги «Мозг и сознание», приводит определение сознания как организованной группы процессов в нервной ткани, возникающих немедленно на предшествующие интрапсихические (вызванные внутренними причинами) или экстрапсихические (вызванные внешними причинами) события. Эта группа нервных процессов, т.е. сознание, воспринимает, классифицирует, трансформирует и координирует вызвавшие его события с целью начать действие на основе предвидения его последствий и в зависимости от наличной информации.

В других определениях подчеркиваются системность сознания, комплексность выполняемых им функций, связь с памятью (прошлым и будущим человека), привязанность к мозговому субстрату. П.В. Симонов (1987), например, особо выделяет коммуникативный аспект сознания, определяя его как оперирование знанием, способность к направленной передаче информации от одного лица к другому.

Однако для понимания физиологической природы сознания большее значение имеют существующие представления о механизмах, лежащих в основе функциональных состояний, и, в первую очередь, концепция уровней бодрствования (см. главу 3).

Сознание и уровни бодрствования. При анализе сознания как психофизиологического феномена необходимо четко разводить два его аспекта. Во-первых, сознанию соответствует определенный Диапазон в существующем континууме «сон-бодрствование». Известно, что при сильном снижении уровня бодрствования развивается состояние, которое определяется как кома («без сознания»). Очевидно также, что при относительно низких уровнях бодрствования, например во сне, сознание в полном объеме своих функций не выявляется. Именно поэтому сон предлагается квалифицировать как измененное состояние сознания. Физиологическим условием проявления сознания служит состояние пассивного и активного бодрствования.

Во-вторых, в качестве самостоятельной характеристики предлагается выделять содержание сознания. Последнее непосредственно связано с психическим отражением и выполняет все функции, перечисленные в определении, данном выше.

Очевидно, что обе стороны сознания тесно связаны между собой. Так при пробуждении ото сна по мере возрастания уровня бодрствования содержание сознания становится все более насыщенным. В то же время при очень сильном эмоциональном напряжении, когда уровень бодрствования достигает наиболее высоких значений, содержание сознания начинает страдать, происходит его своеобразное «сужение». Наконец, существует словосочетание «ясное сознание», т.е. такое состояние, когда человек свободно реализует все перечисленные выше функции сознания, и принятые им решения наиболее осознаны. Есть все основания полагать, что этому соответствует особый уровень возбуждения коры больших полушарий, который именуется оптимальным.

Итак, в психофизиологии сознание понимается, в первую очередь, как особое состояние мозга, при котором только и возможна реализация высших психических функций. Другими словами, сознание — это специфическое состояние мозга, позволяющее осуществлять определенные когнитивные операции (Соколов, 1997). Выход из этого состояния приводит к выключению высших психических функций при сохранении механизмов жизнеобеспечения.

Сознание и внимание. Классик экспериментальной психологии Э. Б. Титченер определял внимание как «способность и возможность концентрировать сознание». Он выделял два уровня сознания, из которых «верхний слой» относил к зоне ясного видения,

а «нижний» — к зоне смутного. Сходным образом определял внимание С.Л.Рубинштейн: «поле нашего сознания не плоскостно».

Часть сознаваемого выступает на передний план в виде «фигуры» на отступающем и ступенчатом фоне». И в когнитивной психологии внимание определяется как направленность «деятельности по переработке информации на ограниченную часть «входа», при этом существует предвнимание, представляющее «деятельность за пределами основного потока информации» (Найсер, 1976). Таким образом, избирательное внимание в психологии всегда связывалось с ограничением сознания.

Физиологически избирательное внимание проявляется в локальной активации (повышенной возбудимости) определенных участков коры в сочетании с более или менее выраженным торможением остальных областей коры больших полушарий. В зависимости от характера деятельности зона повышенной активации может перемещаться по коре больших полушарий. По некоторым данным наиболее высокому уровню сознания и избирательного внимания соответствует локализация очага повышенной активации в левой фронтальной области, а наиболее низкому — в правой затылочной. Таким образом, локальная активация коры больших полушарий при осуществлении сознательной деятельности имеет динамический характер, определяемый сигнальной значимостью действующих раздражителей и характером выполняемой деятельности (Костандов, 1983).

Нейрофизиологические основы сознания. И.П.Павлов образно представлял сознание как перемещающуюся по коре зону повышенной возбудимости — «светлое пятно сознания» на темном фоне остальной коры. В настоящее время согласно данным, полученным с использованием метода ПЭТ-томографии, зона локальной активации действительно имеет вид светлого пятна на темном фоне.

Современным аналогом представлений Павлова можно считать теорию «прожектора» (Спек, 1984). Решающая роль в ней отводится таламусу, именно он направляет поток возбуждения в кору больших полушарий. Причем процесс осуществляется таким образом, что в каждый данный момент времени только один из таламических центров находится в состоянии возбуждения, достаточном для создания в коре зоны повышенной возбудимости. Период такой высокой возбудимости длится около 100 мс, а затем усиленный неспецифическим таламическим возбуждением приток импульсов поступает к другому отделу коры. Область наиболее мощной импульсации создает центр внимания, а благодаря постоянным перемещениям потока возбуждения по другим участкам коры становится возможным их объединение в единую систему.

В качестве предполагаемого механизма, связывающего нейроны в единую систему, Крик рассматривает появление у них синхронизированных разрядов с частотой в гамма-диапазоне 35 — 70 Гц. Синхронизация нейронной активности является механизмом объединения клеток в ансамбль. Таким образом, согласно теории Крика, нейронные процессы, оказывающиеся в центре гипотетического «луча прожектора», определяют содержание нашего сознания в текущий момент времени, а функцию управления лучом прожектора выполняет таламус, создавая в разных зонах коры длящееся около 100 мс неспецифическое возбуждение (локальную активацию).

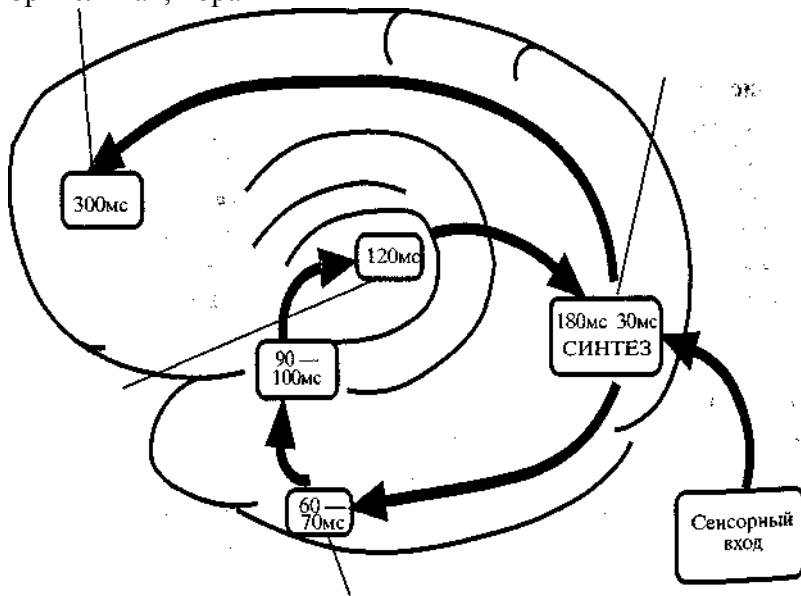
По описанным выше представлениям возникновение сознания становится возможным только при достижении определенного уровня возбуждения коры больших полушарий. Идея порога возбуждения как условия возникновения сознания, не может, однако, объяснить многие аспекты функционирования сознания. По этой причине еще в 80-е годы был предложен другой нейрофизиологический механизм возникновения сознания, получивший название теории повторного входа (Эделмен, 1981). В этой теории в качестве центрального механизма возникновения сознания рассматривается механизм повторного входа возбуждения. Имеется в виду, что возбуждение, возникшее в группе нейронов первичной зоны коры, возвращается в ту же нейронную группу после дополнительной обработки информации в других нервных центрах или поступления новой информации из внешней среды, а также из долговременной памяти. Этот повтор-

ный вход дает возможность сопоставлять имевшиеся раньше сведения с изменениями, которые произошли в течение одного цикла обработки информации. Объединение-двух потоков информации (первичного и вторичного) составляет один цикл или повторяющуюся фазу активности сознания. Прохождение одного цикла возбуждения осуществляется за 100 — 150 мс. Повторяющиеся циклы создают нейрофизиологическую «канву» сознания.

Представления Дж. Эделмена получили дальнейшее развитие, в частности, в концепции А.М.Иваницкого (1997). Центральное место в этой концепции занимает понятие информационного синтеза (см. главу 5.3), предусматривающее объединение информации о физических и семантических особенностях стимула. Информация о физических свойствах стимула поступает по сенсорно-специфическим путям, а информация о значимости стимула извлекается из памяти. Синтез этих двух видов информации (текущей и извлекаемой из памяти) обеспечивает возникновение ощущения. Этот процесс осуществляется с периодом квантования приблизительно в 100-180 мс. Оpozнание стимула происходит с участием лобных областей мозга, приблизительно через 300 мс от момента предъявления. Последовательное поступление информации от рецепторов приводит к повторному движению возбуждения по указанному кольцу, обеспечивая постоянное сопоставление сигналов, приходящих из внешней и внутренней среды.

Лобная кора

Зрительная; кора



Гипоталамус

Гиппокамп

Ассоциативная кора

Рис. 10.1 Схема кольцевого движения возбуждения при возникновении ощущений. Центральное звено — синтез информации о физических и сигнальных свойствах стимула на нейронах проекционной коры (по А.М.Иваницкому, 1997)

В последнее время при обсуждении нейрофизиологических основ сознания большое внимание уделяется высокочастотной биоэлектрической активности мозга (Данилова, 1998). Ведущая роль в возникновении сознания приписывается высокочастотным составляющим спектра ЭЭГ в диапазоне от 35Гц до 120Гц. Сознание определяют как продукт синхронизации нейронной активности в указанном частотном диапазоне. Предполагается, что когерентная электрическая активность достаточно большого числа нейронов создает необходимое и достаточное условие для явления сознания даже в отсутствии сенсорной стимуляции, как, например, во сне.

В этом контексте большое значение приобретает временная последовательность, объединяющая активность множества нейронов в единый пространственно-временной

паттерн. Принцип «временного связывания» элементарных символов (нейронов) в более сложные структуры на основе корреляции их сигналов во времени рассматривается как основополагающий. Причем особое значение придается частоте 40Гц, которая оптимальным образом обеспечивает синхронизацию импульсной активности нейронов, участвующих в образовании образов и поддержании сознания.

В заключении следует отметить, что приведенные выше представления о нейрофизиологических механизмах сознания отнюдь не исчерпывают всего многообразия в изучении этой проблемы (см. Данилова, 1998). Тем не менее они весьма иллюстративны в своем многообразии, выдвигая на первый план разные нейрофизиологические механизмы: перемещение по коре фокуса повышенной возбудимости, возврат возбуждения и синхронизацию высокочастотной активности нейронов.

10.2. Физиологические условия осознания раздражителей

Мозг человека постоянно подвергается множеству воздействий. Однако осознается лишь незначительная их часть, и еще меньшая оказывается в фокусе внимания. Предполагается, что за осознанное восприятие значимых для субъекта раздражителей отвечает особый нервный механизм, осуществляющий интеграцию и координацию нейронной активности различных участков коры больших полушарий и подкорковых структур. При этом подобный механизм не допускает до уровня сознания множество стимулов, вызывающих только кратковременную активацию коры, которой недостаточно для их осознания.

Возникает вопрос, при каких нейрофизиологических условиях происходит осознание сенсорных воздействий.

Параметры стимула. Одним из главных условий осознания стимула является его интенсивность. Кратковременный, но сильный раздражитель всегда проникает в сознание (например, удар грома). Слабые раздражители при кратковременном воздействии остаются неосознанными. Условием их осознания является длительность предъявления. При этом наблюдается своеобразный эффект накопления или суммации: чем дольше воздействует слабый стимул, тем более вероятной становится возможность его осознания. Таким образом, слабые и очень кратковременные раздражители не осознаются, если нет дополнительных условий для их усиления.

Активационная «поддержка». Предполагается, что физиологической основой осознания стимула является уровень активации, возникающий в результате воздействия этого стимула. При слабых интенсивностях раздражителя он недостаточен для осознания. Однако возможно усиление фона, на котором осуществляется восприятие за счет других условий. Если уровень активации структур мозга повышен, то восприятие даже слабого стимула становится более вероятным. Другими словами, дополнительной возможностью для осознания даже слабых раздражителей является усиление активирующего эффекта информации с помощью дополнительных факторов, которые являются своеобразными катализаторами процесса осознания.

Эти факторы играют роль «поддержки». Выделяют два наиболее значимых вида «поддержки»: мотивационно-аффективный и ассоциативный. Подразумевается, что при их включении дополнительно к сенсорной активации присоединяется активация, вызванная деятельностью эмоциональных и ассоциативных центров, связанных с памятью. Другими словами, слабые стимулы с большей вероятностью будут опознаны, если они являются эмоционально значимыми для человека или связаны с каким-то предшествующим опытом. Таким образом, перевод неосознаваемой информации в сферу сознания обеспечивается взаимодействием по крайней мере трех звеньев: специфического сенсорного, мотивационно-аффективного и ассоциативного. Возможности осознания стимула в конкретном случае зависят от степени актуализации каждого звена и их соотношения.

Нейронные механизмы осознанного восприятия. Перечисленные выше факторы дают представление об условиях, способствующих осознанию слабых раздражителей,

действующих на уровне мозга как целого. Для понимания нейронных механизмов, лежащих в основе осознанного восприятия, особый интерес представляют модели Е.Н.Соколова (1996) и Р. Наатанена (1998).

В модели Е.Н. Соколова механизм возникновения субъективного образа связан с активацией гностических нейронов, которые расположены на вершине пирамиды, образуемой нейронами — детекторами, осуществляющими выделение отдельных признаков объекта (см. главу 5.2). Возбуждения, поступающие из таламуса, сначала достигают нейронов-детекторов отдельных признаков, образуя своеобразные карты, или экраны, возбуждения. При этом элементарный признак вызывает максимум возбуждения в отдельной точке этого гипотетического экрана. На другом уровне пирамиды находятся комплексные признаки, которые образованы комбинациями элементарных признаков, они представлены в виде максимумов возбуждения на картах сложных детекторов. Как полагает Е.Н.Соколов, необходимым условием каждого осознанного восприятия является активация пирамиды гештальта, которая возникает при поступлении активирующих влияний из модулирующих систем мозга. Такая активированная гештальт-пирамида иерархически организованных нейронов представляет базисный механизм актов сознания (Соколов, 1996).

В соответствии с моделью Р. Наатанена сенсорные процессы как таковые не обеспечивают осознанного восприятия, они образуют только его сенсорно-информационный базис, или содержание. Возникнет «осознанный образ восприятия» или нет, зависит от сенсорных свойств стимула, вызывающих внимание. Предполагается, что помимо системы детекторов признаков, сенсорный вход одновременно активизирует также другую функциональную систему — систему сенсорного анализа, избирательно чувствительную только к появлению или исчезновению энергии стимула.

Речь идет о системе так называемых детекторов переходных процессов, определяющих наличие сенсорных событий, независимо от их качественных особенностей. Именно эта система будет превращать субъективно неосязаемые сенсорные события в факт осознанного восприятия, но только в тех случаях, когда реакция, вызванная стимулом в системе детекторов переходных процессов, превысит некоторый порог. Таким образом, согласно модели осознанное восприятие возникает только в том случае, когда уровень возбуждения системы детекторов переходных процессов достаточен, чтобы активизировать исполнительский механизм, задача которого анализировать информацию, поступающую от детекторов существенных признаков.

Из этого следует, что паттерн активации системы детекторов признаков, закодированный в механизме сенсорной памяти, вступает в контакт с семантической информацией, хранящейся в долговременной памяти и может, следовательно, обеспечить условия для осознанного восприятия в виде, например, акустического образа хорошо знакомого звукового сигнала.

Семантическая активация, однако, далеко не всегда сопровождается возникновением осознаваемого образа. Другими словами, сенсорные и семантические процессы имеют собственные пороги активации, отличные от порога активации системы детекторов переходных процессов, обеспечивающей осознанное восприятие. Существованием собственных порогов сенсорной и семантической активации, которые ниже порогов осознанного восприятия, можно объяснить данные о наличии своеобразного «подпорогового» возбуждения, вызываемого стимулами, которые не обнаруживаются на поведенческом уровне.

Сходным образом существование таких дифференциальных порогов может объяснять те факты, что пациенты с определенным поражением мозга способны руководствоваться сенсорной информацией, но не осознавать ее. Этот феномен получил название «слепого взора», поскольку фиксирует возможность зрительного различения без осознания.

Согласно вышеизложенному «путь» сенсорных сигналов из области неосознаваемых ощущений к осознанию образа восприятия включает этап подключения внимания к сенсорной памяти. Более того, сигнал активации внимания, генерируемый механизмом детекторов переходных процессов, варьирует во времени и вызывает переключение внимания только в том случае, когда его величина превысит некоторый порог. По-видимому, этот порог оказывается достаточно низким в ситуации предвосхищения, когда внимание заранее антиципирующим образом направлено на стимул.

Неосознаваемое восприятие. Наряду с осознаваемыми психическими процессами существует большая область бессознательных психических явлений, в частности, неосознаваемое восприятие. В 50 — 60-е годы в зарубежной психологии было проведено много экспериментальных исследований, посвященных проблеме неосознаваемого восприятия и перцептивной защиты.

В этих исследованиях изучали, влияет ли эмоциональное содержание слов на эффективность их восприятия, опознания и запоминания. Типичный эксперимент включал определение «порогов опознания» для различных слов — нейтральных и эмоционально окрашенных. В общем, было установлено, что для правильного опознания слов, вызывающих негативные ассоциации (например: проститутка, насилие, смерть), испытуемым требуется больше времени, чем для опознания нейтральных слов (например: дерево, ручка). Это дало основания предполагать, что некоторый психологический механизм контролирует эмоциональное содержание слов в процессе их восприятия и может каким-то образом влиять на опознание слов, удерживая «угрожающие» слова вне осознанного восприятия. Хотя эти эксперименты по перцептивной защите были несовершенны, (в них, например, не контролировали длину слов, частоту их встречаемости и т.д.), обнаруженные в них эффекты нашли подтверждение и в некоторых более поздних и более тщательных экспериментах (Купер, 2000).

В отечественной науке экспериментальное изучение неосознаваемого или подпорогового восприятия было осуществлено Г.В.Гершуни (1977) путем сопоставления объективных показателей ориентировочной реакции (КГР, расширение зрачка, блокада альфа-ритма) и субъективных отчетов испытуемых при предъявлении очень слабых звуковых или электрокожных раздражителей. В этих исследованиях было показано, что ориентировочная реакция на слабый стимул может возникать, независимо от субъективных отчетов испытуемых.

В психофизиологии для изучения описанных выше явлений неосознаваемого восприятия и перцептивной защиты использовали метод регистрации вызванных потенциалов (см. главу 2). В ряде экспериментов с предъявлением эмоционально значимых и нейтральных слов было показано, что ответы мозга на эти стимулы и субъективные отчеты испытуемых о виденном не всегда совпадают. Было установлено, что информация о внешнем раздражителе по специфическим сенсорным путям поступает в соответствующие проекционные зоны коры и перерабатывается там независимо от того, находится человек в сознании или без сознания. Наиболее существенным оказался тот факт, что наличие ВП (ответа на стимул) в проекционных зонах коры не означает, что человек осознает, какой именно стимул ему предъявили (Костандов, 1983).

Следовательно, для осознания сигнала недостаточно переработки информации в проекционных зонах коры, должен существовать нервный механизм, обеспечивающий дополнительные условия осознания сигнала. Этот механизм, по мнению Э.А.Костандова, осуществляет интеграцию нейронной активности различных участков коры больших полушарий и подкорковых структур с целью наилучшего восприятия значимого сигнала. Очевидно, пишет Э. А.Костандов, следует признать существование в мозге чувствительного механизма, реагирующего на физически очень слабые, но психологически значимые для данной личности раздражители. Этот механизм не обеспечивает осознание эмоционально значимого раздражителя, но активизация этого механизма может при-

водить к целому ряду биоэлектрических и вегетативных реакций, а также к изменению некоторых психологических функций и состояний (Костандов, 1983).

: 10.3. Мозговые центры и сознание

Клиницистами давно замечено, что сознание сохраняется после удаления или поражения относительно небольшого участка коры больших полушарий, но оно неизбежно исчезает, теряется, если в результате патологического воздействия нарушаются некоторые подкорковые структуры, в первую очередь, в диэнцефальной области.

Значение глубоких структур мозга. Открытие в 50-е годы ретикулярной формации и в частности неспецифического таламуса и установление их роли в активации коры больших полушарий позволило ряду исследователей отождествить сознание с активностью этих систем. Эксперименты известных нейрофизиологов У. Пенфилда, Х. Джаспера и ряда других, подтвердившие важнейшую роль подкорковых структур и прежде всего ретикулярной формации для проявления сознания, дали основание предположить существование гипотетической центрэнцефалической системы, отвечающей за сознание.

Хотя в дальнейших исследованиях идея центрэнцефалической системы была отвергнута, но значение ствола мозга и подкорки в обеспечении функций сознания не вызывает сомнения. Модулирующие системы мозга (ретикулярная формация и лимбическая система) имеют решающее значение не только для поддержания уровня бодрствования, но и для обеспечения энергетического аспекта сознания. Кроме того, по-видимому, структуры подкорки могут определять не только энергетическую, но и информационную составляющую сознания.

Видная роль здесь отводится такой структуре как гиппокамп. Значение гиппокампа в обеспечении содержания сознания объясняется той ролью, которую тот играет в процессах памяти (см. главу 7.2). Однако, несмотря на несомненный вклад гиппокампа и лимбической системы в целом в обеспечение содержания сознания, информационный аспект сознания формируется, в основном, за счет деятельности коры больших полушарий.

Функции коры больших полушарий. Для понимания роли коры в обеспечении сознания важны представления, сформулированные американским физиологом Ф. Маунткаслом (1981) об ансамблевой организации коры (см. главу 1.4). Его концепция опирается на ряд положений: 1) кора головного мозга состоит из ансамблей, образованных колонками нейронов, функция которых получение и переработка информации, колонки различаются по источнику получаемых сигналов и по мишеням, к которым они адресуют собственные сигналы; 2) однотипные по функциям ансамбли нейронов могут объединяться в более крупные единицы — модули, осуществляющие более сложную переработку информации; 3) модули функционируют в составе обширных петель, по которым информация не только передается из колонок в кору, но и возвращается обратно. Модуль фактически представляет собой морфофункциональную единицу переработки информации в коре. Модули группируются в более крупные объединения, образующие зоны коры. Описанный способ строения коры образует так называемые «распределенные» системы, которые обеспечивают условия для реализации самых сложных психических функций, в том числе и сознания. Описанные выше нейрофизиологические феномены такого типа как повторный вход возбуждения или синхронизация электрической активности нейронов естественным образом реализуются в распределенных системах.

Последние обладают также еще одной особенностью: поскольку продукция этих систем не может быть результатом деятельности только одного модуля, выпадение одного или более модулей не может пресечь ее функционирование. Благодаря этому, распределенные системы коры мозга обладают голографическим принципом функционирования. Распространение свойств голограммы на функции коры мозга означает, что информация в коре мозга распределена, и выключение какой-то части системы (в допустимых пределах) приводит к ослаблению функции, а не к ее потере (Прибрам, 1975).

Сознание и межполушарная асимметрия. Еще в середине XIX века выдающийся ученый Г. Фехнер рассматривал сознание как атрибут мозговых полушарий и полагал, что целостность мозга является существенным условием единства сознания. Если бы можно было разделить мозг по средней линии, рассуждал он, то это привело бы к чему-то вроде удвоения личности. Подобная операция по рассечению мозолистого тела, была проведена почти столетие спустя Р.Сперри и другими. Ее результаты указывают на отдельную специфическую локализацию в обоих полушариях разных функций мозга, связанных с сознанием.

Принципиальная важность положения о том, что именно мозг в целом является носителем сознания, отчетливо прослеживается в клинических исследованиях, направленных на изучение специфики нарушения сознания вследствие избирательного поражения правого или левого полушария у правшей и левшей, которые оказываются резко отличающимися (Брагина, Доброхотова, 1990).

У правшей при поражении правого полушария наиболее частыми оказываются нарушения сознания с явлениями утраты чувства реальности и собственной личности. Окружающий мир может потерять для них свое объективное значение. В некоторых случаях больные воспринимают только половину внешнего мира, причем расположенную справа от него, левая половина воспринимаемого мира заменяется прошлыми воспоминаниями.

При поражении левого полушария возникают иные состояния сознания с «провалами мыслей» или, напротив, переживанием множества мыслей, мешающих друг другу. Нередки случаи кратковременного отключения сознания или так называемые сумеречные состояния сознания, при которых больной может сохранять психомоторную активность.

Иную картину изменения сознания дают поражения полушарий у левшей. У них особенности нарушения сознания не так сильно зависят от стороны повреждения мозга. Преобладают галлюцинаторные феномены, причем галлюцинации неотчетливы, смазаны и полимодальны (зрительные, слуховые, осязательные и т.д.). По интенсивности переживания галлюцинации у левшей почти равны силе реальных событий, кроме того они многократно повторяются. Иногда у этих больных наблюдаются особые экстрасенсорные способности, например: кожное зрение, восприятие того, что находится вне пределов достигаемости зрительного пространства и другие.

Н.Н.Брагина и Т.А.Доброхотова выдвигают гипотезу, что сознание есть свойство пространственно-временной организации головного мозга, в которой координированная деятельность полушарий достигается за счет особой временной организации их парной работы, когда правое полушарие адресуется к настоящему и прошлому опыту человека, а левое — к настоящему и будущему. Хотя эта гипотеза пока больше напоминает метафору, она интересна тем, что обращает внимание на необходимость включения фактора времени в изучение психофизиологических механизмов сознания.

Парапсихологические феномены. Еще одна загадка человеческой психики и сознания может быть связана с особенностями правополушарной обработки информации. Речь идет о феноменах, называемых парапсихологическими — таких, например как ясновидение, телепатия и т.п. Несомненно, что в решении этой проблемы необходимо накопление и тщательная проверка эмпирического материала, который подтверждал бы наличие подобных явлений. Тем не менее, существенно, что современная наука о мозге не налагает принципиального запрета на существование таких феноменов. Последнее связано, в первую очередь, с особыми возможностями правого полушария в обработке информации.

Многочисленные данные говорят о том, что правополушарные компоненты механизмов обработки информации не подчиняются правилам формальной логики, не связаны законами причинно-следственных отношений и не ограничены рамками вероятностного прогноза, поэтому их участие в так называемом «сверхчувственном»

восприятию не может быть априорно отвергнуто. Первые и пока единичные исследования, проведенные в этом направлении (телепатические сеансы во время быстрого сна и при выключении левого полушария мозга) свидетельствуют об особой роли правого полушария в обеспечении сверхчувственных явлений психики и сознания.

10.4. Измененные состояния сознания

Исключительно важным для выявления психофизиологических закономерностей функционирования психики является изучение измененных состояний сознания. Это понятие охватывает довольно широкий круг явлений. Изменения в состоянии сознания возникают у человека в обычных условиях жизнедеятельности, например, при переходе от бодрствования ко сну. Изменения состояний сознания возможны в условиях усложненной трудовой деятельности: например, в условиях высокогорья при низком содержании кислорода в воздухе и других тяжелых экологически неадекватных условиях. Наряду с этим существуют и искусственно вызываемые измененные состояния сознания, такие, как медитация и гипноз.

Медитация. Существуют различные виды медитации, однако психофизиологические исследования проводились лишь для некоторых из них. Одним из наиболее распространенных методов медитации является так называемая трансцендентальная медитация (ТМ). Анализ биотоков мозга перед медитацией, в состоянии ТМ и после медитации показывает, что спектр частот биопотенциалов мозга во время медитации напоминает промежуточное состояние между частотными спектрами, характерными для бодрствования и дремоты. По другим данным во время ТМ регистрируется более регулярный и высокоамплитудный альфа-ритм по сравнению с бодрствованием и дремотой, без выраженной межполушарной асимметрии. При ТМ увеличивается когерентность альфа-ритма, особенно в лобных отделах, а на более поздних этапах медитации альфа-ритм переходит в тета-ритм. Последнее связано с длительностью медитационной практики.

По совокупности данных, полученных при изучении ЭЭГ-активности в процессе медитации, отмечается следующая последовательность событий:

1. В начале медитации возрастает амплитуда альфа-ритма, однако на этом фоне нередко возникает депрессия альфа-ритма.
2. По мере углубления состояния возникают тета-разряды, часто перемежающиеся с альфа-, особенно у индивидов с ярким медитативным опытом.
3. В глубокой медитации (самадхи) наблюдаются высокочастотные бета-разряды 20 — 40 гц.
4. В конце медитации даже при открытых глазах доминирует альфа-ритм.

На основании полиграфической регистрации физиологических показателей ряд исследователей утверждает, что медитация характеризуется более низким уровнем бодрствования по сравнению с состоянием релаксации. При этом, согласно принятым в психофизиологии представлениям, высокоамплитудный альфа-ритм с тенденцией к урежению должен отражать состояние релаксации, пониженный уровень бдительности, однако для состояния медитации это неверно.

Другой распространенный вид медитации — дзен-медитация характеризуется спокойным и пристальным сосредоточением. Объекты, на которые направлено внимание во время медитации, воспринимаются без каких-либо эмоциональных реакций или когнитивных оценок. Возможно, независимость от прошлого опыта и невозможность рассогласования между актуальным впечатлением и ожидаемым событием обуславливает отсутствие эмоциональной реакции. Рассогласования не происходит, так как отсутствует прогноз, опирающийся на прошлый опыт, и все события оказываются равно ожидаемыми или равно неожиданными.

Необходимо подчеркнуть, что во время дзен-медитации сохраняется активный контакт с внешним миром, по крайней мере на перцептивном уровне. Доказательством этому служат особенности изменения ЭЭГ. В обычном состоянии сознания при закрытых

глазах любой неожиданный сигнал вызывает реакцию десинхронизации — блокаду альфа-ритма на несколько секунд с последующим восстановлением. Известно, что ориентировочная реакция обладает способностью угасать: при многократном повторении того же самого сигнала через равные промежутки времени реакция десинхронизации становится все более короткой и в конце концов затухает. Каждый последующий сигнал воспринимается как совершенно идентичный предыдущему.

В состоянии же дзен-медитации, сколь бы часто не повторялся сигнал угасания реакции, активации не наступает: блокада альфа-ритма длится каждый раз две секунды. Следовательно, сигнал каждый раз воспринимается как новый и вызывает активную ориентировочную реакцию, что свидетельствует об относительном постоянстве уровня бодрствования.

По некоторым предположениям альфа-ритм, наиболее часто регистрируемый при медитации, по своему функциональному значению не аналогичен альфа-ритму спокойного бодрствования. Данный ритм, как считает В. С. Ротенберг, отражает высокую вариативность и неупорядоченность образного мышления, доминирующего во время медитации. Благодаря этому после сеанса медитации отмечается чувство отдыха, уменьшение физического и психического напряжения и утомления, повышается психическая активность и общий жизненный тонус.

Межполушарная асимметрия и медитация. Большой интерес вызывают данные, накопленные в результате исследований медитации и межполушарной асимметрии с помощью ЭЭГ -метода. Согласно так называемой «правополушарной теории медитации», процесс медитации изменяет состояния сознания тем, что затормаживает познавательные функции, связанные с доминантным (левым) полушарием, открывая большие возможности для правополушарных функций. Так, было показано, что начальная стадия медитации связана с большей дезактивацией левого полушария, чем правого, что предположительно связано с тем, что медитация «выключает» вербальные, логические мыслительные функции и чувство времени, присущие левому полушарию, а взамен начинает доминировать правое полушарие, ответственное за целостное восприятие окружающего, находящееся за пределами языка и логики.

Наиболее важной и яркой ЭЭГ-характеристикой медитации является тенденция к внутри- и межполушарной синхронизации ЭЭГ. Более того, высокая степень согласованности билатеральной активности наблюдалась у медитирующих не только в течение самой медитации, но и как медитационный послеэффект. Причем ЭЭГ-синхронизация в медитации существенно выше, чем в состоянии сна или дремоты, но в стадии БДГ ЭЭГ-синхронизация столь же высока, как и при медитации. Последнее позволяет предположить наличие психофизиологического сходства между БДГ-сном и медитацией. Причем ряд исследователей утверждают, что медитация может существенным образом уменьшить время БДГ-сна у медитирующих и может даже служить его заменой, но тем не менее не тождественна сну.

Важно подчеркнуть, что в процессе медитации достигается своеобразная «пустота» сознания — состояние, которое не поддается вербализованному описанию. До формирования современных представлений о разных типах мышления медитационная практика представлялась мистической. Прогресс в науке требует изучения особых состояний сознания и подробного анализа комплексных данных, получаемых в этих состояниях.

Гипноз. Это особое состояние сознания, которое возникает под влиянием суггестии, включая и самовнушение. Можно предположить, что гипнотические изменения сознания также могут быть объяснены относительным доминированием образных компонентов мышления. Действительно, к объективным проявлениям гипноза относят три категории фактов:

- 1) Способность к направленной регуляции вегетативных функций, что невозможно в обычных состояниях сознания (например, воспаление и некроз ткани при внушении

ожога, изменение частоты пульса при внушении эмоций разного рода и т.п.). Показано, что сходные способности к регуляции вегетативных функций отмечаются при использовании систем с биологической обратной связью.

2) Возможность влиять на неконтролируемые сознанием психические процессы — увеличение объема памяти, изменение содержания сновидений, галлюцинаторные представления и т.п.

3) Повышенная творческая активность как в состоянии гипноза, так и в постгипнотическом состоянии.

Все эти проявления могут быть обусловлены сочетанием ограничения вербально-логических компонентов мышления с раскрепощением его образных компонентов, что подтверждается значимым сдвигом ЭЭГ-активации в правополушарном направлении при вхождении высокогипнабельных субъектов в состояние гипноза. В целом для гипнотических состояний описаны два варианта изменений: во-первых, гиперсинхронизация альфа-ритма, наличие коротких вспышек тета-ритма и сохранение альфа-ритма при открытых глазах, во-вторых, такая же ЭЭГ-картина, как в состоянии бодрствования. Поскольку само гипнотическое состояние может быть разной глубины, то и ЭЭГ-картина этих состояний может быть весьма полимодальной — от экзальтации альфа-ритма до его подавления.

