

С.В. ГОЛОМАЗОВ

КИНЕЗИОЛОГИЯ ТОЧНОСТНЫХ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА



Москва
«СпортАкадемПресс» 2003 г.

ВЕСЬ СПОРТ КНИЖНЫЙ МАГАЗИН

Постоянно сотрудничает с ведущими издательствами. Предлагает более 400 популярных, методических и научных изданий по физической культуре, здоровому образу жизни, спорту и туризму. Магазин расположен по адресу:

Москва ул. Долгоруковская, 27
телефон/факс (095) 250-19-95

ВЕТЕР. Воздушный поток относительно какого-либо объекта. Ветер обозначается вектором, величина которого скор ветра, измеряемая в метрах в секунду или в узлах. Направлением ветра считают "в компас", т.е. откуда дует ветер.

В. во время рекордного забега. Скорость ветра, измеряемая в б.

в командных видах спорта, подчиненная единой для всех членов команды цели. В командных спортивных играх оказан игроками друг другу помощи; поддержки, повышающих эффективность атаки или обороны. 2. Шахматах - согласованные действия фигур, подчиненные определенному плану. Один из важнейших стратегических принципов шахматной

Описание. Пр...



контрольное В...

ма... тола участ...

ни... боксу, бор...

ло... пауэрли...

оф... аного вз...

официальное

ма... тола участ...

ни... боксу, бор...

ло... пауэрли...

оф... аного вз...

Г 61 С.В. Голомазов
Кинезиология точностных действий человека. — М.: СпортАкадем-Пресс, 2003. - 228 с.

ISBN 5-8134-0132-6

В монографии представлены результаты авторского многолетнего комплексного исследования точности двигательных действий человека в виде экспериментальных данных, полученных при изучении разнообразных элементарных движений и сложнокоординированных действий.

Приводится гипотетическая модель организации двигательных действий человека, объясняющая возможность повышения точности при увеличении числа звеньев кинематической цепи. Она разработана на основании результатов около 500 комплексных исследований и отдельных экспериментов биомеханического, физиологического, психологического и педагогического характера и выявленных аналитических закономерностей точности двигательных действий.

Рассматривается способность человека выполнять движения точно (меткость) как индивидуальная характеристика позиций онтогенеза и филогенеза.

Особое место в книге занимает исследование влияния на точность двигательных действий человека физических нагрузок. Экспериментальная проверка различных гипотез о связи утомления и точности движений позволяет рассматривать эту проблему принципиально новым.

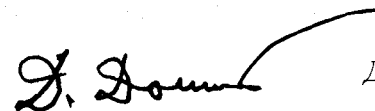
Сформулированы принципиальные подходы к совершенствованию точности движений человека в различных видах деятельности, а также основные положения теории тренировки точности спортивных двигательных действий, на основании которых можно целенаправленно подбирать средства, методы и методические приемы для работы с различными контингентами.

В настоящее время человек реализует малую долю своих возможностей в двигательной деятельности и еще бесконечно далек от того, что может выполнять в принципе. Не делается человеком то, что он потенциально может сделать, видимо, потому что не известен механизм проявления точности, позволяющий преодолеть несоответствие между возможным, но пока не осуществленным.

Данные, представленные в настоящей книге, раскрывают факторы, препятствующие проявлению точности, и показывают, что точность по значимости опережает различные физические качества, которые только помогают ее проявлению. Экспериментальные факты спортивной деятельности заставляют философски переосмыслить двигательные возможности человека как особи.

В разработанной автором системе средств совершенствования точности двигательных действий каждое средство представляет собой нечто организованное целое. Все полностью укладывается в глобальное представление о точности действий человека.

Можно сказать, что, исследуя точность спортивных действий, автор ушел за пределы чисто спортивных проблем и поднялся на такие вершины, которые до сих пор просто не осознавались. По моему мнению, им сделан шаг в некое пространство, которое ранее даже не рассматривалось ввиду его величины. Это огромный вклад в решение проблем жизнедеятельности человека.



Д.Д. Донской
профессор,

доктор педагогических наук

ISBN 5-8134-0132-6

УДК 796 332

© "СпортАкадемПресс"
© Голомазов С.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ		8
ГЛАВА I. ПРОБЛЕМА		10
1. 1. Класс движений		10
1. 2. Терминология		10
1. 3. Оценивание точности двигательных действий		11
1. 4. Направления исследований в кинезиологии точностных действий		13
1. 5. Подход к анализу двигательных действий		15
1. 6. Основные черты биомеханизмов		19
1. 6. 1. Проявление точности — не случайный процесс		19
1. 6. 2. Точность и степени свободы кинематической цепи		20
ГЛАВА II. МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА		23
2. 1. Основные параметры, по которым осуществляется контроль точностных движений		23
2. 2. Основные причины возникновения ошибок в скорости и амплитуде движений		25
2. 3. Взаимосвязь работы двух сопряженных звеньев кинематической цепи		26
2. 4. Взаимосвязь работы нескольких сопряженных звеньев кинематической цепи		27
2. 5. Взаимосвязь работы кинематических цепей		28
ГЛАВА III. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ		30
3. 1. Взаимосвязь времени и точности выполнения двигательных действий		31
3. 1. 1. Взаимосвязь времени и точности выполнения элементарных движений		34
3. 1. 1. 1. Одиночные движения		34
3. 1. 1. 2. Серийные движения		35
3. 1. 2. Взаимосвязь времени и точности выполнения сложнокоординированных движений		37
3. 1. 2. 1. Одиночные движения		37
3. 1. 2. 2. Серийные движения		39
3. 2. Время прослеживания движущихся объектов и их ловля и отражение		41
3. 2. 1. Успешность отражения движущихся объектов		42
3. 2. 2. Точность отражения движущихся объектов		44
3. 2. 3. Точность отражения и успешность ловли движущихся объектов при разной скорости их полета		46
3. 3. Точность воспроизведения двигательных действий		48
3. 3. 1. Двигательная память		48
3. 3. 2. Воспроизведение кинематических и динамических характеристик движений		49
3. 4. Точность — внешнее сопротивление		51
ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ДЕЙСТВИЙ		54
4. 1. Миографическое исследование		54
4. 1. 1. Точностные движения и их имитация		57
4. 1. 2. Активность мышц при разных требованиях к точности движений		57
4. 1. 3. Активность мышц при выполнении одних и тех же движений с разным конечным результатом		57
4. 2. Анализ хроноструктуры точностных движений		64
4. 2. 1. Суставные перемещения		64
4. 2. 2. Пространственные перемещения		67
4. 2. 3. Взаимосвязь работы разных кинематических цепей		69
4. 2. 3. 1. Последовательная межзвенная связь		69
4. 2. 3. 2. Параллельная межзвенная связь		72
4. 2. 4. Взаимосвязь разных элементов движений с точностью		76
4. 2. 4. 1. Работа отдельных звеньев		76
4. 2. 4. 2. Влияние тайминга на точность		78
4. 3. Хроноструктура и условия выполнения двигательных действий		79
4. 3. 1. Влияние лимита времени на структуру двигательных действий		81
4. 3. 1. 1. Целевые установки на быстроту выполнения движений		81
4. 3. 1. 2. Влияние времени прослеживания движущегося объекта		83
4. 3. 2. Изменение требований к точности		86
4. 3. 3. Изменение требований к скорости выброса снаряда		91
4. 4. Влияние нагрузки на хроноструктуру		95
4. 4. 1. Влияние длительной нагрузки		95
4. 4. 2. Влияние специфики нагрузки		97
4. 4. 3. Влияние концентрации лактата		99

4. 4. 4. Влияние локальной мышечной нагрузки	100	5. 4. 3. Точность движений и субъективная вероятность	149
4. 5. Влияние факторов психологического характера	100	5. 4. 3. 1. Характеристика субъективной вероятности	149
4. 6. Глазодвигательные реакции	104	5. 4. 3. 1. 1. Эквивалентность показателей субъективной вероятности	151
4. 6. 1. Последовательность начала движений в системе "глаз — рука"	105	5. 4. 3. 1. 2. Стабильность субъективной вероятности	152
4. 6. 2. Соотношение направлений зрения и движения руки	107	5. 4. 3. 2. Индивидуальные особенности, определяющие уровень субъективного прогнозирования	156
ГЛАВА V. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТКОСТИ	108	ГЛАВА VI. НАГРУЗКА (УТОМЛЕНИЕ) И ТОЧНОСТЬ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ	157
5. 1. Меткость как природная способность и особенности ее проявления	108	6. 1. Субъективная оценка утомления и точность	160
5. 1. 1. Генерализованность и специфичность проявления меткости	108	6. 2. "Врабатываемость"	161
5. 1. 1. 1. Генерализованность	113	6. 3. Длительность нагрузки и точность	162
5. 1. 1. 2. Специфичность	115	6. 4. Нагрузка разной функциональной направленности и точность	166
5. 1. 2. Онтогенез и филогенез меткости	115	6. 5. Специализированность нагрузки и точность	168
5. 1. 2. 1. Наследственность	116	6. 6. Концентрация лактата в периферической крови и точность	170
5. 1. 2. 2. Общая двигательная подготовленность	117	6. 7. Локальная мышечная нагрузка и точность	171
5. 1. 2. 3. Соотношение вклада специальной подготовки и одаренности в точность выполнения спортивных действий	117	ГЛАВА VII. ТРЕНИРОВКА ТОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ	177
5. 1. 3. Вклад меткости в точность выполнения специально тренируемых спортивных действий	119	7. 1. Классификация методов тренировки точности	177
5. 2. Возрастная динамика точности выполнения двигательных действий	120	7. 2. Сравнительный анализ эффективности методов тренировки точности	178
5. 2. 1. Соотношение возрастной динамики двигательных качеств и точности двигательных действий	128	7. 2. 1. Сопоставление влияния различных методов тренировки точности	178
5. 2. 2. Двигательные навыки и точность	132	7. 2. 2. Перенос тренированности в точности выполнения двигательных действий	179
5. 2. 3. Точность и психомоторика	136	7. 3. Анализ методических приемов тренировки точности	181
5. 3. Точность движений и физические качества	137	7. 3. 1. Тренировка сенсорных систем	182
5. 3. 1. Точность движений и скоростные способности	137	7. 3. 2. Тренировка техники спортивных действий	183
5. 3. 1. 1. Меткость и быстрота одиночных движений	138	7. 3. 3. Тренировка точности спортивных действий на фоне разной физической нагрузки	185
5. 3. 1. 2. Меткость и частота движений	139	7. 3. 4. Влияние тренировок по развитию силовых качеств на точность спортивных действий	187
5. 3. 1. 3. Меткость и двигательные реакции	140	7. 3. 5. Сравнительная характеристика тренировки точности спортивных действий при разных вариантах набора объемов повторений	189
5. 3. 2. Точность движений и силовые качества	142	7. 4. Основные положения, принципы и методы тренировки точности двигательных действий	190
5. 3. 3. Точность движений и выносливость	143	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	192
5. 3. 4. Точность движений и гибкость	143	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	199
5. 3. 5. Точность движений и антропометрические характеристики	144		
5. 4. Психологические особенности точности выполнения двигательных действий	145		
5. 4. 1. Точность движений и текущее психофункциональное состояние	147		
5. 4. 2. Точность движений и индивидуально-психологические свойства личности	148		

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая книга посвящена всестороннему изучению точности двигательных действий человека. В ней представлены результаты авторского многолетнего комплексного исследования в виде экспериментальных данных, полученных при изучении разнообразных элементарных модельных движений и сложнокоординированных действий.

В главе «Аналитические закономерности точности двигательных действий» рассматривается взаимосвязь времени и точности выполнения различных движений, анализируются зависимости успешности ловли и отражения движущихся объектов от времени их прослеживания; точности отражения и успешности ловли движущихся объектов от скорости их полета; зависимости точности воспроизведения динамических и кинематических характеристик. Представлены данные, характеризующие точность движений как функцию времени, принципиально отличающуюся от известных ранее и считавшихся классическими, как, например, «Закон Фиттса».

В главе «Экспериментальные исследования точностных действий» представлены результаты экспериментов, позволившие выявить основные закономерности организации точностных движений.

В главе «Индивидуальные особенности проявления меткости» рассматривается способность человека выполнять движения точно (меткость) как индивидуальная характеристика с позиций наследственности, характера двигательного задания, индивидуальных особенностей развития двигательного аппарата, влияния спортивных тренировок на проявление этой способности.

Особое внимание уделяется вопросам влияния на точность двигательных действий физических нагрузок различной функциональной направленности, специализированности, длительности (глава «Нагрузка (утомление) и точность двигательных действий»). Проведенная экспериментальная проверка различных гипотез о связи утомления и точности движений позволяет принципиально по-новому рассматривать эту проблему.

В главе «Тренировка точности двигательных действий» на основании экспериментальных данных рассматриваются принципиальные подходы к совершенствованию (тренировке) точности движений

человека в различных видах деятельности. Разработаны положения, определяющие характер и направленность педагогического воздействия на точность движений.

Сформулированы основные положения теории тренировки точности спортивных двигательных действий, на основании которых можно целенаправленно по-новому подбирать средства и методы и методические приемы для практической работы с различными контингентами. Проведенные исследования позволяют говорить о том, что характеристика точности движений как составляющей физического качества ловкости в значительной мере неточна и не отражает сущности этого явления.

Итогом всего комплексного исследования точности двигательных действий человека явилась разработка гипотетической модели построения движений, которая объясняет возможность повышения точности двигательных действий человека при увеличении числа свободы звеньев кинематической цепи, когда разрешающая способность отдельных звеньев кинематической цепи меньше разрешающей способности всей цепи в целом.

Основными положениями данной модели являются:

- параметры, по которым производится контроль движений;
- причины возникновения неточностей (ошибок) в выполнении двигательных действий;
- особенности взаимосвязи работы сопряженных звеньев кинематической цепи;
- особенности взаимосвязи работы нескольких кинематических цепей, обеспечивающих выполнение сложнокоординированных двигательных действий.

Исследования проводились в период с 1964 по 2000 год главным образом на базе Государственного центрального ордена Ленина института физической культуры (Российской государственной академии физической культуры). В общей сложности выполнено около 500 комплексных исследований и отдельных экспериментов.

Следует отметить, что не все полученные данные нашли свое отражение в настоящей книге, так как часть исследований представляла собой последовательную цепь экспериментов поискового характера, в которых решались задачи, сформулированные на основе предыдущей работы.

Некоторые экспериментальные данные, такие, например, как результаты стереофотограмметрических исследований различных видов движений, могли представлять самостоятельный интерес, но в значительной степени перегрузили бы содержание книги, так как фактически являлись дополнительными примерами тех фактов, которые и без того имеют убедительные доказательства.

ГЛАВА I. ПРОБЛЕМА

1. 1. Класс движений

Виды двигательных действий разнообразны: трудовые, бытовые, спортивные и т.д. В этом многообразии есть класс движений, которые с определенной степенью условности можно отнести к «точностным». Заметим, что любое целенаправленное движение предполагает наличие точности, но в данном случае будут рассматриваться такие движения, для которых точность является конечной целевой задачей.

Среди точностных движений можно выделить два вида:

- движения, качество которых оценивается по точности выполнения заданных траекторий (точность слежения);
- **ДВИЖЕНИЯ**, качество которых оценивается по конечному результату (целевая точность).

Объединяющим эти движения является наличие в них некоторых сходных черт и характеристик, что и позволяет выделить их в отдельный класс. Общими чертами и характеристиками в частности являются следующие:

- повышение требований к точности сопряжено с определенными структурными особенностями работы мышц—антагонистов;
- наличие некоторой общности в организации и построении движений.

Это дает основание к постановке вопроса о необходимости целенаправленного исследования такого класса движений.

1. 2. Терминология

Для изложения материала целесообразно уточнить терминологию, которая будет использоваться ниже.

В данном случае сложность подхода к формализации понятийного аппарата состоит в том, что, с одной стороны, рассматривается организация движений человека, а с другой — его двигательные спо-

собности. В толковых словарях (как русского языка, так и других) понятия точности и меткости в какой-то мере идентифицируются, однако терминологически их следует разделить.

В настоящей работе под термином **меткость** следует понимать способность человека, присущую ему, **как индивидуальную характеристику** с возможной опосредованной оценкой, а **точность** рассматривать **как конечный результат действий**, который поддается прямому измерению.

Таким образом, **меткость** - это способность человека проявлять точность при выполнении движений, а **точность** - это конечный результат действия.

Под термином движение будет пониматься собственно перемещение звеньев тела, а термин **двигательное действие** будет предполагать более широкое понятие, включающее в себя и **преднастройку** к началу выполнения собственно движения, например фазу прослеживания движущихся объектов при их ловле или отражении.

1. 3. Оценивание точности двигательных действий

Оценку способности человека проявлять в движениях точность определяет точность двигательных действий субъекта при соблюдении стандартных внешних условий. Оценка точности как конечного результата выполнения двигательного действия требует более детального рассмотрения, так как существуют разные способы ее оценки как конечного результата одиночного движения или серии движений.

Способ оценки точности имеет принципиальное значение, так как точность может оцениваться разными показателями и полученные характеристики будут отражать разные явления: разные механизмы организации движений и различные способности человека.

Наиболее часто используемый способ оценки точности — по вероятности попадания в заданную область (Р). В этих случаях могут быть две оценки:

- а) по альтернативному признаку (да, нет);
- б) по отношению удачных и неудачных попыток в серии (в процентах).

В прикладных областях математики точность принято оценивать как **величину, обратную величине стандартного отклонения от цели** ($1/\delta$).

В этом случае рассматриваются ошибки:

- а) систематические как средняя величина отклонения серии попыток от цели с разной оценкой в латеральном (Х) и сагиттальном (У) направлениях или по модулю (Z);
- б) случайные (кучность) как стандартное отклонение от центра рассеивания в латеральном (δ_x) и сагиттальном (δ_y) направлениях.

Количественные показатели точности, полученные разными спо-

собами, имеют принципиальное отличие. Например, проведенная нами оценка точности одних и тех же попыток двигательных действий по вероятности и стандартному отклонению выявила, что показатели точности, оцененные разными способами, изменяются по разным законам при изменении условий выполнения задания (рис. 1).

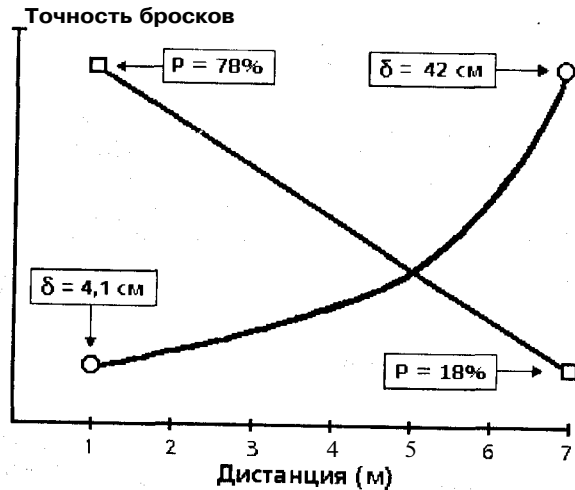


Рис. 1. Характеристика зависимости точности метаний предметов от дистанции для одних и тех же попыток при оценке точности по вероятности попаданий (P) и стандартному отклонению (d) (по результатам выполнения 15 испытуемыми 14 800 бросков мяча в баскетбольную корзину)

Зависимость вероятности попаданий от дистанции носит строго линейный характер. Это прослеживается на существенно отличающихся друг от друга движениях и не зависит от формы цели (круг, квадрат и др.).

Оценка движений стандартным отклонением характеризуется нелинейной зависимостью.

Отсутствие учета того что показатели точности, оцененные разными способами, подчинены разным законам, часто приводит исследователей к несоответствию трактовки одних и тех же фактов при обсуждении и сопоставлении полученных результатов.

Весьма существенным является также и то обстоятельство, что точность движений человека в латеральном и сагиттальном направлениях зависит от разных биомеханических структурных элементов.

Оценка точности по вероятности попаданий не отражает таких отличий. Проведенные исследования говорят о том, что разные показатели точности (систематическая ошибка и кучность) коррелируют с различными характеристиками кинематики двигательных актов (см. главу 5).

В связи с тем что систематические отклонения и показатели кучности отражают процессы, происходящие на уровне управления движениями, их целесообразно использовать для оценки влияния на точность «внутренних» факторов.

Линейный закон изменения вероятности попадания делает удобным использование этой характеристики для оценки влияния на точность внешних факторов.

1. 4. Направления исследований в кинезиологии точностных действий

Изучение точности движений человека представляет интерес в нескольких аспектах.

Точностные двигательные действия являются удобной моделью для изучения построения движений, так как имеются четкие и хорошо измеряемые критерии эффективности их исполнения. Эта модель представляется наиболее удобной формой, отражающей организацию работы мозга, которая, по-видимому, является основной проблемой биомеханики. С этой точки зрения точностные двигательные действия - наиболее перспективный объект для изучения биомеханических систем.

Одним из главных направлений проведения исследований является поиск общих структурных закономерностей в движениях этого класса, а также изучение адаптации человека к воздействиям различного рода, в том числе и изменениям сенсорного и физиологического характера.

Чтобы понять сущность изменений, происходящих в самой биологической системе, прежде необходимо изучить феноменологию таких явлений, как влияние нагрузки, лимита времени, возможностей переноса тренированности и др. Такое направление исследований расширяет представления о возможной организации кибернетических систем и дает толчок к новым направлениям разработок, связанных с эргономикой.

Другим аспектом изучения точности двигательных действий является способность человека выполнять движения точно как индивидуальная характеристика. В этом плане необходимо рассмотреть сущность природы меткости и особенности ее проявления, чтобы установить, в какой мере данная способность связана с другими ин-

дивидуальными характеристиками (конституцией человека, двигательными качествами, психомоторикой и др.).

Важной стороной проблемы точности двигательных действий является также область, связанная с дифференциальной биомеханикой, второй ее части, которая раскрывает характер созревания двигательного аппарата. Поэтому нельзя обойти вниманием возрастные особенности проявления точности движений.

Также важно рассмотреть и направление, связанное с проявлением адаптации человека к различного рода воздействиям, в частности при обучении и тренировке. Раскрыть механизмы адаптации можно через оценку влияния различных методов и методических приемов тренировки, позволяющих целенаправленно воздействовать на сенсорные и моторные компоненты.

Изучение организации движений такой сложной системы, как человек, должно проводиться на основе комплексного подхода и с выделением отдельных элементов. Анализ сложного двигательного действия может быть упрощен, если будут известны отдельные закономерности изменения точности для элементарных форм движений.

Поэтому, прежде чем проводить исследования структуры двигательных действий, индивидуальных особенностей и адаптации человека к различного рода воздействиям, необходимо иметь представление о зависимости точности движений от отдельных элементарных характеристик кинематического и динамического порядка, причем желательно иметь эти зависимости в виде ряда аналитических закономерностей.

Наиболее полное изучение проблемы точности движений человека должно предусматривать комплексный подход. Для этого необходимы исследования в следующих основных направлениях:

1. Изучение аналитических зависимостей проявления точности с психофизических (стимул-ответ) и феноменологических позиций.

2. Изучение индивидуальных особенностей проявления точности движений с позиций фенотипа и генотипа, физического развития и двигательной подготовленности.

3. Изучение биомеханической структуры точностных двигательных актов.

4. Исследование влияния на точность и двигательную структуру двигательных действий различных факторов физиологического, психологического и биомеханического характера.

5. Определение направлений обучения и совершенствования точности движений.

Построение теории точности двигательных действий предполагает наличие необходимых знаний в области взаимосвязи двигательных качеств и проявления точности как единого целого, определяющего эффективность действий.

До настоящего времени изучение такой взаимосвязи либо носило эмпирический характер, либо строилось на основе исследований, носивших фрагментарный или утилитарный характер, с учетом строго определенных видов деятельности. В целом не были сформулированы теоретические положения, обобщающие научный и практический материал с точки зрения теории точности двигательных действий. Это связано с тем, что не было четкой формализации положений, определяющих характер влияния на точность различных внешних факторов, индивидуальных особенностей и закономерностей организации движений.

Формализация основных положений, касающихся точности двигательных действий, не только актуальна с точки зрения расширения теоретических знаний в плане аналитических зависимостей, организации движений, влияния внешних воздействий, включая физическую нагрузку, обучение и тренировку, но и в значительной мере стимулирует развитие эргономики, роботостроения, что предполагает определенный экономический эффект.

Таким образом, взгляд на обучение и совершенствование двигательной деятельности с позиции точности движений позволяет дать новый импульс для теоретических исследований и прикладных работ.

Двигательная деятельность человека является проблемой, решение которой предполагает, с одной стороны, вскрытие механизмов управления движениями, а с другой — широкий круг исследований в области формирования и совершенствования двигательных навыков.

В изучении эффективности исполнения двигательных актов наиболее важным, но в то же время и наиболее трудным является нахождение четких, конкретных показателей, которые могут служить критериями эффективности. С этой точки зрения наиболее удобным и целесообразным представляется использование в качестве критериев анализа организации движений биомеханических систем (биомеханизмов) показателей точности.

1. 5. Подход к анализу двигательных действий

Организация различных движений предполагает управление сложным двигательным аппаратом, который обуславливает чрезвычайно подвижные кинематические цепи человеческого тела, исчисляющуюся (по определению А.А. Ухтомского) десятками степеней свободы. В соответствии с двигательной задачей из этой системы могут создаваться те или иные рабочие биомеханизмы, обеспечивающие точность действий.

Был высказан ряд гипотез о функциональной структуре и некото-

рых общих закономерностях деятельности двигательного аппарата. Одна из них предполагала, что при выполнении движений наряду с активными мышечными силами (внутренними) имеют место инерционные и реактивные (внешние) силы. Это легло в основу гипотезы о наличии сенсорных коррекций как необходимом механизме построения целостного движения.

С этих позиций предметом исследований организации точностных движений должен стать поиск общности в структуре их построения: возможностей уровневой организации, образования функциональных синергии и тайминга. В основу исследований может быть положен анализ наличия общности в разных движениях и общности в адаптации движений к различным внешним условиям.

При проведении исследований важно получить такие данные, которые характеризовали бы организацию точностных движений. В связи с этим могли бы рассматриваться электрофизиологические и биомеханические направления, в частности анализ кинематики и динамики, энергетики двигательных действий и системно-структурный подход к фазовому составу.

В исследованиях организации движений особое место занимает электромиографическое направление. Электрическая активность мышц становится предметом специальных исследований. По характеру координации активности мышц принято различать два типа их напряжения: баллистический (если активны только мышцы—агонисты) и точностный (не баллистический при активном взаимодействии мышц—антагонистов).

Анализ исследований в «энергетическом» направлении позволяет заключить, что оптимизация энергетики не может являться достаточным критерием эффективности точностных движений. Это подтверждают электромиографические исследования таких движений, в которых наблюдалось повышение активности мышечных групп, что противоречит «энергетической» целесообразности.

Что касается направлений, в которых в качестве основных управляемых характеристик рассматриваются показатели силы (суставные моменты сил), то следует отметить, что вряд ли возможен учет всех факторов, требующих текущего корригирования усилий по ходу движений. Момент силы постоянно меняется в связи с изменением положения центра вращения сустава и плеча приложения сил. Более того, в этом случае практически невозможно учесть все изменения, происходящие в сочетании активности всех групп мышц—агонистов и антагонистов. По ходу движения активность мышц может менять свою функциональную направленность усилий, выполняя в одной части движения роль агониста, а в другой части этого же движения — антагониста.

Невозможен учет всех исходных положений движений, от которых также зависит величина прилагаемых усилий. Более того, нельзя учесть по ходу движения такие факторы, как изменения гравитационной составляющей или сопротивления среды, например сопротивление воздуха. Это особенно касается многозвенных движений, при выполнении которых огромную роль играют реактивные силы.

Анализ данных исследований управления движениями по силовым параметрам показал, что работы в этом направлении неперспективны в плане изучения движений человека.

При биомеханическом анализе точностных движений прежде всего возникает вопрос об определении структурных характеристик, подлежащих рассмотрению. В основном предпринимались попытки анализировать амплитудные показатели на основе определения детерминантных точек, в которых предположительно происходят характерные, целенаправленные изменения движений.

Оценка соотношения вкладов различных показателей в общую дисперсию амплитудных характеристик при выполнении двигательных действий показывает, что амплитудные показатели определяются главным образом исходным положением и индивидуальными особенностями. Более того, взаимосвязь амплитудных характеристик с точностью движений прослеживается только в комплексе со временем движения. При иллиминировании времени движения не наблюдается корреляций между величиной отклонений в точности выполнения, например метаний и ударов, с амплитудными характеристиками (табл. 1).

В некоторых случаях (например, при выполнении ударов в настольном теннисе) у разных испытуемых наблюдались не только отличающиеся по амплитуде движения, но и неодинаковая направленность движений в одних и тех же временных фазах: у одних — сгибание, у других — разгибание в одних и тех же суставах. Поэтому амплитудные показатели нецелесообразно использовать для изучения сложных механизмов управления.

Анализ аналитических зависимостей точности движений показал, что наиболее важными являются временные характеристики, которые по этой причине заслуживают особо пристального внимания. Ввиду того что последовательность работы звеньев тела определяется исходными условиями (см. главу 4), использование для фазового анализа двигательных действий временных интервалов, разделяющих целостное движение на одни и те же фазы, нецелесообразно.

Традиционный подход деления целостного движения на фазы не предусматривает взаимной подчиненности движений различных звеньев с условиями выполнения двигательного задания. В то же время целостное движение следует рассматривать исключительно как Пос-

Таблица 1. Парциальная корреляция между амплитудными характеристиками движения и величиной отклонения от центра мишени при илиминировании времени движения (усредненные данные разных испытуемых, выполнивших по ПИ) попыток)

Вид двигательных действий и количество испытуемых	Суставы							
	лучезапястный		локтевой		тазобедренный		коленный	
	С	Л	С	Л	С	Л	С	Л
Баскетбол (n = 24): - броски мяча в корзину - передачи мяча в цель	0,11	0,00	0,13	0,09	0,13	0,10	0,13	0,00
Волейбол (n = 21): - верхние передачи мяча - подачи	0,16	0,01	0,18	0,11	0,16	0,00	0,11	0,01
Настольный теннис (n = 8): - удары накатом	0,09	0,01	0,21	0,10	0,24	0,11	0,17	0,18
Футбол (n = 15): - удары по прямой траектории - удары по навесной траектории	-	-	-	-	0,06	0,08	0,11	0,16
Метание дротиков (n = 4)	0,09	0,08	0,16	0,40	-	-	-	-

Примечание. Л — латеральное отклонение. С — сагиттальное отклонение. Корреляция статистически существенна при $p = 0,5; r > 0,25$.

ледовательную работу отдельных элементов в зависимости от условий выполнения движения.

Анализ двигательных действий должен проводиться по следующим позициям:

- движение в одном суставе (отдельном звене);
- движение в нескольких суставах, образующих одну кинематическую цепь;
- взаимодействие в работе разных кинематических цепей (предположительно объединенных функциональными синергиями).

При этом движения отдельных звеньев и целостных кинематических цепей ДОЛЖНЫ рассматриваться с точки зрения перемещений как одного звена относительно другого, так и перемещений звеньев в пространстве (относительно цели).

Ввиду того что точность может определяться функциональными особенностями кинематических систем, которые могут носить лимитирующий характер с точки зрения возможностей управления, а также длительностью движений, определяющей возможности раз-

ных уровней организации управления движениями, представляется, что для изучения построения движений наиболее целесообразно в качестве изучаемой характеристики взять временные интервалы движения.

Кроме того, для изучения построения движений нами было выбрано миографическое направление, позволяющее расширить представления об изменениях биомеханических структур в различных условиях.

1. 6. Основные черты биомеханизмов

1. 6. 1. Проявление точности - не случайный процесс

Проявление точности в серии движений при стандартном предъявлении стимула не является полностью случайным процессом. Это хорошо видно из данных, характеризующих вероятность появления серий точно выполненных подряд бросков мяча в баскетбольную корзину (рис. 2).

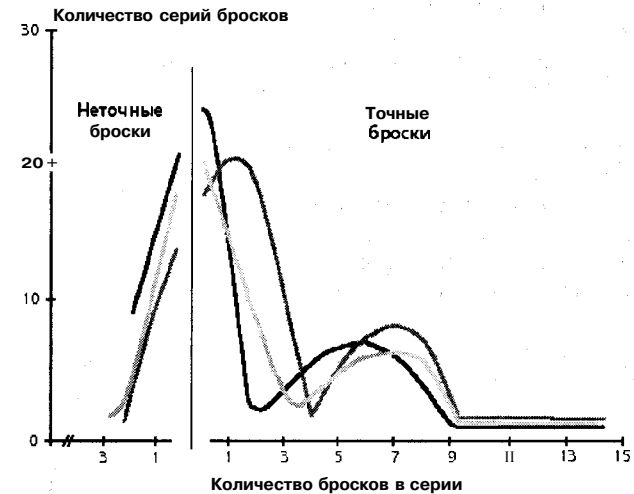


Рис. 2. Вероятность появления серий точных и серий неточных бросков мяча в баскетбольную корзину при выполнении подряд большого количества попыток (индивидуальные данные трех баскетболистов высокой квалификации, выполнивших по 300 попыток)

Труднообъяснимая двухпиковая форма распределения появления серий, состоящих из разного количества удачных или неудачных попыток, выполненных подряд, воспроизводилась и у других испытуемых. Такая форма распределения явно отличается от ожидаемых случайных форм распределения, например от нормального или от распределения Пуассона.

Это служит основанием для предположений о наличии внесения коррекций от попытки к попытке или от серии к серии. Очевидно, что такое корректирование может быть основано на использовании различных форм обратной связи. Характер таких закономерностей существенно связан с возможным использованием тех или других видов обратной связи (см. главы 3 и 4).

1. 6. 2. Точность и степени свободы кинематической цепи

Данные экспериментов, представленные в настоящей книге, позволяют говорить, что аналитические зависимости точности для движений разной координационной сложности существенно отличаются. Причем следует отметить, что при выполнении сложнокоординированных двигательных заданий испытуемые достигали точности по крайней мере не ниже, а в некоторых случаях и выше, чем при выполнении менее сложных движений.

Расчеты показали, что ошибка, например, наблюдающаяся при воспроизведении скорости движений при выполнении простых заданий, не допустима при выполнении точно такого сложного технического приема, как баскетбольный бросок (см. главу 3).

В сложнокоординированных движениях, как правило, задействовано большее количество звеньев, чем это казалось бы необходимо. Это, естественно, связано с задействованием и большего числа степеней свободы кинематической цепи.

Чтобы определить влияние числа степеней свободы кинематической цепи на точность выполнения движений, были проведены две серии экспериментов с использованием двух видов двигательных заданий. В первом задании от испытуемых требовалось проявление в сочетании быстроты и точности при выполнении движений рукой в латеральном направлении с попаданием указкой в обозначенные мишени (задание аналогично заданию Р.М. Фиттса), а во втором — испытуемые выполняли броски мяча в баскетбольную корзину.

Выполнение первого задания сопровождалось изменением константы «а», характеризующей высоту стояния графика зависимости «быстроты и точности движений от числа степеней свободы». Было замечено, что индивидуальные изменения высоты стояния графика связаны как с индивидуальными особенностями испытуемых, так и

с ограничением числа степеней свободы в различных суставах, участвующих в движениях (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2. Влияние изменения числа степеней свободы движения руки на результаты выполнения максимально быстрых и точных возвратно-поступательных движений руки в латеральном направлении с попаданием указкой в обозначенные мишени

Густавы с выключенной подвижностью	Число наложенных связей	Число степеней свободы	Время (с) выполнения серии движений	Влияние фактора (в %)	P
Локтевой и лучезапястный	4	23	4,60	41,8	15,80
Локтевой	2	25	3,57	31,8	10,10
Лучезапястный	2	25	3,64	16,8	4,49
Суставы не фиксированы	0	27	2,40	—	—

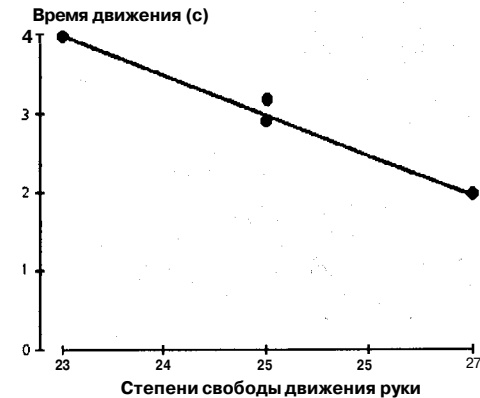


Рис. 3. Время выполнения максимально быстрых и точных возвратно-поступательных движений рукой в латеральном направлении с попаданием указкой в две обозначенные мишени при различных ограничениях числа степеней свободы движения руки

Аналогичная картина наблюдалась и при выполнении испытуемыми бросков мяча в баскетбольную корзину: точность зависела от функциональных особенностей свободных суставов и от числа наложенных ограничений, сокращающих число степеней свободы (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3. Влияние изменения числа степеней свободы за счет искусственно наложенных ограничений движений в суставах на точность выполнения бросков мяча в баскетбольную корзину

Суставы с выключенной подвижностью	Число наложенных ограничений	Числа степеней свободы	Точность попадания (в %)	Влияние фактора (в %)	F
Плечевой и лучезапястный	7	41	40,0	70,1	18,7
Коленный и лучезапястный	0	42	40,4	66,6	15,9
Плечевой	5	43	46,8	36,5	4,6
Коленный	4	44	55,6	19,3	1,9
Лучезапястный	2	46	39,6	58,1	11,1
Локтевой	2	46	44,4	61,8	12,9
Суставы не фиксированы	0	48	68,4	-	-

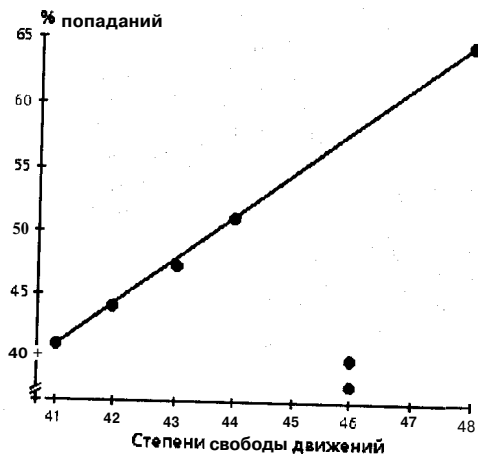


Рис. 4. Точность выполнения бросков мяча в баскетбольную корзину (в %) при разных ограничениях числа степеней свободы движений

Следует отметить тот факт, что при выполнении и первого, и второго задания точность действий была тем выше, чем меньше было наложенных ограничений, то есть, чем больше число степеней свободы кинематической цепи. Это показывает, что для биомеханических систем присуща зависимость точности движений от числа степеней свободы, которая прямо противоположна аналогичной зависимости, характерной для механических систем.