Имеется очень большое сходство между принятием решения в состоянии гипноза и при патологии, связанной с расщеплением мозга. Последнее дает основание предполагать, что гипноз представляет собой аналог функционального расщепления мозга, при котором за результаты действия испытуемого отвечают механизмы правополушарных форм активности.

Кома. Кома определяется как состояние глубокого нарушения сознания, характеризующееся угнетением функций ЦНС, нарушением регуляции жизненно важных центров в головном мозге. У находящегося в коме человека полностью отсутствуют реакции на внешние раздражители, заторможены все рефлексы, отсутствует моторика.

По степени тяжести различают три стадии комы. Для легкого коматозного состояния характерна сохранность некоторых рефлексов (например, сухожильных) и реакций. При незначительном расстройстве дыхательной функции и сердечной деятельности затруднено глотание. Нарушена деятельность корково-подкорковых отделов.

При выраженной коме отсутствуют реакции на внешние раздражители, привычные рефлексы не вызываются. Однако отмечается наличие патологических рефлексов, в частности, нарушается работа выделительных систем. Процесс дыхания приобретает патологические формы, что сопровождается сердечной аритмией, слабым пульсом и снижением артериального давления. К снижению активности корковых и подкорковых функций добавляется угнетение стволовых и снижение спинальных функций.

Глубокая кома характеризуется симптомами, указывающими на поражение корково-подкорковых, бульбарных и спинальных функций. Имеют место грубые нарушения процесса дыхания и сердечной деятельности. Как особое состояние выделяется запредельная кома, она представляет собой искусственное продление вегетативных функций организма после наступления «мозговой» смерти. Это продление достигается искусственной вентиляцией легких, медикаментозным стимулированием кровообращения. При этом полностью нарушены все психические функции, а электроэнцефалограмма представлена ровной линией.

10.5. Информационный подход к проблеме сознания

Принципиально новые возможности в разработке проблемы сознания открылись в связи с введением информационного подхода. Феномен сознания и информация. Поскольку феномен сознания требует содержательного, философского описания, а мозговые процессы сознания предполагают описание в естественнонаучных терминах, объединить их при истолковании сущности сознания чрезвычайно сложно. Однако, как считает философ Д.И. Дубровский, понятие информации позволяет совместить в едином

теоретическом ключе оба типа описания, а тем самым послужить основой для концептуального объяснения связи явлений сознания с мозговыми процессами. Причина в том, что взятое в широком смысле понятие информации обладает двойственной сущностью, поскольку включает и содержание информации, и ее кодовую форму. Иными словами, понятие информации позволяет отобразить в едином концептуальном плане и свойства «содержания» (семантические и прагматические аспекты) и свойства того материального Носителя, в котором необходимо воплощена данная информация, т.е. ее пространственные характеристики и физические свойства. Основные положения. Всякое явление сознания (как явление субъективной реальности) есть определенная информация, присущая определенному социальному индивиду. Как информация всякое явление сознания необходимо воплощено в своем материальном носителе. Этим носителем является соответствующая мозговая нейродинамическая система данного индивида, в которой закодирована соответствующая информация, представленная этому индивиду как явление субъективной реальности. Следует подчеркнуть, что информационный подход дает возможность анализировать мозговые процессы и психические явления, т.е. явления двух уровней, в едином концептуальном строе, который можно определить как нейроинформатику.

Парадокс «гомункулуса». Гомункулус — гипотетический «человечек», якобы находящийся внутри мозга, который интегрирует ощущения «Я». Он наблюдает, руководит действиями, испытывает потребности и эмоции и т.д. Другими словами, гомункулус тождествен человеческому «Я». На психологическом уровне его существование не вызывает сомнения. Однако в физиологии до сих пор не обнаружено каких-либо мозговых образований, на которые можно было бы возложить данную функцию.

Наиболее вероятный кандидат на эту роль мозговая система памяти. Действительно, во многом человеческое «Я» — это воспоминания о прошлых событиях, отношении к ним и своих действиях. Метафорически эту мысль выразил писатель Д.Гранин: «... человеческое «Я» не может существовать без памяти. Из кирпичиков памяти складывается индивидуальность».

Однако все чаще высказывается мнение, что поиски гомункулуса как определенной, интегрирующей ощущения своего «Я» мозговой структуры, не имеют смысла. Предполагается, что «Я» — это динамическая информационная система, включающая разные отделы мозга. Этот «информационный гомункулус», одновременно оперирующий как памятью, так и текущим опытом, и есть наиболее вероятная мозговая «эго-система».

Сознание как эмерджентное свойство мозга. Системный подход утверждает, что любая функционирующая система приобретает свойства, не присущие ее компонентам, так называемые системные или эмерджентные свойства, исчезающие при разложении системы на элементы. С позиций нового философского учения, именуемого эмерджентным материализмом (Марголис, 1986), сознание рассматривается как эмерджентное свойство мозговых процессов, находящееся в сложной взаимосвязи с этими процессами.

Возникая как эмерджентное свойство мозговых систем, начиная с некоторого пока неизвестного уровня их консолидации, сознание (в силу явления эмерджентного детерминизма) приобретает уникальную способность выполнять функцию нисходящего контроля над нейронными процессами более низкого уровня, подчиняя их работу задачам психической деятельности и поведения.

Эмерджентный детерминизм. Детерминизм предполагает установление причинной обусловленности изучаемых явлений. Эмерджентный детерминизм базируется на представлении о существовании у центральной нервной системы особого типа свойств — системных или эмерджентных свойств. Главным отличием свойств такого рода является их несводимость к сумме свойств элементов, из которых образована система. Развитие этих идей позволяет рассматривать психическое как системное (эмерджентное) свойство

мозговой «сверхсистемы» или мозга как целого (см. главу 1).

В соответствии с этими представлениями психическая деятельность мозга не может получить исчерпывающего объяснения в физико-химических, молекулярно-биологических или электрофизиологических категориях. Как пишет один из наиболее выдающихся физиологов XX века лауреат Нобелевской премии Р.Сперри (1994, с.34): «физические, химические и электрические силы в мозге, несмотря на то, что они также наличествуют и действуют, как и раньше, оказываются (образно говоря) «вставленными» или «упакованными» вовнутрь и следовательно контролируются и программируются... законами и динамикой более высокого порядка сознательных и подсознательных психических процессов. Более высоко развитые «макро» процессы или холистические психические свойства мозговой деятельности определяют то, когда и как будут происходить элементарные молекулярные процессы, не вмешиваясь, однако, в деятельность физико-химических законов на молекулярном уровне».

По этой логике, особое значение для выявления физиологических основ психической деятельности и поведения приобретают не отдельные клеточные элементы, в частности, нейроны, а свойства но-ВЫХ форм и моделей, в которых акцент делается на нисходящий контроль над низшим со стороны высших. Сказанное означает, что психические процессы и функции, будучи эмерджентными свойствами мозговых систем разного уровня, организации, в силу эмерджентного детерминизма способны подчинять своим задачам функции отдельных компонентов мозговых микро- и макросистем.

Глава одиннадцатая

11. Психофизиология двигательной активности

Двигательная активность человека имеет очень широкий диапазон — от мышечных координации, требуемых для грубой ручной работы или перемещения всего тела в пространстве, до тонких движений пальцев при операциях, выполняемых под микроскопом. Обеспечение всех видов двигательной активности осуществляется на основе движения двух потоков информации. Один поток берет начало на периферии: в чувствительных элементах (рецепторах), которые находятся в мышцах, суставных сумках, сухожильных органах. Через задние рога спинного мозга эти сигналы: поступают вверх по спинному мозгу и далее в разные отделы головного мозга.

Взятые в совокупности сигналы от перечисленных образований образуют особый вид чувствительности — проприорецепцию. Хотя в сознании человека эта информация не отражается, благодаря ей мозг в каждый текущий момент времени имеет полное представление о том, в каком состоянии находятся все его многочисленные мышцы и суставы. Эта информация формируют схему или образ тела. Не имея такого интегрального образования, человек не мог бы планировать и осуществлять ни одно движение. Схема тела — исходное основание для реализации любой двигательной программы. Ее планирование, построение и исполнение связано с деятельностью двигательной системы. В двигательной системе основной поток информации направлен от двигательной зоны коры больших полушарий — главного центра произвольного управления движениями — к периферии, т.е. к мышцам и другим органам опорно-двигательного аппарата, которые и осуществляют движение.

11.1. Строение двигательной системы

Существуют два основных вида двигательных функций: поддержание положения (позы) и собственно движение. В реальности разделить их достаточно сложно. Движения без одновременного удержания столь же невозможны, как удержание позы без движения.

Нервные структуры, отвечающие за регуляцию положения тела в пространстве и движения, находятся в разных отделах ЦНС — от спинного мозга до коры больших полушарий. В их расположении прослеживается четкая иерархия, отражающая постепенное совершенствование двигательных функций в процессе эволюции.

У большинства животных в процессе эволюции выработались сложные локомоторные системы, позволяющие им достаточно успешно добывать пищу, спасаться от хищников,

находить брачных партнеров и осваивать новые территории.

Локомоция стала возможной в результате формирования, взаимодействия и координированной работы нервной, мышечной и скелетной систем. Мышцы, участвующие в локомоции, работают как устройства, преобразующие химическую энергию в механическую. Мышцы способны сокращаться и при этом приводить в движение системы рычагов, составляющие часть скелета. Благодаря координированной работе рычагов, животное перемещается. Скелетно-мышечная система обеспечивает также поддержание позы и находится под общим контролем ЦНС.

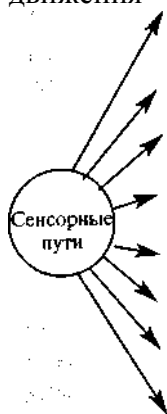
Самый низший уровень в организации движения связан с двигательными системами спинного мозга. В спинном мозге между чувствительными нейронами и мотонейронами, которые прямо управляют мышцами, располагаются вставочные нейроны, образующие множество контактов с другими нервными клетками. От возбуждения вставочных нейронов зависит, будет ли то или иное движение облегчено или заторможено. Нейронные цепи или рефлекторные дуги, лежащие в основе спинальных рефлексов, — это анатомические образования, обеспечивающие простейшие двигательные функции. Однако их деятельность в значительной степени зависит от регулирующих влияний выше расположенных центров.

Высшие двигательные центры находятся в головном мозге и обеспечивают построение и регуляцию движений. Двигательные акты, направленные на поддержание позы, и их координация с целенаправленными движениями осуществляется в основном структурами ствола мозга, в то же время сами целенаправленные движения требуют участия высших нервных центров. Побуждение к действию, связанное с возбуждением подкорковых мотивационных центров и ассоциативных зон коры, формирует программу действия. Образование этой программы осуществляется с участием базальных ганглиев и мозжечка, действующих на двигательную кору через ядра таламуса. Причем мозжечок играет первостепенную роль в регуляции позы и движений, а базальные ганглии представляют собой связующее звено между ассоциативными и двигательными областями коры больших полушарий (рис. 11.1).

Структура

Функция (выполняемая движения)

Роль в осуществлении изолированной структурой)



Подкорковые и корковые мотивационные зоны

Ассоциативные зоны коры

Базальные ганглии

Мозжечок

Таламус

Т

Двигательная кора

Ствол мозга
Спинномозговые, нейроны
Моторные единицы
Побуждение к действию
Замысел действия
Схемы целенаправленных движений (приобретенные и врожденные)
Регуляция позы
Моно- и полисинаптические рефлексy
Длина мышц Напряжение мышц /
План
Программа
Выполнение

Рис.11.1 Общий план организации двигательной системы.

Важнейшие двигательные структуры и их основные взаимосвязи указаны в левом столбце. Для простоты все чувствительные пути объединены вместе (кружок слева). В среднем столбце перечислены самые главные и твердо установленные функции, обнаруженные при раздельном изучении каждой из этих структур. В правом столбце указано, каким образом эти функции связаны с возникновением и выполнением движения. Следует обратить внимание на то, что базальные ганглии и мозжечок расположены на одном уровне, а двигательная кора участвует в превращении программы движения в его осуществление (по Дж. Дуделу с соавт., 1985)

Моторная или двигательная кора расположена непосредственно кпереди от центральной борозды. В этой зоне мышцы тела представлены топографически, т.е. каждой мышце соответствует свой участок области. Причем мышцы левой половины тела представлены в правом полушарии, и наоборот.

Двигательные пути, идущие от головного мозга к спинному, делятся на две системы: пирамидную и экстрапирамидную. Начинаясь в моторной и сенсомоторной зонах коры больших полушарий, большая часть волокон пирамидного тракта направляется прямо к эфферентным нейронам в передних рогах спинного мозга. Экстрапирамидный тракт, также идущий к передним рогам спинного мозга, передает им эфферентную импульсацию, обработанную в комплексе подкорковых структур (базальных ганглиях, таламусе, мозжечке).

11.2. Классификация движений

Все многообразие форм движения животных и человека основывается на физических законах перемещения тел в пространстве. При классификации движений необходимо учитывать конкретные целевые функции, которые должна выполнять двигательная система. В самом общем виде таких функций четыре: 1) поддержание определенной позы; 2) ориентация на источник внешнего сигнала для его наилучшего восприятия; 3) перемещения тела в пространстве; 4) манипулирование внешними вещами или другими телами. Иерархия уровней мозгового управления движениями также находится в зависимости от требований к структуре движения. Установлено, что подкорковый уровень связан с набором врожденных или автоматизированных программ. Автоматизированные и произвольные движения. Проблема разделения указанных категорий движения сложна. Во многих случаях грань между автоматизированным и произвольно контролируемым действием очень подвижна. Обучение устойчивым двигательным навыкам представляет собой переход от постоянно контролируемой цепочки более или менее осознанно выполняемых двигательных действий к автоматизированной слитной «кинетической мелодии», которая исполняется со значительно меньшими энергетическими затратами. В то же время достаточно небольшого изменения хотя бы одного из звеньев «кинетической мелодии», чтобы она перестала быть полностью автоматизированной, и для ее новой автоматизации требуется вновь вмешательство произвольной регуляции.

Для того чтобы избежать трудностей, возникающих при попытках разделить двигательные акты на «автоматические» и «волевые», английский невропатолог Х. Джексон в начале века предложил иерархическую классификацию всех двигательных актов (т.е. движений и их комплексов) от «полностью автоматических» до «совершенно произвольных». Эта классификация оказывается полезной и в настоящее время. Так, например, дыхание представляет собой в значительной степени автоматический комплекс движений грудной клетки, мышц плечевого пояса и диафрагмы, сохраняющийся даже при самом глубоком сне и в состоянии наркоза, когда все остальные движения полностью подавлены. В случае, если при помощи тех же самых мышц осуществляется кашель или небольшие движения туловища, то подобный двигательный акт «менее автоматичен». В то же время при пении или речи эти мышцы участвуют уже в «совершенно неавтоматическом» движении. Из данного примера ясно также, что «более автоматические» движения связаны главным образом с врожденными центральными поведенческими программами, тогда как «менее автоматические» или «совершенно произвольные» движения появляются в процессе накопления жизненного опыта.

Ориентационные движения. Система движений такого рода, связана, во-первых, с ориентацией тела в пространстве, и во-вторых, с установкой органов чувств в положение, обеспечивающее наилучшее восприятие внешнего стимула. Примером первого может служить функция поддержания равновесия, второго — движения фиксации взора. Фиксация взора выполняется в основном глазодвигательной системой. Изображение неподвижного или движущегося предмета фиксируется в наиболее чувствительном поле сетчатки. Координация движения глаз и головы регулируется специальной системой рефлексов.

Управление позой. Поза тела определяется совокупностью значений углов, образуемых суставами тела животного или человека в результате ориентации в поле тяготения. Механизм позы складывается из двух составляющих: фиксации определенных положений тела и конечностей и ориентации частей тела относительно внешних координат (поддержание равновесия). Исходная поза тела накладывает некоторые ограничения на последующее движение. К низшим механизмам управления позой относятся спинальные, шейные установочные и некоторые другие рефлексy, к высшим — механизмы формирования «схемы тела».

Термином «схема тела» обозначают систему обобщенной чувствительности пространственных координат и взаимоотношений отдельных частей тела в покое и при движении. Общую «карту» тела для каждого полушария мозга обычно представляют в виде «гомункулуса». Топографически распределенная по поверхности коры чувствительность всего тела составляет ту основу, из которой путем объединения формируются целостные функциональные блоки крупных отделов тела. Эти интегративные процессы завершаются у взрослого организма и представляют собой закодированное описание взаиморасположения частей тела, которые используются при выполнении автоматизированных стереотипных движений.

Базой этих процессов служит анатомически закрепленная «карта» тела, поэтому такие процессы составляют лишь основу статического образа тела. Для его формирования необходимо соотнести эту информацию с положением тела по отношению к силе земного притяжения и взаиморасположением функциональных блоков тела в системе трех пространственных плоскостей. Вестибулярная система воспринимает перемещение всего тела вперед — назад, вправо — влево, вверх — вниз, а соответствующая информация поступает в теменные зоны коры, где происходит ее объединение с информацией от скелетно-мышечного аппарата и кожи. Туда же поступает импульсация от внутренних органов, которая также участвует в создании на бессознательном уровне особого психофизиологического образования — статического образа тела.

Таким образом, статический образ тела представляет собой систему внутримозговых связей, основанную на врожденных механизмах и усовершенствованную

и уточненную в онтогенезе. Выполняя ту или иную деятельность, человек меняет взаиморасположение частей тела, а, обучаясь новым двигательным навыкам, он формирует новые пространственные модели тела, которые и составляют основу динамического образа тела. В отличие от статического, динамический образ тела имеет значение лишь для данного конкретного момента времени и определенной ситуации, при изменении которой он сменяется новым образом тела. Динамический образ базируется на текущей импульсации от чувствительных элементов кожи, мышц, суставов и вестибулярного аппарата. Не исключено, что скорость и точность формирования динамического образа тела — фактор, определяющий способность человека быстро овладевать новыми двигательными навыками.

В мозге происходит постоянное взаимодействие того и другого образов тела, осуществляется сличение динамического образа с его статическим аналогом. В результате этого формируется субъективное ощущение позы, отражающее не только положение тела в данный момент времени, но и возможные его изменения в непосредственном будущем. Если согласование не достигнуто, то вступают в действие активные механизмы перестройки позы. Итак, для того чтобы сменить позу, необходимо сравнить закодированный в памяти статический образ тела с его конкретной вариацией — динамическим образом тела.

Управление локомоцией. Термин локомоция означает перемещение тела в пространстве из одного положения в другое, для чего необходима определенная затрата энергии. Развиваемые при этом усилия должны преодолеть прежде всего силу тяжести, сопротивление окружающей среды и силы инерции самого тела. На локомоцию влияют характер и рельеф местности. Во время локомоции организму необходимо постоянно поддерживать равновесие.

Типичные примеры локомоции — ходьба или бег, которые отличаются стереотипными движениями конечностей, причем для каждой формы локомоции характерны две фазы шага: фаза опоры и фаза переноса. Ходьба человека характеризуется походкой, т.е. присущим ему особенностями перемещения по поверхности. Походка оценивается по способу распределения по времени циклических движений конечностей, длительностью опорной фазы и последовательностью перемещения опорных конечностей. В спинном мозге обнаружена цепь нейронов, выполняющая функции генератора шагания. Она ответственна за чередование периодов возбуждения и торможения различных мотонейронов и может работать в автоматическом режиме. Элементарной единицей такого центрального генератора является генератор для одной конечности. Не исключено, что у каждой мышцы, управляющей одним суставом, есть собственный генератор. Когда человек движется, такие генераторы работают в едином режиме, оказывая друг на друга возбуждающее влияние.

Как известно, спинной мозг находится под непрерывным контролем высших двигательных центров. По отношению к локомоции этот контроль преследует ряд целей: 1) быстро запускает локомоцию, поддерживает постоянную скорость или изменяет ее, если требуется, а также прекращает ее в нужный момент времени; 2) точно соразмеряет движение (и даже отдельный шаг) с условиями среды; 3) обеспечивает достаточно гибкую позу, чтобы соответствовать различным условиям передвижения, таким, например, как ползание, плавание, бег по снегу, перенос груза и т.д.

Очень важную роль в этом контроле играет мозжечок, который обеспечивает коррекцию и точность постановки конечностей на основе сравнения информации о работе спинального генератора и реальных параметров движений. Предполагается, что мозжечок программирует каждый следующий шаг на основе информации о предыдущем. Другой важнейший уровень мозга, куда направляется информация о характере выполнения движения, это большие полушария с их таламическими ядрами, стриопаллидарной системой и соответствующими зонами коры головного мозга.

Обратная связь. Большое значение на этих уровнях контроля локомоции имеет

обратная связь, т.е. информация о результатах выполняемого движения. Она поступает от двигательных аппаратов к соответствующим мозговым центрам. Многие движения постоянно корректируются, благодаря показаниям соответствующих сенсорных датчиков, расположенных в скелетных мышцах и передающих информацию в разные отделы мозга вплоть до коры. Движения, базирующиеся на врожденных координациях, в меньшей степени требуют обратной связи от локомоторного аппарата. Наряду с этим все новые формы движения, в основе которых лежит формирование новых координационных отношений, всецело зависят от обратной связи со стороны двигательного аппарата.

Очень важно, что сенсорные коррекции способны изменить характер движения по ходу его осуществления. Без этого механизма человек не имел бы возможности овладевать новыми локомоторными актами (и не только «локомоторными шедеврами», которые демонстрируют мастера спортивной гимнастики, но и более простыми — такими, например, как езда на велосипеде). Суть дела в том, что сенсорные коррекции служат для уточнения динамического образа тела, максимально приближая его к требованиям осуществления движения.

Итак, простые движения (например, скачкообразные движения глаз или быстрые движения конечностей) выполняются практически без проприоцептивной обратной связи по жесткой «запаянной» программе. Любое же сложное движение требует предварительного программирования. Для сложных движений очень важно непрерывное по времени сличение их конкретной реализации на основе обратной афферентации со сформированной программой, моделью сложного движения. Эти сличения передаются к аппаратам программирования по каналам внутренней обратной связи, для того, чтобы вовремя суметь перестроить или перепрограммировать программу (модель) сложного движения, в случае, например, резкого изменения внешней ситуации.

Следует особо подчеркнуть, что с помощью обратной связи кора информируется не об отдельных параметрах движений, а о степени соответствия предварительно созданной двигательной программы тому наличному движению, которое достигается в каждый момент времени.

Манипуляторные движения — яркий пример произвольных движений, которые обусловлены мотивацией. Эти движения локальны и решают следующие задачи: 1) выбор ведущего мышечного звена; 2) компенсация внешней нагрузки; 3) настройка позы; 4) соотнесение координат цели и положения собственного тела.

Отличительной чертой манипуляторных движений является их зависимость от центральной программы, поэтому ведущая роль в их осуществлении играют фронтальная кора, базальные ганглии и мозжечок. Ведущая роль в программировании быстрых манипуляторных движений принадлежит мозжечковой системе, а в программировании медленных — базальным ганглиям.

11.3. Функциональная организация произвольного движения

Программирование движений. Каждому целенаправленному движению предшествует формирование программы, которая позволяет прогнозировать изменения внешней среды и придать будущему движению адаптивный характер. Результат сличения двигательной программы с информацией о движении, передающейся по системе обратной связи, является основным фактором перестройки программы. Последнее зависит от мотивированности движения, его временных параметров, сложности и автоматизированности.

Мотивации определяют общую стратегию движения. Каждый конкретный двигательный акт нередко представляет собой шаг к удовлетворению той или иной потребности. Биологические мотивации приводят к запуску либо жестких, в значительной степени генетически обусловленных моторных программ, либо формируют новые сложные программы. Однако мотивация определяет не только цель движения и его программу, она же обуславливает зависимость движения от внешних стимулов. В качестве обратной связи здесь выступает удовлетворение потребности.

Двигательная команда определяет, как будет осуществляться запрограммированное движение, т.е. каково распределение во времени тех эфферентных залпов, направляемых к мотонейронам спинного мозга, которые вызовут активацию различных мышечных групп. В отличие от программы команды движения должны точно соответствовать функциональному состоянию самого скелетно-двигательного аппарата как непосредственного исполнителя этих команд. Непосредственное управление движением обуславливается активностью моторной зоны коры, полосатого тела и мозжечка. Полосатое тело участвует в преобразовании «намерения действовать» в соответствующие «командные сигналы» для инициации и контроля движений.

Особую роль в программировании движения играют ассоциативные системы мозга и, в первую очередь, таламопариетальная ассоциативная система. Во-первых, именно она участвует в формировании интегральной схемы тела. При этом все части тела соотносятся не только друг с другом, но и с вестибулярными и зрительными сигналами. Во-вторых, она регулирует направление внимания к стимулам, поступающим из окружающей среды так, чтобы учитывалась ориентация всего тела относительно этих стимулов. Эта система «привязана» к настоящему моменту времени и к анализу пространственных взаимоотношений разномодальных признаков.

Таламофронтальная ассоциативная система отвечает за переработку информации о мотивационном состоянии и происходящих в организме вегетативных изменениях. Фронтальная ассоциативная область коры опосредует мотивационные влияния на организацию поведения в целом благодаря связям с другими ассоциативными областями и подкорковыми структурами. Таким образом, фронтальные отделы коры больших полушарий, контролируя состояние внутренней среды организма, сенсорные и моторные механизмы мозга, обеспечивают гибкую адаптацию организма к меняющимся условиям среды.

Функциональная структура произвольного движения. В обеспечении любого движения принимают участие разнообразные компоненты нервной системы, поэтому один из главных вопросов состоит в том, как обеспечивается единовременность и согласованность команды, поступающей к исполнительным аппаратам. Независимо от стратегии и тактики конкретного движения, основная задача двигательной системы, обеспечивающей программу действия, заключается в координации всех компонентов команды.

ЦНС располагает некоторым числом генетически закрепленных программ (например, локомоторная программа шагания, базирующаяся на активности спинального генератора). Такие простые программы объединяются в более сложные системы типа поддержания вертикальной позы. Подобное объединение происходит в результате обучения, которое обеспечивается благодаря участию передних отделов коры больших полушарий.

Самой сложной и филогенетически самой молодой является способность формировать последовательность движений и предвидеть ее реализацию. Решение этой задачи связано с фронтальной ассоциативной системой, которая запоминает и хранит в памяти такие И последовательности движений. Высшим отражением этого кодирования у человека является вербализация или словесное сопровождение основных понятий движения.

Всеобщей закономерностью работы системы управления движениями является использование обратной связи. Сюда входит не только проприоцептивная обратная связь от начавшегося движения, но и активация систем поощрения или наказания. Кроме того, включается и внутренняя обратная связь, т.е. информация об активности нижележащих уровней двигательной системы или эфферентная копия самой двигательной команды. Этот вид обратной связи необходим для выработки новых двигательных координаций. Для движений различной сложности и скорости обратная связь может замыкаться на разных уровнях. Поэтому оба типа управления — программирование и слежение — могут

сосуществовать в системе управления одним и тем же движением.

В связи с вышеизложенным целесообразно привести высказывание выдающегося физиолога Н. А. Бернштейна о том, что движение ... «ведет не пространственный, а смысловой образ и двигательные компоненты цепей уровня действий диктуются и подбираются по смысловой сущности предмета и того, что должно быть проделано с ним» (1974, с. 131).

11.4. Электрофизиологические корреляты организации движения

Электрофизиологические методы используются для изучения разных сторон двигательной активности, и, в первую очередь, тех из них, которые недоступны прямому наблюдению. Ценную информацию о физиологических механизмах организации движения дают методы оценки взаимодействия зон коры мозга, анализ локальной ЭЭГ и потенциалов, связанных с движением, а также регистрация активности нейронов.

Исследование межзональных связей биопотенциалов мозга позволяет проследить динамику взаимодействия отдельных зон коры на разных этапах выполнения движения, при обучении новым двигательным навыкам, выявить специфику межзонального взаимодействия при разных типах движений.

Пространственная синхронизация (ПС), т.е. синхронная динамика электрических колебаний, регистрируемых из разных точек больших полушарий, отражает такое состояние структур мозга, при котором облегчается распространение возбуждения и создаются условия для межзонального взаимодействия. Метод регистрации ПС был разработан выдающимся отечественным физиологом М.Н. Ливановым.

Исследования ритмических составляющих ЭЭГ отдельных зон и их пространственно-временных отношений у человека во время выполнения произвольных движений дал реальную возможность подойти к анализу центральных механизмов функциональных взаимодействий, складывающихся на системном уровне при двигательной деятельности. Корреляционный анализ ЭЭГ, зарегистрированной во время выполнения ритмических движений, показал, что у человека в корковой организации движений принимают участие не только центры моторной коры, но также лобные и нижнетеменные зоны.

Обучение произвольным движениям и их тренировка вызывают перераспределение межцентральных корреляций корковых биопотенциалов. В начале обучения общее число центров, вовлеченных в совместную деятельность, резко возрастает, и усиливаются синхронные отношения ритмических составляющих ЭЭГ моторных зон с передними и задними ассоциативными областями. По мере овладения движением общий уровень ПС значительно снижается, и, напротив, усиливаются связи моторных зон с нижнетеменными.

Важно отметить, что в процессе обучения происходит перестройка ритмического состава биопотенциалов разных зон коры: в ЭЭГ начинают регистрироваться медленные ритмы, совпадающие по частоте с ритмом выполнения движений. Эти ритмы в ЭЭГ человека получили название «меченых». Такие же меченые колебания были обнаружены у детей дошкольного возраста при совершении ими ритмических движений на эргографе.

Систематические исследования ЭЭГ человека во время осуществления циклической (периодически повторяющейся) и ациклической двигательной активности позволили обнаружить значительные изменения в динамике электрической активности коры больших полушарий. В ЭЭГ происходит усиление как локальной, так и дистантной синхронизации биопотенциалов, что выражается в нарастании мощности периодических составляющих, в изменениях частотного спектра авто- и кросскоррелограмм, в определенной со-настройке максимумов частотных спектров и функций когерентности на одной и той же частоте.

ПС и время реакции. Время реакции — один из наиболее простых двигательных показателей. Поэтому особый интерес представляет тот факт, что даже простая

двигательная реакция может иметь различающиеся физиологические корреляты в зависимости от увеличения или сокращения ее длительности. Так, при сопоставлении картины межцентральных корреляционных отношений спектральных составляющих ЭЭГ мозга со временем простой двигательной реакции выяснилось, что перестройка пространственно-временных отношений ЭЭГ ассоциативных зон связана с временем реакции на заданный стимул. При быстрых реакциях у здорового человека чаще всего высокие корреляционные связи биопотенциалов возникали в обеих нижнетеменных областях (несколько больше в левом полушарии мозга). Если время реакции возрастало, это сопровождалось синхронизацией биопотенциалов в лобных отделах коры и из взаимодействия исключалась нижнетеменная область левого полушария. Кроме того, была обнаружена зависимость между величинами фазовых сдвигов альфа-ритма, зарегистрированного в лобных, прецентральных и затылочных областях мозга и скоростью простой двигательной реакции.

Важно отметить, что усиление синхронизации биопотенциалов наступает у человека уже в предрабочем состоянии в процессе сосредоточения перед двигательным действием, а также при мысленном выполнении движений.

ПС и специфика движения. Кроме неспецифического усиления пространственной синхронизации биопотенциалов было отмечено ее выраженное избирательное нарастание между зонами коры, непосредственно участвующими в организации конкретного двигательного акта. Например, наибольшее сходство в электрической активности устанавливается: при движении рук — между лобной областью и моторным представительством мышц верхних конечностей; при движении ног — между лобной областью и моторным представительством мышц нижних конечностей. При точностных действиях, требующих тонкой пространственной ориентации и зрительного контроля (стрельба, фехтование, баскетбол) усиливаются взаимодействия между зрительными и моторными областями.

Была выявлена сложная динамика ПС биопотенциалов различных участков мозга у спортсменов при выполнении различных упражнений и показана зависимость нарастания взаимодействия ритмических составляющих ЭЭГ от режима двигательной деятельности, от квалификации спортсменов, от способности человека решать тактические задачи, от сложности ситуации. Так, у спортсменов высокой квалификации межцентральные взаимодействия выражены гораздо интенсивнее и локализованы более четко. Выяснилось также, что более сложные двигательные задачи требуют для своего успешного решения более высокого уровня пространственной синхронизации ритмов ЭЭГ, а время решения тактических задач коррелирует со скоростью нарастания межцентральных взаимодействий. При этом двигательный ответ следует после достижения максимума синхронности биопотенциалов в коре головного мозга.

В совокупности исследования ПС биопотенциалов мозга у человека позволили установить, что при выполнении простых и сложных двигательных актов во взаимодействия вступают разные центры мозга, образуя при этом сложные системы взаимосвязанных зон с фокусами активности не только в проекционных, но и в ассоциативных областях, особенно лобных и нижнетеменных. Эти межцентральные взаимодействия динамичны и изменяются во времени и пространстве по мере осуществления двигательного акта.

11.5. Комплекс потенциалов мозга, связанных с движениями

Одним из важных направлений в исследовании психофизиологии двигательного акта является изучение комплекса колебаний потенциалов мозга, связанных с движениями (ПМСД). Значение этого феномена для понимания физиологических механизмов организации движения очень велико, потому что изучение ПМСД позволяет выявить скрытую последовательность процессов, происходящих в коре мозга при подготовке и выполнении движения, и хронометрировать эти процессы, т.е. установить временные границы их

протекания.

Компонентный состав ПМСД. Впервые этот комплекс, отражающий процессы подготовки, выполнения и оценки движения, был зарегистрирован в 60-е годы. Оказалось, что движению предшествует медленное отрицательное колебание — потенциал готовности (ПГ). Он начинает развиваться за 1,5 — 0,5 с до начала движения. Этот компонент регистрируется преимущественно в центральных и лобноцентральных отведениях обоих полушарий. За 500 — 300 мс до начала движения ПГ становится асимметричным — его максимальная амплитуда наблюдается в прецентральной области, контралатеральной движению. Примерно у половины взрослых испытуемых на фоне этого медленного отрицательного колебания незадолго до начала движения регистрируется небольшой по амплитуде положительный компонент. Он получил название премоторная позитивность (ПМП). Следующее по порядку быстро нарастающее по амплитуде отрицательное колебание, так называемый моторный потенциал (МП), начинает развиваться за 150 мс до начала движения и достигает максимальной амплитуды над областью моторного представительства движущейся конечности в коре головного мозга. Завершается этот комплекс потенциалов положительным компонентом примерно через 200 мс после начала движения.