В связи с этим изучение кинезиологии двигательных действий человека представляет особый интерес.

ГЛАВА II. МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Основу построения модели точностных движений человека составляют следующие положения.

1. Определение параметров, по которым производится контроль движений.
2. Основные причины возникновения неточностей (ошибок) в выполнении двигательных действий.
3. Взаимосвязь работы сопряженных звеньев кинематической цепи.
4. Взаимосвязь работы нескольких кинематических цепей, обеспечивающих выполнение сложнокординированных двигательных действий.

2. 1. Основные параметры, по которым осуществляется контроль точностных движений

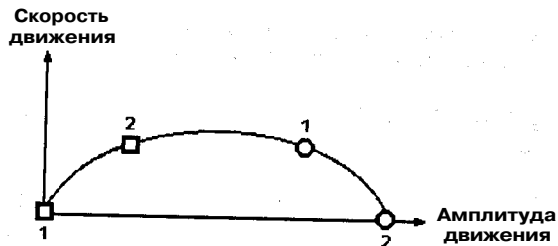
Предполагается, что основными параметрами, по которым осуществляется контроль движений, являются:

- положение звеньев, которое может быть представлено в виде амплитуды движений, определяемое на основании кинестетической чувствительности;
- первая производная — скорость движения, которая определяет скорость угловых суставных перемещений.

В принципе, чтобы движение было достаточно точным, необходимо произвести перемещение звена из одного пространственного положения в другое с задаваемой скоростью. Если рассматривать взаимосвязь скорости и амплитуды движений, то возможны четыре варианта выполнения двигательных действий (рис. 5).

Вариант А. В исходном положении кинематическая цепь неподвижна, затем происходит ее пространственное перемещение с определенной амплитудой и в окончании двигательного действия она становится неподвижной в заданном месте пространства.

2. 2. Основные причины возникновения ошибок в скорости и амплитуде движений



- Показатели возможных скорости и амплитуды движения в суставе перед началом двигательного действия
- Показатели возможных скорости и амплитуды движения в суставе в момент реализации двигательного действия

Рис. 5. Взаимосвязь скорости и амплитуды движения кинематической цепи при выполнении точностного движения

Вариант Б. В начале конкретного двигательного действия кинематическая цепь уже находится в движении и в окончании двигательного действия она становится неподвижной в заданном месте пространства.

Вариант С. В исходном положении кинематическая цепь неподвижна, а в окончании двигательного действия ее скорость движения и пространственное положение соответствуют строго определенным характеристикам.

Вариант Д. В начале конкретного двигательного действия кинематическая цепь уже находится в движении, а в окончании двигательного действия ее скорость движения и пространственное положение соответствуют строго определенным характеристикам.

При всех вышеуказанных вариантах выполнения двигательных действий достаточно проведения контроля движений по их скорости и амплитуде в отличие от принятого ранее мнения, что основными параметрами управления движениями в биомеханических системах являются момент силы и момент инерции.

В этих случаях нет необходимости учитывать многие влияющие факторы, такие, как функциональное изменение плеча приложения сил двигателя (мышцы), функциональное изменение центра вращения в суставах, гравитационные моменты, изменение внешней среды (сопротивление воздуха при разных скоростях) и т.д.

Для упрощения модели построения точностных движений представим поверхность сустава, на котором расположены сенсорные точки (датчики), определяющие взаиморасположение звеньев в начальном и текущем моментах.

Подобные сенсорные элементы располагаются с энтропией, вследствие чего с некоторой неопределенностью происходит определение и исходного положения двух звеньев, соединенных суставом, и скорости перемещения одного звена относительно другого.

В этом случае возникает некоторая случайная ошибка в конечном положении и скорости движения звена, осуществляющего реализацию движения, при всех четырех вариантах выполнения двигательных действий (рис. 6).

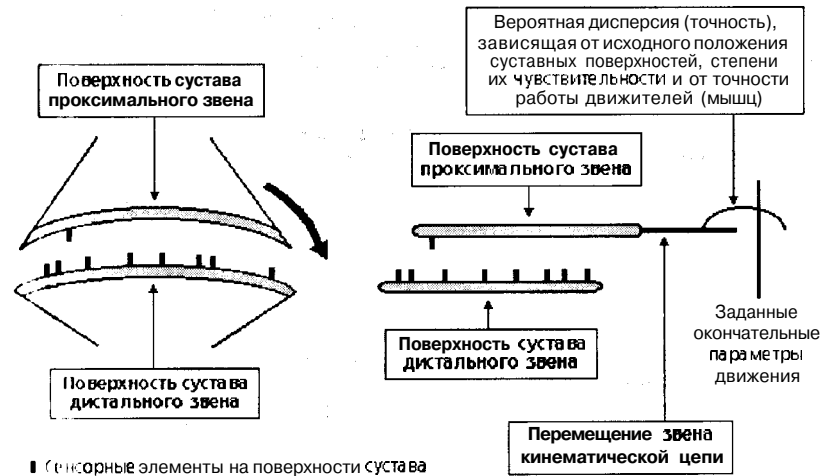


Рис. 6. Схема взаимодействия сенсорных систем суставных поверхностей

2. 3. Взаимосвязь работы двух сопряженных звеньев кинематической цепи

Контроль движения двух сопряженных звеньев кинематической цепи может осуществляться следующим образом.

Представим поверхность сустава одного звена в виде цилиндра, внутри которого находятся чувствительные датчики с энтропией, а второе звено в виде поршня, который двигается внутри этого цилиндра (рис. 7).

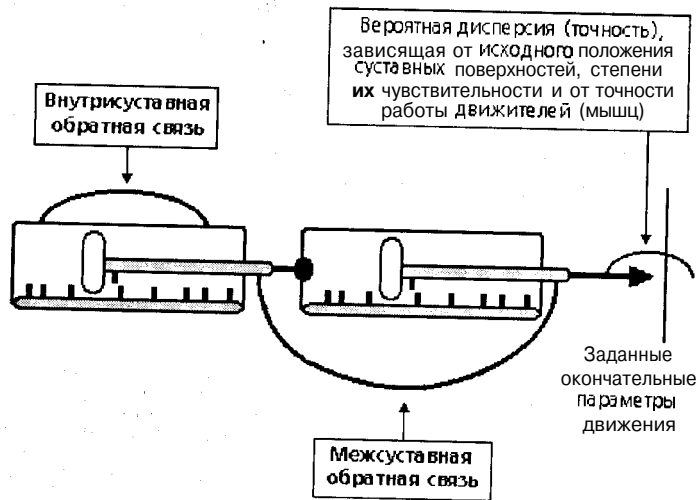


Рис. 7. Схема взаимодействия сопряженных звеньев кинематической цепи при двухсуставном движении

Движение будет задаваться давлением (напряжением) с двух сторон поршня, которое в реальной биологической системе осуществляется напряжением мышц—агонистов и мышц—антагонистов. Контроль механизма этого движения предполагает определение соотношения показателей давления с той и другой стороны (соотношение активности мышц—агонистов и антагонистов в реальной биологической системе) (см. главу 4).

Для точного выполнения движения необходимо сочетание таких воздействий на условный поршень, которые производятся за счет

соответствующих контуров обратной связи. Для суставных перемещений — это контур на уровне стреч-рефлекса и кинестетической чувствительности (см. главу 3).

Естественно предположить, что если обратная связь на уровне стреч-рефлекса является чисто физиологическим механизмом, то контуры обратной связи на уровне кинестезии должны носить программный характер.

Вследствие построения такой взаимосвязанной работы двух сопряженных звеньев кинематической цепи точность двигательного действия будет определяться, с одной стороны, двигательной чувствительностью, то есть расположением на суставной поверхности сенсорных элементов, а с другой — программным обеспечением движения.

Представленная модель построения точностных движений человека показывает, что при увеличении числа степеней свободы и количества звеньев, участвующих в движении, уменьшаются случайные ошибки в точности.

Это является основным принципом организации биомеханических систем, который, по-видимому, можно использовать и при организации механических систем.

2. 4. Взаимосвязь работы нескольких сопряженных звеньев кинематической цепи

Организация движений, выполнение которых обеспечивают несколько звеньев кинематической цепи, в частности двухсуставных движений, выглядит следующим образом.

В этих случаях имеет место взаимосвязь работы проксимального и дистального суставов, которая выражается в наличии отрицательной связи в строго определенных интервалах времени между скоростью движений в дистальном суставе и скоростью движений в проксимальном суставе: при увеличении скорости движений в одном суставе происходит уменьшение скорости движений в другом суставе (см. главу 4).

Если скорости перемещений звеньев кинематической цепи в противоположных направлениях были бы равны, то положение звена, непосредственно отвечающего за реализацию двигательного действия, не изменилось бы.

В настоящей модели построения точностных движений предполагается наличие некоторой редуции в движениях различных звеньев, то есть пространственные перемещения, связанные с движениями в одном суставе, по-видимому, в проксимальном суставе уменьшаются за счет движений в дистальном суставе. Об этом гово-

рит отрицательная корреляция угловых скоростей движений в проксимальных и дистальных суставах (см. главу 4).

Что касается пространственных перемещений, то первым из факторов, позволяющим осуществить такую редукцию, является длина отдельных звеньев, участвующих в движении всей кинематической цепи.

Если рассматривать соединение двух сопряженных звеньев, соединенных в одном суставе, то практически во всех биологических системах каждое последовательно дистальное звено по своим размерам короче проксимального. Поэтому скоростные и амплитудные характеристики перемещения по-разному отражаются на конечном положении звена, непосредственно отвечающего за реализацию двигательного действия.

Не исключается также, что существуют и другие механизмы редукции, которые влияют на точность движения.

Таким образом, за счет возможной редукции уменьшается показатель случайной ошибки в точности положения и скорости перемещения каждого последующего звена от дистального к проксимальному, и в конечном итоге звена, непосредственно завершающего двигательное действие.

Описанная выше организация точностных движений предполагает, что движения отдельных звеньев разных кинематических цепей (например, рук, ног) объединены относительно жесткими связями в пределах определенных интервалов времени.

2. 5. Взаимосвязь работы кинематических цепей

В биомеханических системах в отличие от механических с увеличением числа степеней свободы (увеличении количества звеньев, участвующих в движении) связано с повышением точности (см. главу 3).

Одним из факторов, позволяющих достичь подобного эффекта, является образование определенных относительно жестких функциональных связей в работе отдельных кинематических цепей, например рук или ног, при выполнении сложнокоординированных двигательных действий.

Характер этих связей указывает на то, что в разных фазах движений решаются различные целевые задачи по организации двигательного действия в целом. Одни кинематические цепи создают некоторый двигательный фон, а другие — непосредственно отвечают за реализацию двигательного действия. Независимо от того, какую задачу решают кинематические цепи, их взаимодействие носит точностный характер (см. главу 4).

Точность работы звена, непосредственно завершающего двигательное действие, определяется относительно строгими характеристиками времени выполнения движений.

Для обеспечения стабильности по времени работы в разных условиях звена, непосредственно завершающего двигательное действие, кинематические цепи, создающие некоторый двигательный фон, начинают в работу в определенной временной последовательности (рис. X).

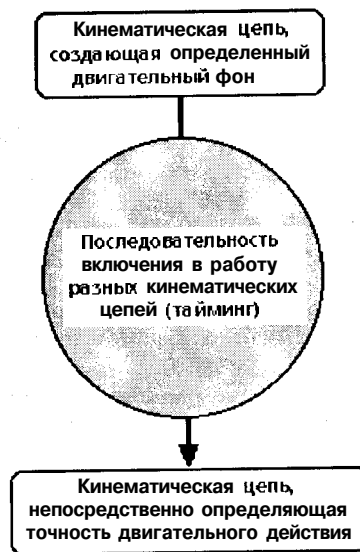


Рис. X. Схема взаимодействия кинематических цепей при выполнении двигательных действий

ГЛАВА III. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Многостороннее исследование точностных движений предполагает изучение различных зависимостей проявления точности. Эти зависимости могут быть представлены, например, в виде параметрических графиков. Наличие данных, характеризующих определенные аналитические зависимости точности движений, позволит рассматривать и собственно организацию движений.

Следует отметить, что движения должны изучаться с учетом взаимосвязи функций различных сенсорных систем. В психофизиологических исследованиях неоднократно показана тесная взаимосвязь функций различных систем. Так, например, чувствительность одной сенсорной системы изменяется при раздражении другой, причем это наблюдается даже в тех случаях, когда побочный раздражитель является подпороговым.

В связи с этим исследования точности движений в плане выявления аналитических зависимостей точности должны быть построены так, чтобы в каждом конкретном случае точность определялась функционированием преимущественно одной сенсорной системы.

С этих позиций могут быть рассмотрены три варианта двигательных заданий, отличающиеся по характеру предъявления стимула:

- а) предъявляется эталон стимула (усилие, скорость движения, амплитуда) и необходимо на кинестетической основе (без зрительного контроля) воспроизвести его величину;
- б) предъявляется стимул в стандартном положении, например в виде видимой цели, которую необходимо поразить;
- в) предъявление стимула имеет некоторую энтропию по времени или месту (поражение неожиданно появляющейся мишени).

Первый вариант заданий требует только воспроизведения заданной программы, второй — базируется на определенной мотивации и создании собственной программы движений, третий — предполагает возможное использование антиципаций.

Различная организация движений, очевидно, проявляется в виде характерных законов связи, которые обусловлены особенностями сенсорного контроля для динамики, кинематики, временем движения и др.

По гипотезе Н.А. Бернштейна управление движениями имеет иерархическую, уровневую организацию. В развитие этой гипотезы на основании экспериментальных данных нами было выдвинуто предположение о наличии по крайней мере четырех контуров обратной связи, обеспечивающих организацию движений и эффективность ее функционирования. Контур обратной связи предполагают участие прямой обратной связи, разных видов кинестезии, а также стреч-рефлекса.

Естественно предположить, что участие того или иного контура обратной связи обуславливается временем, необходимым для выполнения движения. По разным данным, для обеспечения зрительной обратной связи необходимо (грубо) порядка 200-400 мс в зависимости от вида выполняемого задания. Кинестетическая обратная связь может иметь место, если длительность двигательного акта составляет не менее 100-160 мс.

По-видимому, возможность использования в движениях того или иного вида обратной связи и будет определять точность. Точность движения должна находиться в соответствующей взаимосвязи со временем его выполнения.

Значительное количество работ, посвященных данной проблеме, рассмотрено главным образом в области экспериментальной психологии на простых локальных движениях.

Результаты, полученные разными авторами, часто не совпадают и поэтому не привели к выявлению черт, позволяющих установить общие закономерности.

Изучая движения с манипуляцией предметами, С.Ф. Александр и Г.Н. Аидерман обнаружили отрицательную нелинейную зависимость между скоростью и точностью: испытуемые, выполнявшие движения быстрее, были менее точны, и наоборот.

В ряде работ, посвященных изучению взаимосвязи времени выполнения движения и требований, предъявляемых к точности, особое место занимают труды Р.М. Фиттса. Последовательное проведение целого ряда серий экспериментов с простыми движениями позволило ему предпринять попытку определения закономерности организации таких движений.

Предполагая, что время движения является его функцией в зависимости от требований к точности выполнения движения, Р.М. Фиттс удалось установить соотношение между этими показателями. Обнаружилось, что зависимость «время движения — точность» описывается уравнением:

$$T = a + b \log_2 (2A/W),$$

где T — продолжительность движения;

A — амплитуда движения;

W — ширина мишени или требуемая степень точности;

a, b — константы.

Данное соотношение между продолжительностью и требуемой точностью выполнения движения получило название «Закон Фиттса». Согласно этому закону увеличение расстояния между мишенями (амплитудой движений) в « n » раз и одновременное увеличение мишеней на эту же величину не влекут за собой изменения времени, затрачиваемого на движение.

Дальнейшие работы, проведенные Р.М. Фиттсом и Р. Прейсгрейфом, Р.М. Фиттсом и Ротфордом, позволили внести ряд уточнений в эту аналитическую зависимость.

Исследования Ц.В. Бейли и Р. Прейсгрейфа привели их к мысли о разделении всех движений по степени сложности на три класса. На основании сравнения полученных результатов с данными Р.М. Фиттса они предложили ввести понятия «величины информации» для движений, выполняемых с разной амплитудой. В результате было выявлено, что между временем движения и «величиной информации» наблюдается линейная связь.

«Информация движения» описывается следующим уравнением:

$$ID = \log_2 (2A/W),$$

где: ID — «информация движения».

Скорость передачи информации была определена Р.М. Фиттсом как:

$$C = ID/T,$$

где C — скорость передачи информации;

ID — «информация движения»;

T — длительность движения.

Следует отметить, что также имеются данные, свидетельствующие об отклонении от линейности полученной ранее зависимости.

А.Г. Велфордом были приведены модификации «индекса трудности», которые выражались уравнением:

$$IT = \log_2 (A + 1/W) : W,$$

где IT — «индекс трудности»;

A — амплитуда;

W — размер мишени.

При изучении вращательных движений было показано, что точность движений руки находится в линейной зависимости от величины поворота.

Изучение зависимостей времени и точности выполнения двигательных действий нашло широкий отклик в работах большой группы специалистов инженерной психологии.

И в результате была предложена математическая модель, описывающая точность движения руки в заданиях разной сложности, которая может быть представлена уравнением:

$$\delta^2 = \delta_0^2 + K^2 D^2 \delta_0^2 \cdot t^{2,8} \cdot T^{-2,8}$$

где δ — дисперсия ошибки;

K — тремор-компонент;

D — дистанция движения;

δ_0 — стандартное отклонение от угла ошибки руки;

t — коррекция на время реакции;

T — время движения.

Достаточно широко изучалась зависимость времени выполнения простых движений от требований к точности их исполнения. Данные исследований позволяют разделить эти движения на три класса: в одном классе обнаружена достоверная зависимость, в другом — зависимости нет, в третьем — они не обнаружены.

Все попытки выявления общих черт в организации различных движений привели к констатации только частных закономерностей их выполнения.

Очевидно, что неправомерно использовать закономерности, полученные на простых движениях, для трактовки организации более сложных движений и необходимо проведение специальных экспериментов на движениях соответствующего характера.

Поэтому нами с позиций изучения взаимосвязи точности и времени выполнения движений рассматривались четыре варианта движений:

- элементарные одиночные движения;
- серийные движения с разным темпом, выбираемым в большом диапазоне самими испытуемыми;
- сложнокоординированные движения с различным темпом, задаваемым условиями испытания;
- сложнокоординированные движения, время исполнения которых испытуемые выбирали, как им было удобно.

3. 1. 1. Взаимосвязь времени и точности выполнения элементарных движений

Проведение предшествующих исследований зависимости «время (скорость) движения - точность» предполагало двойную аппроксимацию результатов. Во-первых, это происходило, потому что усреднялись данные нескольких испытуемых, во-вторых, исследователи, предполагая получение зависимости в строгой математической форме, проводили аппроксимацию при статистической обработке.

С нашей точки зрения, истинный характер зависимости мог проявиться при достаточно большом количестве наблюдений у одного испытуемого. Сравнение результатов разных испытуемых целесообразно проводить только для оценки воспроизводимости данных. С этих позиций и осуществлялись сбор и обработка материала экспериментов.

3. 1. 1. 1. Одиночные движения

В первой серии экспериментов испытуемые выполняли одиночные движения рукой, перенося указку со стартовой позиции к мишене. Рассчитывался процент попаданий указкой в мишень для движений, приходящихся на интервалы времени в пределах 20 мс (рис. 9).

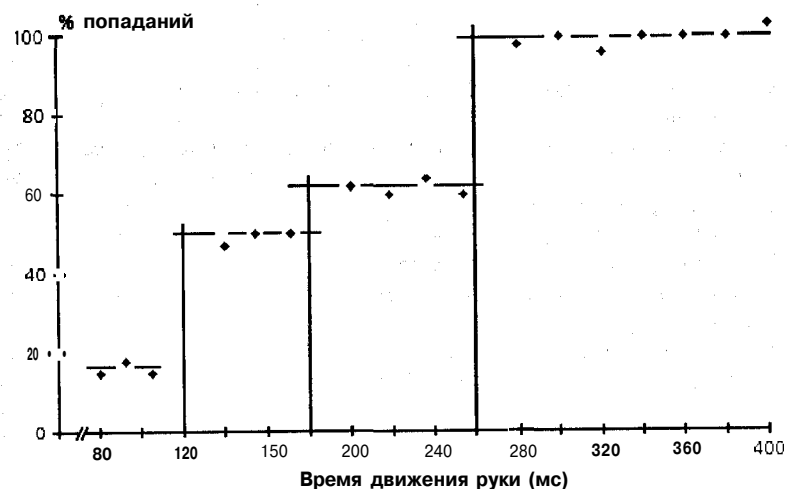


Рис. 9. Точность попадания указкой в мишень диаметром 10 мм при разной длительности выполнения одиночных движений рукой с амплитудой 100 мм (процент попаданий для движений, выполненных в интервалах времени 20 мс, по данным испытуемого, выполнившего 300 попыток)

была получена зависимость «время движения — точность (P)» с четко выраженным ступенчатым характером. На определенных интервалах времени показатели проявления точности переходят на новый уровень и довольно в больших интервалах времени представляют плато. Ступенчатость изменения точности, время перехода ее на новый уровень и протяженность плато хорошо воспроизводились у разных испытуемых ($n = 10$).

Первому уровню точности соответствует длительность движения в пределах от 80 мс (минимально возможное время выполнения движения) до 120 мс, второму — соответственно 120-180 мс, третьему — 180-260 мс, четвертому — 260 мс и более, когда испытуемые достигали своих максимальных показателей точности.

Переход на новый уровень проявления точности наблюдался в определенных интервалах времени, следующих с четко выраженной временной закономерностью. Ступенчатое изменение точности и стабильность в определенных интервалах времени перехода на новый уровень точности, а также стабильность интервалов времени сохранения определенного уровня точности заслуживают исключительного внимания.

3. 1. 1. 2. Серийные движения

Проверка фактов ступенчатого изменения точности составила задачу второй серии экспериментов, которые проводились на серийных движениях аналогично испытаниям Р.М. Фиттса, но с некоторым изменением условий эксперимента.

Испытуемому предлагалось выполнить серию движений с заданной амплитудой с задачей попадать указкой в мишень в точку пересечения двух линий. Испытуемыми в каждой серии из 30 попыток переноса руки выбирался произвольный темп движения. Каждый из них выполнял до 40 серий с разным темпом одной из трех амплитуд. Рассчитывалось среднее отклонение точек попаданий указкой от центра пересечения (рис. 10).

На корреляционных полях времени и точности движений хорошо просматривается множество точек, отражающих ступенчатый характер зависимости «точность — время», с хорошей воспроизводимостью у испытуемых как по характеру ступенчатости, так и по временным интервалам перехода на новый уровень точности, которые в пересчете на среднее время одного движения (переноса руки из одного положения в другое) составили: 80 мс - минимально короткое время движения, далее 160, 240, 320 и 400 мс.

Обращает на себя внимание стабильность интервалов времени сохранения уровня точности и перехода ее на новую ступень. В данном случае это время составило 80 мс. Возможно, что 20 мс разницы, которая наблюдалась в первой и второй сериях экспериментов, связано с

3.1.2.1. Одиночные движения

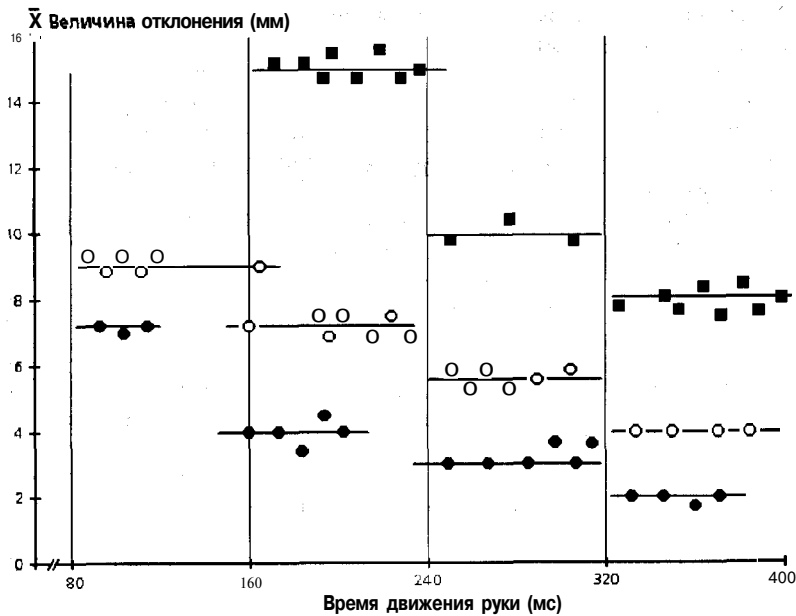


Рис. 10. Точность возвратно-поступательных движений рукой, выполняемых с амплитудой 100 мм в разном темпе в расчете на время одного переноса руки (индивидуальные данные трех испытуемых)

тем, что необходимо некоторое время для «переключения» с остановки предыдущего движения к началу последующего.

Причины ступенчатого перехода точности при изменении длительности выполнения движения требуют тщательной проверки в самостоятельных исследованиях, скорее всего, с привлечением нейрофизиологических методик.

В то же время интересен тот факт, что интервалы времени в 60-80 мс характерны для Н-рефлексов, а 110-130 мс, 160-180 мс и 240-260 мс — для разных видов двигательных реакций в ответ на раздражения различных кинестетических систем. Возможно, длительность 140 мс объясняется тем, что производится коррекция движений по кинестетическому контуру обратной связи. Необходимо 260-320 мс для ответов, полученных в ходе движения на зрительные сигналы, 120 мс — на остановку неожиданно освобожденной падающей руки, на начало и остановку - 140 мс (120+20 мс).

Это можно рассматривать как основание, что полученные данные могут служить экспериментальным подтверждением гипотезы об уровне организации управления движениями человека.

Полученные зависимости для точностных движений свидетельствуют о том, что для проявления точности предпочтительно длительное (в известных пределах) исполнение движений. Мы встретились с тем, что жизненные условия предъявляют различные требования к скорости выполнения точностных движений и не наблюдалось нарочито медленных действий при выполнении подобных движений.

Требования ко времени, следовательно к скорости перемещения, могут существенно отличаться.

В одних случаях движения предпочтительнее выполнять с максимальной быстротой, в других — время движения определяется достиганием строго необходимой конечной скорости, в третьих, — время движения выбирается произвольно, но при условии достижения необходимого уровня скорости.

Четвертый случай имеет место, когда человек может выбирать любую тактику поведения: длительно выполнять движение или быстро достигнуть его в произвольном выборе.

Именно такой диапазон двигательных действий был выбран для исследования зависимости «время движения — точность». Во всех случаях преобладало время движения руки.

Результаты исследований обращают внимание на два существенных факта.

Несмотря на то что движения различались по характеру, они выполнялись с одинаковым временем (120-160 мс). Здесь наблюдалась минимальная для достижения точности длительность движений, уменьшение и даже увеличение которой приводит к снижению точности (рис. 11, 12, 13).

Оптимальное для достижения точности время выполнения движений во всех видах заданий составляло 140-160 мс, что соответствует времени перехода на новый контур обратной связи, в течение которого возможно внесение коррективов по контуру кинестетической обратной связи.

Таким образом, имея возможность выбора тактики поведения при выполнении одиночных двигательных действий, человек стремится достигнуть строго определенной длительности движений, которая, возможно, является оптимальной для проявления быстроты и точности в сочетании.

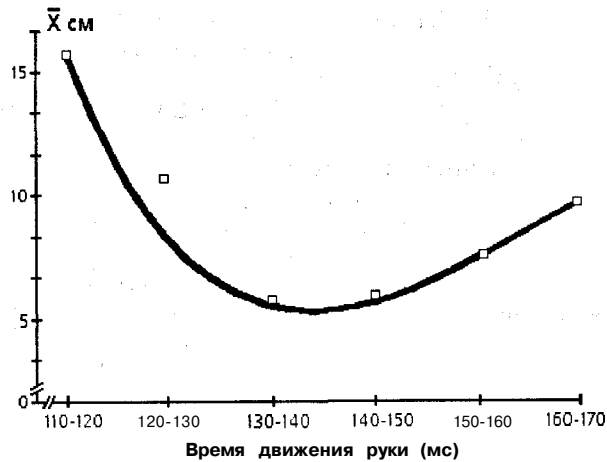


Рис. 11. Отклонение от центра мишени (по модулю) при разном времени разгибания руки в локтевом суставе при фехтовальном уколе «шаг-выпад» (испытуемый - олимпийский чемпион, выполнивший 86 попыток, зарегистрированных при помощи стереофотограмметрической стробоскопической фотосъемки)



Рис. 12. Успешность отражения движущихся объектов при разном времени движения руки (по показателям акселерометрии от начала движения руки до ее останова; 36 испытуемых; 3600 попыток на времени прослеживания 200 мс)

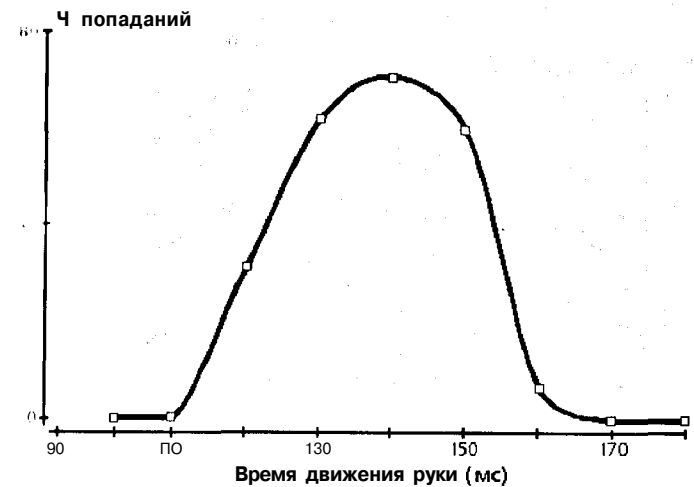


Рис. 13. Точность попаданий при выполнении броской мяча в баскетбольную корзину при разном времени движений в локтевом суставе (18 испытуемых; 16 попыток на каждую точку, зарегистрированных при помощи гониометрии от начала движения до попадания мяча)

3. 1. 2. Серийные движения

Проследим зависимость точности от темпа выполнения серии движений на примере игры в теннис и настольный теннис. В данном случае анализ времени будет рассматриваться не для одного отдельного движения, а для целостного движения. Вероятность попадания в мишень в зависимости от темпа посылаемых мячей носит не линейный характер, а имеет четковыраженный экстремум, положение которого индивидуальны для каждого испытуемого (рис. 14). Наблюдения показали, что положение экстремума наивысшей точности соответствует «излюбленному», наиболее часто тренируемому темпу движения. Более подробный анализ данного явления приведен в разделах, посвященных организации движений и переносу тренированности. Влияние такого фактора, как темп, неодинаково для различных характеристик, отражающих точность (рис. 15). Оценка влияния темпа движения на точность по показателям случайных и систематических ошибок показала, что экстремум точности наблюдается только для показателей систематической ошибки, причем только при высоких значениях темпа (рис. 16). Показатели случайной ошибки имели постоянную тенденцию кресту по мере увеличения темпа.

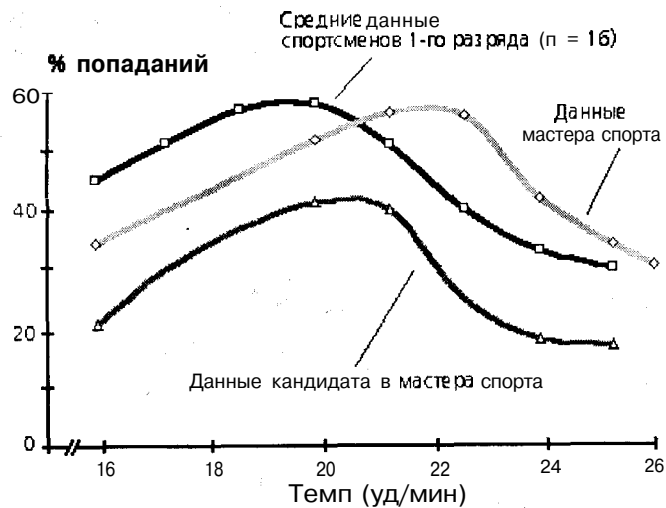
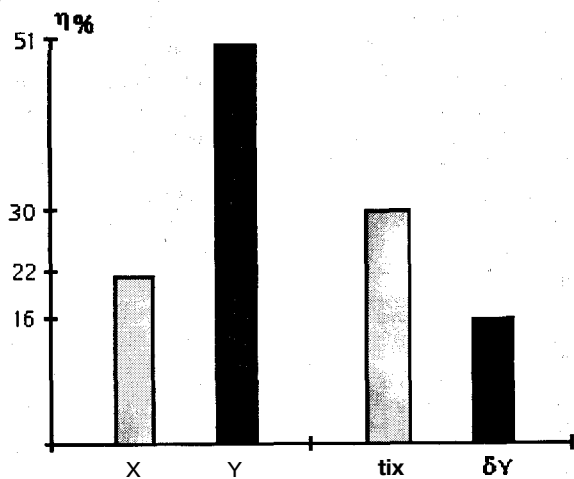


Рис. 14. Влияние темпа удара теннисистов на точность попаданий в цель в игре в теннис



Примечание. Влияние статистически существенно при $p = 0,1$; $F > 2,0$.

Рис. 15. Влияние темпа ударов теннисистов на различные показатели точности в игре в настольный теннис (в % по дисперсионному анализу)

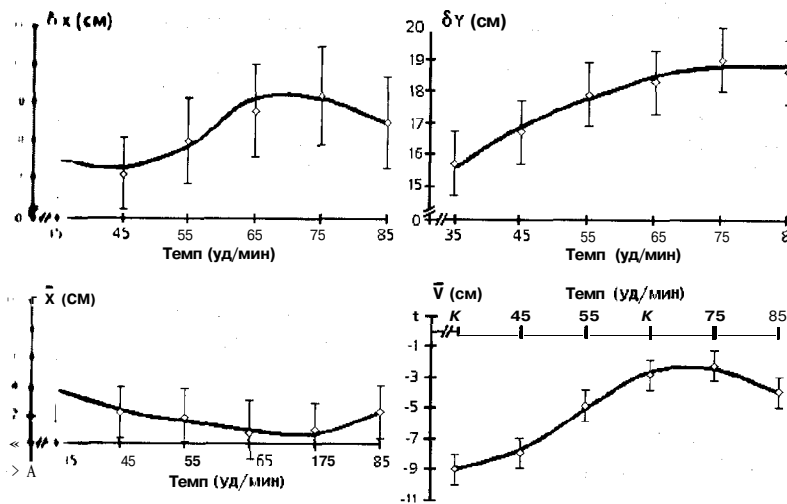


Рис. 16. Зависимость различных показателей точности от темпа ударов в настольном теннисе

По-видимому, в целом как бы происходит дифференцированное решение задач. Удобный темп позволяет выполнять движения при этом, что связано с правильностью выбора направления движения. Увеличение темпа затрудняет проявление тонких флюктуации в движениях, вследствие чего и увеличивается случайная ошибка.

3. 2. Время прослеживания движущихся объектов и их ловля и отражение

Отражение и ловля движущихся объектов весьма распространенные класс двигательных задач, успешность решения которых определяется двумя положениями: предугадыванием и реакциями на зрительное восприятие.

Наша эксперименты были построены так, что испытуемый получал информацию звуковым сигналом о появляющемся в поле зрения движущемся объекте за 300 мс. В первом эксперименте рассматривалась успешность отражения, во втором — его точность.

Успешность отражения оценивалась по вероятности касания движущегося объекта кистями рук, а точность отражения — по попаданию движущегося объекта в цель после касания его руками.