Функциональное назначение компонентов ПМСД. Принято считать, что потенциал готовности (ПГ) возникает в моторной коре и связан с процессами планирования и подготовки движения. Он относится к классу медленных отрицательных колебаний потенциала мозга, возникновение которых объясняют активацией нейронных элементов соответствующих участков коры.

Гипотезы относительно функционального значения ПМП различны. Это колебание рассматривают и как отражение подачи центральной команды от коры к мышцам, и как результат релаксации коры после завершения определенного этапа организации движения и как отражение процессов подавления ассоциированных движений Другой конечности и как обратную связь от мышечных афферентов. " настоящее время некоторые авторы полагают, что ПМП являются лишь отражением начала моторного потенциала.

При регистрации МП у обезьян в составе МП были выделены Два субкомпонента. Первый субкомпонент соотносят с активацией моторной коры, связанной с инициацией движения (синаптическая активность пирамидных нейронов), а второй — с активацией полей 2.3 и 4 по Бродману. Регистрация МП у человека, больного эпилепсией, позволила выделить в нем три компонента: первый компонент был назван потенциалом инициации. Он имеет высокую амплитуду и возникает после начала движения в прецентральной контралатеральной коре. Второй, возникающий после начала миограммы, более локализованный в контралатеральном соматосенсорном поле может быть связан как с инициацией движения, так и с сенсорной обратной связью. Третий компонент отражает импульсацию, поступающую с мышечных афферентов в кору.

Следующий за МП позитивный потенциал рассматривается как отражение обратной афферентации, поступающей с периферических рецепторов (участвующей в операции сравнения между моторной программой и нейронной картиной ее исполнения) или процессов релаксации коры после выполнения движения.

Волна ожидания. Помимо ПМСД описан еще один электрофизиологический феномен, который по своей сути близок потенциалу готовности. Речь идет об отрицательном колебании потенциала, регистрируемого в передних отделах коры мозга в период между действием предупреждающего и пускового (требующего реакции) сигналов. Это колебание имеет ряд названий: волна ожидания, E-волна, условное негативное отклонение (УНВ). E-волна возникает через 500 мс после предупредительного сигнала, ее длительность растет с увеличением интервала между первым и вторым стимулами. Амплитуда E-волны растет прямо пропорционально скорости двигательной реакции на пусковой стимул. Она увеличивается при напряжении внимания и увеличении волевого усилия, что свидетельствует о связи этого электрофизиологического явления с

механизмами произвольной регуляции двигательной активности и поведения в целом.

11.6. Нейронная активность

Функциональные вертикальные колонки. В моторной зоне коры у человека имеются так называемые гигантские пирамидные клетки Беца, которые организованы в обособленные колонки. Пирамидные клетки, выполняющие сходные функции, расположены рядом друг с другом, иначе было бы трудно объяснить точную соматотопическую организацию коры. Такие двигательные колонки способны возбуждать или тормозить группу функционально однородных мотонейронов.

Регистрация активности одиночных пирамидных клеток с помощью вживленных микроэлектродов у животных, выполняющих различные движения, позволила установить принципиально важный факт. Нейроны коры, регулирующие деятельность какой-либо мышцы, не сосредоточены в пределах только одной колонки. Двигательная колонка в значительной степени представляет собой функциональное объединение нейронов, регулирующих деятельность нескольких мышц, действующих на тот или иной сустав. Таким образом, в колонках пирамидных нейронов моторной коры представлены не столько мышцы, сколько движения.

Нейронные коды моторных программ. Кодирование информации в нейроне осуществляется частотой его разрядов. Анализ импульсной активности нейронов при выработке у животных различных моторных программ показал, что в их построении участвуют нейроны разных отделов двигательной системы, выполняя при этом специфические функции. По некоторым представлениям включение моторных программ происходит благодаря активации так называемых командных нейронов. Командные нейроны находятся, в свою очередь, под контролем высших корковых центров. Торможение командного нейрона приводит к остановке контролируемой им программы, возбуждение, напротив, к активизации нервной цепи и актуализации моторной программы.

Вовлечение командных нейронов в целостную деятельность мозга определяется текущей мотивацией и конкретной двигательной программой, направленной на удовлетворение этой мотивации. Двигательная программа, чтобы носить приспособительный характер, должна учитывать все сигнально значимые компоненты внешней среды, относительно которых совершается целенаправленное Движение, т.е. должна строиться на принципе мультисенсорной конвергенции.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Адам Г. Восприятие, сознание, память. — М.: Мир, 1983.
2. Айзенк Г. Интеллект: новый взгляд // Вопросы психологии. 1995
3. Батуев А.С. Функции двигательного анализатора. — Л.: Наука, 1970.
4. Вартянян И. В. Физиология сенсорных систем. — СПб.: Лань, 1999.
5. Дельгадо Х. Мозг и сознание. — М.: Мир, 1971.
6. Дубровский Д. И. Информация, сознание, мозг. — М.: Высшая школа, 1980.
7. Дубровинская Н.В. Нейрофизиологические механизмы внимания. — Л.: Наука, 1985.
8. Иваницкий А.М., Стрелец В. Б., Корсаков И, А. Информационные процессы мозга и психическая деятельность. — М.: Наука, 1984.
9. Костандов Э.А. Функциональная асимметрия полушарий и неосознаваемое восприятие. — М.: Наука, 1983.
10. Лебедев А.Н. Психофизиологические закономерности восприятия и памяти. — М., Наука, 1985.
- И.Лурия А. Р. Функциональная организация мозга// Естественные основы психологии /под ред. А.А.Смирнова, А.Р.Лурии, В. Д. Небылицына. — М.: Педагогика, 1978.
- 12.Наатанен Р. Внимание и функции мозга. — М.: МГУ, 1998.

13. Нейрофизиологические механизмы внимания /под ред. Е.Д.Хомской. — М.: МГУ, 1979.
14. Невская А.А., Леушина Л. И. Асимметрия полушарий и опознание зрительных образов. — Л.: Наука, 1990.
15. Прибрам К. Языки мозга. — М.: Прогресс, 1975.
16. Роуз С. Устройство памяти. От молекул к сознанию. — М.: Мир, 1995.
- П.Соколов Е.Н., Вайткявичус Г. Г. Нейроинтеллект. От нейрона к нейрокомпьютеру. — М.: Наука, 1989.
18. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. — М.: Мир, 1991.
19. Хамская Е.Д. Мозг и активация. — М.: МГУ, 1973.
20. Эвартс Э. Механизмы головного мозга, управляющие движением // Мозг. — М.: Мир. 1982.

Глава 12

12. Основные понятия, представления и проблемы

Возрастная психофизиология — область психологии, возникшая на стыке психологии развития и возрастной физиологии. Предмет ее исследования — возрастные преобразования физиологических основ психики и поведения в ходе онтогенеза, в первую очередь, на его ранних (развитие) и поздних (старение) этапах. Поскольку период стационарного телесного функционирования (зрелость) охватывает приблизительно половину онтогенеза, можно сказать, что другая его половина (развитие и старение) находится в сфере компетенции возрастной психофизиологии.

Задачи возрастной психофизиологии заключаются в том, чтобы установить, как возрастные изменения организма сказываются на психическом функционировании. В том случае, когда речь идет о раннем онтогенезе, задача формулируется таким образом: как связаны между собой биологическое созревание и психическое развитие.

Психологи утверждают, что главным источником психического развития является социальный опыт, приобретаемый ребенком в процессе обучения и воспитания. Биологические факторы (генетические, морфологические, физиологические) выступают как условия, обеспечивающие возможность развития психики. Однако эти условия в ходе онтогенеза существенно изменяются, создавая на каждом этапе специфические предпосылки для усвоения качественно нового опыта и формирования новых психических возможностей. Задача возрастной психофизиологии состоит в том, чтобы установить возрастное своеобразие этих условий, выявить последовательность их формирования в онтогенезе и показать, каким образом морфофункциональное созревание организма сказывается на психическом развитии ребенка.

12.1. Общее понятие о созревании

В возрастной физиологии при описании процессов онтогенеза используют, как правило, термины рост и развитие. Процессы роста характеризуются преимущественно количественным увеличением биомассы организма (за счет увеличения числа клеток и их размеров), поэтому они приводят к появлению количественных различий структур и функций развивающегося организма. Развитие подразумевает качественные преобразования, которые протекают за счет дифференцировочных процессов, обеспечивающих морфологическую и функциональную специализацию клеток, тканей и органов. Рост и дифференцировка — фундаментальные процессы, которые в силу различия биохимических механизмов всегда чередуются в ходе развития. Ростовые и дифференцировочные процессы обеспечивают образование органов (органогенез) и морфологических особенностей организма (морфогенез). Взятые вместе, эти процессы лежат в основе морфологического созревания организма.

Функциональное развитие, т.е. приобретение новых функций и преобразование уже имеющихся, наиболее полно описывается понятием системогенеза, разработанным в контексте теории функциональных систем П.К. Анохиным (см. главу 1.4). Образование систем (системогенез) осуществляется в соответствии со следующими принципами.

Функциональные системы и входящие в их состав компоненты созревают

избирательно и в разное время (принцип гетерохронного развития). Гетерохронность закладок тканей и органов в эмбриогенезе и темпов их созревания — наследственно закрепленная особенность развития. Морфофункциональное созревание идет за счет избирательного созревания только тех частей органа, которые участвуют в приспособительной деятельности эмбриона или новорожденного (принцип фрагментации органа). Развивающиеся вначале как независимые отдельные компоненты функциональной системы (нервные, соматические и другие) в определенный момент объединяются и начинают функционировать как единое целое (принцип консолидации). С момента консолидации функциональная система становится дееспособной, и реально это происходит задолго до того, как все ее компоненты достигнут окончательной зрелости (принцип минимального обеспечения).

Функциональные системы, формирующиеся в раннем онтогенезе призваны обеспечить полноценную жизнедеятельность развивающегося организма. Они отвечают и за поддержание гомеостаза, и за формирование адаптивного поведения и за приобретение индивидуального опыта (Судаков, 1987; Александров, 1997).

Очевидно, однако, что не все системы организма имеют равное значение для развития и функционирования психики, поэтому в общем русле биологического созревания организма человека целесообразно выделить направление, которое имеет решающее значение для полноценного психического развития. Речь идет о так называемом психофизиологическом созревании. Психофизиологическое созревание — это процесс, определяющий последовательность возрастных изменений (морфо- и системогенез) в центральной нервной системе и других системах организма, обеспечивающих условия для возникновения и реализации психических функций.

Созревание охватывает длительный период времени, поэтому для характеристики отдельных этапов развития используется понятие зрелости или степени зрелости. Эта характеристика меняется в ходе онтогенеза до тех пор, пока не достигнет конечного уровня, т.е. уровня полной зрелости, характерной для взрослого человека. С понятием зрелости связан основной принцип возрастной физиологии — принцип гетерохронности развития. В соответствии с ним различные системы и функции созревают с разной скоростью и достигают полной зрелости на разных этапах индивидуального развития. Это означает, в свою очередь, что до достижения полной зрелости каждый возрастной этап имеет свою неповторимую психофизиологическую структуру, в значительной степени определяющую психологические возможности данного возраста.

12.1.1. Критерии созревания

К настоящему времени выработаны определенные критерии, по которым можно судить о динамике процессов созревания и степени зрелости отдельных физиологических систем организма. Оценка зрелости может проводиться на морфологическом и функциональном уровнях, т.е. можно говорить о зрелости как самого субстрата (например, тех или иных образований нервной системы), так и его функций (в том числе поведенческих, например, способности к произвольной саморегуляции).

Специальные морфологические исследования позволяют судить о зрелости ЦНС по разным признакам. Это могут быть размеры нервных клеток, количество и длина их отростков, толщина слоя коры, размеры отдельных мозговых структур и т.д. Установлено, что важным критерием созревания, например, является образование изолирующей миелиновой оболочки на проводящих путях (нервных волокнах), в результате чего значительно увеличивается скорость проведения нервных импульсов.

Динамика морфологического созревания в настоящее время привлекает особое внимание психологов. По некоторым данным в интервале от рождения до двух лет происходит интенсивный и избыточный синаптогенез — образование синапсов (контактов между нейронами). Количество этих контактов в раннем онтогенезе значительно выше, чем у взрослых. Постепенно уменьшаясь, количество морфологических контактов

доходит до уровня, типичного для взрослых, приблизительно к семи годам. Существенно, что сохраняются именно те контакты, которые оказываются непосредственно включенными в обработку внешних воздействий. Под влиянием опыта происходит процесс, который получил название селективной стабилизации синапсов.

Поскольку избыточная синаптическая плотность рассматривается как морфологическая основа усвоения опыта, эти данные свидетельствуют о высокой потенциальной способности к усвоению опыта детей раннего возраста. Кроме того, можно полагать, что воспринимаемый благодаря этому на данном возрастном этапе опыт образно говоря «встраивается» в морфологию мозговых связей, в известной мере определяя их богатство, широту и разнообразие.

Поскольку морфологические критерии разрабатываются на клиническом материале, в большинстве своем патологическом, особое значение для характеристики зрелости нормальной детской популяции имеют функциональные критерии психофизиологического созревания.

Функциональные критерии созревания. К числу таковых, в первую очередь, относятся показатели биоэлектрической активности головного мозга, определяемые по электроэнцефалограмме (ЭЭГ).

Возрастные изменения биоэлектрической активности мозга охватывают значительный период онтогенеза от рождения до юношеского возраста. При этом в ЭЭГ отражаются устойчивые индивидуальные и возрастные особенности этой активности. Кроме того, ЭЭГ различна в разных областях мозга одного и того же человека. Наконец, в ЭЭГ можно зарегистрировать различные типы вызванной активности: ответов мозга на внешние воздействия, которые будут различаться у разных людей в разных возрастах и в разных мозговых зонах (см. главу 2.1.1. и 2.1.2). Многие параметры индивидуальной ЭЭГ коррелируют с самыми разными психологическими особенностями человека. Все это делает ее очень удобным инструментом для изучения созревания центральной нервной системы.

По совокупности данных выделяются следующие признаки, характеризующие степень зрелости биоэлектрической активности головного мозга: 1) особенности частотно-амплитудного спектра ЭЭГ; 2) наличие устойчивой ритмической активности; 3) средняя частота доминирующих волн; 4) особенности ЭЭГ в разных областях мозга; 5) особенности генерализованной и локальной вызванной активности мозга; 6) особенности пространственно-временной организации биопотенциалов мозга.

Исследования возрастной динамики ЭЭГ проводятся в состоянии покоя, в других функциональных состояниях (сон, активное бодрствование и др.), а также при действии разных стимулов (зрительных, слуховых, тактильных). Они включают изучение частотного состава ЭЭГ, зональных особенностей и межзонального взаимодействия. Такой подход дает возможность установить, во-первых, динамику функционального созревания отдельных зон коры мозга; во-вторых, последовательность включения мозговых структур в совместную деятельность и совершенствование этой деятельности в процессе индивидуального развития.

Таким образом, функциональные критерии зрелости по показателям ЭЭГ мозга весьма разнообразны. Однако, интенсивная компьютеризация электрофизиологических исследований сделала возможной объективную оценку и формализацию множества показателей, извлекаемых из электроэнцефалограммы. Тем самым фактически созданы условия для возникновения новой области диагностики, условно обозначаемой как «нейрометрика». Использование стандартизированной процедуры регистрации фоновой и вызванной биоэлектрической активности, извлечение широкого спектра электроэнцефалографических показателей, построение полигонов распределений и получение нормативных данных открывают путь к индивидуальной диагностике функциональной зрелости ЦНС у детей разных возрастов.

Рефлекторные критерии созревания. Важное место среди функциональных

критериев психофизиологического созревания занимают поведенческие, из них наиболее изучены показатели, отражающие возрастную динамику рефлекторной деятельности. Известно, например, что дети рождаются с целым набором безусловных рефлексов (поисковым, хватательным, сосательным, шейным, тоническим и др.). Наличие этих рефлексов свидетельствует о функциональной зрелости ЦНС новорожденного, однако, к концу первого года жизни большинство из них исчезает. При этом существует четкая связь между созреванием мозга и исчезновением большинства из этих простейших рефлексов. Причина в том, что многие из них контролируются подкорковыми структурами, в первую очередь, средним мозгом, который развивается у плода с большим опережением.

Таким путем простейшие рефлексы постепенно уступают место более сложным рефлекторным реакциям и условно-рефлекторным поведенческим комплексам, в обеспечении которых решающую роль играет кора головного мозга. В разные сроки возникают способности к образованию положительных и тормозных условных рефлексов на внутренние (интероцептивные) и внешние (экстероцептивные) раздражители. Появление способности такого рода можно рассматривать в качестве маркера или показателя психофизиологического созревания.

Локомоторные критерии созревания. С психофизиологическим созреванием связываются также возникающие на определенном этапе раннего онтогенеза способности к перемещению в пространстве (локомоции). В специальных руководствах нередко приводится своеобразный календарь развития двигательной активности детей раннего возраста. В нем указывается, когда ребенок начинает сидеть, вставать, ползать, ходить, т.е. дается хронологическая последовательность появления возможностей младенца, постепенно обеспечивающих полноценную организацию двигательного поведения. Причем сроки созревания по этому календарю, видимо, в значительной степени определяются факторами генотипа.

Косвенно об этом свидетельствуют интересные факты, полученные при изучении развития навыков ходьбы у индейцев племени Хопи (Бауэр, 1979). В системе традиционного воспитания Хопи туго спеленутых младенцев привязывают к доске, освобождая только один или два раза в день для смены пеленок. Таких младенцев сравнивали потом с детьми Хопи, которые росли без ограничения их двигательной активности. Оказалось, что дети той и другой группы начали ходить без поддержки в возрасте около 15 месяцев. Таким образом, жесткое ограничение движения радикально не меняет сроки созревания. Было бы, однако, преждевременно на этой основе судить о том, что опыт не оказывает влияния на локомоторное развитие младенца.

Жизненные наблюдения, экспериментальные и клинические данные, а также некоторые теоретические представления дают основания полагать, что определенная хронология психофизиологического созревания является условием развития перцептивной деятельности, речи, мыслительных операций. Однако, эти аспекты психофизиологического созревания изучены очень мало.

Тем не менее есть прямые указания на то, что биологическое созревание, в частности развитие двигательной активности связано с развитием речи. По утверждению известного психолога Е. Лененберга дети начинают говорить не раньше и не позже, чем достигнут определенной стадии физического созревания. Этапы овладения речью реализуются на основе последовательности процессов созревания, причем можно установить отчетливые параллели между развитием движений и речи.

Темп созревания. Динамика функционального созревания ЦНС может быть охарактеризована как количественно, так и качественно. Качественные изменения предполагают возникновение новообразований в морфологии, биоэлектрической активности, поведении. Количественные изменения характерны для континуально меняющихся параметров, т.е. для тех параметров, изменения которых могут быть прослежены на длительных отрезках онтогенеза. Для некоторых из них даже

предпринимаются попытки построения формальных математических моделей, описывающих закономерности возрастной динамики.

В связи с этим целесообразно остановиться на понятии скорости или темпа созревания. Темп характеризует интенсивность процессов возрастного развития ЦНС и других систем организма на отдельных отрезках онтогенеза. Темп возрастных преобразований изменяется в ходе развития, и ребенок переживает периоды ускорения и замедления биологического созревания.

Данное положение лучше всего иллюстрирует так называемый пубертатный скачок роста, суть которого в резком увеличении скорости ростовых процессов в период полового созревания. Ранние стадии пубертата связаны с активным выделением гормона роста, который стимулирует рост костей и поперечно-полосатой мускулатуры, поэтому в начале пубертата подростки быстро «удлиняются» и «худеют». Пубертатный скачок касается практически всех органов и тканей, хотя и не в равной мере. Количественным выражением этих процессов служат так называемые кривые роста, которые демонстрируют прирост оцениваемого показателя в зависимости от возраста.

Синхронность созревания. Выше указывалось, что принцип гетерохронности предполагает разную скорость созревания различных систем организма, при этом выделяются два вида гетерохронии: внутрисистемная и межсистемная. Внутрисистемная гетерохрония характеризует разную скорость формирования различных по сложности компонентов внутри одной функциональной системы. Межсистемная гетерохрония в свою очередь характеризует разные сроки формирования отдельных функциональных систем на последовательных этапах онтогенеза.

Очевидно, однако, что различия в темпах созревания отдельных систем и их компонентов не должны нарушать возможности их согласованной работы, поскольку организм человека с момента зачатия функционирует как единое целое. По этой причине разница в скорости созревания с необходимостью ставит вопрос о согласованности и координации процессов созревания, протекающих в разных физиологических системах и на разных уровнях в структуре индивидуальности развивающегося человека.

На физиологическом уровне проблема синхронизации роста и дифференцировочных процессов до сих пор остается нерешенной. Предполагается, что в синхронизации принимают участие центральная нервная и эндокринная системы организма. Доказано, например, синхронизирующее влияние на процессы дифференцировки и роста ряда гормонов (в частности, гормона роста и половых гормонов). Однако детальные механизмы синхронизации пока не изучены (Розен, 1994.).

Наряду с этим в высшей степени актуальной представляется проблема синхронизации процессов развития в структуре целостной человеческой индивидуальности (см. главу 1.5). По аналогии с вышесказанным ее можно условно определить как межуровневую синхронизацию. Реальное существование подобной синхронизации можно продемонстрировать на примере полового созревания, когда физиологические изменения влекут за собой существенные преобразования в психике подростка. В этой логике закономерно ставить вопрос о координации процессов психофизиологического созревания в структуре индивидуальности.

Гипотетически понятия синхронности и асинхронности можно рассматривать как противоположные полюсы континуума, один из которых представляет асинхронность, т.е. нарушение согласованности созревания одних структур/ функций / уровней по отношению к другим. Противоположный полюс континуума будет соответствовать крайней синхронности созревания. Чешский психолог И. Шванцара (1987) предложил следующую схему соотношения этих понятий.

ЗАМЕДЛЕНИЕ

АСИНХРОННОСТЬ

Синхронность Нормальное протекание развития

КРАЙНЯЯ СИНХРОННОСТЬ

УСКОРЕНИЕ

Из этой схемы следует, что должен существовать некоторый оптимальный вариант синхронизации всех процессов развития, нарушения которого в ту и другую сторону ведут к искажению нормального хода онтогенеза. Допускается также существование вариантов: синхронно ускоренное и синхронно замедленное развитие, асинхронно ускоренное и асинхронно замедленное. Асинхронное развитие (как и крайне синхронное) предположительно сопровождается нарушениями соматическими и психическими.

Данная схема, безусловно, имеет гипотетический характер, поскольку используемые в ней понятия не могут быть представлены в виде измеряемых конструктов, и, следовательно, не могут быть проверены экспериментально. Тем не менее отсутствие экспериментальной разработки этих понятий отнюдь не снижает их значимости для понимания процессов созревания организма как целого.

12.1.2. Возрастная норма

Наличие более или менее определенных критериев для оценки зрелости организма ребенка на каждом возрастном этапе позволяет говорить о существовании возрастной нормы. Однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что понятие нормы вообще и возрастной, в частности, определить и операционализировать, т.е. представить в форме доступной для измерения, весьма сложно. Выделяются следующие подходы к определению понятия норма.

Статистический подход. Он базируется на измерении индивидуальных различий по тем или иным показателям (например, рост, вес, показатель интеллекта). Величины измеренных по определенной шкале признаков всегда будут находиться в некотором диапазоне. Распределение большинства присущих людям свойств или признаков подчиняется нормальному закону. Такое распределение может быть представлено графически в виде кривой Гаусса или частотной кривой, которая имеет вид колокола и называется иногда колоколообразной кривой.

Как пишет известный словацкий ученый Л.Пожар: «с точки зрения статистической нормы, нормальным считается такое явление, которое находится в рамках средней величины или оговоренной меры распределения, как правило, выраженной в виде стандартного квадратичного отклонения. В противном случае такое явление считается ненормальным» (Пожар, 1996, с.50). Таким образом, статистические методы позволяют оценить однородность выборки и популяции с точки зрения изменчивости определенного количественного признака индивида.

Преимущества статистического подхода заключаются в том, что норму можно выразить в виде конкретного количественного показателя, например, средней величины или моды. Эта величина, служащая количественной характеристикой частоты появления определенного показателя, будет соответствовать общей норме, согласно которой большинство людей (детей и/или взрослых) признаются нормальными. Однако статистическое толкование нормы встречает ряд серьезных трудностей и расходится с реально существующими явлениями. Недостатки заключаются в следующем:

- 1) редко встречающиеся значения изучаемого признака признаются аномальными; в частности, при статистическом подходе одаренность следует рассматривать как отклонение от нормы, т.е. как патологию;
- 2) статистически определяемая норма имеет ситуативный характер; она дает представление о признаке «здесь и сейчас», и, строго говоря, не позволяет переносить результаты на другую популяцию, другие условия и другое время;
- 3) она применима, если используется один репрезентативный показатель; использование двух и более приведет к тому, что кривые распределения для каждого будут давать свой вариант границ нормы, а их объединение приведет к сужению диапазона нормы, взятого одновременно по двум и более показателям;
- 4) статистическое определение нормы не обеспечивает содержательного толкования самого понятия применительно к изучаемому признаку;

5) все функции, процессы и явления, которые нельзя выразить в количественном виде, вообще не могут быть оценены в категориях статистической нормы.

Функционально-системный подход. В теории функциональных систем обосновывается принципиально иной подход к понятию нормы. В этом случае норма понимается не как набор стандартных критериев, а как процесс, определяющий функциональный оптимум деятельности живого организма. Психологическая и физиологическая норма в этой теории трактуется как интервал оптимального функционирования живой системы с подвижными границами, в рамках которых сохраняется оптимальная связь со средой и сохраняется оптимальное согласование всех функций организма (Судаков, 1984). Возрастную норму при этом следует рассматривать как биологический оптимум функционирования живой системы, обеспечивающий адаптивное реагирование на факторы внешней среды (Безруких, Фарбер, 2000).

Такой подход позволяет по-новому подойти к толкованию понятия нормы и обеспечивает теоретическую интерпретацию его содержания (в отличие от статистической нормы). Однако такое толкование имеет слишком обобщенный характер и нуждается в конкретизации. Явно дискуссионными при этом подходе остаются способы описания возрастной нормы и установления ее критериев.

Медико-биологический подход. Этот подход базируется на имеющемся эмпирическом опыте, лежащем в основе оценки функционального состояния организма, в том числе центральной нервной системы. Считается, что о норме функционирования организма и психики человека можно судить по общепринятым показателям строения тела, функциональным измерениям различных органов и систем организма в покое и во взаимодействии с окружающей средой, по нормам психических реакций и поведения. Безусловно, однако, что сами нормативы, имеющие возрастные, половые, этнические и другие особенности, претерпевают постоянные изменения в зависимости от конкретных внутренних и внешних обстоятельств (социальных условий, развития науки и т.п.).

Иными словами, понятие нормы оказывается динамичной категорией, функционирующей, однако, в определенных пределах, которые, в свою очередь отражают наличие соответствующих структурных и функциональных предпосылок для нормальной жизнедеятельности организма и психики. В результате многолетних наблюдений, проводимых в медицине и возрастной физиологии, сложились вполне определенные и довольно четкие представления о возрастных нормах развития, которые в значительной степени опираются и на статистические оценки возрастных изменений, т.е. статистические нормы.

Принято считать, что типичный для каждого этапа онтогенеза уровень развития функций организма определяет средние нормативные показатели, а стандартные отклонения — их диапазон, при этом возрастная динамика тех и других соответствует основной направленности развития. Большинство индивидуальных вариаций в развитии обусловлено временными сдвигами в формировании физиологических систем. Отклонения от средних показателей связаны с индивидуальными различиями в уровне зрелости этих систем. Таким образом, норму можно рассматривать как диапазон колебаний, как конкретную исторически обусловленную систему показателей данной популяции, в пределах которой существует многообразие индивидуальных вариантов развития, последние могут группироваться в типы и образовывать типологические нормы.

12.1.3. Проблема периодизации развития

Проблема периодизации развития относится к числу наиболее сложных и до сих пор не имеющих однозначного решения проблем и психологии, и физиологии. Об этом свидетельствуют различные подходы к периодизации развития, существующие в этих науках. Проблема в значительной степени определяется отсутствием общепризнанного критерия, т.е. такого признака или показателя, который был бы равно принят и признан представителями разных наук.

Требования к критерию периодизации были сформулированы еще Л.С.Выготским,

который указывал: признак, на основании которого можно отличить одну эпоху детства от другой, должен быть: 1) показательным для суждения об общем развитии ребенка; 2) легко доступным наблюдению и 3) объективным. В качестве примера такого признака Выготский приводит процесс смены зубов. Действительно, это информативный показатель биологического созревания. Морфологи указывают, что он больше других соответствует календарному возрасту ребенка (Никитюк, Чтецов, 1990). Есть также данные о том, что существует корреляция между темпами смены зубов в дошкольном возрасте и некоторыми аспектами умственного (вербального) развития. Тем не менее ограниченность такого критерия очевидна. Он охватывает слишком короткий период онтогенеза, и, кроме того, будучи частным признаком, не дает представления о сути процессов, происходящих в организме на выделяемых с его помощью этапах развития. Похожие претензии можно предъявить и другим аналогичным подходам к периодизации (например, периодизация на основе критерия сексуального развития).

Известный физиолог И.А. Аршавский (1975) полагал, что в основу периодизации должны быть положены критерии, отражающие специфику целостного функционирования организма. По этой логике, представляется оправданным в качестве фундаментального критерия периодизации рассматривать процессы адаптации и адаптивные возможности организма. Как отмечают М.М. Безруких и Д.А. Фарбер (2000): «Особую роль в возрастной периодизации приобретают критерии, отражающие уровень развития и качественные изменения адаптивных механизмов, связанных с созреванием регуляторных структур центральной нервной системы и обуславливающих деятельность всех физиологических систем и поведение ребенка». Такая логика сближает физиологические и психологические подходы к проблеме возрастной периодизации и создает основу для выработки единой периодизации развития.

В этой связи уместно привести схему, характеризующую этапность нервно-психического реагирования детей и подростков и отражающую особенности нарушений адаптации на разных этапах развития (Щеплягина с соавт., 2000). Можно выделить следующие четыре этапа или уровня в развитии организма и типах нарушения при дезадаптации

1) 0 — 3 года; в этом возрасте наиболее развиты вегетативные отделы нервной системы и ответ на вредоносное воздействие среды находит свое выражение в виде нарушения вегетативных функций (расстройства пищеварения; нарушения цикла сна и бодрствования и т.п.).

2) 4 — 10 лет; в этом возрасте ускоренно развиваются двигательные функции и устанавливаются субординационные отношения между подкорковыми и корковыми уровнями в организации двигательных актов, при патогенных воздействиях в этом возрасте чаще возникают нарушения в двигательной сфере (тики, заикание и др.)

3) 7 — 12 лет; в этом возрасте наступает этап аффективного реагирования, обусловленный формированием и усложнением субъактивного опыта ребенка и его эмоциональных переживаний; на этом этапе дезадаптация проявляет себя в виде таких явлений, как повышенная возбудимость и страхи.

4) 12 — 16 лет; определяется как этап эмоционально-идеаторного нервно-психического реагирования; уровень психической зрелости в этом возрасте обеспечивает ее ответы в виде характерологических реакций. В качестве иллюстрации процессов дезадаптации в этом возрасте можно привести типологию акцентуаций характера подростков, предложенную А.Е. Личко (1977).

Приведенную схему не стоит рассматривать как вариант периодизации, поскольку она предложена для решения других задач. Однако она позволяет уточнить содержание понятия дезадаптации и выделить возрастную специфику психофизиологических механизмов этого явления.

Междисциплинарное решение проблемы периодизации развития осложняется

также таким явлением, как неоднозначность понятия возраст. В физиологии, психологии и социальных науках понятие возраста имеет свое содержание.

Биологический возраст. Значительные индивидуальные колебания в темпах созревания организма дали основания для введения такого понятия, как биологический возраст. Он определяется состоянием морфофункциональных особенностей организма по сравнению со статистически установленным средним уровнем развития, характерным для всей популяции данного хронологического возраста. Понятие биологического возраста включает три составляющих: скелетный (костный), зубной и возраст полового созревания. Представление о биологическом возрасте имеет значение, потому что для практических целей нередко нужно объединять детей не по календарному (паспортному) возрасту, а с учетом реально существующих различий в их развитии. У большинства детей биологический и календарный возраст совпадают. Однако нередко встречаются дети, у которых биологический возраст опережает календарный или, напротив, отстает от него.

Основными критериями биологического возраста считаются: 1) зрелость, оцениваемая по срокам прорезывания молочных и постоянных зубов; 2) скелетная зрелость (порядок и сроки окостенения скелета); 3) зрелость, оцениваемая по срокам наступления вторичных половых признаков. В последнее время при оценке биологического возраста стали использовать не только морфологические возрастные изменения, но и показатели зрелости физиологических систем организма.

Оценка биологического возраста проводится путем сопоставления соответствующих показателей развития обследуемого ребенка со стандартами, характерными для данной возрастной, половой и этнической группы. Индивидуальные различия в биологическом возрасте определяются многими факторами: генетическими и средовыми, как климато-географическими, экологическими, так и социо-культурными. По этой причине дети и подростки из разных этнических и социо-культурных групп при одинаковом календарном возрасте могут иметь различный биологический возраст (Никитюк, Чтецов, 1990).

Нужно отметить, что проблема возраста в науке приобретает все более дифференцированное толкование (Бочаров, 2000). Наряду с календарным и биологическим возрастом, для характеристики человека используются такие понятия, как социальный и психический возраст. Причем такие широко принятые в психологии и физиологии понятия, как дошкольный, школьный, студенческий, рабочий и пенсионный возраст представляют собой градации социального возраста, поскольку имеют явно социальное происхождение и содержание, определяемое нормативно-ролевыми характеристиками, существующими в данном обществе в конкретную историческую эпоху.

Дифференцируется и понятие психического возраста. Кроме умственного возраста, определяемого коэффициентом интеллекта, выделяют психосексуальный возраст (уровень эротических интересов и поведения), рекреационный возраст (соответствие досуга возрастным нормам) и т.д. В этой связи снова возникает проблема согласованности, в данном случае согласованности между разными категориями или аспектами возраста. Например, насколько психосексуальный возраст соответствует уровню индивидуальной физиологической зрелости подростка.

Сложившиеся в науке и практике представления обеспечивают некоторые в основном эмпирические представления о степени согласованности различных аспектов возраста, соответствующей нормальному ходу онтогенеза. Тем не менее существуют определенные типы или варианты развития, которые выделяются по объективным критериям рассогласования биологического, психического и календарного возраста.