3. 2. 1. Успешность отражения движущихся объектов

В исследованиях, проведенных ранее Н.Т. Вайтинг, М. Риденауэр, зависимость «время прослеживания движущихся объектов - успешность отражения» рассматривалась, как близкая к линейной вследствие аппроксимации данных многих испытуемых и выбора формы уравнения регрессии (рис. 17).

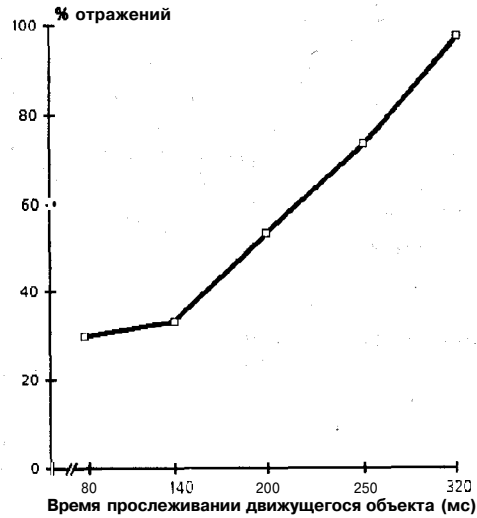


Рис. 17. Успешность отражения движущихся объектов (отбивания ладонью теннисных мячей) к зависимости от времени прослеживания их движения по усредненным данным

В свете новых представлений были рассмотрены индивидуальные графики этой зависимости, построенные по данным индивидуальных показателей испытуемых. На этих графиках были замечены по крайней мере два линейных участка (рис. 18).

Более точная аппроксимация суммарных данных также выявила два линейных участка зависимости, причем перелом линии регрессии приходится на время прослеживания 160 мс.

Анализ результатов Н.Т. Вайтинг тоже показал, что имеет место перелом кривой, соответствующий времени прослеживания 160 мс. Это позволяет предположить, что прослеживание движущегося объекта более 160 мс дает возможность качественно по-новому организовать движение.

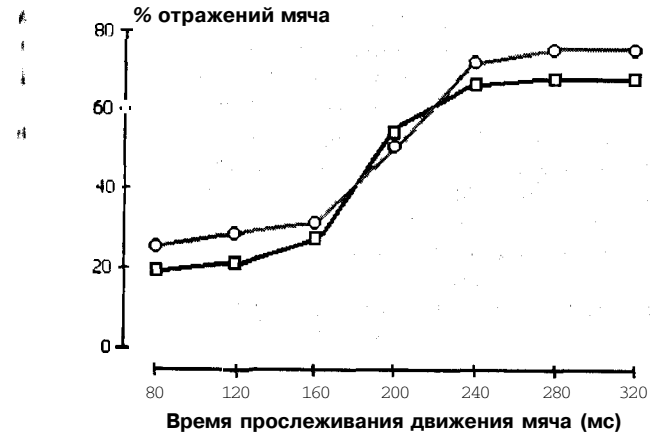


Рис. 18. Успешность отбивания двумя руками снизу волейбольных мячей в зависимости от времени прослеживания их движения (паттерны двух испытуемых)

Следует также выделить два других интервала времени прослежи-

вания: 80 мс, когда испытуемые в принципе могли произвести отражение, но в меньшем времени отразить движущийся объект было практически невозможно);

и 160-200 мс, когда испытуемые уже достигали максимума индивидуальных показателей успешности отражения.

В этих интервалах времени достаточно хорошо воспроизводятся показатели, не зависели от квалификации, специализации и возраста испытуемых.

Успешность отражения при времени прослеживания 80 мс носит относительно вероятностный характер, определяемый отношением площади ладони к площади рассеивания траектории полета движущегося объекта.

Критические точки интервалов времени прослеживания движущегося объекта совпадают с теми, что были обнаружены в эксперименте в зависимости «точность — время» для элементарных движений.

Если рассматривать это с позиции возможности использования индивидуальных контуров обратной связи, можно предположить, что время 160 мс позволяет выполнять простое целенаправленное движение баллистического характера.

При длительности свыше 150-160 мс движение может предполагать корригирование за счет кинестетической обратной связи. Время 240-280 мс и более позволяет использовать полный контроль движения, включая зрительную обратную связь.

Организация вышеописанных экспериментов предполагала наличие времени не только на зрительную обратную связь, но и на предварительную зрительную преднастройку (окклюзию) и моторную компоненту.

Чтобы исключить влияние длительной окклюзии на успешность отражения, условия дальнейших экспериментов предполагали оценку испытуемыми движения объекта путем прослеживания тангенсального характера при некотором увеличении времени прослеживания и с переключением на прослеживание конвергентного характера в связи с резким изменением траектории полета движущегося объекта.

В этих случаях эффективность отражения была значительно выше. Максимумы индивидуальных значений успешности отражения достигались при времени прослеживания значительной части траектории полета движущегося объекта после резкого изменения направления его движения (после отскока) порядка 220-240 мс (примерное время обратной зрительной связи).

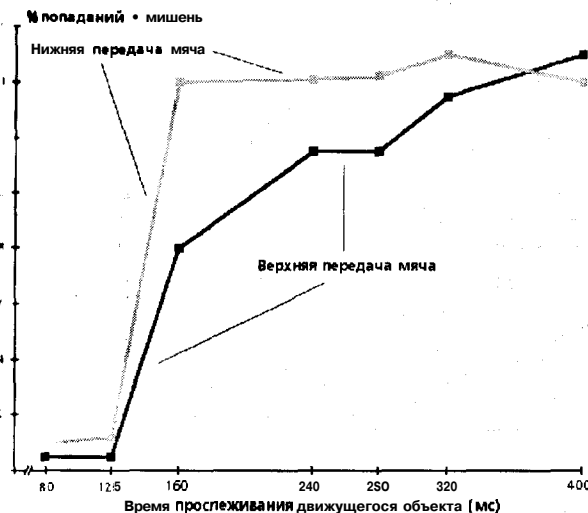
3. 2. 2. Точность отражения движущихся объектов

Если в предыдущих экспериментах основная нагрузка падала на зрительную оценку движущегося объекта, то при установках направить движущийся объект в цель при его отражении в значительной мере повышались требования к моторной компоненте.

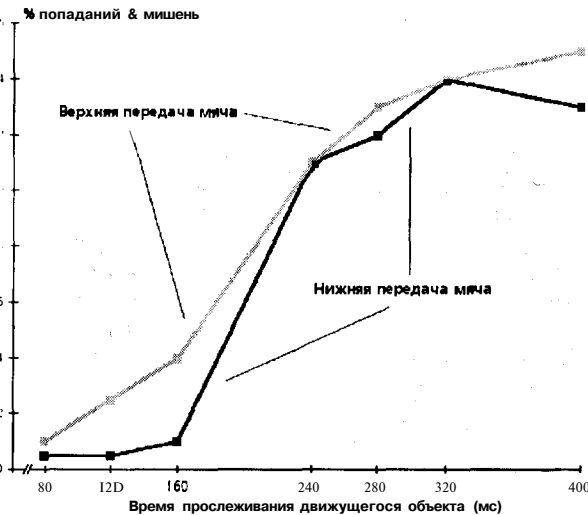
На зависимости «время прослеживания - точность отражения движущихся объектов» также прослеживаются критические точки, соответствующие ранее определенным интервалам времени 80-120, 120-160, 160-240 и 240-320 мс, когда имел место тактильный контроль двигательного объекта (рис 19, 20).

Когда тактильный контроль отсутствует (например, при ударах в настольном теннисе), наблюдается закономерный рост рассеивания точек попадания, причем в большей мере связанный со скоростью вылета движущегося объекта после отражения (сагиттальное направление). При этом систематическая ошибка в сагиттальном направлении не изменяется.

Изменение систематической ошибки в латеральном направлении связано исключительно с положением ракетки относительно мяча в момент удара и говорит о все большем запаздывании нанесения удара при уменьшении длительности видения мяча (рис. 21).



Точность отражения (в %) волейбольных мячей в вертикально расположенной мишень по прямолинейной траектории после прослеживания их движения в течение различного времени (при выполнении разных по структуре движений — верхней и нижней передач мяча по терминологии волейбола)



Точность отражения (в %) волейбольных мячей в горизонтально расположенной мишень по навесной траектории после прослеживания их движения в течение различного времени (при выполнении разных по структуре движений — верхней и нижней передач мяча по терминологии волейбола)

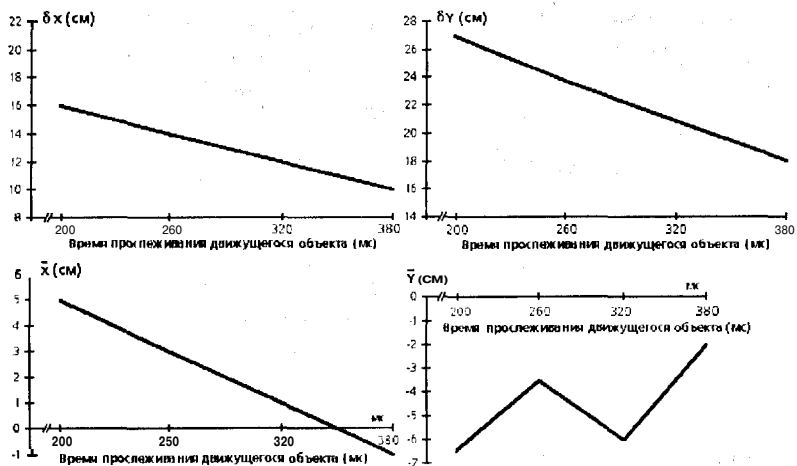


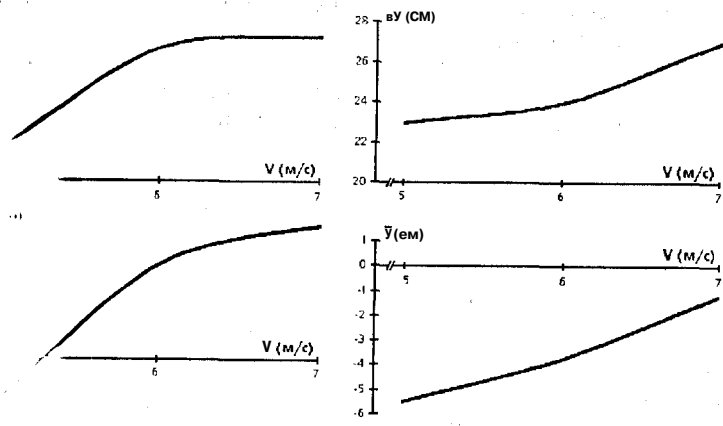
Рис. 21. Динамика изменения показателей точности ударов в настольном теннисе в зависимости от времени прослеживания траектории полета мяча

Таким образом, влияние времени прослеживания движущегося объекта имеет разную степень значимости для различных характеристик точности отражения.

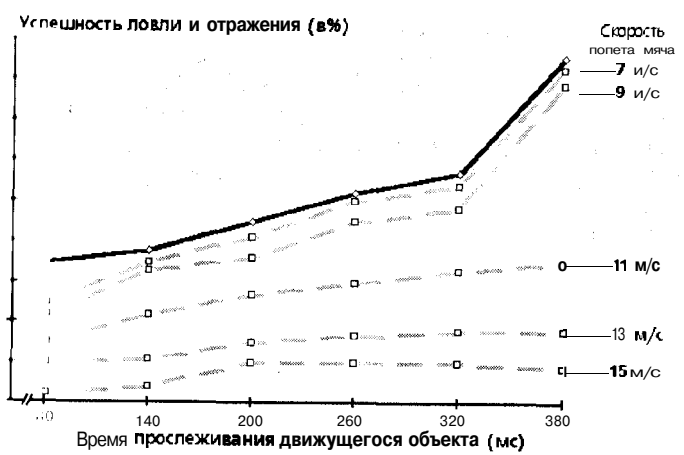
3. 2. 3. Точность отражения и успешность ловли движущихся объектов при разной скорости их полета

Эксперименты, в которых изучалось влияние скорости полета движущегося объекта на успешность его ловли или отражения, показали следующее. При отсутствии тактильного контроля (при попытках отражения мяча в настольном теннисе) и при возможности тактильного контроля (при попытках ловли движущегося объекта рукой) имеют место разные закономерности успешности ловли и отражения движущихся с разной скоростью объектов в зависимости от времени прослеживания их полета (рис. 22, 23).

При малых скоростях полета движущихся объектов динамика их ловли и отражения совпадает по характеру, а при высоких - отличается. Это говорит о том, что определяющим фактором успешности ловли движущихся объектов при малых скоростях полета движущегося объекта является время прослеживания его полета, а при высоких скоростях — механическое взаимодействие движущегося объекта и звена, осуществляющего ловлю.



Динамика изменения показателей точности ударов в настольном теннисе в зависимости от скорости полета мяча



Сплошная линия - отражение мяча. Пунктирная линия - ловля мяча.

Успешность ЛОВЛИ и отражения теннисных мячей при разном времени прослеживания и скоростях их полета (средние данные выполнения одним испытуемым 50 попыток ловли мяча в каждом из вариантов времени прослеживания и скорости полета мяча)

Эти закономерности хорошо воспроизводятся у разных испытуемых с некоторыми индивидуальными отличиями количественного характера.

Следует также обратить внимание, что наблюдается резкое изменение успешности выполнения двигательных действий при определенном времени (320 мс) прослеживания полета движущихся объектов.

3.3. Точность воспроизведения двигательных действий

3.3.1. Двигательная память

Точность воспроизведения двигательных действий в значительной мере может определяться двигательной памятью - тем, насколько она устойчива.

В связи с этим при попытках построения аналитических зависимостей «точность - время» необходимо определить, следует ли или минимизировать влияние двигательной памяти, учитывая, что взаимосвязь «точность - двигательная память» сама по себе представляет интерес.

Эксперименты, в которых испытуемые разной квалификации выполняли броски мяча в баскетбольную корзину в стандартных усло-

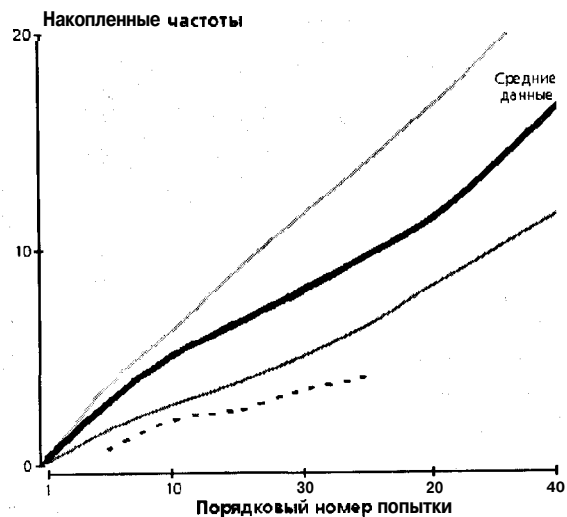


Рис. 24. Кумулята попаданий при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину в стандартных условиях без зрительного контроля от первой до последней попытки (индивидуальные показатели трех испытуемых и средние данные показателей 15 испытуемых)

виях без зрительного контроля от первой до последней попытки, показали, что наблюдается линейный характер кумуляты попаданий вне зависимости от квалификации испытуемых, что говорит о сохранении двигательной памяти (рис. 24).

Таким образом, можно говорить о том, что в пределах условий проведения настоящих исследований двигательная память вполне устойчива и поэтому нет необходимости вводить соответствующие коррективы в результаты.

3.3.2. Воспроизведение кинематических и динамических характеристик движений

Изучение точности воспроизведения амплитуды и скорости движений показало, что в обоих случаях имеет место линейная зависимость между величиной стимула и стандартным отклонением, описываемая простым линейным уравнением:

$$s = a + bx,$$

где s — стандартное отклонение;

x — величина стимула;

a, b — индивидуальные константы.

Величина стандартной ошибки при воспроизведении стимула изменяется по мере увеличения его в соответствии с известным психофизическим законом Вебера-Фехнера (рис. 25, 26). Ошибки систематического характера, будучи строго индивидуальными для испытуемых, не связаны с изменением величины стимула и сохраняются для различных значений условий.

Это свидетельствует о том, что появление случайных и систематических ошибок в воспроизведении определенных характеристик движений связано с разными механизмами управления движениями и степенью функционирования различных систем, обеспечивающих контроль движения.

Можно предполагать, что появление ошибок случайного характера определяется уровнем и состоянием кинестезии, в то время как систематические ошибки связаны с программированием движения.

Движение при воспроизведении строится следующим образом: задается некоторая программа будущего двигательного акта, которая может быть запомнена с некоторой ошибкой по отношению к предъявляемому стимулу, причем эта ошибка не зависит от величины стимула.

Случайная ошибка возникает, возможно, в значительной мере по ряду внешних причин, но главным образом из-за разрешающей спо-

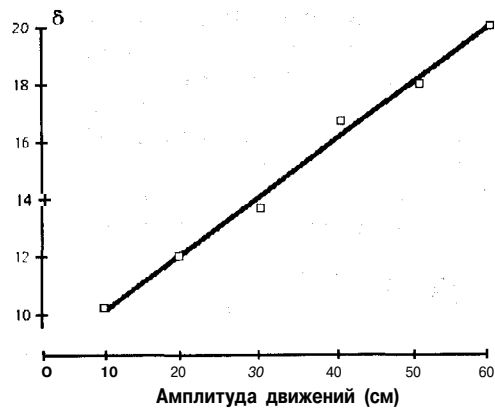


Рис. 25. Зависимость стандартного отклонения воспроизведения амплитуды мануальных движений от величины амплитуды мануальных движений



Рис. 26. Зависимость стандартного отклонения воспроизведения угловой скорости движений в суставах от величины скорости движений в суставах

способности сенсорных систем, которые, в свою очередь, связаны с величиной стимула.

Что касается точности воспроизведения усилий, то в этих случаях наблюдается другая картина. Точность воспроизведения усилий имеет наивысшее значение при экстремальных величинах стимула: либо когда стимул минимален по величине, либо когда его величина близка к максимуму (рис. 27).

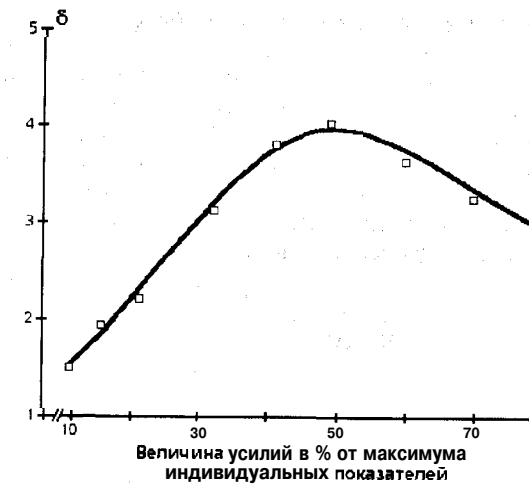


Рис. 27. Зависимость стандартного отклонения воспроизведения усилий при сгибании руки в локтевом суставе от величины усилий при сгибании руки в локтевом суставе

3. 4. Точность - внешнее сопротивление

Точность воспроизведения усилий имеет довольно сложный характер зависимости от величины внешнего сопротивления. В сложнокоординированных движениях, например при метаниях с разной внешней нагрузкой, наблюдалась зависимость, существенно отличающаяся по своему характеру от той, что имела место при воспроизведении усилий.

Анализ влияния внешней нагрузки на точность осуществлялся на основе данных экспериментов, в которых испытуемые выполняли метания предметов разного веса по навесной траектории (рис. 28). В результате была получена зависимость вероятности попаданий в цель от веса снаряда, которая принципиально отличается от той, что имела место при воспроизведении усилий:

$$P = a + b \lg F,$$

где P - вероятность попадания в процентах;

a - индивидуальная константа, характеризующая уровень меткости;

b - индивидуальная константа, характеризующая силовую подготовленность;

F - вес снаряда.

При изменении начальной скорости выброса снаряда вариативность скорости была тем меньше, чем больше был вес снаряда. Наблюдается линейная зависимость между стандартным отклонением и скоростью выброса снарядов и средней величиной скорости.

Если учитывать, что рецептура, осуществляющая контроль движения при выполнении метаний, в принципе та же, что и при воспроизведении скорости и усилий, то, по-видимому, организация движений при воспроизведении скорости и усилий и при выполнении метаний предметов разного веса с разной скоростью принципиально отличается.

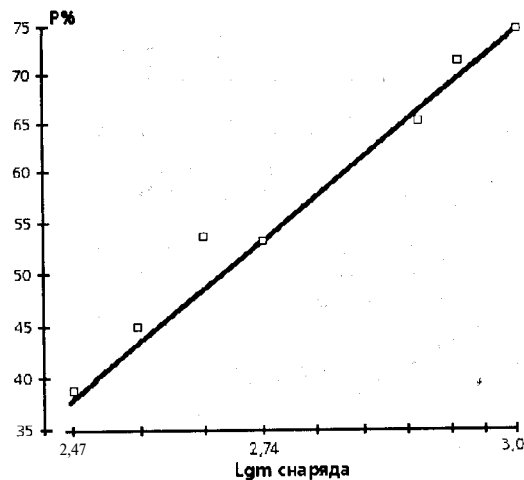


Рис. 28. Зависимость точности метаний (вероятности попаданий) от веса снаряда (логарифма массы, кг)

Заметим, что точность метаний предметов по навесной траектории зависит не только от соблюдения необходимых скорости и направления выброса снаряда, но и в значительной мере от правильного выбора сочетания этих параметров. Вариативность угла и скорости выброса предмета в удачных (точных) и неудачных (неточных) попытках у квалифицированных спортсменов не отличается. Примером могут быть результаты выполнения баскетбольных бросков спортсменом высокой квалификации (табл. 4).

Точное попадание при выполнении метаний предметов по навесной траектории в таком случае можно рассматривать как результат правильного соблюдения сочетания направления и скорости выброса предмета, которое различно при выполнении метаний на разные расстояния.

Таблица 4. Начальные значения угла и скорости вылета мяча при выполнении бросков в баскетбольную корзину по результатам импульсной стробоскопической фотосъемки (показатели испытуемого - чемпиона мира, выполнившего 200 бросков)

Показатели		Попадания (n = 148)	Промахи (n = 52)
Скорость вылета мяча (м/с)	X	7,20	7,16
	σ	0,24	0,24
Угол вылета мяча (градус)	X	52,9	52,4
	σ	2,4	2,4

Примечание. Различия для средних значений угла и скорости выброса статистически незначительны.

Анализ результатов экспериментов, в которых выполнялись метания предметов разного веса на разное расстояние, показали, что точность попадания в цель в этих случаях зависит как минимум от веса снаряда, начальной скорости его выброса и индивидуальных силовых возможностей испытуемых.

Зависимость точности выброса снаряда от его веса и начальной скорости выброса описывается следующим уравнением:

$$b_x = (\lg F - \lg P) / V_0,$$

где b_x — точность выброса снаряда;

F — индивидуальные силовые возможности испытуемых;

P — вес снаряда;

V_0 — скорость вылета снаряда.

Таким образом, можно сделать заключение о том, что внешняя дополнительная нагрузка положительно влияет на точность выполнения метаний предметов.

Отметим, что роль такого внешнего сопротивления могут играть и внутренние причины, например активное включение в работу мышц-антагонистов. Это может быть одной из причин повышения активности мышц-антагонистов по мере увеличения требований к точности выполнения двигательных действий, а также появления такой активности мышц-антагонистов при выполнении «неумелых» (незнакомых) движений.

ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ДЕЙСТВИЙ

4.1. Миографическое исследование

Существуют мнения, что функциональная активность мышц при выполнении точностных движений определяется тремя положениями:

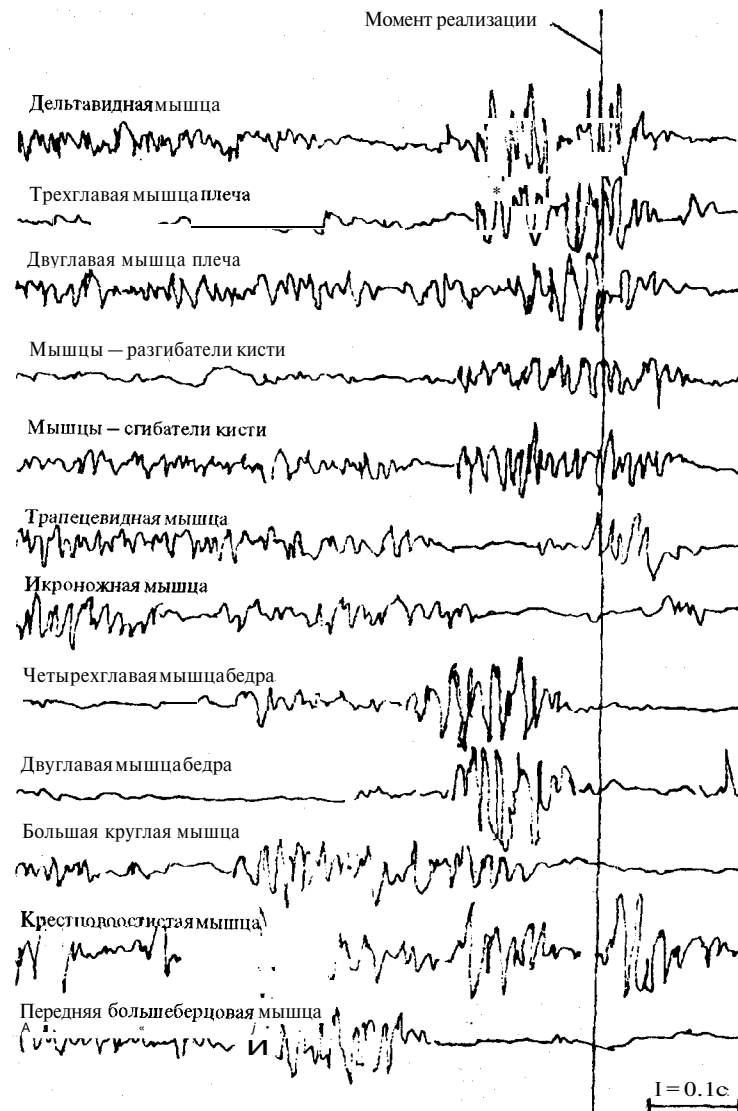
- необходимостью собственно перемещений;
- «неумелой» координацией движений;
- исключением «излишних» степеней свободы.

Однако, с одной стороны, при выполнении точностных движений при высоком уровне их освоенности наблюдается существенная активность мышц-антагонистов, с другой — такие движения предполагают выключение дополнительных степеней свободы, которые могут рассматриваться «лишними» только с механической точки зрения.

Сочетанную активность мышц-агонистов и антагонистов при выполнении коротких по длительности движений, когда невозможно внесение коррективов в ответ на раздражения, полученные по ходу движений, можно рассматривать как необходимое условие для корригирования данных движений, носящих препрограммированный характер (рис. 29, 30).

Доказательством того, что напряжение мышц-антагонистов в этих случаях выполняет активную управляющую функцию, служит следующий факт: при дополнительном воздействии на мышцы-антагонисты, например в виде предварительной физиологической нагрузки, наблюдается резкое изменение координации движений и происходит снижение точности.

Повышение активности мышц-антагонистов может быть фактором, способствующим проявлению точности и с еще одной стороны. Для мышц-агонистов такая активность мышц-антагонистов может играть ту же роль, что и повышение внешнего сопротивления (например, увеличение веса снаряда при метаниях), что должно приводить к улучшению точности (см. главу 3).



При выполнении броска мяча в баскетбольную корзину наблюдается типичная для организации точностных движений сочетанная активность мышц-агонистов и антагонистов даже в работе ног, чего не наблюдается при прыжках без выполнения броска мяча

Рис. 29. Паттерн ЭМГ при выполнении высококвалифицированным испытуемым броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке

Для определения, является ли причиной повышения активности мышц-антагонистов именно требование выполнять движение точно, а не какие-либо другие причины, в экспериментах регистрировалась ЭМГ при выполнении точностных движений (метания различных предметов в цель) и имитации данных движений с контролем кинематических характеристик.

Несмотря на то что по форме (по кинематическим характеристикам) выполняемые движения практически не отличались, в этих случаях наблюдалась четко выраженная разная активность мышц: при выполнении точностных движений всегда имела место сочетанная активность мышц-агонистов и антагонистов, а при имитациях этих движений мышцы-антагонисты активности не проявляли (рис. 31).

4. 1. 2. Активность мышц при разных требованиях к точности движений

При выполнении движений с разной степенью требований к их точности и неодинаковых по сложности (что также отличает движения с точки зрения требований к точности их исполнения) наблюдалось более активное участие в работе и мышц-антагонистов, и мышц-агонистов в тех случаях, когда требования к проявлению точности были больше (рис. 32).

Если при увеличении требований к проявлению точности наблюдается повышение мышечной активности, целесообразно рассмотреть это явление также и с другой стороны, а именно, в какой степени проявление электрической активности мышц связано с конечным результатом выполнения движения.

4. 1. 3. Активность мышц при выполнении одних и тех же движений с разным конечным результатом

Для анализа активности мышц при выполнении одних и тех же движений с разным конечным результатом сопоставлялись характеристики электрической активности мышц при метаниях различных предметов в случаях удачных (точных) и неудачных (неточных) попыток.

Были выявлены статистически существенные различия (не всегда воспроизводившиеся у разных испытуемых) в активности мышц при удачных и неудачных попытках выполнения различных метаний по показателям средней длительности и вариативности длительности активности мышц для отдельных попыток (табл. 5).

Момент реализации

Четырехглавая мышца бедра

наружная головка

внутренняя головка

Передняя большеберцовая мышца

Икроножная мышца

Камбаловидная мышца

Четырехглавая мышца бедра

прямая головка

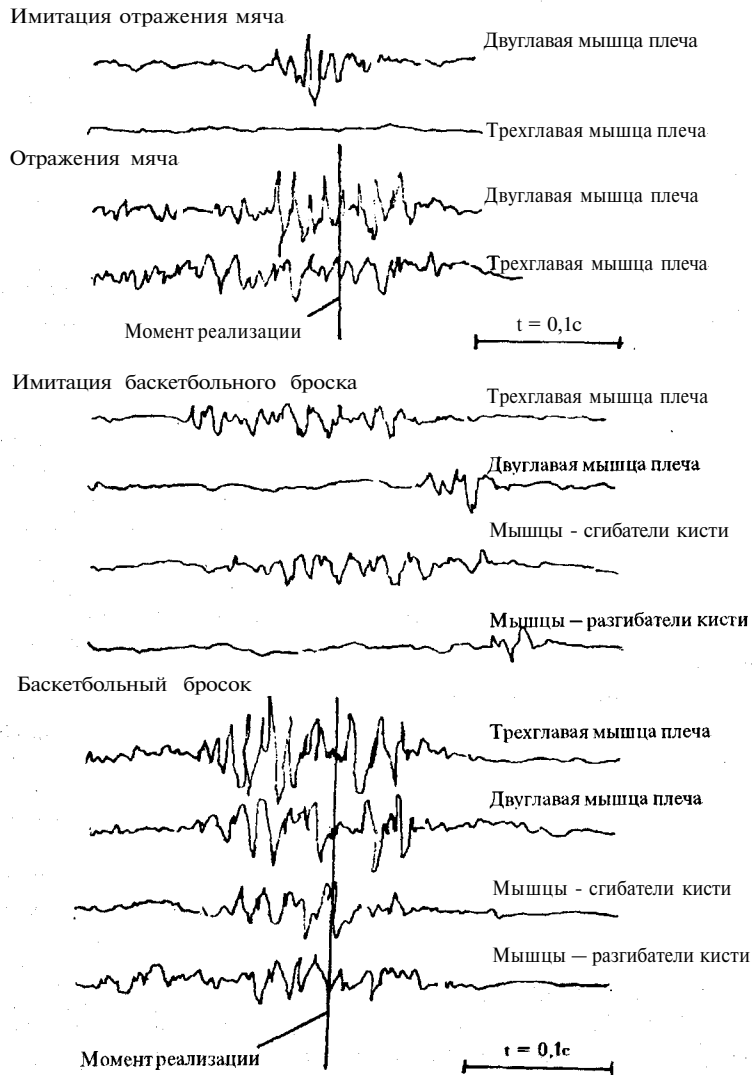
t = 0,2с

Футбольный удар в цель считался классическим примером движения баллистического характера. Реально при выполнении такого удара наблюдается типичная для организации точностных движений сочетанная активность мышц-агонистов и антагонистов

Рис. 30. Паттерн ЭМГ при выполнении высококвалифицированным испытуемым футбольного удара в цель

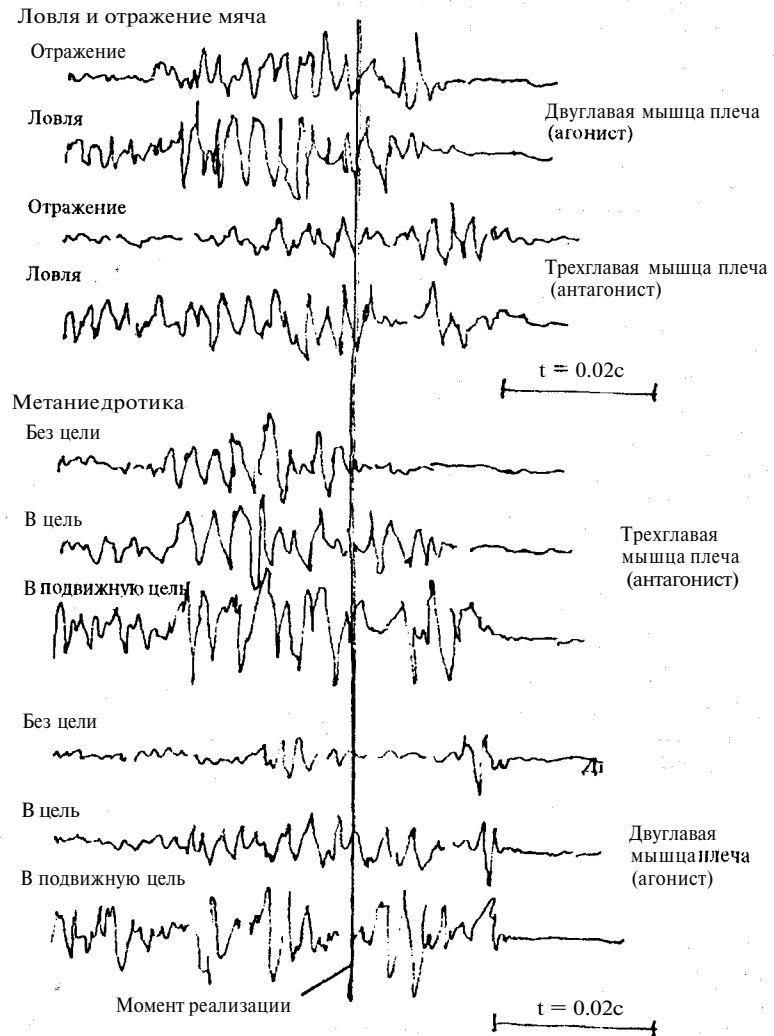
Рассмотрим несколько положений, касающихся координации активности мышц.

1. Отличия движений, при выполнении которых требуется и не требуется целевая точность.
2. Изменение активности мышц по мере изменения степени требований к точности.
3. Взаимосвязь мышечной активности с эффективностью движений.
4. Активность мышц при выполнении «умелых» и «неумелых» движений.



При выполнении точностных движений и их имитации наблюдается принципиально разная координация активности мышц-агонистов и антагонистов.

Рис. 31. ЭМГ при выполнении точностных движений и их имитации



Повышение требований к проявлению точности сопряжено с увеличением электрической активности мышц, участвующих в движении.