Акселерация и ретардация. Наряду с типичными показателями уровня развития, характерными для большинства представителей определенной возрастно-половой группы, встречаются отклонения. Они сводятся к двум основным типам: акселерации и ретардации развития. Акселерация представляет собой ускорение физического развития и формирования функциональных систем организма детей и подростков. Различают два

вида акселерации: эпохальную и внутригрупповую.

Первая определяется как явление, присущее всем детям и подросткам в сравнении с предшествующими поколениями. Эпохальная акселерация была заметным явлением в 60 — 70-е годы XX века. В 80-е годы процесс стабилизировался, а с начала 90-х появились признаки противоположного явления — децелерации развития, т.е. широко наблюдаемого замедления процессов физического созревания детей и подростков (Зелинская, 1995). Причины этих явлений (массовой акселерации и децелерации) до конца не изучены. Высказывается предположение, что эпохальные процессы акселерации и децелерации имеют циклический характер. Это означает, что ускорение развития — явление временное, оно наступает периодически под влиянием экзогенных факторов (например, солнечной активности) или эндогенных (неизвестной природы), и на смену ему приходит ретардация — замедление физического развития.

Внутригрупповая или индивидуальная акселерация рассматривается, как ускоренное развитие отдельных детей и подростков в определенных возрастных группах. Число таких детей колеблется в пределах от 13% до 20% в разных возрастах. Ретардация развития возникает при задержке физического развития и формирования функциональных систем организма детей и подростков. Число ретардированных детей внутри разных возрастных группы составляет в среднем 13% — 20%. Ретардация развития может проявляться в разных сферах и иметь разную степень отклонения от статистической нормы. Необходимо различать ретардацию физического развития и задержку психического развития. Первая может существовать независимо от второй и нередко представляет собой вариант развития в пределах нормы. Описано, например, конституциональное замедление развития, обусловленное факторами наследственности и проявляющееся в отставании всего развития, в том числе полового созревания, на 2 — 3 года. В конечном итоге, эти дети проходят все стадии развития и достигают зрелости, но только с опозданием.

В связи с этим существует особая задача отделить замедленное развитие и созревание как вариант нормы от задержки развития, обусловленной патологическими процессами. Последнее особенно важно учитывать при определении школьной зрелости и готовности к обучению.

Таким образом, от 26% до 40% детей имеют динамику биологического созревания, отклоняющуюся от средних нормативных данных. По-видимому, можно утверждать, что каждому человеку присущ собственный темп индивидуального развития. Дети, имеющие одинаковый календарный возраст, могут реально находиться на разных этапах возрастного развития. Несоответствие календарного и биологического возраста ребенка позволяет оценить темп индивидуального развития.

По современным представлениям, скорость роста и развития на разных этапах онтогенеза в определенной степени зависит от конституциональной принадлежности ребенка и его гормонального статуса (Хрисанфова, 1990). Так, например, у представителей дигестивного и, по-видимому, мышечного типов по сравнению с астеникальным типом раньше начинается период полового созревания и, по-видимому, они в более раннем возрасте достигают половой зрелости (Сонькин, 2000). Известно также, что ростовые процессы у представителей мышечного типа заканчиваются раньше, чем у людей астенического телосложения.

Наряду с конституциональными, чрезвычайно выражены половые различия в темпах созревания: у девочек созревание идет быстрее, соответственно этому имеют место половые различия по целому ряду показателей, свидетельствующие о более раннем наступлении зрелости у девочек.

Итак, психофизиологическое созревание, определяющее очередность возрастных изменений в центральной нервной системе и некоторых других системах организма (эндокринной, опорно-двигательной) обеспечивает условия для возникновения и реализации психических функций. По морфологическим и функциональным показателям можно

судить о процессах созревания и степени зрелости структур и функций организма на отдельных этапах онтогенеза каждого конкретного ребенка. Однако в последовательности процессов созревания отражается как общее, так и индивидуальное в развитии ребенка. Индивидуализация касается, в первую очередь, темпа созревания (скорости возрастных преобразований).

Нередко высказывается мнение, что акселерация физического развития не оказывает влияния на темпы психического развития и это создает трудности в обучении и воспитании ускоренно созревающих детей. Действительно большинство детей, обнаруживающих признаки преждевременного полового созревания, склонны к отставанию в развитии умственных способностей. В то же время, немецкий психолог Х. Ремшмидт (1994), обобщая данные ряда исследований, указывает, что конституционально рано развивающиеся дети и так называемые соматические акселераты обнаруживают более высокие показатели умственного развития и лучшую социальную приспособляемость. Размеры тела влияют на успехи рано созревающих подростков, у более крупных детей успеваемость лучше, чем у мелких, они пользуются симпатией окружающих и уверены в себе. В противоположность этому, у поздно созревающих подростков меньше веры в себя, больше сомнений в осуществимости своих планов. Некоторые из этих особенностей, по-видимому, сохраняются и на более поздних этапах онтогенеза.

Таким образом, конституциональные особенности ребенка (в том числе и темп созревания), создают специфические условия для его психического и социального развития — более благоприятные для одних детей и менее благоприятные для других. Как уже отмечалось выше, темп созревания — характеристика относительно непостоянная, поэтому в жизни индивида на смену выраженному ускорению темпов созревания может прийти замедление развития и напротив, изначально замедленное созревание может ускориться и привести к акселерационному скачку. Эти явления адекватно описываются понятием «индивидуальная траектория развития». Оно подразумевает возможные ускорения и замедления созревания, а также определенную меру онтогенетической стабильности характеристик индивида в ходе онтогенеза.

12.1.4. Преимственность процессов созревания

Преимственность процессов созревания в онтогенезе тесно связана с такими понятиями, как непрерывность (континуальность) / прерывистость (дискретность) развития. Непрерывность в общем виде интерпретируется, как преимственность процессов развития человека и формирования индивидуальных особенностей. Если процесс созревания непрерывен, основные структурно-функциональные изменения, возникающие в результате созревания и усвоения опыта в раннем онтогенезе, непосредственно связаны между собой и, возможно, в определенной степени предопределяют более поздние эффекты развития.

Онтогенетическая стабильность. О непрерывности и преимственности созревания можно судить в первую очередь, оценивая устойчивость или стабильность его показателей. Однако понятие стабильности чрезвычайно емко и имеет ряд интерпретаций. В психологии развития выделяется несколько вариантов интерпретации понятия стабильность. Во-первых, стабильность можно понимать как временную устойчивость некоторой характеристики, т.е. отсутствие или минимальное изменение этой характеристики при повторных измерениях, во-вторых, как устойчивость соотношения между свойствами одного и того же индивида при изменении их абсолютных значений в ходе развития. Наконец, можно оценивать онтогенетическую стабильность, которая рассматривается как сохранение рангового места индивида в группе (Равич—Щербо с соавт., 1999).

В экспериментальных исследованиях наиболее часто фигурирует онтогенетическая стабильность, которая подразумевает не отсутствие изменений в абсолютных значениях показателей созревания, а относительное постоянство темпа их преобразований в он-

тогенезе, т.е. стабильность индивидуальных особенностей человека на изучаемом отрезке онтогенеза. Конкретным показателем онтогенетической стабильности, как уже говорилось, служит постоянство рангового места в группе, которое занимает индивид при повторных обследованиях.

Установлено, например, что на относительно длинных отрезках онтогенеза, включающих периоды созревания и сложных перестроек, вызванных гормональными сдвигами, некоторые параметры биоэлектрической активности мозга (ЭЭГ) индивидуально устойчивы. Конкретным показателем устойчивости служит постоянство рангового места, которое занимает индивид при повторных обследованиях. Предполагается, что в пределах общих закономерностей онтогенеза есть своя типология индивидуального развития, одним из частных проявлений которой служит сохранение положения индивида (точнее его рангового места) в группе ровесников.

Предикторы развития. В какой степени психофизиологическое созревание на ранних этапах развития связано с последующими преобразованиями в функционировании психики человека? В теоретическом плане этот вопрос, как уже говорилось, упирается в решение общей проблемы возрастной психологии — проблемы непрерывности развития. Практическая сторона проблемы связана с прогностической валидностью оценок созревания и развития детей первых лет жизни. Например, установлено, что низкий вес ребенка при рождении (менее 1,5 кг) является неблагоприятным фактором его интеллектуального развития в будущем.

Полученные в раннем онтогенезе психологические и психофизиологические характеристики, обладающие прогностическими свойствами, называются предикторами. Термин «предиктор» может быть истолкован двояко: в «широком» и «узком» смысле слова. В «широком» смысле это та исходная характеристика индивида и его окружения, по которой можно с большим или меньшим основанием предсказывать другую (целевую) характеристику того же индивида. В «узком» смысле понятие предиктор, сохраняя ту же семантику, приобретает дополнительные ограничения, связанные с количественным выражением и оценкой статистической достоверности прогноза. В регрессионном анализе, который наиболее часто используется как метод построения прогноза, предикторами называются такие независимые переменные, изменения которых приводят к изменениям зависимых переменных — откликов.

Иначе говоря, предикторы — это такие характеристики детей и подростков, по которым можно достаточно надежно предсказывать особенности их психического развития в дальнейшем онтогенезе, причем предикторами могут служить не только характеристики самих детей, но и те физические и социальные условия, в которых они растут.

Например, до недавних пор считалось, что после первого года жизни существует, образно говоря, «разрыв» непрерывности развития. В зарубежных исследованиях было неоднократно показано, что оценка развития младенца по тесту Бейли практически не коррелирует с показателями интеллекта, полученным в дошкольном и старших возрастах по другим тестам. Однако введение новых методов позволило установить, что особенности внимания младенцев (реакция на новизну, привыкание и др.) обладают ощутимой прогностической валидностью и могут быть использованы для прогноза дальнейшего умственного развития ребенка.

Представляется весьма перспективным использовать для прогноза психического развития такие объективные характеристики, как показатели биоэлектрической активности мозга. Тем более, что в этих показателях хорошо отражается возрастная динамика индивидуальных особенностей психофизиологического созревания. К сожалению, исследований такого рода немного. Однако они показывают, что по некоторым параметрам электроэнцефалограммы в младенчестве и по особенностям электрофизиологических ответов мозга детей в более позднем возрасте можно прогнозировать и уровень умственного развития (показатели интеллекта), и даже склонность к

асоциальному поведению (например, Каше, 1990).

12.2. Пластичность и сензитивность ЦНС в онтогенезе.

В основе взаимодействия влияний среды и развивающихся Физиологических особенностей лежит способность ЦНС изменять свои морфофункциональные характеристики под влиянием опыта. Эта способность называется пластичностью. Известно, что функционально незрелые структуры обладают наибольшей пластичностью, т.е. способностью к реорганизации. Пластичность нервной системы в раннем онтогенезе связывается с присутствием в ней особых биохимических агентов — факторов роста нервной ткани (ФРН), которые активизируют и интенсифицируют рост и развитие нервных клеток. В настоящее время имеется множество экспериментальных данных, свидетельствующих о том, что на ранних этапах развития изменения среды могут весьма существенно изменить морфофункциональные особенности ЦНС, а также поведение животных и человека.

12.2.1. Эффекты обогащения и обеднения среды

Для оценки диапазона пластичности ЦНС используются данные, получаемые в экспериментах на животных с использованием среды разной степени насыщенности. Использование обогащенной и обедненной среды как методического приема впервые было предложено Д. Хеббом. Опираясь на результаты своих исследований, он сформулировал положение о том, что при восприятии животным в раннем периоде повышенной сенсорной стимуляции приобретает опыт, который находит отражение в более позднем развитии поведения. В дальнейшем метод выращивания животных в усложненной и примитивной среде применялся для выявления значения раннего опыта не только в формировании поведенческих реакций, но также и в развитии различных нейрофизиологических функций, структуры и метаболизма мозга.

Обогащение среды предполагает воспитание молодых животных в обширных клетках, оборудованных различными устройствами и предметами (мостиками, лесенками, игрушками и т.д.), количеством и качеством которых постоянно меняется. Частая смена обстановки требует от животного повышенной двигательной активности и исследовательской деятельности. Для обогащения среды используются также различные стимулы (зрительные, слуховые, вестибулярные).

По контрасту с этим обеднение среды идет по пути лишения всякого разнообразия внешней обстановки. Крайний случай представляет взращивание животного в одиночной маленькой пустой клетке в полной изоляции от других животных.

Показано, что морфологические и функциональные характеристики ЦНС закономерно меняются в зависимости от характера внешних воздействий. Так, если детеныш животного растет в условиях лишения зрительного опыта, наблюдается морфологическая деструкция зрительных центров головного мозга и искажения в ходе созревания зрительных функций.

При обогащении среды, напротив, отмечается усиленное развитие морфологических элементов (увеличивается длина полушарий, утолщается поперечник коры, укрупняются тела нейронов, увеличивается ветвление отростков нейронов и т.д.). В целом все перечисленное свидетельствует об улучшении динамики мозгового созревания. Установлено, что животные, развивающиеся в усложненной внешней среде, по поведенческим показателям имеют высокую исследовательскую активность, выраженную способность взаимодействовать с внешними предметами и людьми.

Важно, что изменения, происходящие в ЦНС под влиянием внешних воздействий, специфически связаны с характером этих воздействий. Определенным образом организуя внешние воздействия, можно получить желаемое и селективное изменение функциональной активности нервных элементов.

Например, если одних котят выращивать в условиях, где единственным сложным зрительным стимулом будет рисунок из вертикально ориентированных черно-белых полос, а других — в условиях, где их будут окружать горизонтально ориентированные

черно-белые полосы, то зрительная кора котят первой группы приобретет повышенную чувствительность к вертикальным линиям, и практически не будет реагировать на горизонтальные, а зрительная кора вторых, напротив, становится чувствительной к горизонтальным линиям и не будет реагировать на вертикальные полосы.

Под влиянием раннего сенсорного опыта происходит специализация нейронов детекторов коры больших полушарий, их «настройка» на восприятие стимула, наиболее часто встречающегося в среде. Подобная настройка представляет механизм адаптации, что непосредственно обнаруживается в поведении животных. Котята первой группы испытывают трудности, поднимаясь по лестнице, так как они не видят горизонтальных линий, образуемых ступенями. Котята второй группы натываются на вертикально ориентированные ножки мебели. Следовательно, под влиянием сенсорного опыта в период развития характер связей в зрительной системе котят изменяется таким образом, что в первой группе количество клеток, реагирующих на наиболее частые стимулы (вертикальные полосы) — возрастает, а доля клеток, чувствительных к редким стимулам (горизонтальным полосам) убывает, во второй группе происходят противоположные процессы. Из сказанного следует, что, определенным образом организуя внешние воздействия, можно получить желаемое и селективное изменение функциональной активности нервных элементов.

Механизмы, опосредующие эффекты ранних средовых влияний. Как уже отмечалось, в раннем периоде развития мозга наблюдается период избыточной продукции синапсов (межклеточных контактов). Количество образуемых синапсов заведомо превышает число реально требующихся для проведения и обработки информации в ЦНС. Смысл этого явления состоит в следующем: избыточные синаптические образования оказываются в состоянии конкуренции за ограниченное постсинаптическое пространство, и синапсы, которые не используются (см. главу 7.1.4), исчезают. Таким образом, за периодом сверхпроизводства синапсов обязательно наступает уменьшение их числа, но не случайное, а обусловленное средовым опытом. Будучи невостребованными, устраняются низкоэффективные неиспользуемые синаптические контакты. В то же время сохраняются и стабилизируются именно те синапсы, которые несут нагрузку, проводя нервные импульсы. Таким способом создается окончательный паттерн синаптических контактов в формирующейся нейронной сети. Следовательно, именно качество и интенсивность средовых воздействий осуществляют подгонку нервных сетей в соответствии с особенностями среды, в которой развивается организм, обеспечивая их адаптивную настройку.

Известно, что в основе любой структурно-функциональной перестройки мозга всегда лежит изменение биохимических процессов в нервной ткани. В нейрохимических исследованиях, посвященных изучению эффектов средовых воздействий, установлено, что под влиянием сенсорной стимуляции в раннем онтогенезе происходит повышение показателей специфического медиаторного обмена, т.е. обмена химических веществ, играющих роль посредников в межнейронных контактах. Это значит, что наиболее выраженные биохимические перестройки происходят в синаптических нервных аппаратах, обеспечивающих морфофункциональную связь и взаимодействие нервных клеток.

Отдаленные эффекты ранней сенсорной стимуляции связывают, однако, не только с биохимическими превращениями в синаптических контактах, но и с изменениями во всей клетке. Многочисленные факты говорят о том, что в результате влияния сенсорно обогащенной среды и тренировки в телах нервных клеток происходит повышение содержания сложного органического соединения — рибонуклеиновой кислоты (РНК), последняя участвует в синтезе белков, обеспечивающих нервную передачу и взаимодействие нейронов в нервных сетях. В то же время имеется немало данных, говорящих о том, что биосинтез РНК и белков имеет прямое отношение к образованию следов долговременной памяти (см. главу 7.3). Таким образом, главными нервными

механизмами, опосредующими эффекты ранних средовых воздействий, являются пластические перестройки в ЦНС, происходящие на биохимическом и морфологическом уровнях. При таком подходе понятие пластичности нервной системы приобретает более конкретное содержание. Оно подразумевает любые изменения эффективности и направленности связей между нервными клетками, которые по длительности превышают обычные процессы передачи информации.

Роль гормонов в развитии ЦНС. Важные организаторы и регуляторы развития нервной системы и организма в целом — гормоны. Наиболее существенную роль играют гормоны гипофиза, щитовидной железы, надпочечников, половые гормоны. Особенно велико значение гормона щитовидной железы тироксина, он оказывает решающее влияние на рост и дифференцировку нервной системы (Розен, 1994). Его недостаток в раннем онтогенезе вызывает необратимые изменения в созревании нервной системы. Искусственное введение тироксина, напротив, ускоряет процессы созревания ЦНС (увеличиваются темпы миелинизации и роста нейронов). Присутствие тироксина необходимо и для нормального психического развития. Об этом свидетельствует такое заболевание, как эндемический кретинизм, возникающий при сильном недостатке йода в окружающей среде. (Йод входит в состав тироксина). Профилактика эндемического кретинизма заключается в добавлении йода в продукты питания.

В целом ряде исследований показано, что в результате ранней сенсорной стимуляции преимущественно стрессогенного типа происходят существенные изменения в системе гипоталамус — гипофиз — кора надпочечников, которые приобретают устойчивый характер и определяют диапазон и качество эмоциональных реакций на стрессогенные воздействия в периоде зрелости. При дополнительной сенсорной стимуляции усиливается секреция гормонов гипофиза, организующих ответ организма на стрессогенный стимул. Под влиянием этих гормонов изменяются параметры функционирования нервных центров, обеспечивающих адаптивные реакции. Половые гормоны также обладают сильным организующим действием на развивающуюся нервную систему, определяя маскулинную или фемининную специализацию нервных центров, контролирующую половое поведение.

Гормоны — специфические индукторы функциональной активности генов (Мертвецов, 1986; Розен, 1994). Гормоны выступают как посредники в регуляции транскрипции генов. Причем особенно наглядно роль гормонов в регуляции генной активности выступает в условиях стресса, который сопровождается усиленной секрецией тропных гормонов гипофиза, адреналина, кортикостероидов. Таким образом, выстраивается схема: физическая (сенсорная) стимуляция нервной системы — гормональная активация — возрастание активности генов. Эта схема хорошо согласуется с гипотезой нейроэндокринной регуляции процесса реализации генетической информации, в соответствии с которой предполагается существование на молекулярном уровне общих механизмов, обеспечивающих как регуляцию активности нервной системы, так и регуляторные воздействия на генетический аппарат. Таким образом, главным (хотя, возможно и не единственным) звеном, осуществляющим взаимодействие между ЦНС и генетической системой являются гормоны.

Влияние среды на функциональные показатели созревания ЦНС детей. Закономерно возникает вопрос, в какой мере обогащение или обеднение опыта влияет на развитие ЦНС человека. Некоторые заболевания человека способны приводить к таким эффектам, которые у животных вызывает обеднение среды. Например, ограничение притока сенсорной информации в результате врожденной амблиопии, катаракты или потери слуха, как показывают постмортальные исследования, сопровождается сходными морфологическими изменениями. У слепых от рождения людей зрительные структуры мозга несут отчетливые признаки морфологического перерождения.

В некоторых случаях предпринимались попытки восстановить зрение у слепых от рождения. В частности, речь идет об удалении врожденной катаракты. При этом

заболевании центральные структуры, ответственные за зрительную функцию, практически не страдают. Если удаление катаракты проведено в раннем возрасте (до 5 — 6 лет), зрение восстанавливается, далее возможности восстановления прогрессивно снижаются вплоть до старшего подросткового возраста и полной утраты этой возможности в зрелом возрасте: пациенты остаются функционально слепыми. Несмотря на восстановление зрительных возможностей, они не в состоянии ими воспользоваться. Как показывает опыт лонгитюдных исследований детей с низким зрением, в возрасте 6 — 12 лет возможно преодоление последствий зрительной депривации (Григорьева, 1996). Этому способствует специальное перцептивное обучение, в результате которого повышается способность к различению сенсорных признаков.

Проведено немало исследований особенностей биоэлектрической активности мозга (фоновой и реактивной ЭЭГ, вызванных потенциалов) у детей с сенсорным дефицитом при разных видах амблиопии и потере слуха. Несмотря на разнообразие клинического материала и способов оценки функциональных нарушений, эти исследования дают основания для общего вывода: чем больше ограничение притока сенсорных стимулов (зрительных, слуховых и др.) тем больше отклонений от нормального хода созревания отмечается в характеристиках биоэлектрической активности. Установлено также, что даже сравнительно небольшое по времени ограничение зрительного сенсорного притока к мозгу ребенка на ранних стадиях онтогенеза не сводится только к нарушениям зрительных функций. Вследствие ранней зрительной депривации (врожденная катаракта) изменяется функционирование мозговых систем контроля состояния мозга, регулирующих внимание, и определяющих объем и характер информации, поступающей к мозгу (Строганова, Посикера, 1996).

В связи с широким распространением программ ранней стимуляции психического развития особый интерес представляет изучение влияния интенсификации обучения на психофизиологическое созревание детей. Первые исследования в этом направлении показывают, что развивающее обучение приводит к изменению ряда параметров биоэлектрической активности головного мозга, свидетельствующему о его ускоренном созревании и значительном совершенствовании функций. Причем значимо меняются те параметры, которые по современным представлениям прямо связаны с обеспечением познавательной деятельности детей. Предполагается, что в изменениях психофизиологических функций под влиянием развивающего обучения находит свое отражение «зона ближайшего развития», являющаяся предпосылкой дальнейшего обучения (Венгер, Ибатуллина, 1989).

12.2.2. Критические и сензитивные периоды развития

Способность нервной системы изменяться под влиянием внешних воздействий носит, однако, преходящий характер. Она приурочена, главным образом, ко времени наиболее интенсивного морфофункционального созревания и определяет феномен возрастной чувствительности к воздействиям среды, с которым связано понятие о сензитивном и критическом периодах развития.

Хотя в основе всех подобных периодов лежит временное повышение чувствительности к некоторым внешним влияниям, их характерные особенности: сущность происходящих изменений, факторы, к которым повышается чувствительность, степень избирательности к восприятию, временной режим, последствия неадекватной реализации, обратимость результата в каждом конкретном случае имеют свою специфику и составляют своеобразие любого из них.

Определение критического периода. Первоначально понятие «критический период» было введено в эмбриологии для обозначения периодов повышенной чувствительности к действию факторов, выходящих за границы физиологической нормы. В период внутриутробного развития каждый орган претерпевает критические стадии дифференциации в строго определенные моменты развития. Вредоносное воздействие на зародыш приводит к избирательному нарушению в развитии именно того органа, который

находится в стадии наиболее интенсивного формирования. Этот факт находит свое отражение в своеобразном видоспецифическом «календаре пороков развития», демонстрирующем определенные искажения развития в зависимости от времени действия вредоносного фактора. Одной из трагических иллюстраций здесь являются известные случаи рождения детей с разными вариантами изувеченных конечностей, матери которых принимали на различных сроках беременности снотворное талидомид.

В основе избирательного повышения чувствительности лежит усиление процессов обмена веществ в наиболее быстро растущих органах и тканях. В общем, критические периоды в ходе внутри-: утробного развития ребенка совпадают с процессами наиболее интенсивного роста и дифференцировки, как бы маркируют процесс развития, отмечая стадии морфогенеза.

Таким образом, критическим в полном смысле слова, видимо, следует называть тот период времени, когда организм должен испытывать воздействие определенного типа и это является условием его дальнейшего нормального развития. Изменения в ходе критического периода носят необратимый характер, в результате чего структура и функция приобретают законченную форму, не чувствительную к модифицирующим воздействиям в более позднем возрасте. Весьма вероятно, что критические периоды наиболее характерны для анатомоморфологических изменений в ходе развития. Будучи сопряжены с определенным этапом морфологического созревания, они могут представлять хронологическую инварианту развития.

Особенности сензитивного периода. Термин «сензитивный» правильнее использовать для обозначения периода, во время которого некий набор стимулов оказывает большее влияние на развитие функции, нежели до и после. Фактически сензитивный период представляет собой период повышенной пластичности, во время которого структура и функция демонстрируют свою способность к модификационной изменчивости в соответствии со спецификой внешних условий. В этом случае, по-видимому, в онтогенезе нет ни одного периода «рокового» по отношению к определенным воздействиям. При этом период наибольшей чувствительности рассматривается как период наиболее благоприятный, оптимальный для усвоения этих воздействий. Образно выражаясь, критический период означает «теперь или никогда», сензитивный же — «можно и в иное время, но лучше теперь». Критические и сензитивные периоды онтогенеза можно соотносить с созреванием структур и процессов двух типов.

Ожидание опыта и зависимость от опыта. Предполагается, что отдельные структуры и процессы в развивающемся организме будут по-разному реагировать на внешние воздействия. В самом общем виде можно выделить структуры и процессы двух типов.

Для первых, определяемых как «ожидание опыта», внешние воздействия выступают как триггер — сигнал, запускающий развитие, которое происходит по генетической программе и почти не зависит от характера средовых влияний (в пределах физиологически допустимой нормы). «Ожидание опыта» — это структуры и процессы консервативной наследственности, определяющие видовые признаки и не обладающие межиндивидуальной изменчивостью, т.е. одинаковые у всех представителей данного вида. Период «ожидания опыта» по сути является критическим, потому что неадекватный опыт необратимо искажает нормальный ход развития.

Наряду с этим существуют структуры и процессы второго типа, «зависящие от опыта». Они отличаются выраженным диапазоном изменчивости, возникающей под влиянием внешних воздействий и рассматриваются как морфофункциональная основа усвоения индивидуального опыта. «Зависимость от опыта» также явление временное, однако существенные изменения опыта приводят к соответствующим модификациям в развитии структур, не нарушая самого хода развития. Кроме того, подобные изменения нередко частично обратимы, поэтому период зависимости от опыта правильнее считать сензитивным.

Критические и сензитивные периоды в развитии ЦНС. Каждая мозговая структура

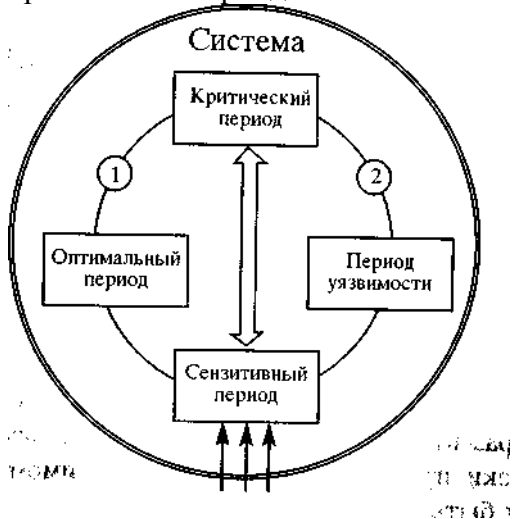
имеет свои временные характеристики созревания: начало, скорость, конец процесса и соответствующий этому период максимальной чувствительности. Иначе говоря, онтогенез ЦНС включает последовательное повышение чувствительности отдельных ее звеньев соответственно времени наиболее интенсивного развития каждого из них.

В созревании ЦНС условно можно выделить два аспекта. Первый — рост и самодифференцировка нейронов и их связей, мало зависящие от внешних обстоятельств и идущие по генетической программе. Второй — сходные изменения нейронов, но вызванные функциональной активностью под влиянием внешних воздействий. В связи с этим факторы, оказывающие влияние на созревание ЦНС, условно можно разделить на две группы. Первая — совокупность агентов, обеспечивающих полноценную биохимическую среду развития, необходимую для нормального роста и дифференцировки нейронов. К ним относятся: полноценные метаболические процессы и адекватная гормональная активность. Здесь имеются свои критические периоды развития. Например, период половой специализации структур мозга. Вторая группа включает факторы функциональной специализации отдельных элементов и звеньев ЦНС. Наиболее эффективное действие этих факторов приурочено к сензитивным периодам. Лучшим примером здесь служат организующие действия обогащенной среды.

Формирующие свойства сензитивных периодов и диапазон потенциальной изменчивости структур и функций под влиянием внешних воздействий, получаемых организмом в это время, являются наиболее значимыми характеристиками для понимания природы взаимодействия внешних влияний и развивающихся физиологических особенностей.

Системная модель. Универсальность такого явления как временное повышение чувствительности к внешним воздействиям позволяет рассматривать его с позиций системного подхода (8сои, 1974). Период повышения чувствительности рассматривается в этом случае как необходимый этап в развитии любой системы, соответствующий моменту ее консолидации. Организационные процессы в системе в этот момент идут с наибольшей скоростью. В случае критического периода (как, например, в эмбриогенезе) процессы преобразования системы проходят в течение короткого интервала времени, а затем полностью прекращаются.

В других случаях организационные процессы в системе могут протекать с разной скоростью: в начале очень быстро с постепенным снижением чувствительности до определенного уровня, но без полной ее утраты. Возможен и еще один вариант, когда организационные процессы в системе ускоряются неоднократно, в этом случае система будет обнаруживать не один, а несколько, возможно, ритмически повторяющихся критических периодов.



Внешняя среда

Рис.12.1 Схема, иллюстрирующая возможные варианты развития системы в критическом

и сензитивном периодах в зависимости от генетических и средовых факторов — благоприятный эффект, направленные воздействия; 2 — неблагоприятный эффект, ведущий к задержке и отклонениям в ходе развития системы (по Г.М.Никитиной, 1993).

На рисунке 12.1 представлена обобщенная схема, иллюстрирующая соотношение основных понятий, характеризующих период повышения чувствительности к внешним воздействиям. Схема отражает тесную взаимосвязь критического и сензитивного периодов в развитии системы. Важно подчеркнуть, что вследствие повышения избирательной чувствительности системы к средовым воздействиям, возникающей в сензитивном периоде, он одновременно является и оптимальным для направленных воздействий с целью оптимизации или коррекции развивающихся процессов, и периодом уязвимости системы к повреждающим воздействиям.

Из сказанного следует, что критические и сензитивные периоды обеспечивают также реальный механизм индивидуализации развития. Поскольку в зависимости от особенностей реализации каждого конкретного периода дальнейшие этапы развития могут приобретать все более специфический, присущий только данному индивиду опыт.

Кризисы психического развития. В психологии проблема критических и сензитивных периодов психического развития имеет свою историю изучения. Несмотря на некоторые различия в теоретической интерпретации этих явлений, общепризнанно, что существуют периоды, когда психическое развитие происходит наиболее быстро и особенно напряженно.

Применительно к психическому развитию детей и подростков критические периоды, называемые кризисами, были наиболее полно проанализированы Л.С.Выготским. Он выделял пять таких кризисов: одного, трех, семи и тринадцати лет. Первый отделяет младенчество от раннего детства, второй обеспечивает переход к дошкольному детству. Третий является соединительным звеном между дошкольным и школьным возрастом. Последний представляет перелом развития при переходе к пубертату. Указанные Л.С.Выгодским сроки протекания кризисов, по-видимому, в настоящее время могут быть оспорены, хотя бы уже по причине эпохальной акселерации / децелерации развития. Однако содержание и последовательность выделенных кризисов, безусловно, сохраняются, поскольку отражают нормативные закономерности психического развития.

Как отмечает Н.С. Лейтес (1978), толкование критических периодов у Выготского имеет существенные точки соприкосновения с пониманием критических периодов в физиологии развития: и тут, и там — это наиболее ответственные, поворотные пункты развития, когда на протяжении относительно короткого времени происходят очень значимые для дальнейшего развития резкие сдвиги.

Поскольку индивидуальность человека на всех этапах развития целостна, можно высказать предположение, что психические кризисы имеют системный характер, и в качестве «невидимой подводной части айсберга» включают существенные физиологические преобразования. Основания для такого предположения есть, поскольку в возрастной физиологии и возраст 7 — 8 лет, и начало пубертата рассматриваются как критические периоды развития. Оба эти периода, помимо многих специфических особенностей, характеризует и общее явление: высокое напряжение гомеостатических механизмов адаптации.

Наряду с понятием кризиса в психологии присутствует понятие возрастной сензитивности, при этом считается, что в каждом возрасте ребенок оказывается особенно чувствительным к определенному роду воздействиям, специфическим для данного возраста (Лейтес, 1978). Причем подчеркивается, что природу этой сензитивности нельзя вывести только из процессов созревания (натуральный ряд) или объяснить педагогическими воздействиями и культурными накоплениями ребенка (социальный ряд). Она возникает в результате «сплетения органического и социального рядов в целостном психическом развитии» (Ананьев, 1969).

Пока, по-видимому, преждевременно высказывать предположения по поводу того, какие конкретные физиологические механизмы создают условия для обеспечения этих явлений в психическом развитии ребенка, их изучение — дело будущего.

Глава тринадцатая

13. Основные методы и направления исследований

Все исследовательские задачи в возрастной психофизиологии решаются с обязательным учетом возраста испытуемых как главной независимой переменной.

13.1. Оценка эффектов возраста

Методами изучения возрастных изменений, как известно, являются метод поперечных срезов (сравнительно-возрастной) и метод индивидуального прослеживания (продольных срезов или лонгитюдный). Первый из названных используется в возрастной психофизиологии значительно чаще, поскольку позволяет в короткие сроки исследовать большой возрастной диапазон (при необходимости, от младенчества до старости). Однако, несмотря на видимую доступность формирования выборок любого требуемого возраста, метод возрастных срезов таит в себе потенциальные сложности, обусловленные необходимостью тщательного уравнивания сопоставляемых выборок по максимально возможному числу параметров. Один из наиболее существенных параметров — биологический возраст испытуемых.

Необходимость учитывать биологический возраст при изучении поведения иллюстрируют многие примеры. Один из них наглядно демонстрирует эффект различия календарного и биологического возрастов в младенчестве (Бауэр, 1979). Его смысл заключается в следующем. Нормальные младенцы начинают улыбаться в ответ на некоторый видимый объект в хронологическом возрасте 6 недель, когда их фактический (возраст от зачатия) равен 46 неделям. Спрашивается, когда будут улыбаться переносенные и недоношенные дети: в хронологическом возрасте 6 недель или в фактическом возрасте 46 недель. Оказывается, и переносенные, и недоношенные младенцы начинают улыбаться в фактическом возрасте 46 недель, независимо от их календарного возраста.

Более того, различия в окружении всех трех групп не влияют на фактический возраст появления улыбки. Однако эти данные отнюдь не означают, что появление улыбки полностью детерминировано процессами созревания. Как считает Бауэр, они лишь говорят о том, что должен быть достигнут определенный уровень зрелости, прежде чем начнет сказываться влияние окружения, и сроки достижения этого уровня не зависят от внешних влияний.

В идеальном варианте формирование выборок испытуемых должно проводиться на основе или, по крайней мере, с учетом биологического возраста. Особенно этот фактор будет играть роль, например, при исследовании подростков, поскольку именно в подростковом возрасте специфика функционирования организма в большей степени определяется стадией полового созревания, а не календарным возрастом. В подростковом возрасте расхождение хронологического и биологического возраста иногда оказывается особенно заметным. При этом биологически незрелые подростки (ретарданты) не только отстают в темпах биологического созревания, но и испытывают особые, нередко негативно окрашенные переживания в связи со своим соматическим обликом и статусом в группе. Те же проблемы касаются и комплектования смешанных выборок из мальчиков и девочек — подростков. У первых половое созревание наступает позднее, и подбор группы по календарному возрасту приведет к формированию группы неоднородной по биологическому возрасту и по всем связанным с ним характеристикам.

Эта проблема отсутствует при использовании лонгитюдного метода, когда осуществляется относительно продолжительное и систематическое прослеживание изменений изучаемого свойства у одних и тех же испытуемых. Главная цель лонгитюдного метода состоит в исследовании изучаемых характеристик с точки зрения их изменения во времени. Другими словами, это значит, что лонгитюдное исследование

направлено на установление: а) внутрииндивидуальных изменений в онтогенезе; б) межиндивидуальных различий в оценке наблюдаемых внутрииндивидуальных изменений. Межиндивидуальные различия выражаются в виде индивидуальных кривых развития (траекторий), которые отражают динамику хода изменений у разных индивидов. В качестве примера можно привести девять траекторий развития, описанные Й.Шванцарой (1987) как эволюционные модели развития, построенные при помощи схемы трех точек лонгитюдного исследования. По его схеме выделяются следующие траектории развития.

1. Константное протекание (на протяжении всех трех лет показатель сохраняется на одном уровне);
2. Положительный тренд (равномерное увеличение показателя в течение трех лет);
3. Отрицательный тренд (равномерное снижение показателя на протяжении трех лет);
4. Акселерационный тренд (величина показателя в течение двух лет сохраняется на одном уровне, а затем возрастает);
5. Ретардационный тренд (величина показателя в течение двух лет сохраняется на одном уровне, а затем уменьшается);
6. Положительный асимптотический тренд (уровень показателя возрастает сразу ко второй точке и сохраняется на высоком уровне);
7. Отрицательный асимптотический тренд (уровень показателя падает ко второй точке и сохраняется на низком уровне);
8. Вогнутый тренд (показатель сначала увеличивается ко второй точке, а затем вновь падает);
9. Выпуклый тренд (показатель сначала падает ко второй точке, а затем возрастает).

Данный перечень траекторий имеет достаточно формальный характер, поскольку построен путем простого перебора возможных значений показателей, взятых в трех точках лонгитюда. Тем не менее он демонстрирует принципиальную возможность классификации испытуемых (выделения типов) на основе динамики показателя по этим точкам измерения.

С помощью лонгитюдных исследований можно решать и другие задачи, связанные с установлением факторов, определяющих преемственность развития, находить отсроченные эффекты тех или иных воздействий и выявлять, наконец, причинно-следственные отношения в динамике возрастных изменений признаков. Особенно продуктивны лонгитюдные исследования в решении задач психогенетики.

Однако в возрастной психофизиологии лонгитюдный метод используется мало. Причем лонгитюдные исследования охватывают, как правило, сравнительно короткие интервалы онтогенеза — до нескольких лет. Общая причина состоит в том, что длительность лонгитюдного исследования оказывается тем выше, чем более длительный период онтогенеза исследуется. В психофизиологии, где эксперименты требуют специального оборудования, сказанное выше существенно усугубляется проблемами, вызванными моральным и физическим износом оборудования, появлением новых экспериментальных парадигм, технологий проведения эксперимента и обработки данных.

.6 13.2. Электрофизиологические методы исследования.

В возрастной психофизиологии используются практически все те методы, которые применяются при работе с контингентом взрослых испытуемых (см. главу 2). Однако в применении традиционных методов существует возрастная специфика, которая определяется рядом обстоятельств. Во-первых, показатели, получаемые с помощью [этих методов, имеют большие возрастные различия. Например, элек-эоэнцефалограмма и соответственно получаемые с ее помощью показатели значительно изменяются в ходе онтогенеза. Во-вторых, эти (изменения (в их качественном и количественном выражении) могут (выступать параллельно и как предмет исследования, и как способ оценки динамики созревания мозга, и как инструмент/ средство изучения {возникновения и функционирования физиологических условий психического развития. Причем именно последнее представляет наибольший интерес для возрастной психофизиологии.

Все три аспекта изучения ЭЭГ в онтогенезе безусловно связаны между собой и дополняют друг друга, но содержательно они различаются весьма существенно, и, поэтому, их можно рассматривать отдельно друг от друга. По этой причине и в конкретных научных исследованиях, и на практике акцент нередко делается только на од- или двух аспектах. Однако, несмотря на то, что для возрастной психофизиологии наибольшее значение имеет третий аспект, т.е. показатели ЭЭГ могут быть использованы для оценки физиологических предпосылок и/ или условий психического развития, глубина изучения и понимания этой проблемы решающим образом зависит от степени проработанности первых двух аспектов изучения ЭЭГ,

13.2.1. Изменения электроэнцефалограммы в онтогенезе

Главная особенность ЭЭГ, делающая ее незаменимым инструментом возрастной психофизиологии, — спонтанный, автономный характер. Регулярная электрическая активность мозга может быть зафиксирована уже у плода, и прекращается только с наступлением смерти. При этом возрастные изменения биоэлектрической активности мозга охватывают весь период онтогенеза от момента ее возникновения на определенном (и пока точно не установленном) этапе внутриутробного развития головного мозга и вплоть до смерти человека. Другое важное обстоятельство, позволяющее продуктивно использовать ЭЭГ при изучении онтогенеза мозга, — возможность количественной оценки происходящих изменений.

Исследования онтогенетических преобразований ЭЭГ весьма многочисленны. Возрастную динамику ЭЭГ изучают в состоянии покоя, в других функциональных состояниях (сон, активное бодрствование и др.), а также при действии разных стимулов (зрительных, слуховых, тактильных). На основании многих наблюдений выделены показатели, по которым судят о возрастных преобразованиях на протяжении всего онтогенеза, как в процессе созревания (см. главу 12.1.1.), так и при старении. В первую очередь это особенности частотно-амплитудного спектра локальной ЭЭГ, т.е. активности, регистрируемой в отдельных точках коры мозга. С целью изучения взаимосвязи биоэлектрической активности, регистрируемой из разных точек коры, используется спектрально-корреляционный анализ (см. главу 2.1.1) с оценкой функций когерентности отдельных ритмических составляющих.

Возрастные изменения ритмического состава ЭЭГ. Наиболее изучены в этом плане возрастные изменения частотно-амплитудного спектра ЭЭГ в разных областях коры мозга. Визуальный анализ ЭЭГ показывает, что у бодрствующих новорожденных в ЭЭГ преобладают медленные нерегулярные колебания частотой 1 — 3 Гц амплитудой по 20 мкВ. В спектре частот ЭЭГ у них, однако, присутствуют частоты в диапазоне от 0,5 до 15 Гц. Первые проявления ритмической упорядоченности появляются в центральных зонах, начиная с третьего месяца жизни. В течение первого года жизни наблюдается нарастание частоты и стабилизации основного ритма электроэнцефалограммы ребенка. Тенденция к нарастанию доминирующей частоты сохраняется и на дальнейших стадиях развития. К 3 годам это уже ритм с частотой 7 — 8 Гц, к 6 годам — 9 — 10 Гц (фарбер, Алферова, 1972). Одним из наиболее дискуссионных является вопрос о том, как квалифицировать ритмические составляющие ЭЭГ детей раннего возраста, т.е. как соотносить принятую для взрослых классификацию ритмов по частотным диапазонам (см. главу 2.1.1) с теми ритмическими компонентами, которые присутствуют в ЭЭГ детей первых лет жизни. Существуют два альтернативных подхода к решению этого вопроса.

Первый исходит из того, что дельта-, тета-, альфа- и бета-частотные диапазоны имеют разное происхождение и функциональное значение. В младенчестве более мощной оказывается медленная активность, а в дальнейшем онтогенезе происходит смена доминирования активности от медленных к быстрым частотным ритмическим составляющим. Другими словами, каждая частотная полоса ЭЭГ доминирует в онтогенезе последовательно одна за другой (Сагкпе, 1954). По этой логике было выделено 4 периода в формировании биоэлектрической активности мозга: 1 период (до 18 мес.) —

доминирование дельта-активности, преимущественно в центрально-теменных отведениях; 2 период (1,5 года — 5 лет) — доминирование тета-активности; 3 период (6 — 10 лет) — доминирование альфа-активности (лабильная фаза); 4 период (после 10 лет жизни) доминирование альфа-активности (стабильная фаза). В двух последних периодах максимум активности приходится на затылочные области. Исходя из этого, было предложено рассматривать отношение альфа- к тета-активности как показатель (индекс) зрелости мозга (Маюшек, Релгзеп, 1973).

Другой подход рассматривает основной, т.е. доминирующий в электроэнцефалограмме ритм, независимо от его частотных параметров, как онтогенетический аналог альфа-ритма. Основания для такого толкования содержатся в функциональных особенностях доминирующего в ЭЭГ ритма. Они нашли свое выражение в «принципе функциональной топографии». соответствии с этим принципом идентификация частотного компонента (ритма) осуществляется на основании трех критериев: 1) частоты ритмического компонента; 2) пространственного расположения его максимума в определенных зонах коры мозга; 3) реактивности ЭЭГ к функциональным нагрузкам.

Применяя этот принцип к анализу ЭЭГ младенцев, Т.А.Строганова, показала, что частотный компонент 6 — 7 Гц, регистрируемый в затылочной области, можно рассматривать как функциональный аналог альфа-ритма или как собственно альфа-ритм. Поскольку этот частотный компонент имеет небольшую спектральную плотность в состоянии зрительного внимания, но становится доминирующим при однородном темном поле зрения, что, как известно, характеризует альфа-ритм взрослого человека (Строганова с соавт., 1999).

Изложенная позиция представляется убедительно аргументированной. Тем не менее проблема в целом остается нерешенной, потому что невыяснено функциональное значение остальных ритмических компонентов ЭЭГ младенцев и их соотношение с ритмами ЭЭГ взрослого человека: дельта-, тета- и бета-.

Из вышесказанного становится ясным, почему проблема соотношения тета- и альфа-ритмов в онтогенезе является предметом дискуссий. Тета-ритм по-прежнему нередко рассматривается как функциональный предшественник альфа-, и таким образом признается, что в ЭЭГ детей младшего возраста альфа-ритм фактически отсутствует. Придерживающиеся такой позиции исследователи не считают возможным рассматривать доминирующую в ЭЭГ детей раннего возраста ритмическую активность как альфа-ритм (Шеповальников с соавт., 1979).

Однако независимо от того, как интерпретируются эти частотные составляющие ЭЭГ, возрастная динамика, свидетельствующая о постепенном сдвиге частоты доминирующего ритма в сторону более высоких значений в диапазоне от тета-ритма к высокочастотному альфа-, является неоспоримым фактом (например, рис. 13.1). !

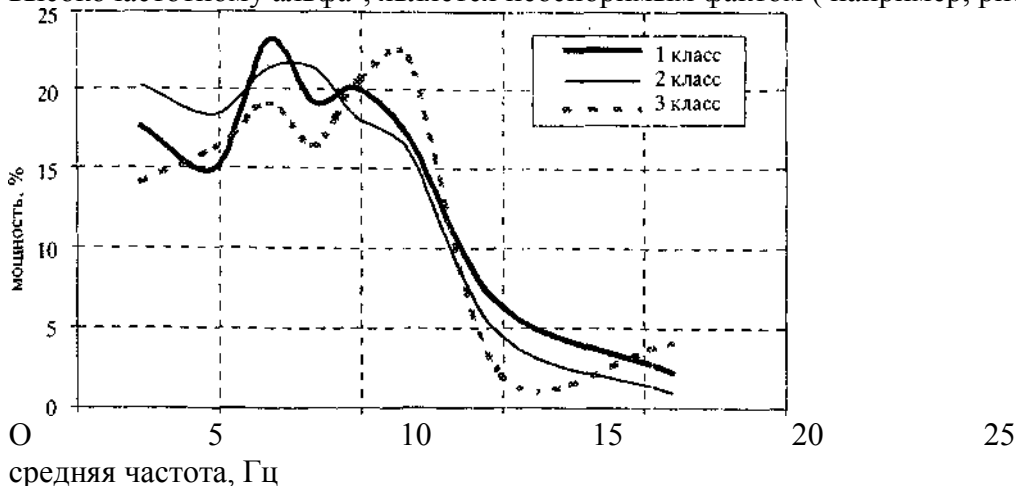


Рис. 13.1 Сравнение спектров ЭЭГ детей в 1, 2 и 3 классах (по А.В.Ковалевой, 1999)

Гетерогенность альфа-ритма. Установлено, что альфа-диапазон неоднороден, и в нем в зависимости от частоты можно выделить ряд субкомпонентов, имеющих, по-видимому, разное функциональное значение. Существенным аргументом в пользу выделения узкополосных поддиапазонов альфа служит онтогенетическая динамика их созревания. Три поддиапазона включают: альфа-1 — 7,7 — 8,9 Гц; альфа-2 — 9,3 — 10,5 Гц; альфа-3 — 10,9 — 12,5 Гц (Алферова, Фарбер, 1990). От 4-х до 8 лет доминирует альфа-1, после 10 лет — альфа-2, и в 16 — 17 годам в спектре преобладает альфа-3.

Составляющие альфа-ритма имеют и разную топографию: ритм альфа-1 более выражен задних отделах коры, преимущественно в теменных. Он считается локальным в отличие от альфа-2, который широко распространен в коре, имея максимум в затылочной области. Третий компонент альфа, так называемый мю-ритм, имеет фокус активности в передних отделах: сенсомоторных зонах коры. Он также имеет локальный характер, поскольку его мощность резко убывает по мере удаления от центральных зон.

Общая тенденция изменений основных ритмических составляющих проявляется в снижении с возрастом выраженности медленной составляющей альфа-1. Этот компонент альфа-ритма ведет себя как тета- и дельта-диапазоны, мощность которых снижается с возрастом, а мощность компонентов альфа-2 и альфа-3, как и бета-диапазона возрастает. Однако бета-активность у нормальных здоровых детей низка по амплитуде и мощности, и в некоторых исследованиях этот частотный диапазон даже не подвергается обработке из-за его относительно редкой встречаемости в нормальной выборке.

Особенности ЭЭГ в пубертате. Прогрессивная динамика частотных характеристик ЭЭГ в подростковом возрасте исчезает. На начальных стадиях полового созревания, когда увеличивается активность гипоталамо-гипофизарной области в глубоких структурах мозга, существенно изменяется биоэлектрическая активность коры больших полушарий. В ЭЭГ возрастает мощность медленно-волновых составляющих, в том числе альфа-1, и уменьшается мощность альфа-2 и альфа-3.

В период пубертата заметно выступают различия в биологическом возрасте, особенно между полами. Например, у девочек 12 — 13 лет (переживающих II и III стадии полового созревания) ЭЭГ характеризуется большей по сравнению с мальчиками выраженностью мощности тета-ритма и альфа-1 компонента. В 14 — 15 лет наблюдается противоположная картина. У девочек проходят завершающие (IV и V) стадии пубертата, когда снижается активность гипоталамо-гипофизарной области, и постепенно исчезают отрицательные тенденции в ЭЭГ. У мальчиков в этом возрасте преобладают II и III стадии полового созревания и наблюдаются перечисленные выше признаки регресса.

К 16 годам указанные различия между полами практически исчезают, поскольку большинство подростков входят в завершающую стадию полового созревания. Восстанавливается прогрессивная направленность развития. Частота основного ритма ЭЭГ вновь возрастает и приобретает значения, близкие к взрослому типу.

Особенности ЭЭГ при старении. В процессе старения происходят существенные изменения в характере электрической активности мозга. Установлено, что после 60 лет наблюдается замедление частоты основных ритмов ЭЭГ, в первую очередь в диапазоне альфа-ритма. У лиц в возрасте 17 — 19 лет и 40 — 59 лет частота альфа-ритма одинакова и составляет приблизительно 10 Гц. К 90 годам она снижается до 8,6 Гц. Замедление частоты альфа-ритма называют наиболее стабильным «ЭЭГ-симптомом» старения мозга (Фролькис, 1991). Наряду с этим возрастает медленная активность (дельта- и тета-ритмы), и количество тета-волн больше у лиц с риском развития сосудистой психологии. Наряду с этим у лиц старше 100 лет — долгожителей с удовлетворительным состоянием здоровья и сохранными психическими функциями — доминантный ритм в затылочной области находится в пределах 8 — 12 Гц.

Региональная динамика созревания. До сих пор, обсуждая возрастную динамику ЭЭГ, мы специально не анализировали проблему региональных различий, т.е. различий, существующих между показателями ЭЭГ разных зон коры в том и другом полушарии.

Между тем такие различия существуют, и можно выделить определенную последовательность созревания отдельных зон коры по показателям ЭЭГ.

Об этом, например, говорят данные американских физиологов Хадспета и Прибрама, которые прослеживали траектории созревания (от 1 до 21 года) частотного спектра ЭЭГ разных областей мозга человека. По показателям ЭЭГ они выделили несколько стадий созревания. Так, например, первая охватывает период от 1 года до 6 лет, характеризуется быстрым и синхронным темпом созревания всех зон коры. Вторая стадия длится от 6 до 10,5 лет, причем пик созревания достигается в задних отделах коры в 7,5 лет, после этого ускоренно начинают развиваться передние отделы коры, которые связаны с реализацией произвольной регуляции и контроля поведения.

После 10,5 лет синхронность созревания нарушается, и выделяются 4 независимые траектории созревания. По показателям ЭЭГ центральные области коры мозга — это онтогенетически наиболее рано созревающая зона, а левая лобная, наоборот, созревает позднее всего, с ее созреванием связано становление ведущей роли передних отделов левого полушария в организации процессов переработки информации. Сравнительно поздние сроки созревания левой фронтальной зоны коры отмечались также неоднократно и в работах Д. А. Фарбер с сотрудниками.

Количественная оценка динамики созревания по показателям ЭЭГ. Неоднократно предпринимались попытки количественного анализа параметров ЭЭГ с целью выявления имеющих математическое выражение закономерностей их онтогенетической динамики. Как правило, использовались различные варианты регрессионного анализа (линейная, нелинейная и множественная регрессии), которые применялись для оценки возрастной динамики спектров плотности мощности отдельных спектральных диапазонов (от дельта- до бета-). Полученные результаты в целом говорят о том, что изменения относительной и абсолютной мощности спектров и выраженности отдельных ритмов ЭЭГ в онтогенезе носят нелинейный характер. Наиболее адекватное описание экспериментальные данные получают при использовании в регрессионном анализе полиномов второй — пятой степени.

Перспективным оказывается применение многомерного шкалирования. Так, например, в одном из недавних исследований была предпринята попытка усовершенствовать метод количественной оценки возрастных изменений ЭЭГ в диапазоне от 0,7 до 78 лет. Многомерное шкалирование спектральных данных из 40 точек коры позволило обнаружить присутствие особого «возрастного фактора», который оказался связан с хронологическим возрастом нелинейно. В результате анализа возрастных изменений спектрального состава ЭЭГ была предложена Шкала Созревания Электрической Активности мозга, определяемая на основе логарифма отношения возраста, предсказываемого по данным ЭЭГ, и хронологического возраста.

В целом, оценка уровня зрелости коры и других структур мозга с использованием метода ЭЭГ имеет очень важный клинико-диагностический аспект, и особую невосполнимую статистическими методами роль в этом по-прежнему играет визуальный анализ индивидуальных записей ЭЭГ. С целью стандартизованной и унифицированной оценки ЭЭГ у детей был разработан особый метод анализа ЭЭГ, базирующийся на структурировании экспертных знаний в области визуального анализа (Мачинская с соавт., 1995).

Структурный анализ ЭЭГ и оценка функциональной зрелости мозга детей
СХЕМА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ВИЗУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЭГ
КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ ЭЭГ ДИАГНОСТИКИ

Состояние коры

Общемозговые изменения

Локальные Состояние

изменения регуляторных структур

ЭЭГ признаки, соответствующие ключевым вопросам

Характеристики альфа-ритма
 переменные X-р альфа топография асимметрия реакция на РФС ориентир, реакция
 реакция на ГВ
 функции**
 соответствие
 возрастной
 норме
 Диффузная
 отклоняющаяся
 активность
 (ЛОА)
 переменные тип ДОА с указанием частотного диапазона
 Локальная Билатерально-
 отклоняющаяся синхронная и/или активность генерализованная ОА (ЛОА)
 (БСОА)
 переменные тип ЛОА топограф, реакция на РФС реакция на ГВ
 функции выраженность общемозговых изменений
 переменные тип БСОА топография реакция на РФС реакция на ГВ асимметрия
 функции
 функции
 локализация генез изменений ЭА: глубина (ствол, нижний ствол,
 характер мезо-диэнцефальные отд., враженность диэнцефальные отд.,
 верхнестволовые отд., лимбические отд., лобно-базальные отд.) характер выраженность
 соответствие возрастной норме

Рис. 13.2 Схема структурирования данных при визуальном анализе ЭЭГ (по Д.А.Фарбер и Н.В.Дуброеинской, 2000).

* Совокупность "переменных" по всем блокам, соответствующим ключевым вопросам, представляет из себя описание ЭЭГ,

* Совокупность "функций" — заключение о функциональном состоянии мозговых структур и его соответствии возрастной норме.

На рисунке 13.2 представлена общая схема, отражающая его основные компоненты. Созданная на основе структурной организации знаний специалистов-экспертов данная схема описания ЭЭГ может быть использована для индивидуальной диагностики состояния ЦНС детей, а также в исследовательских целях при определении характерных особенностей ЭЭГ различных групп испытуемых.

Возрастные особенности пространственной организации ЭЭГ.

Эти особенности изучены меньше, чем возрастная динамика отдельных ритмов ЭЭГ. Между тем значение исследований пространственной организации биотоков очень велико по следующим причинам.

Еще в 70-е годы выдающимся отечественным физиологом М.Н.Ливановым было сформулировано положение о высоком уровне синхронности (и когерентности) колебаний биопотенциалов мозга как условия, благоприятствующем возникновению функциональной связи между структурами мозга, которые непосредственно участвуют в системном взаимодействии. Изучение особенностей пространственной синхронизации биопотенциалов коры мозга при разных видах деятельности у взрослых людей показало, что степень дистантной синхронизации биопотенциалов различных зон коры в условиях деятельности возрастает, но довольно избирательно. Увеличивается синхронность биопотенциалов тех зон коры, которые образуют функциональные объединения, участвующие в обеспечении конкретной деятельности.

Следовательно, изучение показателей дистантной синхронизации, отражающих возрастные особенности межзонального взаимодействия в онтогенезе, могут дать новые

основания для понимания системных механизмов функционирования мозга, которые, несомненно, играют большую роль в психическом развитии на каждой стадии онтогенеза. Количественная оценка пространственной синхронизации, т.е. степени совпадения динамики биотоков мозга, регистрируемых в разных зонах коры (взятых попарно), позволяет судить о том, как осуществляется взаимодействие между этими зонами. Изучение пространственной синхронизации (и когерентности) биопотенциалов мозга у новорожденных и младенцев показало, что уровень межзонального взаимодействия в этом возрасте очень низкий. Предполагается, что механизм, обеспечивающий пространственную организацию поля биопотенциалов у детей раннего возраста, еще не развит и постепенно формируется по мере созревания мозга (Шеповальников с соавт., 1979). Из этого следует, что возможности системного объединения коры мозга в раннем возрасте относительно небольшие и постепенно возрастают по мере взросления.

В настоящее время степень межзональной синхронности биопотенциалов оценивают, вычисляя функции когерентности биопотенциалов соответствующих зон коры, причем оценка проводится, как правило, для каждого частотного диапазона отдельно. Так, например, у детей 5-ти лет когерентность вычисляют в тета-полосе, поскольку тета-ритм в этом возрасте является доминирующим ритмом ЭЭГ. В школьном возрасте и старше когерентность вычисляют в полосе альфа-ритма в целом или отдельно для каждой из его составляющих. По мере формирования межзонального взаимодействия начинает отчетливо проявляться общее правило расстояния: уровень когерентности относительно высок между близкими точками коры и снижается при увеличении расстояния между зонами.

Однако на этом общем фоне существуют некоторые особенности. Средний уровень когерентности с возрастом увеличивается, но неравномерно. Нелинейный характер этих изменений иллюстрируют следующие данные: в передних отделах коры уровень когерентности увеличивается от 6 к 9—10 годам, затем наблюдается его спад к 12—14 годам (в период полового созревания) и вновь увеличение к 16—17 годам (Алферова, Фарбер, 1990). Перечисленным, однако, не исчерпываются все особенности формирования межзонального взаимодействия в онтогенезе.

Изучение дистантной синхронизации и функций когерентности в онтогенезе имеет много проблем, одна из них в том, что синхронизация потенциалов мозга (и уровень когерентности) зависит не только от возраста, но и от целого ряда других факторов: 1) функционального состояния испытуемого; 2) характера выполняемой деятельности; 3) индивидуальных особенностей межполушарной асимметрии (профиля латеральной организации) ребенка и взрослого.

Исследования в этом направлении немногочисленны, и пока отсутствует четкая картина, описывающая возрастную динамику в формировании дистантной синхронизации и межцентрального взаимодействия зон коры больших полушарий в процессе той или иной деятельности. Однако имеющихся данных достаточно, чтобы утверждать, что системные механизмы межцентрального взаимодействия, необходимые для обеспечения любой психической деятельности, проходят в онтогенезе длительный путь формирования. Его генеральная линия заключается в переходе от относительно малосогласованных региональных проявлений активности, которые, благодаря незрелости проводящих систем мозга, характерны для детей еще в возрасте 7—8 лет, к возрастанию степени синхронизации и специфической (в зависимости от характера задания) согласованности в межцентральном взаимодействии зон коры больших полушарий в юношеском возрасте.

13.2.2. Возрастные изменения вызванных потенциалов

В современной электрофизиологии накоплен большой материал, свидетельствующий о возможностях продуктивного использования метода регистрации ВП и ССП (см. главу 2.1.2) при изучении формирования физиологических механизмов перцептивной и более широко познавательной сферы человека на разных этапах онтогенеза.

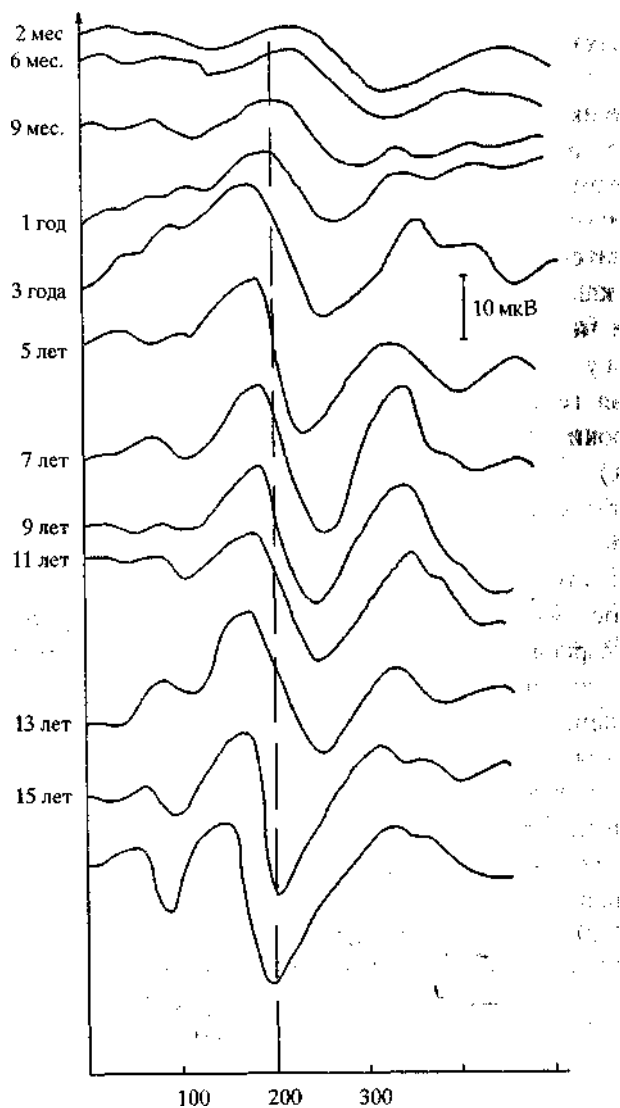
Среди исследований этого плана можно выделить два относительно независимых направления:

- 1) изучение конфигурации, амплитудных и временных параметров ВП на разные стимулы в зависимости от возраста, иными словами от процессов созревания;
- 2) изучение возрастных особенностей и изменений так называемых эндогенных компонентов ВП, которые возникают в экспериментальных ситуациях, моделирующих познавательную деятельность.

Созревание сенсорных ответов (ВП). Исследования в рамках первого направления исторически начались раньше. Уже в 60 — 70-е годы XX века были описаны и проанализированы возрастные особенности ВП на простые сенсорные стимулы: зрительные (вспышки, шахматные поля, решетки), слуховые (тоны разной частоты), тактильные (слабое электрическое или механическое воздействие на кожу). Изучение ответов мозга на стимулы разного типа в раннем онтогенезе, показало, что локальные ВП в проекционных (первичных) зонах коры регистрируются с момента рождения ребенка. Однако их конфигурация и параметры говорят о разной степени зрелости и несоответствия таковым взрослого в разных модальностях (Фарбер, 1978). Так, в проекционной зоне функционально более значимого и морфологически более зрелого к моменту рождения соматосенсорного анализатора ВП содержат такие же компоненты как у взрослых, и их параметры достигают зрелости уже в течение первых недель жизни. В то же время значительно менее зрелы у новорожденных и младенцев зрительные и слуховые ВП. Такая гетерохронность созревания ответов мозга отражает разные сроки созревания анализаторных систем мозга ребенка (см. главу 14.1).

В противоположность соматосенсорному ВП созревание зрительных и слуховых ответов продолжается на протяжении всего раннего детства. Так зрительный ВП на вспышку света у новорожденного состоит из двух компонентов с латентным периодом 150 — 190 мс (у взрослого ответ на такой же стимул состоит из семи компонентов с латентным периодом 40 — 60 мс). Наиболее значительные изменения происходят в первые два года жизни: значительно сокращается латентный период, и усложняется конфигурация ответа. Окончательная стабилизация наступает к 5 — 6 годам, в этом возрасте параметры основных компонентов ответа на вспышку находятся в тех же пределах, что и у взрослых. Своя возрастная динамика характерна для ответов на слуховые стимулы. ВП на звуковой тон 1000 Гц в два месяца имеет компонентный состав приблизительно такой же, как у взрослых, в ходе дальнейшего развития сокращаются латентные периоды компонентов и увеличивается амплитуда (см. рис. 13.3.)

Слуховые и зрительные ВП применяются в клинике для оценки степени поражения соответствующих анализаторов на разных этапах развития. Особое значение эти объективные методы имеют при обследовании детей раннего возраста и взрослых, с которыми затруднен или невозможен речевой контакт. Для оценки состояния зрительных функций (например, остроты зрения) применяются



16 лет
400
500мс

Рис. 13.3 Возрастная динамика слуховых вызванных потенциалов у детей от 2 месяцев до 16 лет (представлены средние групповые данные для каждого возраста структурированные стимулы: решетки и шахматные поля. Слуховые ВП используются для диагностики сохранности слуха в клинической аудиометрии. В обоих случаях суждение о степени нарушения функции выносится по результатам сопоставления параметров ВП, зарегистрированных у больных (слабовидящих, слабослышащих) и здоровых испытуемых того же возраста.

Возрастная динамика временных параметров зрительных, слуховых и соматосенсорных ВП в зрелом возрасте имеет общую направленность: латентные периоды демонстрируют тенденцию к увеличению. Характер увеличения описывается с помощью уравнений регрессивного анализа, где возраст выступает в качестве независимой переменной.

Созревание эндогенных компонентов ВП и ССП. Эндогенные или «когнитивные» компоненты ВП, которые отражают обеспечение более сложных сторон познавательной деятельности, могут быть зарегистрированы у детей всех возрастов, начиная с младенчества, но в каждом возрасте они имеют свою специфику. Наиболее систематические факты получены при исследовании возрастных изменений компонента РЗ в ситуациях принятия решения. Установлено, что в возрастном диапазоне от 5 — 6 лет до взрослости происходит сокращение латентного периода и уменьшение амплитуды этого компонента. Предполагается, что непрерывный характер изменений указанных

параметров обусловлен тем, что во всех возрастах действуют общие генераторы электрической активности.

Для компонента P300 отмечается отчетливая зависимость от возраста, описываемая так называемыми «кривыми старения», которые характеризуют изменения параметров компонентов P300 с возрастом. Показателями старения является увеличение латентного периода компонента P300 и уменьшение его амплитуды. Кривые старения и линии регрессии, отражающие зависимость латентного периода P300 от возраста, начиная с 70-х годов XX века, изучались многими авторами. В итоге было установлено, что кривая изменения латентного периода P300, с учетом детей и подростков, имеет нелинейную форму с отчетливым перегибом в возрасте 16 — 17 лет (рис. 13.4).