Рис. 32. ЭМГ мышц-агонистов и антагонистов при выполнении движений с разными требованиями к точности

Таблица 5. Различия в средней длительности и вариативности длительности электрической активности мышц при выполнении удачных (точных) и неудачных (неточных) попыток бросков обруча с последующей его ловлей в художественной гимнастике

Мышцы	Бросок толчком										Бросок махом											
	Испытуемые										Испытуемые											
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Двуглавая	X	6	X	8	X	S	X	8	X	8	X	8	X	8	X	8	X	6	X	6	X	6
Трехглавая	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	
Сгибатели кисти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Разгибатели кисти	-	+	-	-	0	0	+	+	-	-	-	+	-	+	0	+	-	-	+	+	+	
Дельтовидная (передний пучок)	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
Дельтовидная (задний пучок)	-	0	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Четырехглавая	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	
Икроножная	+	+	-	+	+	-	-	0	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	

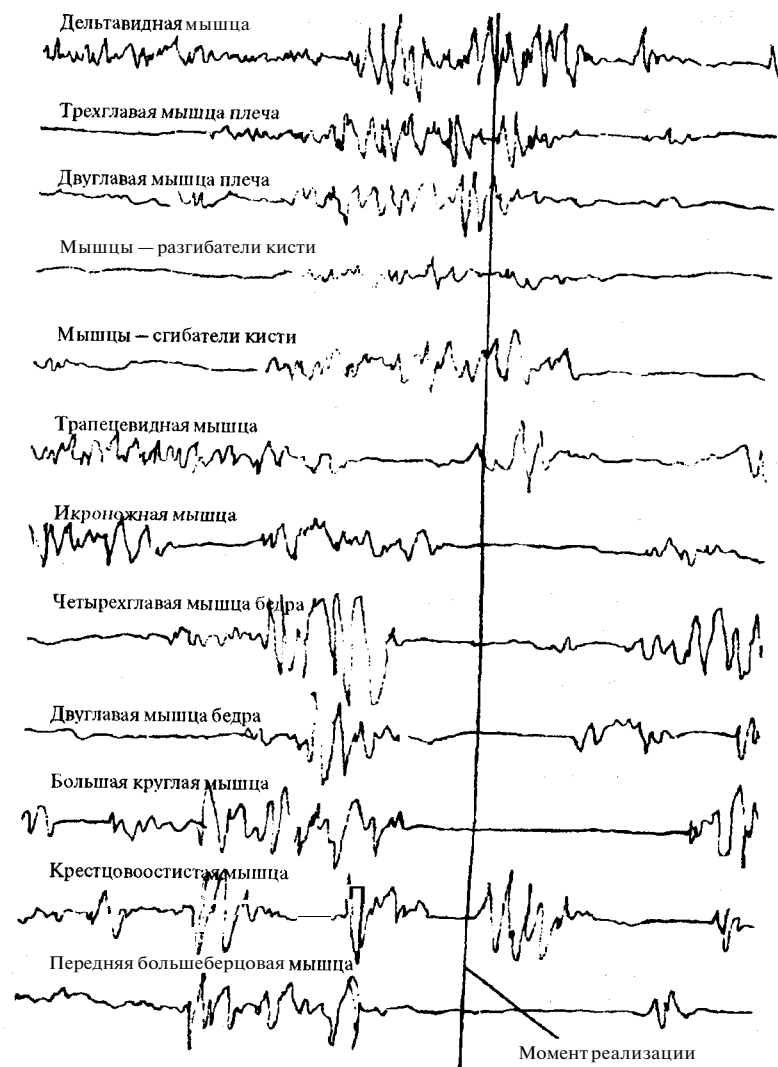
Примечание. X — средняя длительность электрической активности мышц
 S — вариативность длительности активности мышц в попытках
 0 — отсутствие статистических различий в длительности и активности
 (+) — статистически значимые повышенная длительность и вариативность длительности электрической активности при выполнении удачных попыток при $p = 0,5$
 (-) — статистически значимые пониженная длительность и вариативность длительности электрической активности при выполнении неудачных попыток при $p = 0,5$

Таким образом, при выполнении одних и тех же движений в одинаковых условиях, с одной стороны, происходит повышение активности мышц при увеличении требований к проявлению точности, с другой — наблюдается более короткая и упорядоченная активность мышц при выполнении удачных попыток в сравнении с неудачными.

В принципе проводить сравнительный анализ миограмм разных испытуемых некорректно, но визуальная экспертная оценка позволяет говорить о следующей заметной тенденции: у квалифицированных испытуемых, выполнивших «умелые» движения, наблюдается более упорядоченная активность мышц с выраженными пучками осцилляции, которые по длительности более короткие в сравнении с неквалифицированными испытуемыми (рис. 33, 34, 35).

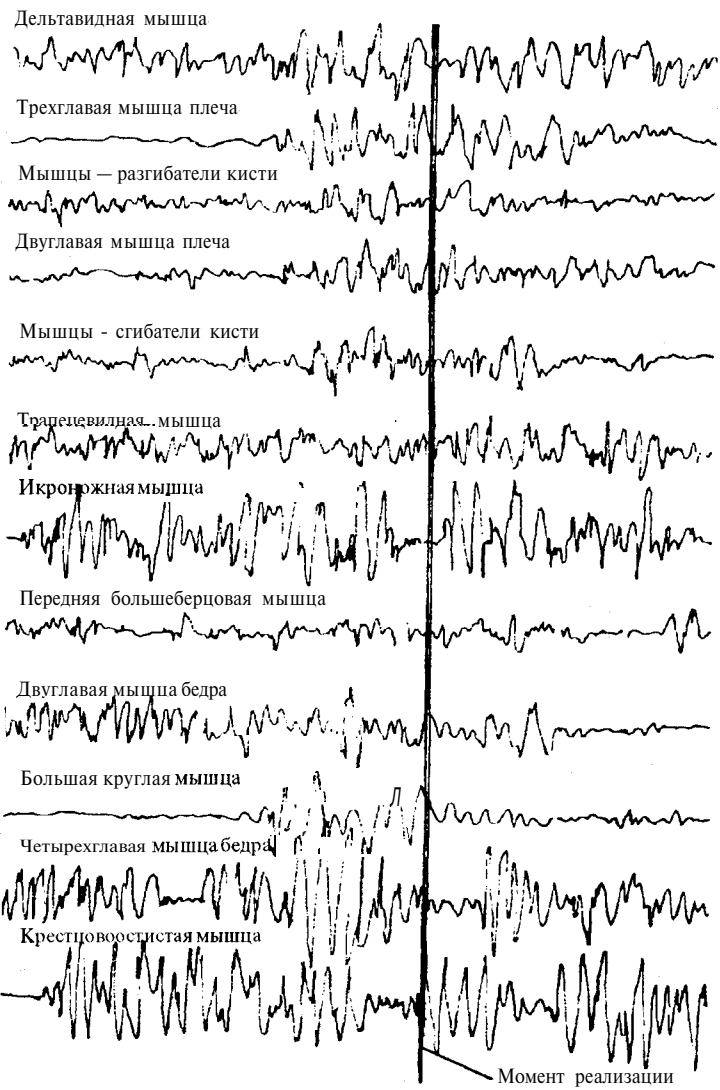
Резюмируя результаты миографического исследования, можно отметить, что точностные движения отличаются по следующим моментам:

1. Наличием активности мышц-антагонистов по ходу движения.
2. Повышением электрической мышечной активности при увеличении требований к точности движений.
3. Проявлением в мышечной активности четкой упорядоченности.
4. Существенным отличием координации работы мышц при выполнении удачных и неудачных попыток двигательных заданий.



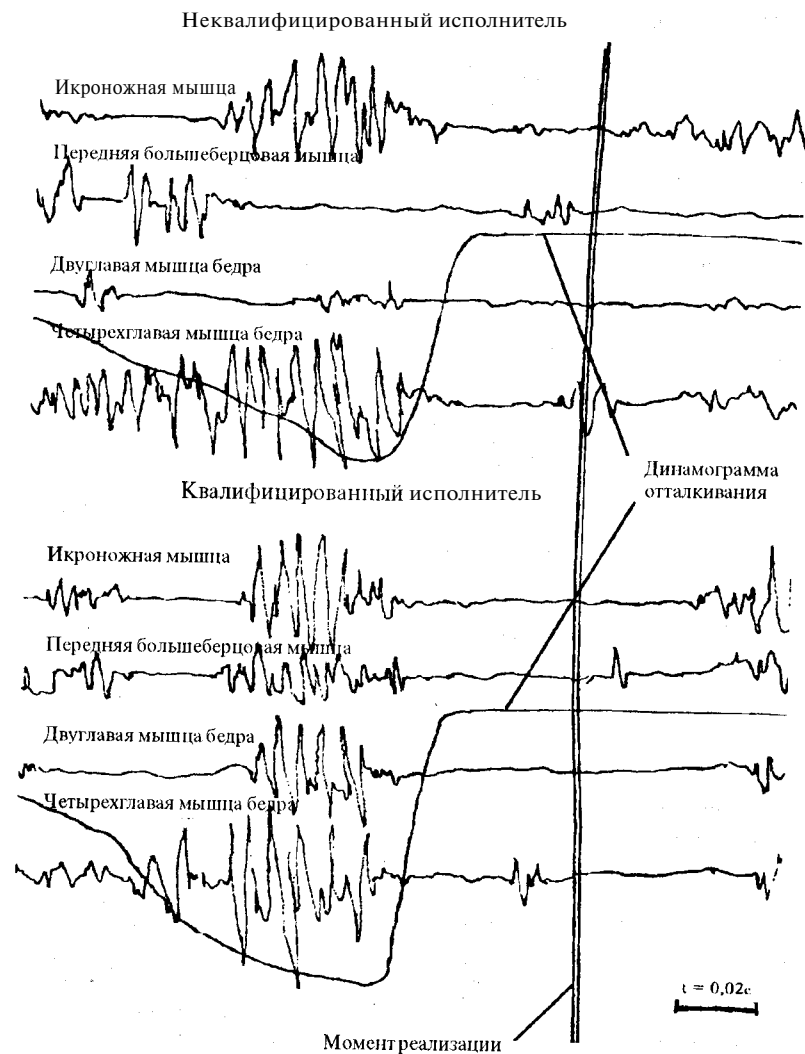
При выполнении квалифицированным испытуемым броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке электрическая активность мышц носит упорядоченный характер с выраженными пучками осцилляции ЭМГ

Рис. 33. Паттерн ЭМГ при выполнении квалифицированным испытуемым броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке



При выполнении неквалифицированным испытуемым броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке не наблюдается свойственной квалифицированным испытуемым упорядоченной электрической активности работы мышц.

Рис. 34. Паттерн ЭМГ при выполнении неквалифицированным испытуемым броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке



При выполнении броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке квалифицированным испытуемым электрическая активность мышц носит сочетанный (точностный) характер, а неквалифицированным испытуемым — электрическая активность мышц близка по форме к электрической активности мышц при выполнении движений баллистического характера

Рис. 35. Паттерн ЭМГ во время отталкивания при выполнении испытуемыми разной квалификации броска мяча в баскетбольную корзину в прыжке

4. 2. Анализ хроноструктуры точностных движений

Для проявления максимума индивидуальных показателей точности при выполнении сложнокоординированных движений необходим интервал времени около 400 мс. Поэтому все действия, происходящие до этого времени, можно рассматривать как предварительные, например как принятие исходного положения.

В интервале времени, в которое производится двигательный акт, в действиях звена кинематической цепи наблюдаются два различных последовательных временных участка. Они отличаются по характеру задач, которые в это время решаются, и прослеживаются на разных характеристиках динамики, кинематики, электрической активности мышц, где можно определить опорные точки фазового состава хроноструктуры.

Следует учитывать, что характерные изменения в кинематике движений можно рассматривать с точки зрения анализа пространственных перемещений относительно цели и суставных перемещений.

В зависимости от длительности движения между двумя опорными точками, где происходят изменения в кинематике движения, можно определить характер «программного обеспечения» таких изменений.

4. 2. 1. Суставные перемещения

В суставных перемещениях при выполнении таких двигательных действий, как удары по мячу, метания предметов, отражение движущихся объектов, можно выделить различные фазы, например, по опорным точкам на показателях гониограммы.

Расчет корреляций между длительностью отдельных фаз движений одного и того же звена при последовательно выполняемых попытках двигательного действия показал наличие существенных отрицательных корреляций между длительностью последовательных отрезков движений звена (табл. 6, 7, 8).

В итоге вариативность общей длительности работы звена меньше суммы вариативностей длительности отдельных фаз движения.

Вариативность фаз подготовки и реализации в значительной мере отличается: подготовительные действия, как правило, более вариативны, чем движения в заключительной фазе, как от попытки к попытке, так и при изменении условий выполнения движений. Это говорит о существовании **взаимоподчиненности последовательных фазовых интервалов времени движения отдельного звена.**

Чтобы выяснить, в какой мере может иметь место последовательная связь между фазами движения одного звена, были рассчитаны кор-

Таблица 6. Наличие корреляций в длительности отдельных последовательных фаз движений в различных суставах при выполнении футбольного удара в цель

Суставы	Фазы	Суставы									
		тазобедренный			коленный			голеностопный			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Тазобедренный	1	■									
	2	■	■								
	3	■	■	■							
Коленный	1				■						
	2				■	■					
	3				■	■	■				
Голеностопный	1								■		
	2								■	■	
	3								■	■	■

Примечание. Рассчитывалась корреляция между данными, полученными в разных попытках, выполненных каждым из испытуемых (количество испытуемых — 8, количество попыток — от 80 до 120).

Указаны статистически существенные корреляции (без учета знака), хорошо воспроизводимые у разных испытуемых.

■ $r > 0,5$ ■ r от 0,3 до 0,5

Таблица 7. Наличие корреляций в длительности отдельных последовательных фаз движений в различных суставах при выполнении баскетбольного ведения мяча

Суставы	Фазы	Суставы							
		коленный			локтевой			лучезапястный	
		1	2	3	1	2	3	1	2
Коленный	1	■							
	2	■	■						
	3	■	■	■					
Локтевой	1				■				
	2				■	■			
	3				■	■	■		
Лучезапястный	1							■	
	2							■	■

Примечание. Рассчитывалась корреляция между данными, полученными в разных попытках, выполненных каждым из испытуемых (количество испытуемых — 11, количество попыток — от 100 до 150).

Указаны статистически существенные корреляции (без учета знака), хорошо воспроизводимые у разных испытуемых.

■ $r > 0,5$ ■ r от 0,3 до 0,5

реляции между многими значениями угловой скорости движений в различных суставах на протяжении движения с многозвенными значениями угловой скорости в момент реализации. В качестве модель-

Таблица 8. Наличие корреляций в длительности отдельных последовательных фаз движений в различных суставах при выполнении удара накатом в настольном теннисе

Суставы	Фазы	Суставы									
		лучезапястный			коленный			локтевой			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Лучезапястный	1	■									
	2	■	■								
	3	■	■	■							
Коленный	1				■						
	2				■	■					
	3				■	■	■				
Локтевой	1							■			
	2							■	■		
	3							■	■	■	

Примечание. Рассчитывалась корреляция между данными, полученными в разных попытках, выполненными каждым из испытуемых (количество испытуемых - 7, количество попыток - от 100 до 120). Указаны статистически существенные корреляции (без учета знака), хорошо воспроизводимые у разных испытуемых. ■ $r > 0,5$ СИ $r \text{ от } 0,3 \text{ до } 0,5$

ного движения был выбран бросок мяча в баскетбольную корзину, где начальная скорость вылета мяча является основной характеристикой, определяющей точность.

Наличие корреляций в данном случае говорит о степени стабильности коррективов, от попытки к попытке вносящихся в движение, и отражает взаимокомпенсаторные действия, которые, скорее всего, связаны с процессом текущего корригирования.

По характеру кривой корреляционной функции работа звена может быть разделена на два временных интервала. В первом интервале движений отсутствует связь скорости в текущий момент со скоростью движений в момент реализации, а во втором — связи между ними четко выражены.

Время появления таких связей до момента реализации составляет:

- для локтевого сустава — 160 мс, но с выраженным экстремумом в районе 80 мс;
- для коленного сустава — 80 мс;
- для лучезапястного сустава — 80 мс;
- для голеностопного сустава — 60 мс.

Обращает на себя внимание, что длительность фаз движений совпадает по времени с тем, при котором наблюдается изменение точности на аналитических зависимостях «время-точность» (см. главу 3). Не исключено, что такие интервалы времени определяются возможностью внесения коррекций на определенном контуре обратной связи.

По показателям миограмм, гониограмм и спидограмм суставных перемещений длительность отдельных фаз движений существенно отличается. Вместе с тем по показателям пространственных перемещений отдельных точек, полученных на основе регистрации изменений ускорений, фазовый состав более четко проявляется независимо от характера движений.

Возможно, это говорит о том, что фазовая структура строится на основе программирования именно пространственных перемещений и смена направленности изменений кинематики в коротких интервалах отражает корригирование, связанное с соблюдением выработанной ранее на основе зрительной оценки «программы потребного будущего».

В ходе экспериментов регистрировались перемещения опорных точек, соответствующих плечевому, локтевому, лучезапястному, тазобедренному и голеностопному суставам и середине стопы, при выполнении фехтовального укола и футбольного удара ногой, а затем были рассчитаны ускорения опорных точек в различных направлениях (рис. 36, 37).

Экстремумы ускорений в обоих движениях для отдельных звеньев чередовались через 75-80 мс. Это позволило предположить, что 75-80-миллисекундные интервалы могут быть характерны для организации движений, как некоторые интервалы времени, в которых происходит

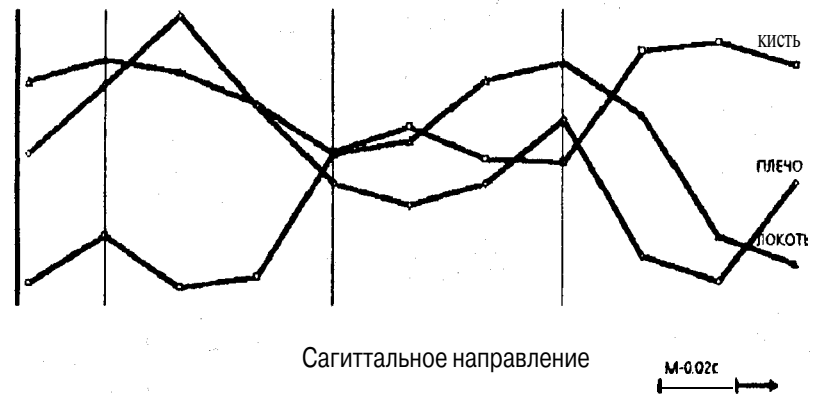


Рис. 36. Паттерн динамики ускорений звеньев руки при фехтовальном уколе по показателям стереофотограмметрической стробоскопической съемки (испытуемый — олимпийский чемпион, выполнивший 125 попыток)

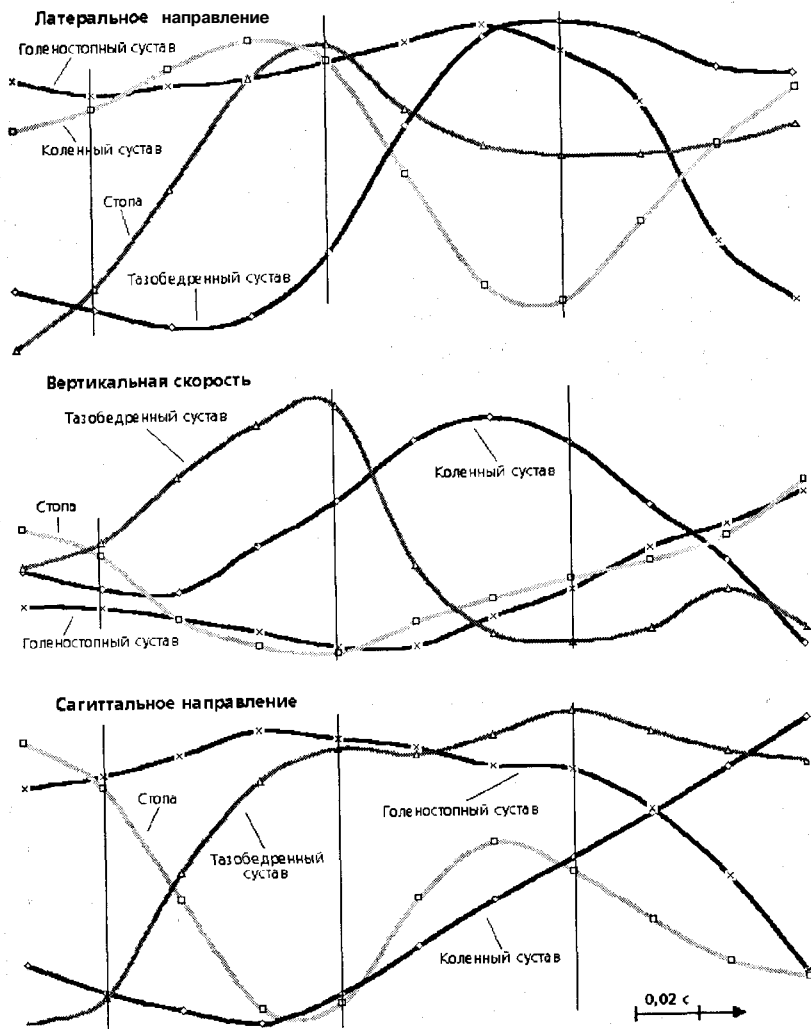


Рис. 37. Паттерн динамики ускорений звеньев ноги при футбольном ударе по показателям стереофотограмметрической стробоскопической съемки (испытуемый - футболист высокой квалификации, выполнивший 50 попыток)

Как было показано ранее (см. главу 3), при выполнении двигательных действий более предпочтительным с точки зрения проявления точности является участие в движении нескольких звеньев. Рассмотрим, в какой связи находятся разные кинематические цепи при выполнении сложнокоординированных движений.