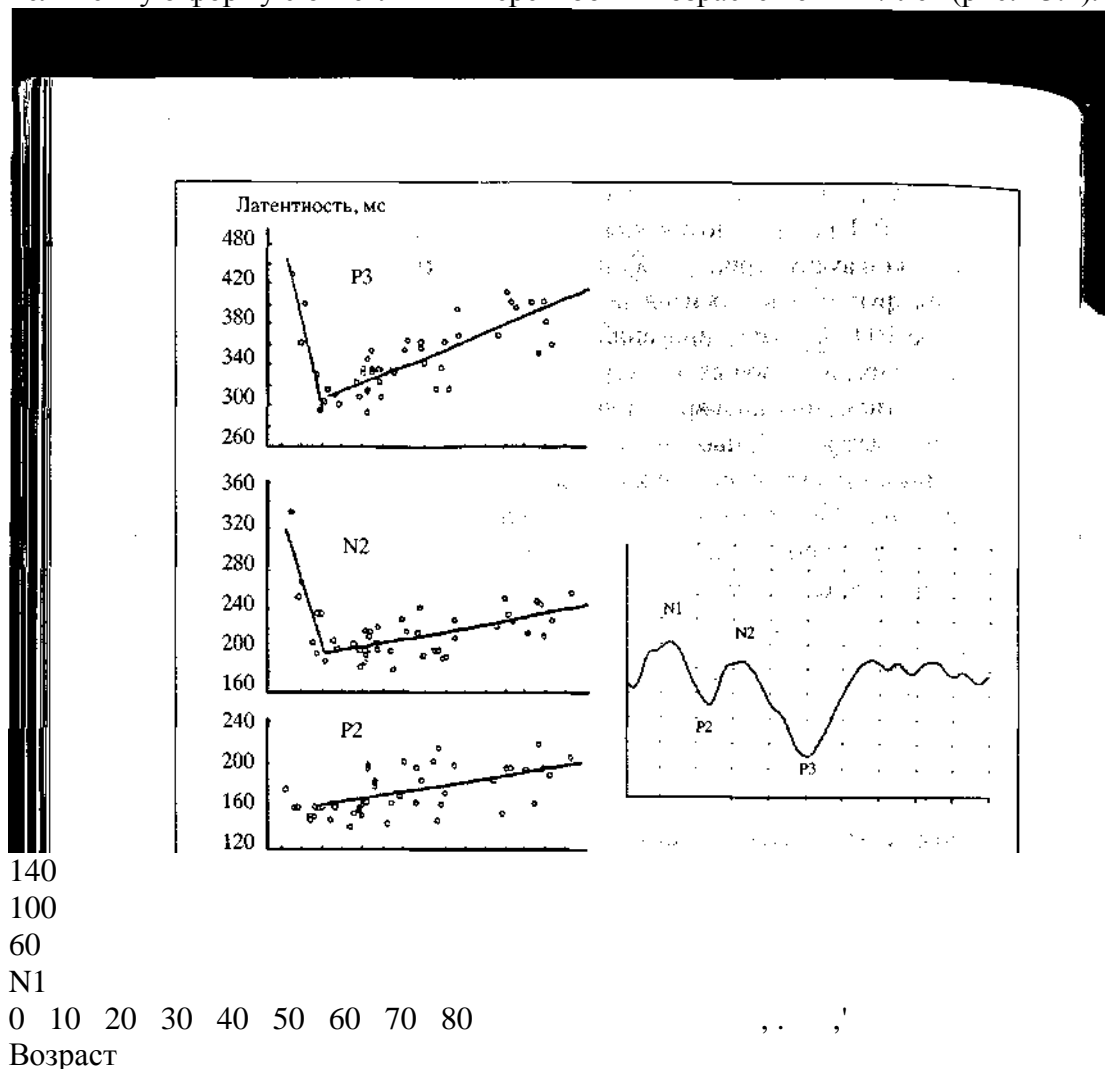


Рис. 13.4 Зависимость латентности компонентов P300 от возраста для диапазона от 7 до 78 лет.

В линии регрессии виден отчетливый перелом в 16—17 лет, в связи с чем линейная регрессия вычислена для двух диапазонов возраста: от 7 до 17 и от 18 до 78 (по В.В.Гнездицкому, 1997).

Для латентности P300 имеется тенденция к уменьшению этого параметра до 16—17 лет и затем начинается собственно «кривая старения», латентность увеличивается со скоростью 1.25мс/год (т.е. на 12 мс за 10 лет), а амплитуда уменьшается со скоростью 0,09 мкВ /год (Гнездицкий, 1997).

Аналогичные линии регрессии, описывающие возрастную динамику в раннем онтогенезе, а также «кривые старения» получены и для других широко известных эндогенных компонентов ВП: обусловленной эффектами внимания «негативности рассогласования» (см. главу 6.3) и связанного с принятием лингвистического решения

компонента N 400 (см. главу 8.7).

На основе этих данных с помощью регрессионного анализа можно получить еще один вариант оценки биологического возраста. Например, по данным В.В. Гнездицкого (1997), для оценки уровня зрелости испытуемого по показателям латентности и амплитуды РЗОО могут служить следующие уравнения.

1) для латентности:

возраст = $0,31 \text{ ЛП РЗОО} - 62,5$

2) для амплитуды:

возраст = $63,3 - 2,4 \text{ амплитуда РЗОО}$

Например, если латентность компонента РЗОО, зарегистрированного у данного испытуемого в стандартных условиях, равна 330 мс, а амплитуда 9 мкВ, то вероятный возраст этого человека составит приблизительно 40 лет. При сопоставлении этого значения с календарным возрастом можно дать оценку состоянию нейрокогнитивных процессов у данного человека. Реализуя такой же вариант анализа для оценки когнитивных компонентов ВП в раннем онтогенезе (у детей и подростков) можно получить индексы функциональной зрелости в оценке их когнитивных функций. Таким образом, изучение возрастной динамики амплитудно-временных параметров ВП дает еще один инструмент диагностики возраста, с точки зрения соответствия/несоответствия календарного возраста уровню зрелости нейрофизиологических механизмов переработки информации.

Сказанное, однако, распространяется только на те компоненты и показатели, которые могут быть зарегистрированы у всех людей, независимо от возраста. В этом случае объектом изучения выступают онтогенетически стабильные характеристики и функции, т.е. такие, которые имеют непрерывное развитие в онтогенезе (см. главу 12.1).

Между тем, хорошо известно, что индивидуальное развитие в целом и психическое, в частности, не сводятся только к количественным изменениям. Понятие психического новообразования как своеобразного «маркера» смены этапа или стадии развития является важнейшим при описании психического онтогенеза. По некоторым данным, анализ эндогенных компонентов ВП может оказаться полезным и для изучения этого аспекта психического развития. Высоко информативным здесь может оказаться изучение относительной выраженности и пространственного размещения по коре компонентов ВП (хроно-топографической картины) у испытуемых разного возраста. Например, когда в одной и той же экспериментальной ситуации у взрослых или подростков наблюдается преобладание одного компонента, а у детей другого, и это преобладание имеет разную выраженность в задних и передних ассоциативных зонах коры (Кок, К.оуаккег5,1985). К сожалению, исследований такого рода сравнительно мало и на их основе пока трудно выстроить четкую картину. Тем не менее это перспективная линия исследований, которая в будущем позволит разработать новое научное направление — возрастную когнитивную психофизиологию.

13.3. Реакции глаз как метод изучения познавательной активности в раннем онтогенезе

Проблема перцептивных возможностей детей раннего возраста: новорожденных и младенцев, начиная с 50 — 60-х годов стала предметом интенсивных исследований. Цель этих исследований состоит в установлении закономерностей и принципов переработки визуальной информации, а основным источником данных служат реакции глаз, сопровождающие изменения стимульных ситуаций. Изучение познавательной активности детей в таком возрасте стало возможным, благодаря инновационным методам. Один из них — метод зрительного предпочтения, который заключается в анализе длительности зрительных фиксаций младенцев, избирательно реагирующих на одновременное появление двух объектов. Зрительное предпочтение дает возможность объективировать и количественно изучать ориентировочно-исследовательскую активность младенцев.

Для изучения младенцев используют также практически все психофизиологические методы: ЭЭГ и ЭОГ, оценивают частоту дыхания, частоту сердечного ритма, частоту сосательных движений и др.

Электроокулография (ЭОГ) (см. главу 2.6), применяющаяся для оценки динамики движений глаз, имеет особое значение в исследованиях глазодвигательной активности новорожденных и младенцев. Регистрируя ЭОГ у детей в самом раннем младенчестве, можно установить, как и когда формирование прослеживающих движений глаз у ребенка достигает взрослого типа. Е.А.Сергиенко (1992), используя ЭОГ, показала, что, только начиная с 16-недельного возраста, младенец оказывается способен к плавному, «точному», «взрослому» типу прослеживания.

Еще один важный и информативный феномен глазодвигательной активности изучают с помощью ЭОГ — это оптокинетический нистагм, непроизвольная реакция глаз в ответ на периодически движущиеся стимулы в поле зрения наблюдателя. Наличие нистагменных реакций отмечается уже у новорожденных, таким образом, можно практически с момента рождения проследить, как развивается эта реакция, отражающая базисный уровень восприятия движения.

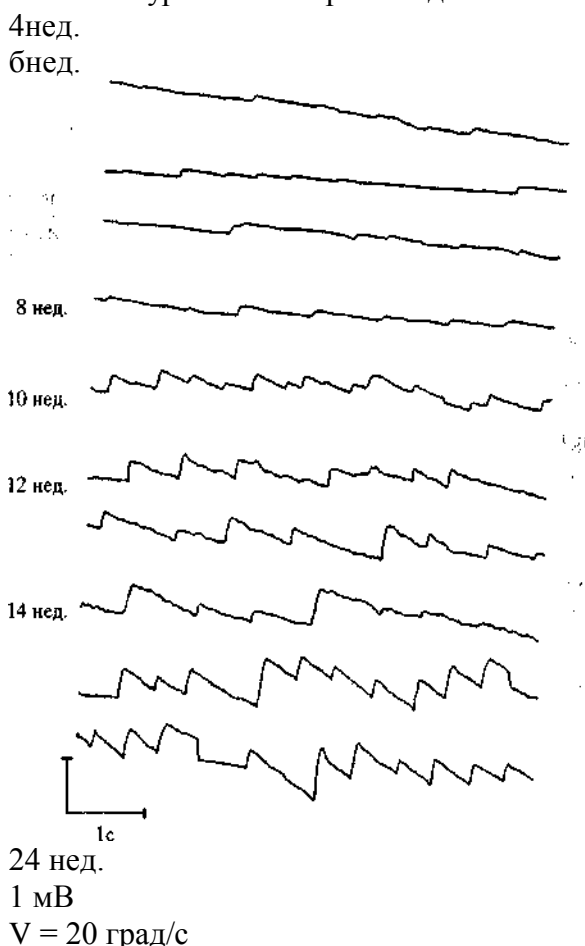


Рис. 13.5 Возрастная динамика оптокинетического нистагма в младенческом возрасте (по Е.А.Сергиенко, 1992).

На рисунке 13.5 показано, как постепенно развивается оптокинетический нистагм у младенцев в интервале от 4-х до 24-х недель, (на рисунке видно, как увеличивается амплитуда быстрых фаз саккадических движений глаз. Изучая развитие нистагма в младенчестве, Е.А.Сергиенко (1992) выделила две стадии его развития: «несмотрящий», периферический в возрасте 4 — 6 недель и «смотрящий», центральный нистагм в 8 — 24 недели. Первый отражает такой уровень созревания зрительной системы, при котором она способна к самой общей приблизительной обработке визуальной информации. Второй этап, или форма развития нистагма, свидетельствует о том, что зрительная система уже способна обеспечить детальную обработку информации.

Более того, показано, что регистрация оптокинетического нистагма в разных стимульных ситуациях оказывается высоко информативным методом изучения перцептивных приоритетов ребенка и развития его познавательной активности в целом. Следует также

указать, что в клинических целях оптокинетический нистагм у младенцев используют для оценки остроты зрения.

13.4. Основные типы эмпирических исследований в возрастной психофизиологии

Большинство эмпирических исследований, которые выполняются в русле возрастной психофизиологии, можно разделить на два типа: ориентированные на выявление нормативных закономерностей и дифференциально-диагностические.

Нормативно-ориентированные исследования ставят своей целью выявление общих закономерностей созревания и возрастных особенностей функционирования физиологических условий и предпосылок психического развития. Такие исследования на протяжении более чем тридцати лет проводились Д.А.Фарбер и ее сотрудниками (см. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга., 1990). Можно сказать, что в трудах этих исследователей были заложены основы возрастной когнитивной психофизиологии в нашей стране.

В исследованиях такого рода, как правило, имеет место экспериментальное моделирование психических процессов, состояний и деятельности (например, мыслительной), сопровождающееся регистрацией электрофизиологических показателей (ЭЭГ и ВП и других). Изменения параметров электрофизиологических реакций в ходе психической деятельности сравниваются у испытуемых разных возрастных групп, и на этой основе делается заключение о том, как преобразуются мозговые механизмы переработки информации в ходе онтогенеза.

Эффективность этих исследований определяется двумя факторами: качеством экспериментальной модели (внимания, восприятия, мышления) и набором физиологических показателей. Чем более содержательна и репрезентативна по отношению к моделируемой психической реальности экспериментальная модель/ситуация, воспроизводящая тот или иной психический процесс, и разнообразнее и тоньше физиологические показатели, тем больше оснований выявить специфические особенности обеспечения познавательной деятельности ребенка и оценить их динамику в ходе онтогенеза.

Дифференциально-диагностический подход. В этих исследованиях психологический и физиологический аспекты сосуществуют или выполняются независимо друг от друга, но на каком-то этапе (это может быть промежуточное тестирование или окончание эксперимента) проводится комплексное обследование, позволяющее обобщить результаты с учетом данных психологического и физиологического рядов. В качестве примера можно привести исследование биоэлектрической активности мозга у детей, которые учатся в обычных условиях и детей, которые учатся по специальной стимулирующей психическое развитие программе. Периодическое исследование психофизиологических функций у тех и других позволяет судить о том, как сказывается дополнительное обучение на биологическом созревании.

Комплектовать группы для изучения можно по разным признакам как психологическим, так и физиологическим. В качестве физиологических критериев может быть использован темп созревания, в этом случае сравниваются психологические и физиологические особенности ретардантов и акселератов. По той же схеме можно проводить обследование детей, различающихся по психологическим или социально-психологическим особенностям. Установлено, например, что дети из семей с низким социально-экономическим статусом имеют большую величину абсолютной мощности и больший процент дельта- и меньший альфа-ритма, чем дети с высоким социально-экономическим статусом, и это интерпретируется как свидетельство их отставания в развитии.

В том же русле выполняются исследования, в которых изучаются психофизиологические особенности особых групп детей. Так в 80 — 90-е годы было проведено немало исследований, посвященных изучению особенностей биоэлектрической

активности мозга (ЭЭГ, ВП и ССП) у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, неспособностью к обучению, дизлексией и т.д. Показатели ЭЭГ и/или ответы мозга у таких детей сравниваются с ответами их нормальных ровесников (контрольная группа), и по результатам сравнения делается заключение о том, как изменяется деятельность мозга или какое именно звено в процессе переработки информации страдает при том или ином варианте расстройства.

В качестве примера приведем исследование В.В.Алферовой и Т.А.Кудряковой (1994), посвященное изучению пространственной организации биоэлектрической активности мозга детей с трудностями в обучении.

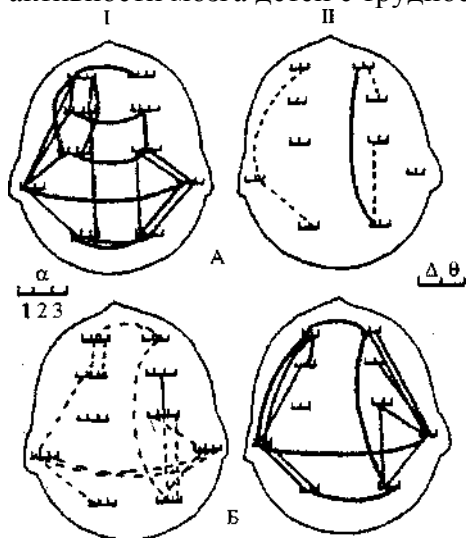


Рис. 13.6 Особенности пространственной синхронизации биопотенциалов различных областей коры больших полушарий в процессе зрительно-пространственного анализа у детей 7—8 лет с разной успешностью обучения.

Достоверные изменения функции КОГ (схемы) различных частотных поддиапазонов α -ритма (I), а также и θ -ритмов (II) в норме (A) и при трудностях в обучении (B) (Сплошная линия — увеличение КОГ, пунктирная — снижение) (по В.В.Алферовой, Т.А.Кудряковой, 1994).

На рисунке 13.6 представлены в схематическом виде изменения функции когерентности, характеризующие степень связи между 10 зонами коры при выполнении задания (зрительно-пространственный анализ). Обращает на себя внимание тот факт, что у детей с трудностями в обучении при выполнении задания возрастает уровень когерентности в тета-диапазоне, а у нормальных детей увеличение когерентности наблюдается в альфа-диапазоне.

В заключении отметим, что успешность всех исследований дифференциально-диагностического плана зависит от двух условий: точности и строгости комплектования экспериментальной и контрольной групп детей, а также качества и разнообразия средств их изучения (в том числе, и экспериментальных моделей изучаемого психического процесса). Чем меньше вариативность детей по всем I характеристикам, кроме анализируемой, разнообразнее используемые показатели и модели ситуации или процесса, тем более содержательной будет интерпретация результатов.

Глава четырнадцатая

14. Созревание головного мозга и психическое развитие

Эмбриогенез (внутриутробное развитие) человека закономерно связан с процессами его предшествующей эволюции. Связь между ними настолько ощутима, что существует даже понятие филоэмбриогенез, подчеркивающее единство процессов эволюционного и индивидуального развития.

14.1. Созревание нервной системы в эмбриогенезе

Основные этапы развития мозга в эмбриогенезе были описаны еще в прошлом

веке, однако до сих пор сравнительно мало известно о процессах, которые обеспечивают формирование отдельных структур мозга и их связей друг с другом.

Основные стадии развития мозга. Установлено, что нервная система берет начало от пласта клеток на дорзальной поверхности развивающегося эмбриона (нервной пластинки), из которой образуется нервная трубка. Процесс, в результате которого часть клеток наружного зародышевого слоя превращается в специализированную ткань, из которой развивается ЦНС, называется индукцией. После индукции нервной пластинки в развитии любой части мозга выделяется ряд стадий: 1) местное деление зародышевых клеток в различных участках; 2) перемещение (миграция) зародышевых клеток из зоны, в которой они возникли, к местам их окончательного пребывания; 3) объединение (агрегация) клеток, приводящая к формированию четко выделяемых участков мозга; 4) дифференцировка незрелых нейронов; 5) формирование связей с другими нейронами; 6) избирательная гибель некоторых нейронов; 7) ликвидация одних ранее сформировавшихся связей и стабилизация других.

Следующий важный этап по пути специализации мозга происходит, когда на головном конце трубки выделяются три выпуклости (мозговые пузыри), соответствующие трем главным частям мозга: переднему, среднему и заднему мозгу. Далее пузырь переднего мозга делится на конечный мозг, из которого впоследствии образуется кора больших полушарий и промежуточный мозг.

Конечный мозг проходит еще три стадии развития. Во-первых, он дает начало обонятельным долям, гиппокампу и другим структурам, образуя таким путем лимбическую систему. На второй стадии происходит утолщение стенок переднего мозга. Из них формируются базальные ганглии, играющие важную роль в осуществлении двигательных функций, а также миндалевидное ядро, важный центр контроля адаптивных реакций организма. Третья стадия развития конечного мозга включает формирование коры больших полушарий. (Коуэн, 1982).

Активность плода в эмбриогенезе. Известно, что двигательная активность зародыша начинается очень рано. Сердцебиения возникают на 3 — 4 неделе после оплодотворения, первые спонтанные движения туловища и конечностей на 10-й неделе, однако мать начинает ощущать их значительно позже. Эпизодически наблюдаются глотательные и дыхательные движения, а также мимические движения. В целом спонтанная активность плода человека, возрастающая к концу беременности, представляет собой сложноорганизованную деятельность, которая предположительно отражает стремление плода занять наиболее удобное положение в утробе матери.

Все сенсорные системы плода начинают функционировать задолго до рождения. Нервная система плода способна перерабатывать проприоцептивную, вестибулярную, а также тактильную информацию, которую она получает в результате обратной сенсорной связи от движений, ограниченных стенками матки. Все это может существенно влиять на созревание соответствующих отделов ЦНС плода. Считается, что плод человека способен реагировать на химические (вкус, обоняние) и тактильные (давление) стимулы, а также запоминать пренатальный опыт.

Наибольшие дискуссии ведутся по поводу возможностей слуховой системы плода. Слуховая система плода человека к шести месяцам уже имеет основные черты, присущие органу слуха взрослого человека. Плод способен воспринимать звуки, поступающие из окружающей среды, и, в первую очередь, голос матери. Особенно чувствителен плод к тоническим оттенкам материнского голоса, которые несут ему информацию об ее эмоциональном состоянии. Благодаря этому младенцы уже спустя несколько дней после рождения способны узнавать материнский голос. По современным представлениям воспринятая в эмбриогенезе слуховая стимуляция обеспечивает ребенку дополнительные условия для развития эмоциональных, социальных и когнитивных функций (Крайг, 2000).
Гормональные влияния в эмбриогенезе. В настоящее время одна из главных линий анализа эмбрионального опыта связана с изучением роли половых гормонов.

Известно, что пол будущего ребенка определяется при зачатии. Женские половые хромосомы XX одинаковы, поэтому в женском организме образуются яйцеклетки, несущие каждая по одной X-хромосоме. Мужские половые хромосомы разные — XY, поэтому в мужском организме образуются сперматозоиды, несущие либо X, либо Y-хромосому. Пол ребенка определяется тем, какую хромосому несет сперматозоид. Если X, ребенок будет женского пола, если Y — мужского.

Однако определение генетического пола при оплодотворении — лишь первая стадия половой идентификации будущего организма. Именно в Y-хромосоме, в ее коротком плече находится важнейший «мужской» ген, участвующий в кодировании синтеза специфического «мужского» антигена H-Y, который необходим для маскулинизации зародышевых половых желез и развития организма мужского типа. Решающая стадия определения пола связана с половой специализацией зародышевых половых желез (гонад): в присутствии антигена H-Y они становятся семенниками, в отсутствии — яичниками. Таким образом, наличие Y-хромосомы меняет направление развития эмбриона, сформировавшиеся половые железы зародыша начинают продуцировать гормоны, и исходная генетическая программа половой специализации превращается в гормональную.

В ходе половой дифференцировки гормоны модифицируют структуры созревающего организма и, в том числе, мозга, определяя программу будущего полового поведения. Мужские половые гормоны, так называемые андрогены и главный из них — тестостерон, оказывают маскулинизирующее влияние на растущий организм. Женские половые гормоны — эстрогены — отвечают за феминизацию развивающегося организма. Надо иметь в виду, что половые гормоны в основном производятся соответствующими половыми железами, но в других железах, например, в надпочечниках, могут производиться в небольших количествах половые гормоны противоположного пола. Таким образом, в больших или меньших количествах у обоих полов могут присутствовать гормоны противоположного пола.

Мозг зародыша, образно говоря, «купаются в гормонах», при этом формируется специфическая для каждого пола система нейроэндокринной регуляции, включающей в себя системы прямых и обратных связей разных уровней. Полагают, что на ранних этапах половые гормоны влияют на формирование целого ряда центров мозга (гипоталамуса, гиппокампа, миндалевидного тела и ряда других структур). Итогом половой дифференцировки мозга является разная для мужского и женского пола чувствительность ЦНС к гормональным влияниям и разная реакция на эти влияния, т.е. феминизация или маскулинизация мозга, обеспечивающая нейроэндокринную предрасположенность к полоспецифическому поведению на более поздних этапах развития. Имеются, например, данные, что дети, подвергавшиеся воздействию андрогенных веществ, более агрессивны, чем дети, не испытавшие такого воздействия. Так, мальчики и девочки, подвергавшиеся воздействию андрогенов в дородовой период, в отличие от их братьев и сестер, не получавших такого воздействия, при разрешении конфликтов были склонны к агрессивным выпадам с применением физической силы (Бэрон, Ричардсон, 1997).

Другая линия исследований связана с изучением формирования стрессреактивности ребенка в результате вредоносных воздействий в пренатальном онтогенезе. Представления о значении стрессорных воздействий на мать для последующего функционирования системы гипоталамус — гипофиз — надпочечники в организме ребенка начали складываться в 70 — 80-е годы. В результате экспериментов на животных было показано, что различные стрессорные воздействия на беременную самку приводят к существенным изменениям тех нейроэндокринных механизмов, которые связаны с формированием реакций взрослых потомков на эмоциональные, но не физические стрессоры.

Установлено, что пренатальный стресс повышает резистентность потомков к действию стрессоров, причем замечена одна важная особенность: степень угнетения

реакции потомка на эмоциональный стресс пропорциональна силе действующего на мать стрессора (Науменко, 1994). Надо иметь в виду, однако, что в этих случаях речь идет о физиологических стрессорах, не угрожающих жизни матери. Такой пренатальный стресс изменяет нейрхимические, в первую очередь моноаминоэргические механизмы в нервной системе потомков в зрелом возрасте. Эти данные свидетельствуют о том, какое важное значение может иметь состояние матери во время беременности для формирования нейрофизиологических и нейрхимических механизмов стрессреактивности ее ребенка.

14.2. Созревание основных блоков головного мозга в постнатальном онтогенезе

Один из главных морфологических показателей созревания ЦНС — вес мозга ребенка — при рождении составляет 12% от веса тела, у взрослых — 2,5% (Никитюк, Чтецов, 1990). Соответственно, при среднем весе новорожденного 3200 г он равен приблизительно 400 г. К концу первого года жизни вес мозга возрастает в 2 — 2,5 раза, к двум — трем годам почти в 3 раза. Дефинитивных значений вес головного мозга достигает в 10 — 14 лет.

14.2.1. Эволюционный подход к анализу созревания головного мозга

Характеризуя деятельность мозга в целом, исследователи, как правило, выделяют несколько структурных образований мозга — блоков и рассматривают работу целого мозга, оперируя функциональными особенностями его основных блоков. Так отдельно анализируется вклад в психическое функционирование глубоких (подкорковых) структур мозга, коры больших полушарий, ее «передних» и «задних» отделов, левого и правого полушарий. Каждому из блоков по данным многих экспериментальных и клинических исследований приписываются разные функции.

Схема П. Маклина. В клинической неврологии при интерпретации функций разных отделов мозга используют представления, опирающиеся на биогенетический закон, в соответствии с которым созревание ЦНС осуществляется в последовательности, отражающей эволюционное прошлое человека как биологического вида. Иллюстрирует это положение схема П. Маклина.

По этой схеме в мозге человека выделяют три отдела: древний мозг рептилий, древний мозг млекопитающих и новый мозг млекопитающих. Первый отдел (ствол мозга, промежуточный мозг, базальные ганглии) контролирует стереотипные, преимущественно врожденные поведенческие акты /инстинкты, имеющие большое значение для выживания. Этому отделу не свойственна функциональная пластичность, и он может обеспечивать жизнедеятельность лишь в условиях постоянства окружающей среды. Древний мозг млекопитающих, называемый также висцеральным, включает лимбическую систему. Этот отдел, будучи тесно связан с эмоционально-потребностной сферой, обеспечивает видоспецифические паттерны поведения млекопитающих, которые обладают определенной степенью гибкости. Третий отдел (новый мозг, образованный неокортексом) отвечает за формирование концепций и схем поведенческих актов. Именно этот отдел отвечает за прогнозирование и вносит изменения в «консервативные» программы поведения. Фактически он является органом индивидуальной адаптации.

Схема Маклина носит достаточно общий характер и принимается не всеми физиологами, но она позволяет выявить одну из главных тенденций созревания мозга в онтогенезе и объяснить природу адаптивных возможностей ребенка на ранних этапах онтогенеза. В соответствии с этими представлениями, в онтогенезе в первую очередь созревают структуры ствола мозга, обеспечивающие гомео-статическую регуляцию жизнедеятельности организма. Кроме того, к их функциям относится обеспечение тонизирующих и модулирующих влияний на разные уровни ЦНС, формирование биологических потребностей, побуждающих организм к действию (голод, жажда и др.), а также эмоций, сигнализирующих об успехе или неудаче в удовлетворении этих потребностей (см. главы 3 и 4).

Уровневая организация систем. В контексте теории функциональных систем (см.

главу 1.4) процесс развития рассматривается как переход от функциональных систем одного уровня интегрированности к другому, причем формирование новых уровней в процессе развития не отменяет предыдущих. П.К.Анохиным (1975) было сформулировано представление об изоморфности иерархических уровней.

Оно заключается в том, что все уровни в структурно-функциональной организации ЦНС представлены функциональными системами и, независимо от уровня, системообразующим фактором для всех этих систем является полезный приспособительный результат. Фактором же, определяющим структурную организацию уровней, их упорядоченность является история развития (Александров, 1997). Под этим подразумевается процесс преобразования последовательности стадий развития в уровни организации. Соответственно этому положению в континууме функциональных систем, обеспечивающих жизнедеятельность и поведение, одновременно сосуществуют и взаимодействуют функциональные системы разных уровней организации и разного возраста (эволюционного и индивидуального).

Таким образом, данный подход позволяет рассматривать развитие поведения как последовательное формирование (консолидацию) функциональных систем различных уровней организации в направлении от универсальных всеобщих (присущих не только людям, но и высшим животным) к индивидуальным, отражающим конкретный опыт, приобретаемый человеком или животным в результате специфических воздействий среды и научения.

Системная организация психических функций. С позиций эволюционного подхода уровневое строение присуще также психическим явлениям и функциям человека. Л.С.Выготский выделял два уровня психических явлений: «натуральные» и «культурные» психические процессы и функции, полагая, что первые детерминированы биологическими (генетическими) факторами, а вторые формируются всецело под влиянием социальных условий.

Психические функции, по Выготскому, возникают в онтогенезе как натуральное или низшее, имеющие отчетливую физиологическую форму, например, «натуральное» внимание, развитие которого обусловлено созреванием нервного субстрата. В противоположность этому развитие высших психических функций (в частности, произвольного внимания) — процесс социально обусловленный. Социальные воздействия определяют способы формирования высших психических функций и тем самым их психологическую структуру.

Однако, как и натуральные процессы, высшие психические функции имеют мозговой субстрат, ответственный за их обеспечение.

Высшие психические функции представляют собой сложные системные образования — «психологические системы» (см. главу 1.4.5), которые создаются, как пишет Выготский, путем «надстройки новых образований над старыми, с сохранением старых образований в виде подчиненных слоев внутри нового целого» (Выготский, 1956, с.488). Исследования мозгового субстрата высших психических функций, на протяжении многих лет проводившиеся А.Р.Лурией и его сотрудниками, легли в основу современных представлений о мозговых механизмах высших психических функций.

Психофизиологической основой высших психических функций являются мозговые функциональные системы, включающие большое число афферентных и эфферентных звеньев, имеющих вертикальную (корково-подкорковую) и горизонтальную (корково-корковую) организацию.

Часть звеньев функциональных систем жестко закреплена за определенными участками мозга, остальные обладают высокой пластичностью и могут заменять друг друга. Таким образом, каждая психическая функция является результатом системной деятельности мозга. При этом разные отделы мозга вносят в их формирование дифференцированный вклад.

А.Р. Лурия подчеркивал, что формирование функциональных систем, лежащих в

основе высших психических функций, происходит в результате системообразующего влияния социально-культурного опыта. Иными словами, культура и социум предоставляют ребенку те образцы результатов (модели потребного будущего), которые стимулируют его мозг к интеграции (консолидации) вполне определенных систем, призванных в дальнейшем получить именно тот результат, который уже представлен ребенку в конкретном культурном опыте.

Как упоминалось выше (см. главу 12.2), в раннем онтогенезе средовой опыт играет организующую роль в морфофункциональном созревании нервных сетей. По аналогии с этим можно полагать, что социально-культурный опыт направляет консолидацию мозговых систем, обеспечивающих овладение культурными нормативами или образцами. Как пишет А.Р. Лурия (1978, с.114): «... поскольку высшие формы сознательной деятельности человека всегда опираются на какие-либо внешние средства, эти последние, являющиеся исторически сформированными средствами, представляют собой существенные факторы установления функциональной связи между отдельными участками мозга. С их помощью участки мозга, которые раньше работали самостоятельно, становятся звеньями единой функциональной системы.»

Такой подход позволяет рассматривать процесс созревания мозгового обеспечения высших психических функций в онтогенезе как последовательность формирования (консолидации) функциональных систем различного уровня от эволюционно более древних, имеющих универсальную биологическую детерминацию, к эволюционно более молодым, опосредствованным социальными воздействиями.

14.2.2. Кортиколизация функций в онтогенезе

Известно, что в созревании мозга действует принцип гетерохронности (см. главу 12.1). По этой причине при изучении мозговых механизмов, обеспечивающих психическое развитие, решающее значение приобретает анализ последовательности морфофункционального созревания основных блоков и того, как это отражается на психических возможностях и особенностях каждого возраста. К этой проблеме существуют разные подходы.

Три оси созревания мозга. Наиболее общий подход предлагает рассматривать психофизиологическое созревание головного мозга в трех измерениях: вертикальном, горизонтальном и латеральном. Вертикальная ось характеризует динамику созревания в направлении от подкорковых структур к коре больших полушарий, горизонтальная ось (передне-задняя) позволяет сопоставить динамику созревания «задних» и «передних» отделов коры. Латеральное измерение предусматривает анализ последовательности и эффектов созревания левого и правого полушария.

В соответствии с принципом гетерохронности развития каждое из этих измерений имеет собственную динамику психофизиологического созревания. Однако мозг на всех этапах онтогенеза работает как целое, поэтому возрастные особенности его функционирования на каждой стадии развития следует рассматривать как результирующую гетерохронного созревания по трем перечисленным координатам.

Как было указано выше, мозговое обеспечение психических функций имеет системную организацию, в которой могут участвовать звенья, принадлежащие различным блокам мозга, следовательно исчерпывающий психофизиологический анализ должен включать совокупную оценку динамики созревания по всем трем координатам мозга в вертикальном, горизонтальном и латеральном измерениях.

Созревание глубоких структур мозга. Наибольшая определенность в настоящее время существует в оценке психофизиологического созревания по вертикальному измерению. Опережающее развитие в онтогенезе филогенетически древних подкорковых структур головного мозга закономерно, поскольку именно в этих структурах локализуются центры жизнеобеспечения (дыхания, кровообращения, регуляции циклов сна и бодрствования и т.д.), обеспечивающие возможности эффективной адаптации младенца к окружающей среде. Большинство из них, в отличие от коры больших

полушарий, являются уже достаточно зрелыми к моменту рождения и завершают свое созревание в первые годы жизни ребенка. Опережающее созревание подкорковых структур по сравнению с корой мозга определяет особенности перцепции и моторики младенца.

Процесс кортиколизации. Кора больших полушарий играет определяющую роль в обеспечении высших психических функций человека. В самом общем виде — это прием и окончательная переработка информации и организация на этой основе сложных форм поведения, причем первая из этих функций связана преимущественно с деятельностью «задних» отделов коры, а вторая — с деятельностью «передних».

Генеральной линией развития мозга ребенка в дальнейшем онтогенезе является так называемая кортиколизация функций, т.е. постепенный перенос основных центров, регулирующих поведение и психику ребенка в созревающую кору больших полушарий. Не исключено, что именно такая организация мозговых механизмов психики и поведения ответственна за то, что показатели умственного развития детей первых двух лет жизни мало коррелируют с показателями умственного развития тех же детей на более поздних этапах развития, например, в 5 — 6 лет. Иными словами, по уровню умственного развития ребенка в первые два года жизни трудно предсказать, каким будет его интеллект в старшем дошкольном и школьном возрасте

Кортиколизация функций подчиняется принципу гетерохронности развития, т.е. созревание отдельных участков коры больших полушарий происходит с разной скоростью и достигает окончательной зрелости в разные периоды онтогенеза. В горизонтальном измерении, как правило, отдельно рассматривают динамику психофизиологического созревания таких блоков, как передние и задние отделы. Каждый из них, в свою очередь, состоит из более дробных высококодифференцированных частей, называемых зонами или областями коры, которые в онтогенезе также подчиняются принципу гетерохронности развития. В идеале можно представить себе своеобразный «календарь» созревания отдельных частей или зон коры мозга, который было бы весьма заманчиво сопоставить с уже выделенными хронологическими последовательностями формирования познавательных и двигательных возможностей ребенка. Однако конкретных данных для этого недостаточно, но установлены некоторые общие тенденции и закономерности. Рассмотрим основные из них.

Созревание задних отделов коры. Общеизвестно, что задние отделы коры выполняют функции приема, хранения и переработки информации и этим задачам подчинена их структурная организация. В эти отделы входят: первичные зоны (проекционные зоны анализаторов: зрительная, слуховая и т.д.), в которых ведется простейшая обработка внешних сигналов; вторичные зоны, в которых происходит более сложная обработка сигналов, в частности, например, сличение текущей информации с содержанием памяти; третичные зоны, в которых происходит окончательное завершение формирования образов на базе межсенсорного взаимодействия.

По морфологическим показателям во всех областях коры без исключения скорость роста наиболее высока в 1-й год жизни. Далее рост коры постепенно замедляется, прекращаясь в проекционных полях к трем годам, а в ассоциативных — к семи (Семенова с со-авт., 1990). Есть, однако, указания, что и проекционные, и тем более ассоциативные зоны коры созревают дольше: первые вплоть до семи лет, а вторые еще позднее.

Причем можно, по-видимому, выделить межанализаторные различия в темпах созревания проекционных зон. Так, первичные соматосенсорные, а также двигательные зоны коры созревают несколько раньше, чем проекционная зона зрительного анализатора (Андрианов с соавт., 1993). Подтверждением последнего является также относительно большая зрелость соматосенсорного вызванного потенциала новорожденных и младенцев по сравнению со зрительными вызванными потенциалами тех же детей (см. главу 13.2.2). Следует заметить, что различия в сроках морфологического созревания, которые называются в разных работах, могут быть обусловлены методическими причинами, в

первую очередь использованием разных критериев для оценки зрелости (см. главу 12.1). Независимо от различий в установлении сроков достижения дефинитивного (зрелого) типа, все исследователи сходятся в следующем:

- 1) наибольший прогресс в морфофункциональном созревании зон коры наблюдается в течение первых лет жизни, далее темпы созревания заметно снижаются;
- 2) созревание идет от первичных проекционных зон к вторичным и от них к третичным ассоциативным зонам.

Такая направленность процессов созревания объясняет, во-первых, ограниченные познавательные возможности детей на ранних этапах онтогенеза, во-вторых, постепенный характер формирования механизмов познавательной деятельности ребенка. Таким образом, поскольку сенсорно-перцептивные функции приурочены в основном к задним отделам коры больших полушарий, можно говорить, что в горизонтальном измерении созревание идет от задних отделов мозга к передним.

Созревание передних отделов коры. Эти отделы коры А.Р.Лурия называл блоком программирования, регуляции и контроля сложных форм деятельности. Этот блок не содержит модально-специфических зон, представляющих отдельные экстероцептивные анализаторы, а включает зоны, управляющие двигательной активностью. Наиболее важным отделом блока являются так называемые префронтальные зоны, именно они относятся к третичным отделам мозга и играют решающую роль в формировании намерений и программ. До недавних пор считалось, что в младенчестве эти отделы коры являются наиболее незрелыми и первый скачок их роста приходится на 3,5 — 4 года, когда темпы роста площади лобных долей резко повышаются. Второй скачок роста связывался с возрастом 7 — 8 лет, когда возникает такое психическое новообразование, как способность к произвольной регуляции психических функций и поведения, и завершение созревания фронтальных долей связывали с периодом полового созревания.

Однако в последние годы появились данные, которые заставляют пересмотреть вышеизложенные представления. Во-первых, было показано, что в возрасте от 8 до 11 месяцев первого года жизни в поведении младенца отмечается существенное увеличение когнитивной компетентности. До недавних пор считалось, что оно обусловлено совершенствованием когнитивных схем. Однако экспериментальным путем было показано, что условием для резкого скачка компетентности ребенка является созревание фронтальных долей мозга, благодаря которому возникает способность к торможению рефлекторного поведения (Влатопй, 1990).

Вторая группа фактов касается особенностей созревания мозга в подростковом возрасте. Исследования, выполненные с помощью ядерно-магнитного резонанса, показали, что фронтальные доли мозга в период полового созревания переживают резкое усиление роста серого вещества мозга, напоминающее по ряду признаков избыточный рост и сверхпродукцию синапсов в раннем возрасте (см. главу 12.1). После чего наступает период спада и элиминации избыточного числа синапсов. Поскольку синапсы стабилизируются под действием средовых факторов, а подростки (в отличие от детей раннего возраста) сами формируют свою среду, таким способом они могут в значительной степени повлиять на формирование собственного мозга. Динамика, описанная выше, по-видимому, характерна не только для фронтальных зон коры, но и для других ассоциативных отделов мозга. Различия между зонами заключаются в сроках, когда наблюдается избыточный рост и последующая элиминация межнейронных контактов.

Эти факты дают основания для пересмотра уже сложившихся представлений, касающихся роли фронтальных долей мозга и формирования корково-подкорковых отношений в психическом развитии детей и подростков.

Корково-подкорковые отношения. Процесс кортиколизации прямо соотносится с установлением в ходе онтогенеза корково-подкорковых отношений, как правило, под этим подразумевают представление о балансе активационных и тормозных влияний (как генерализованных, так и локальных), складывающемся между корой и подкоркой, а также

стволом мозга.

При зрелом типе корково-подкорковых отношений кора больших полушарий, в первую очередь фронтальные доли, приобретает способность управлять восходящими из подкорки активирующими влияниями. Суть этого процесса состоит в том, что активационные влияния, оптимальные по своей интенсивности направляются в «нужное место в нужный момент времени», мобилизуя именно те нервные центры, которые необходимы для выполнения данной конкретной деятельности. Этот процесс, получивший название управляемой активации (см. главу 6.3), связан с формированием «системы локальной активации» (Дубровинская, 1985).

Важно подчеркнуть, что в возрасте 7 лет (начало школьного обучения) эти процессы еще не достигают окончательной зрелости. Недостаточный уровень зрелости фронтальных долей мозга проявляется в слабом контроле активационных воздействий, которые поступают в кору из модулирующих систем мозга. Последнее является одной из естественных причин гиперактивности поведения ребенка. Только к 9 —10 годам процессы управления активацией достигают относительной зрелости, обеспечивая ребенку оптимальные условия для умственной деятельности.

Тем не менее созревание корково-подкорковых отношений продолжается и на более поздних стадиях онтогенеза. Естественно, что по мере созревания фронтальных отделов коры изменяются и все более совершенствуются и корково-подкорковые отношения.

14.2.3. Латерализация функций в онтогенезе

Проблема психофизиологического созревания в латеральном измерении требует особого внимания, поскольку церебральная асимметрия в настоящее время рассматривается как один из главных факторов, определяющих возрастные и индивидуальные особенности познавательной деятельности человека.

Причины латерализации функций. При обсуждении происхождения латерализации рассматриваются два основных круга причин — генетическая предрасположенность и средовые влияния. На основе этих двух источников сформировался широкий спектр воззрений, так или иначе объясняющих происхождение латерализации функций в онтогенезе.

Обобщая эти представления, можно указать, что в формировании асимметрии участвуют:

- 1) генетические механизмы, формирующие парные органы и задающие направление асимметрии; существует ряд генетических моделей, объясняющих происхождение межполушарной асимметрии. Наибольшее распространение в этой сфере имеет теория правостороннего сдвига М.Аннетт, которая объясняет происхождение мануальной и церебральной асимметрии существованием доминантного гена правостороннего сдвига. В отсутствие этого гена формирование асимметрии происходит под действием случайных средовых факторов.
- 2) средовые физические воздействия слабого типа, под влиянием которых левая половина тела и, следовательно, левое полушарие мозга могут получать некоторое преимущество в темпах эмбрионального развития. Одним из главных источников асимметричных воздействий может оказаться разный для левой и правой половины тела внутриутробный вестибулярный опыт ребенка, обусловленный специфическим положением плода в матке.
- 3) пренатальные средовые влияния (стресс и др.), вызывающие атипичность межполушарной организации (в частности, патологическую леворукость);
- 4) средовые систематические (культурные влияния), способствующие функциональной специализации полушарий;
- 5) средовые стохастические влияния, нарастающие с возрастом.

Первые два фактора определяют изначальный характер асимметрии мозга, ее направленность и доминантность одного из полушарий в целом. Поскольку сила действия

генетического латерализующего фактора, видимо, имеет определенные ограничения, достаточно сильные пренатальные воздействия, например, стресс, способны менять направленность асимметрии в ходе развития полушарий (полностью или частично в отдельных структурно-функциональных областях мозга). По этой же причине культурные условия также могут стимулировать развитие асимметрии, в первую очередь при установлении ведущей руки.

Гетерохронность созревания полушарий. Проблема гетерохронности в созревании полушарий не имеет однозначного решения (см. главу 8.6). Есть разные взгляды на проблему возрастной динамики в формировании психофизиологических функций левого и правого полушария. По некоторым из них, созревание правого полушария осуществляется более быстрыми темпами и в раннем онтогенезе вклад правополушарных структур в обеспечение психического функционирования превышает вклад левого. Это коррелирует с некоторыми особенностями психического развития детей в дошкольном и младшем школьном возрасте. Действительно, для детей характерна непроизвольность и небольшая осознанность поведения. Их познавательная деятельность имеет симуль-танный, целостный и образный характер.

В связи с этим высказываются критические замечания в адрес системы образования, с самого начала ориентированной на развитие знаково-символической функции мышления и не использующей возрастные особенности головного мозга, связанные с опережающим развитием правополушарных функций. Как альтернатива предлагается активное использование возможностей правополушарного способа переработки информации, особенно в начальной школе.

Тем не менее преждевременно делать какие-либо окончательные выводы. По мере увеличения разрешающей способности методов появляются новые данные о возрастной динамике созревания зон левого и правого полушария. Не исключено, что проблема опережающего созревания того или иного полушария как целого не имеет однозначного решения. Процессы созревания могут оказаться значительно более дифференцированными, чем это предполагалось раньше. Например, исследования темпов созревания корковых областей, связанных с выполнением речевых функций, показывают, что эти области имеют разные сроки периодов ускоренного созревания. В зоне Брока пик морфологического созревания наступает раньше, чем во всех остальных, приблизительно в шесть месяцев. В зоне Вернике пик созревания приходится на возраст четыре года.

Возможно, что отдельные зоны каждого полушария имеют собственную возрастную динамику созревания с независимыми периодами ускорения и разной скоростью созревания, при этом одни зоны созревают раньше в левом полушарии, другие — в правом. Такие выводы были получены в исследовании Р.Тэтчера, в котором участвовало 577 человек в возрасте от 2-х месяцев до 16—17 лет, и в качестве показателей созревания левого и правого полушария привлекались электрофизиологические показатели, в частности, функция когерентности по всем частотным диапазонам ЭЭГ: от дельта-диапазона до бета (см. главу 13.2). Авторы указывают, что на фоне непрерывной континуальной возрастной динамики имеют место ростовые скачки, т.е. внезапные увеличения скорости роста электрофизиологических показателей. Выделено пять периодов, характеризующих возрастную динамику межзонального взаимодействия биопотенциалов. Из них наибольшего внимания заслуживают второй и третий. Во втором, который длится от 4 до 6 лет, в левом полушарии наблюдается резкое увеличение синхронности биопотенциалов в лобно-затылочных отведениях. Уровень синхронности, составляющий 90% по отношению к зрелому типу, достигается к 5 годам, в правом такой же уровень когерентности фиксируется в лучшем случае к 9 годам.

Этот факт расценивается как свидетельство того, что на данном этапе онтогенеза левое полушарие ведет за собой правое в развитии. Третий период приходится на возраст от 8 до 10 лет, когда наблюдается увеличение связей в височно-фронтальных отведениях правого полушария. Четвертый и пятый периоды приходятся соответственно на возраст от

11 до 14 лет и от 15 лет до периода зрелости, они связаны с установлением внутрикорковых связей во фронтальных отведениях. Авторы предполагают, что установленная последовательность периодов ускоренного роста разных зон коры обусловлена реализацией генетически детерминированной программы развертывания специфических корково-корковых связей. Очевидно, что проблема межполушарных различий в темпах созревания зон коры еще ждет своего решения. Тем не менее на основе уже имеющихся данных, можно с достаточной уверенностью утверждать, что изменения в динамике созревания полушарий так или иначе будут вносить свой вклад в формирование особенностей детской психики на каждом этапе ее формирования.

Характер межполушарных отношений в онтогенезе зависит от динамики созревания мозолистого тела, связующего левое и правое полушария. До сих пор считалось, что мозолистое тело достигает дефинитивного состояния к периоду полового созревания. Однако, исследования с помощью ЯМР (ядерно-магнитного резонанса) показывают, что созревание мозолистого тела продолжается вплоть до поздней юности. Из этого следует, что отношения доминирования/подчинения между полушариями, типичные для зрелого мозга, в окончательном виде устанавливаются лишь в поздней юности. Кроме того, это означает, что на протяжении всего периода созревания мозга у праворуких людей правое полушарие в меньшей степени подвержено контролю со стороны левого, чем это характерно для дефинитивной стадии развития.

Индивидуальные различия латерализации. Предполагается, что существует довольно большой континуум межиндивидуальной вариативности в пределах нормы, определяемый темпами латерализации. На одном полюсе находятся индивиды с очень высокой скоростью латерализации полушарий в онтогенезе, на другом — с низкой. Однако при такой постановке вопроса возникает проблема выбора критериев или показателей, по которым можно надежно судить об индивидуальных различиях морфофункционального созревания левого и правого полушария. Оценку темпов созревания, например, предлагается проводить на основе динамики развития трех морфофункциональных показателей височных отделов мозга, точнее особого образования, именуемого *Planum Tetrogale*. К этим показателям относятся: объем популяции нейронов, сложность ветвления нервных сетей, и уровень синаптической плотности на ранних этапах созревания (Bai & Casl, 1998). Высокий уровень развития перечисленных признаков обеспечивает адаптивные возможности и пластичность мозга.

Аналогично этому низкая адаптивность и пластичность связываются с уменьшенным числом нейронов, со сниженным числом связей в сетях и уменьшенной синаптической плотностью, что отражается в запаздывающем, медленном созревании.

Предполагается также, что индивидуальные особенности асимметрии в височной области и предпочтение одной из рук являются предикторами темпов созревания ЦНС, так же как и будущих особенностей интеллекта (в частности, соотношения вербального и невербального его компонентов). Левосторонняя асимметрия, право-рукость и преобладание левого полушария в обеспечении когнитивных функций создают преимущество, означающее быстрое раннее созревание. Правосторонняя асимметрия в области речевых зон, леворукость и когнитивное преимущество правого полушария истолковываются как проявления позднего созревания. В этом контексте обусловленные поздним созреванием и более характерные для мужского пола отклонения от нормального хода развития (леворукость, дизлексия в совокупности с правосторонней асимметричностью и некоторые другие регрессивные признаки) приобретает содержательную интерпретацию.

В этой связи широкую популярность получила концепция Н.Гешвинда, в соответствии с которой, эмбриональный тестостерон (мужской половой гормон) влияет на темпы роста полушарий и ответствен за возможные различия мужского и женского мозга. Согласно этой концепции, высокий уровень тестостерона в период эмбриогенеза мозга замедляет темп развития левого полушария. Под влиянием тестостерона медленнее

проходит миграция нейронов к местам их окончательного расположения, что, в свою очередь, приводит к более позднему установлению нервных связей. Тестостерон присутствует у плодов обоего пола, но у плодов мужского пола его концентрация намного выше, поэтому у них сильнее, чем у плодов женского пола тормозится развитие левого полушария. В результате в мужском эмбриогенезе создаются более благоприятные условия для развития правого полушария со всеми вытекающими из этого последствиями. (Имеются в виду половые различия в развитии способностей: преимущественное развитие «левополушарных» вербальных способностей у женщин, и «правополушарных» пространственных — у мужчин).

Кроме того, действие тестостерона может настолько сильно затормозить развитие левого полушария, что центр ведущей руки, а иногда и речи переносятся из левого полушария в правое, и ребенок в будущем становится левшой с центром речи в правом полушарии. Подтверждением служит тот факт, что среди мужчин левшество и леворукость встречаются чаще, чем среди женщин. Надо, однако, указать, что данная гипотеза нуждается в дальнейшем подтверждении прямыми доказательствами, только в этом случае она сможет объяснить существование половых различий функциональной асимметрии мозга.

В заключении еще раз подчеркнем: отдельные структуры мозга (в левом и правом полушарии, в передних и задних отделах мозга) созревают с разной скоростью и на разных этапах онтогенеза. В итоге на каждой стадии мозг ребенка имеет свою особую «психофизиологическую архитектуру», которая, в свою очередь, определяет специфические для данного возраста условия и, в известной степени, возможности психического развития. Взятые в совокупности закономерности созревания головного мозга по основным измерениям представляют хронологическую последовательность возникновения физиологических условий психического развития ребенка.

14.3. Созревание мозга как условие психического развития

В свете всего вышесказанного кратко рассмотрим некоторые концепции и гипотезы, которые более других позволяют соотнести поэтапное созревание мозга с развитием психических процессов и функций, имеющих иерархическое многоуровневое строение.

Сенсорно-перцептивное развитие. В общем виде онтогенез физиологических механизмов восприятия рассматривается как формирование иерархического взаимодействия трех структурных уровней. Первый из них — уровень сенсорных «примитивов» или базисных сенсорных способностей — отчасти является врожденным, хотя его интенсивное формирование продолжается и в младенчестве по ходу созревания ЦНС. Прогрессирующее развитие базисных сенсорных способностей оказывает прямое влияние на формирование второго иерархического уровня — перцептивных репрезентаций, включающих интегративную оценку объектов внешнего мира (восприятие формы, положение объекта в пространстве, константность восприятия и ряд других характеристик).

В формировании зрительной перцепции в 1-й год жизни выделяются два этапа: первый от рождения до двух месяцев связывается с реализацией фиксированных программ поведения, в которых проявляется готовность младенца к восприятию общих перцептивных схем. Такой тип восприятия обеспечивается подкорковыми структурами. Второй период начинается с двухмесячного возраста. Возникающая в этом возрасте способность младенца к детализованному зрительному анализу и активному овладению перцептивным опытом рассматривается как следствие начала функционирования корковых зрительных структур (Сергиенко, 1992).

Функционирование третьего структурного уровня, условно обозначаемого как репрезентации более высокого порядка, связано с приобретением соответствующих знаний и навыков. Его основу составляют усваиваемые в процессе развития когнитивные операции и речевое опосредствование перцептивного опыта.

Формирование механизмов познавательной деятельности сопряжено с развитием системы перцептивных действий, когнитивных операций и речевого опосредствования. Так, к старшему дошкольному возрасту формируются действия, в основе которых лежит соотнесение с эталонами, имеющими не конкретное, а общепринятое значение, что создает предпосылки для построения адекватных образов любых объектов вне зависимости от специфических условий их восприятия (Венгер, 1976). Именно к этому возрасту достигают необходимой зрелости соответствующие ассоциативные зоны в задних отделах коры больших полушарий.

Известно, что наиболее сложные виды перцептивной деятельности осуществляются при непосредственном участии фронтальных зон коры больших полушарий, созревание которых, как было показано выше, продолжается вплоть до периода юности.

Развитие двигательной активности. Преобладающую роль глубоких структур мозга в обеспечении двигательной активности и поведения младенца отмечал еще Л.С.Выготский. Он выделил на первом году жизни ребенка три стадии развития моторики и поведения в соответствии с последовательностью созревания стриопаллидарной системы подкорки (первые две стадии) и созреванием коры больших полушарий (третья стадия).

Однако наиболее полно проблема иерархической организации движений человека в контексте активного приспособительного поведения была поставлена и разработана в трудах выдающегося отечественного физиолога Н.А. Бернштейна. Он разработал теорию уровней построения движений. Причем под уровнями он понимал морфологические отделы нервной системы: спинной и продолговатый мозг, подкорковые центры и кору больших полушарий. Каждому уровню соответствует свой тип движений. Всего Н. А. Бернштейн выделил пять уровней: А, В, С, Д, Е.

1) Уровень А — эволюционно наиболее древний и созревающий раньше других руброспинальный уровень. У человека он не имеет самостоятельного значения, но он определяет мышечный тонус и участвует в обеспечении любых движений совместно с другими уровнями. Есть некоторые формы двигательной активности, которые осуществляются только за счет данного уровня (к их числу относятся произвольные примитивные движения, например, дрожание пальцев, стук зубов от холода). Этот уровень начинает функционировать с первых недель жизни новорожденного.

2) Уровень В — таламопаллидарный уровень, обеспечивает переработку сигналов от мышечно-суставных рецепторов, которые сообщают о взаимном расположении частей тела. Этот уровень принимает участие в организации движений более сложного типа, которые, однако, не требуют учета особенностей внешнего пространства. Это могут быть произвольные движения лица и тела — мимика и пантомимика, вольная гимнастика и др. Этот уровень начинает функционировать уже во втором полугодии жизни ребенка.

3) Уровень С — определяется как уровень пространственного поля или пирамидно-стриальный уровень. На этот уровень поступает информация о состоянии внешней среды от экстерорецептивных анализаторов. Поэтому этот уровень отвечает за построение движений, приспособленных к пространственным свойствам объектов — к их форме, положению, весу и другим особенностям. Среди них все виды локомоции (перемещения), тонкая моторика рук и другие. Это уровень, в обеспечении которого наряду с подкорковыми структурами принимает участие кора. Поэтому его созревание, начинаясь очень рано — на первом году жизни, продолжается на протяжении всего детства и даже юности.

4) Уровень Д — уровень предметных действий. Он функционирует при обязательном участии коры (теменных и премоторных зон) и обеспечивает организацию действий с предметами. Это специфически человеческий уровень организации двигательной активности, поскольку к нему относятся все виды орудийных действий и манипуляторных движений. Характерная особенность движений этого уровня состоит в том, что они не только учитывают пространственные особенности, но и согласуются с логикой

использования предмета. Это уже не только движения, но в значительно большей степени действия, потому что используемые здесь моторные программы складываются из гибких взаимозаменяемых звеньев. Поскольку этот уровень обеспечивается согласованной активностью разных зон коры, его функциональные возможности будут определяться динамикой созревания как самих зон, так и возрастными особенностями межзонального взаимодействия.

5) Уровень Е— высший уровень организации движения, обеспечивает интеллектуализированные двигательные акты: работу артикуляционного аппарата в звучащей речи, движения руки при письме, а также движения символической или кодированной речи (язык жестов глухонемых, азбука Морзе). Нейрофизиологические механизмы этого уровня обеспечиваются высшими интегративными возможностями коры больших полушарий, поэтому созревание коры, как и в предыдущем случае, имеет решающее значение для его функционирования.

Итак, есть все основания полагать, что развитие движений, соответствующих каждому уровню, становится возможным в онтогенезе по мере морфофункционального созревания отделов мозга, обеспечивающих эти движения (Вайзман, 1997). Однако было бы недопустимым упрощением считать, что созревание само по себе обеспечит овладение движениями данного уровня. Созревание лишь создает условия, которые ребенок реализует или не реализует. Последнее зависит от факторов, непосредственного отношения к двигательной сфере не имеющих.

Более того, само по себе созревание каждого уровня, безусловно, зависит от того, насколько последовательно происходит его формирование в поведенческой активности. Важным механизмом реализации двигательной активности является механизм обратной связи. За счет обратной связи формируются все формы произвольной двигательной активности (см. главу 11). Развитие двигательной сферы в онтогенезе осуществляется в результате формирования локомоторных функциональных систем на основе процессов системогенеза и идет в направлении от простейших универсальных движений уровней А и Б к высокодифференцированным манипулятивным движениям уровня Е, имеющим социокультурное происхождение.

Развитие эмоциональной сферы. Известно, что у взрослого человека морфофункциональным субстратом, обеспечивающим функционирование эмоций и эмоциональной регуляции поведения являются древние подкорковые образования (лимбическая система) и наряду с этим наиболее поздно формирующиеся в эволюции и онтогенезе фронтальные образования головного мозга. Как отмечает В.В. Лебединский с соавторами (1990), в эволюционном плане систему эмоциональной регуляции можно сравнить с геологическими напластованиями, каждое из которых имеет свою структуру и функцию.

С момента рождения ребенок демонстрирует способность к эмоциональной экспрессии, причем в его поведении преобладают отрицательные эмоциональные проявления. Их сигнальная функция кажется очевидной. Она выступает как один из механизмов адаптивного поведения. Отрицательные эмоции в большей степени связаны с деятельностью правого полушария (см. главу 4.3), а правое полушарие, по крайней мере до 2-х лет в своем созревании опережает левое.

Анализируя развитие эмоциональной сферы человека в онтогенезе, В.В.Лебединский с соавторами выделил четыре уровня аффективного контакта со средой, составляющие единую сложно координированную структуру базальной аффективной организации:

1) Уровень полевой реактивности; наиболее примитивный механизм регуляции взаимодействия с окружающим миром. Он наименее избирателен, реагирует только на интенсивность воздействия и организует наиболее пассивные формы поведения. Аффективная ориентировка на этом уровне направлена на оценку количественных характеристик воздействия внешней среды.

2) Уровень стереотипов; более углубленный уровень контакта с средой, в котором осваивается новый слой аффективного контроля за функциями собственного организма; играет важнейшую роль в регуляции поведения ребенка первых месяцев жизни, его задача — адаптация ребенка к окружению, выработка аффективных стереотипов сенсорного контакта с средой: эмоциональные переживания на этом уровне ярко окрашены удовольствием и неудовольствием; этот уровень аффективной организации в большой мере закладывает основы формирования индивидуальности, поскольку именно здесь ребенок выстраивает свои приоритеты в сенсорных контактах со средой; аффективный образ мира на этом уровне обретает устойчивость, определенность, индивидуальную окраску, оставаясь, однако, только комплексом ассоциативно связанных, чувственных впечатлений.

3) Уровень экспансии; представляет собой дальнейшую ступень развития эмоционального контакта со средой; начинает проявляться во втором полугодии жизни и связан с активным освоением окружающей среды; на этом уровне выделяются не только объекты желаний, но и препятствия, которые оцениваются уже не сами по себе, а в общей структуре анализа ситуации; отрицательные впечатления, препятствия становятся поводом для запуска исследовательского поведения; сами препятствия получают здесь не только отрицательную, но и положительную окраску, поскольку способствуют получению ребенком информации о своих возможностях; ориентировка в ситуации преобразуется в ориентировку в собственных возможностях; задача третьего уровня — овладение меняющейся средой. Здесь формируется аффективная потребность в риске, влечение к преодолению опасности.

4) Уровень эмоционального контроля; отвечает за разрешение сложных этологических задач организации жизни индивида в обществе; задача этого уровня — налаживание эмоционального взаимодействия с другими людьми, разработка способов ориентировки в их переживаниях, формирование правил, норм взаимодействия с ними; возможность произвольно изменить восприятие окружающего мира позволяет максимально активизировать и углубить контакты ребенка с миром, позволяя отодвигать удовлетворение потребности сколь угодно далеко. Четвертый уровень стабильно обеспечивает адекватную синтонную реакцию на других людей, что является основой возникновения эмоционального контроля над своим поведением.

С точки зрения авторов этой концепции все уровни аффективной организации являются врожденными, но функционировать они начинают не одновременно. Порядок их включения в раннем онтогенезе определяется необходимостью решения ряда этологических задач, закономерно встающих по мере психофизиологического созревания ребенка (Лебединский с соавт., 1990, с32), и он не совпадает с изложенной выше последовательностью их усложнения.

Следует указать, что прямого сопоставления выделенных уровней аффективной организации с этапами созревания мозга провести нельзя. Возможно, по той причине, что нейрофизиологические механизмы эмоциональной сферы человека изучены меньше, чем, например, морфофункциональный субстрат движения. Современные представления о мозговом субстрате эмоций не позволяют вычленить иерархию уровней его строения, кроме самого общего деления на ствол мозга, ближайшую подкорку и кору. Тем не менее, с нашей точки зрения, данная концепция открывает возможности для такого анализа в перспективе, поскольку основывается на идее эволюционного адаптивного развития эмоциональной сферы человека в онтогенезе.

Умственное развитие. Проблема биологического созревания и умственного развития относится к числу наиболее актуальных проблем психологии развития. Она может иметь разные ракурсы анализа, но для иллюстрации основных идей этой главы мы выбрали концепцию, предложенную американским психологом С.Морганом.

Он предпринял попытку сопоставить возрастную динамику морфофункционального созревания мозга и стадий интеллектуального развития,

выделенных в теории Ж. Пиаже. Опираясь на представления А.Р.Лурии, он выделил пять стадий созревания мозга. Первую из них он связывает с формированием блока глубоких структур мозга, ответственных за обеспечение активационных процессов коры больших полушарий. Этот блок морфологически и функционально оформляется в течение первого года жизни; его нормальное функционирование является обязательным условием полноценного интеллектуального развития.

Вторая стадия связана с созреванием первичных проекционных зон (зрительной, слуховой, соматосенсорной и двигательной). Эти зоны морфологически оформляются к моменту рождения и в течение первого года жизни начинают успешно функционировать. Их полноценное функционирование создает условия для реализации сенсомоторной стадии развития. Третья стадия созревания осуществляется в периоде от двух до пяти лет. Она сопряжена с созреванием вторичных зон коры; их функционирование создает условия для полноценного развития отдельных видов восприятия и научения. В интеллектуальном развитии этот период соответствует дооперациональному периоду в классификации Ж.Пиаже. Переход ребенка на стадию конкретных операций Морган связывает с созреванием ассоциативных третичных корковых зон в задних отделах коры (блок приема, хранения и переработки информации). Последняя, пятая стадия созревания связана с достижением зрелости третичными зонами блока программирования поведения — фронтальными зонами. Наиболее интенсивное их созревание происходит в возрасте от шести до восьми лет, продолжается вплоть до двенадцати лет и создает условия для перехода на стадию формальных операций.

Эта модель привлекает возможностью показать, как связаны новообразования в умственном развитии ребенка и четко очерченные этапы созревания мозга. Тем не менее в ее адрес можно высказать целый ряд критических замечаний. Во-первых, сама по себе концепция Пиаже не исчерпывает всех аспектов умственного развития и неоднократно подвергалась и подвергается критическому пересмотру; во-вторых, привлекаемые для сопоставления сроки созревания структур мозга, как было показано выше, в реальности могут оказаться несколько иными; в-третьих, в этой концепции не учитываются возрастные особенности межполушарных отношений.

Проблемы психофизиологического анализа. В заключении следует обсудить еще одну, общую проблему. Логика психофизиологического анализа базируется на молчаливом допущении, что временного (хронологического) совпадения морфофункционального созревания той или иной структуры в развитии мозга и возникновения психического новообразования достаточно для вывода о том, что первое является условием возникновения второго.

Строго говоря, простое календарное совпадение двух рядов явлений (физиологического и психологического) не дает оснований для непосредственного выведения одного из другого. Требуются дополнительные основания для утверждений такого рода. Теоретически, например, можно допустить, что возникающие на данном этапе созревания ЦНС феномены психического развития обязаны своим происхождением не текущим, а более ранним эффектам созревания, а текущий уровень созревания лишь обеспечивает условия для их проявления. В пользу этого предположения свидетельствуют исследования, в которых выявлены ранние онтогенетические предикторы умственного развития (см. главу 12.1.4).

Вообще проблема соотношения структуры и функции в развивающемся мозге человека чрезвычайно сложна. Хорошо иллюстрирует эту сложность эпизод из книги известного невролога И.А.Скворцова (1995). Он описывает девочку 9 — 10 лет, у которой при обследовании с помощью компьютерной томографии установили отсутствие задней половины левого полушария. Как известно, там размещены важные центры, зрительные, речевые и др. Однако, как пишет И. А. Скворцов, никаких нарушений (ни зрительных, ни слуховых, ни двигательных) у девочки обнаружено не было. Оказывается также, что подобные случаи не являются редкостью, и накапливается все больше примеров, свиде-

тельствующих о высочайшей пластичности детского мозга.

Наряду с этим, отмечает И.А.Скворцов, внешне правильно сформированный мозг не является гарантией его нормальной работы. Имеется немало случаев, когда полноценный на вид мозг, без видимых дефектов и нарушений, не обеспечивал ребенку условий для полноценного психического развития.

Таким образом, клинические примеры демонстрируют, что соотношение морфофункционального созревания мозга и психического развития очень многогранно, при этом разные виды патологии позволяют выделить лишь отдельные грани этого соотношения. Более того, нарушения нормального хода онтогенеза самим фактом своего существования свидетельствуют о том, что есть присущие всем здоровым детям нормативные закономерности телесного созревания, обеспечивающие условия для полноценного психического развития. Однако изучение этих закономерностей еще находится в начале пути.

Глава пятнадцатая

15. Старение организма и психическая инволюция

Проблема старения и старости является объектом особой междисциплинарной отрасли знания — геронтологии. В центре внимания геронтологии биологические, психологические и социологические аспекты старения.

Биологический подход к старению ориентирован прежде всего на выявление телесных причин и проявлений старения. Биологи рассматривают старение как закономерный процесс, протекающий в течение постнатальной жизни организма, и сопровождающийся столь же закономерными изменениями, происходящими на биохимическом, клеточном, тканевом, физиологическом и системных уровнях (Фролькис, 1988; Титов, Крутько, 1996). В зарубежной геронтологии широкое распространение получили четыре основополагающих критерия старения, которые в 60-е годы были предложены известным геронтологом Б. Стрехлером:

- 1) старение в отличие от болезни является универсальным процессом, ему подвержены все без исключения члены популяции;
- 2) старение является прогрессирующим непрерывным процессом;
- 3) старение есть свойство любого живого организма;
- 4) старение сопровождается дегенеративными изменениями (в противовес изменениям организма при его развитии и взрослении).

Таким образом, старение человека является базовым универсальным биологическим процессом, который, однако, реализуется в конкретных социокультурных условиях. Поэтому геронтология рассматривает старение как комплексное явление, включающее личностные, социальные и даже экономические аспекты жизни человека. Об этом свидетельствует также тот факт, что такие показатели как продолжительность жизни и схемы периодизации, отмечающие начало старения и длительность его протекания, подвержены заметным изменениям.

15.1. Биологический возраст и старение

К числу наиболее значимых глобальных явлений, наблюдавшихся в XX веке, относится радикальное (почти в два раза) увеличение продолжительности жизни. С этим связано изменение взглядов на периодизацию процессов старения.

Периодизация старения. В начале века немецкий физиолог М. Рубнер предложил возрастную классификацию, в которой начало старости устанавливалось в 50 лет, а почтенная старость начиналась с 70 лет. В 1905 г. один из известных американских медиков В. Аслер утверждал, что 60 лет надо считать предельным возрастом, после чего старики становятся в тягость себе и обществу. В 1963 г. на Международном семинаре ВОЗ по проблемам геронтологии была принята классификация, выделяющая три хронологических периода в позднем онтогенезе человека: средний возраст (45 — 59 лет), пожилой возраст (60 — 74 года), старческий возраст (75 лет и старше). В отдельную категорию были выделены так называемые долгожители (90 лет и старше). В соответствии с пос-

ледными данными, возраст 60 — 69 лет определяется как предстарческий 70 — 79 лет — как старческий, 80 — 89 лет — как позднестарческий, 90 — 99 лет — как дряхлость (Крайг, 2000).

Следует, однако, иметь в виду, что любая схема выделения и классификации инволюционного или регрессивного возраста является достаточно условной, поскольку физиологи еще не располагают данными для исчерпывающей характеристики каждой из перечисленных выше стадий онтогенеза. Принято считать, что регрессивные изменения биохимических, морфологических и физиологических показателей статистически коррелируют с увеличением хронологического возраста. Наряду с этим, как и в детстве, при оценке старения необходимо различать понятия биологического и календарного/хронологического возрастов. Однако оценка биологического возраста при старении составляет одну из дискуссионных проблем возрастной физиологии.

Определение биологического возраста при старении. Определение биологического возраста требует некоторой точки отсчета, отталкиваясь от которой можно количественно и качественно охарактеризовать наличный психосоматический статус человека. В детстве биологический возраст определяют с помощью понятия статистической нормы, где точкой отсчета служат средние групповые или популяционные данные, характеризующие уровень развития структуры или функции в данной выборке в текущий момент времени (см. главу 12.1). Подобный подход к оценке биологического возраста при старении весьма затруднителен, поскольку последнее часто осложнено разнообразными заболеваниями и нет четкого представления о том, как должно протекать естественное старение, не осложненное болезнями.

Тем не менее, как указывал известный физиолог И.А.Аршавский, по биохимическим и физиологическим параметрам можно определить среднюю величину максимальной степени неравновесности (потенциальной лабильности различных систем организма), которую приобретают физиологически здоровые люди к стационарному (взрослому) состоянию, и таким способом приобрести точку отсчета (Аршавский, 1975). Отталкиваясь от нее, можно попытаться оценить истинный биологический возраст после завершения стационарного периода. Возможно, что в будущем будут установлены надежные методы оценки биологического возраста при старении. Например, при оценке электрофизиологических показателей — временных и амплитудных параметров ответов коры мозга получают так называемые «кривые старения», которые позволяют оценить возраст по показателям функционирования коры мозга (см. главу 14.2).

Проблема, однако, состоит в том, что при старении, как и в детстве, действует принцип гетерохронности. Он проявляется в том, что у человека не все органы и системы стареют одновременно и с одинаковой скоростью. Для большинства из них процессы старения начинаются задолго до наступления старости. Многие эффекты старения не обнаруживают себя вплоть до поздней взрослости, не только потому, что процессы старения развиваются постепенно, но и потому, что наряду с процессами старения в организме параллельно протекают компенсаторные процессы витаукта (см. ниже).

Кроме того, нельзя упускать из виду и тот факт, что хотя старение процесс закономерный и нормативный, оно тем не менее имеет большой спектр индивидуальных различий. На этой стадии онтогенеза различия между календарным и биологическим возрастaми могут быть выражены сильнее, чем в детстве. Индивидуальные особенности старения человека обуславливают существование различных вариантов старения. Клинико-физиологические показатели позволяют выделить несколько синдромов старости: гемодинамический (изменения в сердечно-сосудистой системе), нейрогенный (изменения в нервной системе), респираторный (изменения в дыхательной системе). По темпам старения выделяют ускоренное преждевременное (акцелированное) старение и замедленное, ретардированное старение. Описано крайнее выражение ускоренного старения — прогерия, когда признаки старения проявляются даже у детей. Замедленное старение свойственно долгожителям (Фролькис, 1988).

15.2. Изменение организма при старении

Старение организма в целом связывается прежде всего с нарушениями механизмов саморегуляции и процессов переработки информации на разных уровнях жизнедеятельности. Особое значение в механизмах старения на клеточном уровне имеет нарушение передачи информации в системе генетического аппарата клеток, на уровне целостного организма — в системе нейрогуморальной регуляции. Вследствие этого старение выступает как тотальный процесс, охватывающий весь организм человека, и проявления старения можно обнаружить во всех органах, системах и функциях.

Соматические изменения. Внешние телесные изменения при старении хорошо известны (седина, морщины и др.). Кроме того, изменения в структуре скелета приводят к уменьшению роста, который может уменьшаться на 3 — 5 см, в связи со сжатием межпозвоночных дисков. Возникает явление остеопороза (демнерализация костей, выражающаяся в утрате ими кальция), в результате кости становятся хрупкими. Уменьшается мышечная масса, вследствие этого снижаются сила и выносливость. Кровеносные сосуды теряют эластичность, некоторые из них закупориваются, из-за этого ухудшается кровоснабжение организма со всеми вытекающими последствиями. Эффективность работы сердечно-сосудистой системы в целом снижается, ослабевают способность легких к осуществлению газообмена. В иммунной системе снижается выработка антител, и защитные силы организма ослабевают. Наряду с этим показано, что регулярные физические упражнения, способствующие укреплению мышц, в пожилом возрасте улучшают соматический статус организма.

Органы чувств. Систематическое изучение возрастной эволюции и инволюции сенсорноперцептивных функций человека проводилось в 60-е годы в школе Б.Г.Ананьева. В этих исследованиях было установлено, что онтогенетические изменения сенсорной чувствительности для зрения, слуха и кинестетической чувствительности имеют общий характер. Чувствительность возрастает к периоду ранней юности, стабилизируется и, начиная с 50 — 60 лет снижается. На фоне этой общей тенденции, однако, наблюдаются некоторые возрастные спады и подъемы. Другими словами, и на стадии позитивного развития, и в ходе инволюции изменение чувствительности осуществляется в соответствии с принципом гетерохронности.

Показательна в этом плане возрастная динамика цветочувствительности. За исключением общего оптимума, который наблюдается приблизительно в 30 лет, т.е. значительно позднее по сравнению с общей светочувствительностью и остротой зрения, все частные виды чувствительности к различным длинам волн изменяются по-разному. Начиная с 30 лет, происходит значительное и неуклонное снижение чувствительности на крайние длинноволновые и коротковолновые цвета — красный и синий. В то же время чувствительность к желтому цвету не снижается даже после 50 лет. В отношении слуховой чувствительности установлено, что ее возрастающее снижение распространяется на высокочастотную часть звукового диапазона, начинаясь с 30 лет. Если в качестве эталона использовать пороги слышимости двадцатилетних, то оказывается, что потери чувствительности возрастают в следующем порядке: для 30 лет — на 10 дБ, для 40 лет — на 20 дБ, для 50 лет — на 30 дБ. Сходные тенденции наблюдаются и в других видах сенсорных модальностей.

Однако, как подчеркивал Б.Г.Ананьев, в случаях, когда профессия предъявляет повышенные требования к органам чувств (как например, требования к зрительным функциям у летчиков), их функционирование даже в зрелом возрасте остается на высоком уровне. Любая сенсорная функция проявляет свой действительный потенциал лишь в том случае, если находится систематически в состоянии полезного для нее оптимального напряжения.

Старение мозга. Процессы, которые идут в головном мозге стареющего человека, ошибочно было бы считать просто угасанием. В действительности при старении мозга имеет место сложная перестройка, ведущая к качественному изменению его реакций.

Возрастные изменения имеют различные морфофункциональные проявления. Различают так называемые общие и частные изменения. К общим относят изменения, свидетельствующие о снижении функций энергообеспечивающих структур и аппарата, ответственного за синтез белка. Частные изменения целесообразно анализировать на уровнях: отдельного нейрона, нервной ткани, отдельных структурных образований, входящих в состав мозга и целого мозга как системы.

Прежде всего, возрастные изменения головного мозга человека характеризуются уменьшением его массы и объема. Масса мозга человека в возрасте от 60 до 75 лет снижется на 6%, причем неравномерно в различных отделах. Кора больших полушарий уменьшается на 4%, наибольшие изменения на 12 — 15% происходят в лобной доле. Отмечены половые различия степени атрофии мозга при старении. Масса головного мозга женщин примерно на 110 — 115 г меньше, чем у мужчин. Между 40 и 90 годами масса мозга уменьшается у мужчин на 2,85 г в год, а у женщины 2,92 г (Фролькис, 1988).

Большинство исследователей мозга человека указывают на преимущественную потерю нейронов в коре, гиппокампе и мозжечке. В большинстве подкорковых образований клеточный состав остается неизменным вплоть до глубокой старости. Иными словами, филогенетически более «новые» структуры мозга, связанные с познавательной функцией, в большей степени подвержены возрастной потере нейронов чем филогенетически старые (ствол мозга).

Синаптические контакты, как известно, играют решающую роль в обеспечении межнейронного взаимодействия в нервных сетях, в силу своей пластичности они тесным образом связаны с памятью и обучением. При старении уменьшается плотность числа синапсов. Однако утрата синапсов происходит не во всех отделах ЦНС в равной степени. Так, в лобной доле человека показано достоверное уменьшение количества синапсов с возрастом, в то время как в височной доле возрастных изменений не наблюдается.

Изменения в состоянии синапсов наблюдаются не только в коре, но и подкорковых структурах. Так, например, возрастные нарушения пространственной памяти объясняются снижением специфичности эффективности и пластичности синаптической передачи в гиппокампе. При старении происходит уменьшение способности к формированию новых синапсов. Редукция синаптической пластичности в старости может способствовать потере памяти, ухудшению двигательной активности и развитию других функциональных нарушений мозга. При этом ухудшаются межнейрональные контакты в различных областях ЦНС, нейроны как бы подвергаются «деафферентации», в связи с чем нарушается их ответная реакция на сигналы внешней среды, нервные и гормональные стимулы, т.е. повреждаются синаптические механизмы деятельности мозга.

При старении существенно изменяется состояние медиаторных систем организма. Одним из наиболее характерных феноменов старения является дегенерация дофаминэргической системы мозга, последнее непосредственно связывается с развитием в старческом возрасте таких заболеваний, как паркинсонизм. Нарушения в деятельности еще одной медиаторной системы мозга — холинэргической играют одну из основных ролей в расстройствах памяти, восприятия и других познавательных процессов, возникающих при болезни Альцгеймера.

Особый интерес представляет проблема межполушарного взаимодействия при старении. Главная особенность церебральной асимметрии стареющего мозга состоит в том, что нарушается устойчивая совместная деятельность полушарий. Существуют некоторые разногласия в оценках темпов старения левого и правого полушария. По одной точке зрения, правое полушарие стареет раньше левого, по другой — процесс старения обоих полушарий характеризуется высокой синхронностью.

Н.К. Корсакова (1999), обсуждая нейропсихологические аспекты старения мозга, обращается к концепции А.Р. Лурии о функциональных блоках мозга. По ее данным, нормальное физиологическое старение характеризуется на всех этапах позднего возраста в первую очередь изменениями в работе блока регуляции тонуса и бодрствования: в нем

происходит сдвиг в сторону преобладания тормозных процессов. В связи с этим возникают такие характерные феномены, как общая замедленность при выполнении различных действий, сужение объема психической активности при одновременной реализации различных программ. Наряду с этим сохранность ранее закрепленных форм активности, связанных с работой блока переработки информации, создает благоприятные предпосылки для успешной реализации сложившихся стереотипов деятельности.

15.3. Теории старения

Основной вопрос, который так или иначе ставится во всех существующих теориях старения, сводится к следующему: является ли этот процесс генетически запрограммированным и закономерно обусловленным эволюцией человека как вида, или он представляет собой аналог механического износа технического устройства, заключающийся в постепенном накоплении мелких нарушений, приводящих в конечном счете к «поломке» организма. Соответственно существующие теории старения по существу подразделяются на две группы — теории запрограммированного старения и теории изнашиваемости организма (так называемые стохастические теории).

Запрограммированное старение. Эти теории старения исходят из того, что эволюция запрограммировала функционирование живого организма на период его активной жизнедеятельности, включающий период репродукции. Иначе говоря, в живой организм генетически заложена биологическая активность, распространяющаяся только на период его так называемой «биологической полезности». Быстрая деградация и гибель стареющего организма предопределены природой.

Применительно к человеку этот подход связан с распространенными в начале XX века представлениями о том, что каждый период жизни организма проходит при доминировании определенной эндокринной железы: молодость — тимуса, половое созревание — эпифиза, зрелость — половых желез, старость — коры надпочечников. Старение рассматривается как результат смены деятельности различных желез и определенного их соотношения. Причины смены доминирования теория не объясняет.

Близка по смыслу к этому и теория «встроенных часов». Эта теория предполагает, что существует единый пейсмейкер (водитель ритма), находящийся, возможно, в гипоталамусе и в гипофизе головного мозга, включающийся в результате того, что вскоре после наступления полового созревания гипофиз начинает выделять гормон, вызывающий начало процесса старения, который в дальнейшем будет протекать с определенной скоростью. Наличие «встроенных часов» подтверждается, в частности, существованием для каждого организма строго генетически обусловленной программы клеточного деления в онтогенезе. Возможно, и то, что биологические часы также управляют иммунной системой человека, которая до 20 лет набирает силу, а затем постепенно ослабевает.

Наряду с этим, существует теория, в соответствии с которой старение определяется запрограммированными действиями специфических генов. Другими словами, старение — это генетически запрограммированный процесс, результат закономерного, последовательного развертывания программы, заложенной в генетическом аппарате. Предполагается, в частности, что средняя продолжительность жизни определяется специфическими генами, которые содержатся в каждой клетке тела. Экспрессия этих генов происходит в заранее заданный момент времени, когда должна наступить смерть организма.

15.4. Витаукт

Механизмом, определяющим устойчивость и продолжительность существования живой системы, является витаукт. Разрабатывая проблему старения, известный отечественный ученый В.В. Фролькис (1988) выдвинул ряд положений:

- 1) изучения механизмов старения возможно только с позиций системного подхода;
- 2) старение является обязательным звеном возрастного развития, во многом определяющим его течение, именно поэтому понимание сущности старения должно быть дано в рамках теоретической гипотезы, объясняющей механизмы возрастного развития;

- 3) при старении наряду с угасанием активности функций жизнеобеспечения и обмена веществ мобилизуются важные приспособительные механизмы — механизмы витаукта;
- 4) старение — результат нарушения механизмов саморегуляции на разных уровнях жизнедеятельности организма.

Развитие этих положений привело к выдвижению адапционно-регуляторной теории возрастного развития. Теорию В.В.Фролькиса можно рассматривать как промежуточную между генетическими и стохастическими теориями старения. Базируясь на понятии саморегуляции, эта теория объясняет механизмы возрастных изменений как процесс адапционных приспособительных возможностей организма. Этот процесс направлен на стабилизацию жизнеспособности организма, на повышение надежности его функционирования, на увеличение долгосрочности его существования.

В соответствии с адапционно-регуляторной теорией, старение генетически не запрограммировано, но генетически детерминировано, предопределено особенностями биологической организации его жизнедеятельности, свойствами организма. Иными словами, генетически запрограммированы многие свойства организма, и уже от них зависит темп старения, продолжительность жизни.

Стохастические теории утверждают, что старение это просто снижение способности клеток к самовосстановлению. В этих теориях человеческий организм сравнивается с механизмом, изнашивающимся от постоянного использования. Причем у человека к этому износу добавляется накопление клеточных дисфункций и повреждений. Последнее приводит к тому, что состарившиеся клетки хуже избавляются от продуктов метаболизма, что препятствует нормальному протеканию внутриклеточных процессов, нарушая и/или замедляя их.

Предполагается также, что старение вызывается существованием в организме остатков метаболизма кислорода, который необходим для жизнедеятельности каждой клетки. Это так называемые «свободные радикалы» — высокоактивные химические агенты, готовые вступить в химическую реакцию с другими внутриклеточными химическими соединениями, и, следовательно, способные нарушать нормальное функционирование клетки. Обычно у клетки существуют восстановительные механизмы, уменьшающие ущерб, причиненный свободными радикалами. Однако после серьезного повреждения организма, например, в результате воздействия радиации или тяжелых заболеваний, вред, наносимый свободными радикалами, оказывается достаточно значимым.

Хорошо известно также, что при старении снижается эффективность работы иммунной системы, следствием чего оказывается худшая сопротивляемость болезням. Более того, при ряде болезней, например, таких как ревматоидный артрит или некоторые заболевания почек, иммунные клетки нападают на здоровые клетки собственного организма.

Витаукт — подчеркивает Фрольшс, это не просто восстановление повреждений, возникших в процессе старения, не просто антистарение. Скорее, во многом старение является антивитауктом, разрушающим, расшатывающим механизмы исходной жизнеспособности организма. Не только в историческом, но и в индивидуальном развитии, не только в филогенезе, но и в онтогенезе, на самых ранних этапах становления организма, начиная с зиготы, возникает разрушительный процесс — старение. Это и неизбежное повреждение ДНК, распад белков, нарушение мембран, гибель части клеток, действие свободных радикалов, токсических веществ, кислородного голодания и др. И если на этом этапе благодаря механизмам саморегуляции надежен процесс витаукта, вся система развивается, совершенствуется, растут ее адапционные возможности.

На ранних этапах деструктивные процессы в ряде клеточных структур благодаря механизмам витаукта еще не приводят к старению всего организма в целом. В конечном итоге, в определенном возрасте (прекращение роста, завершение онтогенеза) начинают прогрессировать проявления старения всего организма со всеми для него последствиями.

Итак, продолжительность жизни определяется единством и противоположностью двух процессов — старения и витаукта. Как подчеркивает Фролькис, геронтология будущего будет все больше внимания уделять изучению механизмов витаукта.

Явление витаукта создает благоприятные условия для полноценного функционирования психики людей пожилого возраста. Как отмечают некоторые исследователи, так называемый возраст инволюции вовсе не характеризуется линейным нарастанием аномальных процессов в психике. По данным Н.К.Корсаковой (1999), в возрастном диапазоне от 50 до 85 лет наиболее выраженные нарушения нейродинамики характерны для начального и для самого старшего этапа старения после 80 лет. В возрасте от 65 до 75 лет наблюдается не только стабилизация высших психических функций, но по ряду параметров, в частности по функции памяти, лица этого возраста демонстрируют достижения на уровне еще не старого человека.

Н.К. Корсакова вообще подчеркивает значение позитивных тенденций в психическом функционировании пожилого человека. Она пишет следующее. Учитывая разнообразие способов преодоления нарушений в работе высших психических функций при нормальном старении, можно сказать, что оно представляет собой этап индивидуального развития, требующий смены стратегий и использования относительно новых форм опосредствования психической деятельности. Если рассматривать онтогенез как проявление новообразований в психике и поведении, отсутствовавших на предшествующих этапах развития, то о старости можно говорить как об одном из этапов онтогенеза. Эмпирические данные показывают, что в старости интеллект в большей степени направляется на саморегуляцию психической активности, чем на познание мира. Это соответствует современному взгляду на старение не только в отрицательном аспекте как на угасание, но и в позитивном аспекте как на возможность формирования у человека способов сохранения себя как индивида и личности в общем континууме собственного жизненного пространства

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров В.В. Антропология возраста. — СПб.: СПбУ, 2000.
2. Выготский Л.С. Проблема возраста. // Собр. соч. в 6 тт. — Т4. — М.: Педагогика, 1984.
3. Лейтес Н.С. К проблеме сензитивных периодов психического развития человека. В кн.: Принцип развития в психологии. — М.: Наука, 1978.
4. Лебединский В.В., Никольская О.С., Баенская Е.Р., Либлинг М.М. Эмоциональные нарушения в детском возрасте и их коррекция. — М.: МГУ, 1990.
5. Мозг и поведение младенца / Под ред. О.С.Адрианова. — М.:РАН ИП, 1993.
6. Развивающийся мозг и среда. — М.: Наука, 1980.
7. Ремшмидт Х. Подростковый и юношеский возраст. Проблемы становления личности. — М.: Мир, 1994.
8. Сергиенко Е.А. Антиципация в раннем онтогенезе человека. — М.: Наука, 1992.
9. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. — Л., Наука, 1990.
10. Фролькис В.В. Старение и увеличение продолжительности жизни.— Л.: Наука, 1988.
11. Хризман Т. П., Еремеева В. П., Лоскутова Т.Д. Эмоции, речь и активность мозга человека. — М., Педагогика, 1991.
12. Шванцара И. Диагностика психического развития /Пер. с чешек, под общ. ред. Г.А. Овсянникова. — Прага.: АВИЦЕНУМ, 1987.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева З. С., Новикова Л. А. Электрофизиологическое исследование слуховой функции у детей в норме и при нарушении слуха // Физиология человека, 1996. Т.22. № 5. С.62 — 67.
2. Алферова В. В., Кудрякова Т. А. Пространственная организация биоэлектрической активности мозга у детей с трудностями в обучении // Физиология человек. 1994. Т.20. №

5. С. 151 —153.
3. Аршавский И.А. Основы возрастной периодизации // Возрастная физиология. — Л., Наука, 1975.
4. Беленков Н.Ю. Принцип целостности в деятельности мозга. — М.: Медицина, 1980.
5. Бехтерева Н.П. О мозге человека. XX век и его последняя декада в науке о мозге человека. — СПб.: Нота-Бене, 1997.
6. Брагина Н.Н., Доброхотова Т. П. Функциональная асимметрия человека. —М.: Наука, 1981, 288 с.
7. Букзайн В. Использование электрической активности кожи в качестве индикатора эмоций. Иностранная психология, 1994, Т.2, № 2 (4), С.57 — 66.
8. Бэрн Р, Ричардсон Д. Агрессия. — СПб.: Питер, 1997.
9. Венгер Л.А., Ибатуллина А. А. Соотношение обучения, психического развития и функциональных особенностей созревающего мозга // Вопросы психологии, 1989, № 20 — 27.
10. Глезер В.Д. Зрение и мышление. — Л., Наука, 1985.
11. Гнездицкий В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. — Таганрог: ТГТУ, 1997.
12. Григорьева Л. П. Роль перцептивного обучения в преодолении последствий зрительной депривации у детей с низким зрением // Физиология человека, 1996. Т.22. № 5. С. 85 — 91.
13. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга. — М.: Высшая школа, 1978.
14. Дудел Дж., Рюэгг И., Шмидт Р., Яниг В. Физиология человека. Т. 1 / Под ред. Шмидта Р. и Тевса Г. — М., Мир, 1985.
15. Ковалева А.В. Некоторые физиологические и психофизиологические предпосылки развития дезадаптации у учащихся 1 — 3 классов / Автореф. канд.дисс., М., 1998, 24 с.
16. Костандов Э.А. Функциональная асимметрия полушарий и неосознаваемое восприятие. — М., Наука, 1983.
17. Кочубей Б.И. Психофизиология личности (физиологические подходы к изучению активного субъекта). — М., ВИНТИ, 1990.
18. Кругликов Р.И. Нейрохимические механизмы памяти и научения. — М., Наука, 1981.
19. Крайг Г. Психология развития. — СПб.: Питер, 2000.
20. Купер К. Индивидуальные различия. — М.: Аспект Пресс, 2000.
21. Мозг и поведение младенца / Под ред. О.С.Адрианова. — ИП РАН, 1993.
22. Морозов В.П., Вартанян И.А., Галунов И.И. и др. Восприятие речи. Вопросы функциональной асимметрии мозга. —Л.: Наука, 1988.
23. Морфология человека // Под ред. Б.А.Никитюка, В.П. Чтецова. — М.: МГУ, 1990, 342 с.
24. Наатанен Р. Внимание и функции мозга. — М.: МГУ, 1998.
25. Нейрокомпьютер как основа мыслящих ЭВМ. — М.: Наука, 1993.
26. Нейроэндокринология / Под ред. А.Л. Поленова. — СПб, 1994.
27. Основы психофизиологии / Под ред. Ю.И.Александрова. — М.:Инфра, 1998.
28. Переслени Л.И., Михалевская М.В., Гусев А. Н. Вызванные потенциалы, восприятие и циклические процессы // Физиология человека. 1987. Т.13. №6. С. 10—15.
29. Пожар Л. Психология аномальных детей и подростков — патопсихология. — Москва — Воронеж: Модек, 1996.
30. Психофизиология матери и ребенка // Под ред. А.С.Батуева. — СПб.: СПбУ, 1999.
31. Розен В.Б. Основы эндокринологии. — М.: МГУ, 1994. 383 с.
32. Сергиенко Е.А. Антиципация в раннем онтогенезе человека. — М.: Наука, 1992.
33. Симмерницкая Э.Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. — М.: МГУ, 1985.
33. Соколов Л.Я. Внутренняя речь и мышление. —М.: Просвещение, 1968.

34. Соколов Е.Н. Нейрофизиологические механизмы сознания. //Журнал высшей нервной деятельности. 1990, Т.40. Вып.6. — С. 1049 — 1052.
35. Соколов Е.Н. Проблема гештальта в нейробиологии. // Журнал высшей нервной деятельности. 1996. Т.46. Вып.2. — С.229 — 240
36. Сомьен Дж. Кодирование сенсорной информации в нервной системе млекопитающих. — М.: Наука, 1975.
37. Солсо Р.Л. Когнитивная психология.— М.: Тривола, 1996.
38. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. — М.: Мир, 1983.
39. Старение мозга / Под ред. В.В. Фролькиса. — Л.: Наука, 1991.
40. Суворов Н. Ф., Таиров О. П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания. — Л.: Наука, 1985.
41. Судаков К.В. Функциональные системы организма. — М.: Медицина, 1987.
42. Тихомиров О.К. Психология мышления. —М.: МГУ, 1984.
43. Ушакова Т.Н. Функциональные структуры второй функциональной системы. — М.: Наука, 1979.
44. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) / Под ред А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной.— М.: РАМН, 2000.
- Хрестоматия по нейропсихологии. —М.: РПО, 1999. Хрисанфова Е. Н. Конституция человека и биохимическая индивидуальность. — М.: МГУ, 1990.
47. Шеповальников А.Н., Цицерошин М.Н., Апанасиенок В.С. Формирование бипотенциального поля человека. — Л.: Наука, 1979. 162 с.

Оглавление

Раздел I Предмет, задачи и методы психофизиологии

Глава первая

1. Предмет и задачи психофизиологии

1.1. Определение психофизиологии

1.2. Проблема соотношения мозга и психики

1.3. Современные представления о соотношении психического и физиологического

1.4. Системные основы психофизиологии

1.4.1. Функциональная система как физиологическая основа поведения

1.4.2. Системный подход к проблеме индивидуальности

1.4.3. Информационная парадигма

1.4.4. Межнейронное взаимодействие и нейронные сети

1.4.5. Системный подход к решению психофизиологической проблемы

Глава вторая

2. Методы психофизиологии

2.1. Методы изучения работы головного мозга

2.1.1. Электроэнцефалография

2.1.2. Вызванные потенциалы головного мозга

2.1.3. Топографическое картирование электрической активности мозга

2.1.4. Компьютерная томография

2.1.5. Нейронная активность

2.1.6. Методы воздействия на мозг

2.2. Электрическая активность кожи

2.3. Показатели работы сердечно-сосудистой системы

2.4. Показатели активности мышечной системы

2.5. Показатели активности дыхательной системы (пневмография)

2.6. Реакции глаз

2.7. Детектор лжи

2.8. Выбор методик и показателей

Рекомендуемая литература

Раздел II Психофизиология функциональных состояний и эмоций

Глава третья

3. Психофизиология функциональных состояний

3.1. Проблемы определения функциональных состояний

3.1.1. Разные подходы к определению ФС

3.1.2. Нейрофизиологические механизмы регуляции бодрствования

3.1.3. Методы диагностики функциональных состояний

3.2. Психофизиология сна

3.2.1. Физиологические особенности сна

3.2.2. Теории сна

3.3. Психофизиология стресса

3.3.1. Условия возникновения стресса

3.3.2. Общий адаптационный синдром

3.4. Боль и ее физиологические механизмы

3.5. Обратная связь в регуляции функциональных состояний

3.5.1. Виды искусственной обратной связи в психофизиологии

3.5.2. Значение обратной связи в организации поведения

Глава четвертая

4. Психофизиология эмоционально-потребностной сферы

4.1. Психофизиология потребностей

4.1.1. Определение и классификация потребностей

4.1.2. Психофизиологические механизмы

возникновения потребностей

4.2. Мотивация как фактор организации поведения

4.3. Психофизиология эмоций

4.3.1. Морфофункциональный субстрат эмоций

4.3.2. Теории эмоций

4.3.3. Методы изучения и диагностики эмоций

Рекомендуемая литература

Раздел III Психофизиология познавательной сферы

Глава пятая

5. Психофизиология восприятия

5.1. Кодирование информации в нервной системе

5.2. Нейронные модели восприятия

5.3. Электроэнцефалографические исследования восприятия

5.4. Топографические аспекты восприятия

Глава шестая

6. Психофизиология внимания

6.1. Ориентировочная реакция

6.2. Нейрофизиологические механизмы внимания

6.3. Методы изучения и диагностики внимания

Глава седьмая

7. Психофизиология памяти

397

М.. Классификация видов памяти

7.1.1. Элементарные виды памяти и научения

7.1.2. Специфические виды памяти

7.1.3. Временная организация памяти

7.1.4. Механизмы запечатления

7.2. Физиологические теории памяти

7.3. Биохимические исследования памяти

Глава восьмая

8. Психофизиология речевых процессов

8.1. Неречевые формы коммуникации

8.2. Речь как система сигналов

8.3. Периферические системы обеспечения речи

8.4. Мозговые центры речи

8.5. Речь и межполушарная асимметрия

8.6. Развитие речи и специализация полушарий в онтогенезе

8.7. Электрофизиологические корреляты речевых процессов

Глава девятая

9. Психофизиология мыслительной деятельности

9.1. Электрофизиологические корреляты мышления

9.1.1. Нейронные корреляты мышления

9.1.2. Электроэнцефалографические корреляты мышления

9.2. Психофизиологические аспекты принятия решения

9.3. Психофизиологический подход к интеллекту

Глава десятая

10. Сознание как психофизиологический феномен

10.1. Психофизиологический подход к определению сознания

10.2. Физиологические условия осознания раздражителей

10.3. Мозговые центры и сознание

10.4. Измененные состояния сознания

10.5. Информационный подход к проблеме сознания

Глава одиннадцатая

11. Психофизиология двигательной активности

11.1. Строение двигательной системы

11.2. Классификация движений

11.3. Функциональная организация произвольного движения

11.4. Электрофизиологические корреляты организации движения

11.5. Комплекс потенциалов мозга, связанных с движениями

11.6. Нейронная активность

Рекомендуемая литература

Раздел IV Возрастная психофизиология

Глава двенадцатая

12. Основные понятия, представления и проблемы

12.1. Общее понятие о созревании

12.1.1. Критерии созревания

12.1.2. Возрастная норма

12.1.3. Проблема периодизации развития

12.1.4. Преемственность процессов созревания

12.2. Пластичность и сензитивность ЦНС в онтогенезе

12.2.1. Эффекты обогащения и обеднения среды

12.2.2. Критические и сензитивные периоды развития

Глава тринадцатая

13. Основные методы и направления исследований

13.1. Оценка эффектов возраста

13.2. Электрофизиологические методы исследования

динамики психического развития

13.2.1. Изменения электроэнцефалограммы в онтогенезе

13.2.2. Возрастные изменения вызванных потенциалов

13.3. Реакции глаз как метод изучения познавательной

активности в раннем онтогенезе

13.4. Основные типы эмпирических исследований
в возрастной психофизиологии

Глава четырнадцатая

14. Созревание головного мозга и психическое развитие

14.1. Созревание нервной системы в эмбриогенезе

14.2. Созревания основных блоков головного мозга
в постнатальном онтогенезе

14.2.1. Эволюционный подход к анализу созревания головного мозга

14.2.2. Кортиколизация функций в онтогенезе

14.2.3. Латерализация функций в онтогенезе

14.3. Созревание мозга как условие психического развития

Глава пятнадцатая

15. Старение организма и психическая инволюция

15.1. Биологический возраст и старение

15.2. Изменение организма при старении

15.3. Теории старения

15.4. Витаукт

Рекомендуемая литература

Цитированная литература