При выполнении испытуемыми бросков мяча в баскетбольную корзину производилась двумерная запись, при которой гониограмма локтевого сустава регистрировалась по одной оси, а коленного сустава — по другой (рис. 38).

Анализ данных двумерной записи угловых перемещений нижних и верхних конечностей позволил выделить следующее:

- движение в коленном суставе без участия локтевого сустава;
- совместное движение локтевого и коленного суставов;
- заключительное движение в локтевом суставе.

Наибольшее внимание привлекает совместная работа кинематических цепей, где можно отметить три ее варианта:

1. Длительность совместной работы зависит от требований к скорости пространственного перемещения конечного звена цепи (скорость выброса снаряда). Чем выше скорость, тем дольше совместная работа суставов.

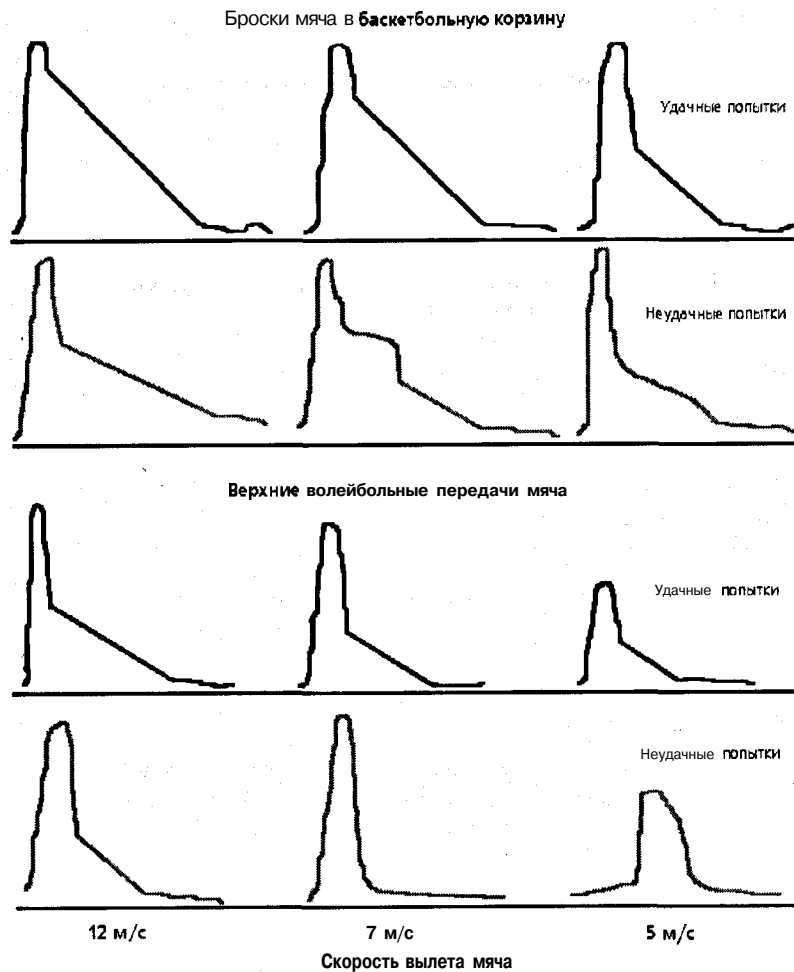
2. Между работой суставов наблюдается строго определенное соотношение — пропорциональное изменение амплитуд, о чем хорошо говорит выделяющийся участок на двумерной записи с постоянным углом наклона.

3. Нарушение пропорциональности изменения амплитуды при совместной работе связано с появлением ошибок в результате броска. Следовательно, действие различных кинематических цепей в сложнокоординированных движениях имеют строгую зависимость, которая требует специального анализа. Эта зависимость предполагает либо связь между звеньями, близкую к функциональной, либо наличие текущего корригирования в виде своеобразной компенсаторности.

Такая компенсаторность могла бы иметь чисто механические причины в виде демпфирования, но тогда она должна была бы проследиваться на всем протяжении движения. В то же время наличие отрицательных корреляций в движениях разных кинематических цепей могло бы быть результатом управляющих воздействий.

4. 2. 3. 1. Последовательная межзвенная связь

Для анализа последовательной межзвенной связи были рассчитаны корреляции для мгновенных значений скорости угловых переме-



Примечание. Для коленного сустава: линии, идущие вверх, соответствуют сгибанию сустава, вниз — разгибанию сустава.

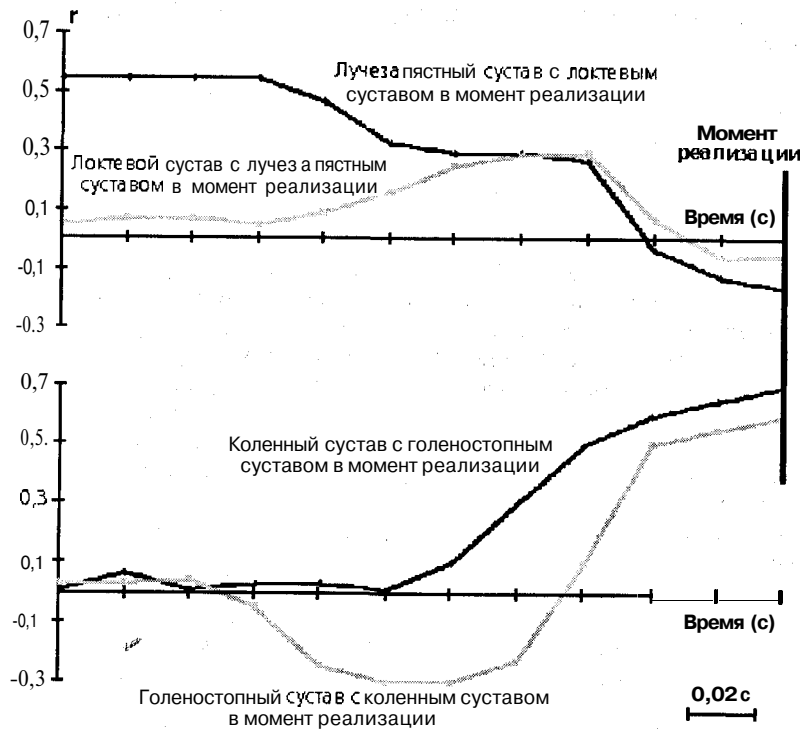
Для локтевого сустава: линии, идущие вправо, соответствуют разгибанию сустава.

Рис. 38. Двухкоординатная запись угловых перемещений в коленном (по вертикали) и локтевом (по горизонтали) суставах при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину и верхней волейбольной передачи (со скоростями вылета мяча 12, 7 и 5 м/с)

щений суставов НОГ и рук при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину. Отдельные последовательные значения скоростей одного сустава сопоставлялись с угловой скоростью другого сустава в момент реализации (рис. 39).

Анализ корреляционных функций позволил выявить ряд черт многозвенного взаимодействия.

Наблюдаются статистически существенные корреляции в работе суставов при последовательном выполнении отдельных попыток. Это говорит о некоторой «преднастройке» в движениях какого-либо сустава по отношению к скорости движения в других суставах, соответ-



Примечание. Корреляция существенна при $r = 0,1$; $\gamma = 0,2$.

Рис. 39. Корреляция угловой скорости перемещений в суставах в момент реализации с угловой скоростью движения в суставах в различные моменты времени, предшествующие реализации

ствующей моменту реализации, на основании предшествующего кратковременного опыта.

Мгновенная скорость в локтевом суставе в момент реализации положительно коррелирует с мгновенными скоростями движений в голеностопном и коленном суставах на всем протяжении движения. Это говорит о том, что если предполагается высокая или низкая скорость разгибания локтя в конце движения, ноги создают для этого в начале движения соответствующие предпосылки.

Для скорости движения в лучезапястном суставе таких связей не наблюдается.

Однако и в том и в другом случае можно заметить тенденцию либо к снижению тесноты связи (для локтевого сустава), либо к появлению отрицательной связи (для лучезапястного сустава) к последнему временному интервалу в фазе реализации.

Аналогичная картина наблюдается и для динамики корреляций скоростей движений в локтевом и коленном суставах по отношению к скорости движений в голеностопном и коленном суставах.

В целом можно заметить, что координация движений в системе «рука - ноги» имеет определенную степень взаимодействий конечностей, и эти взаимодействия имеют различный характер для подготовительных действий в фазе реализации.

Корреляционные функции работы суставов ног говорят о том, что начиная примерно за 60 мс до момента реализации работа звеньев ног как бы объединяется в общую функциональную синергию с четко однонаправленными изменениями скорости по ходу движения. В движениях рук в фазе реализации также наблюдаются тенденции к изменению характера связи скорости движения в одном из суставов со скоростью движения в другом суставе примерно за 60 мс до момента реализации. Так как в столь короткий интервал времени невозможна коррекция по ходу движения, появляющиеся изменения связей носят преднастроенный характер.

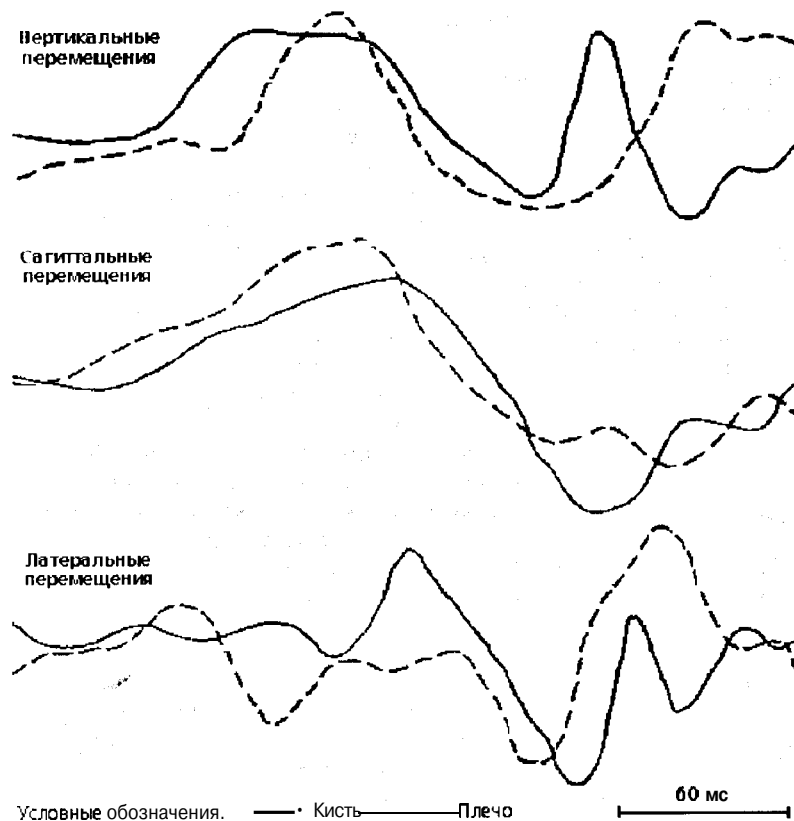
Все это дает основание предполагать, что движения звеньев ног и рук могут объединяться в конкретные функциональные синергии, работа которых находится в определенном взаимодействии. Данное предположение может быть раскрыто при анализе характера поведения различных звеньев в одном движении.

4. 2. 3. 2. Параллельная межзвенная связь

Анализ взаимодействий разных звеньев по ходу движения проводился на примере фехтовального укола, который выполнялся с большого расстояния от мишени, что требовало подготовительного перемещения шагами. Регистрировались перемещения опорных точек,

соответствующих центрам суставов, и рассчитывались перемещения, скорости и ускорения этих точек в трех плоскостях (рис. 40). Время выполнения движений испытуемые выбирали произвольно, однако независимо от этого они выполняли движения (шаги и укол) в пределах 240 ± 20 мс.

Опираясь на данные предыдущих экспериментов, при обработке результатов вся длительность движения была разделена на интервалы по 60 мс, начиная обратный отчет с момента реализации (с момента касания оружием мишени).



Прослеживаются временные совпадения экстремумов ускорений с различной направленностью для плечевого и лучезапястного суставов.

Рис. 40. Ускорения плеча и кисти при выполнении фехтовального укола с выпадом

Если рассматривать четыре последних интервала движения по 60 мс перед моментом реализации, то в это время выполнялись следующие действия:

- а) начало целенаправленного движения локтя с постановкой руки в исходное положение для выполнения укола (170 ± 10 мс);
- б) активное целенаправленное движение руки вперед (60-70 мс);
- в) колебания в направлении движения оружия относительно мишени.

Расчет корреляций между текущими значениями ускорений плечевого и лучезапястного суставов (мгновенными значениями ускорений в одно и то же время) показал: в разных фазах движения корреляции между текущими значениями ускорений существенно отличаются не столько по степени тесноты связи, сколько по направленности, что нельзя объяснить механическими причинами их возникновения (рис. 41).

Характер изменения корреляций в строгих интервалах времени еще раз подтверждает наличие организации движений с объединением их по временному признаку, позволяющему выделить фазы движения, в которых решаются существенно отличающиеся задачи (о чем говорит разная направленность корреляций).

Таким образом, показано, что в точностных движениях звенья кинематических цепей находятся во взаимосвязи, причем характер взаимосвязей указывает на то, что в разных фазах движений решаются различные целевые задачи по организации двигательного акта. Можно предположить, что имеет место объединение звеньев кинематических цепей в некоторые функциональные синергии, когда все звенья цепи работают как одна, относительно жесткая, система.

Анализ работы разных кинематических цепей в сложнокоординированных движениях позволяет заметить, что кинематические цепи нижних и верхних конечностей объединены определенными связями. При этом можно видеть еще один существенный элемент организации двигательных актов — последовательность работы таких синергий, объединенных в структурные двигательные элементы.

В целом организацию сложных двигательных актов можно представить следующим образом. Движения отдельных звеньев разных кинематических цепей (например, рук, ног) объединены относительно жесткими связями в пределах определенных интервалов времени. Они представляют собой как бы отдельные структурные единицы, которые включаются в работу в разной последовательности.

Как показали электромиографические исследования, движения всех звеньев независимо от того, выполняют они основную задачу (руки) или вспомогательную (ноги), как, например, при баскетбольном броске, работа мышц при движениях имеет напряженный характер с сочетанной активностью мышц—агонистов и антагонистов. Это

говорит о том, что все кинематические цепи, участвующие в движении, предполагают точностный характер взаимодействий независимо от выполняемой роли.

Есть основания предполагать, что характер тайминга зависит от условий выполнения движений. Это предположение будет рассмотрено ниже.

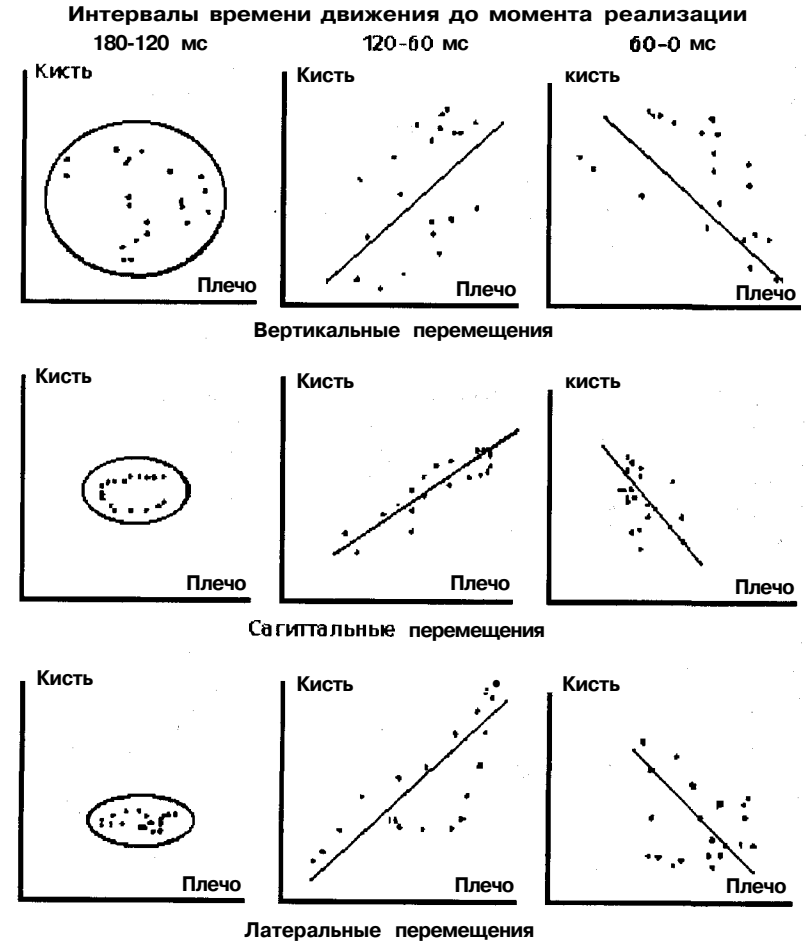


Рис. 41. Корреляция отдельных значений ускорений кисти и плеча в разные интервалы времени, предшествующие моменту реализации при выполнении фехтовального укола

4. 2. 4. Взаимосвязь разных элементов движений с точностью

4. 2. 4. 1. Работа отдельных звеньев

Сопоставление длительности движений отдельных звеньев для удачных и неудачных попыток выполнения бросков мяча в баскетбольную корзину при оценке точности по альтернативному признаку показало, что не наблюдаются различия в показателях средних значений длительности фаз реализации при точном и неточном выполнении бросков. В то же время удачные и неудачные попытки выполнения бросков мяча статистически существенно отличаются по показателям вариативности временных характеристик фаз реализации: неудачным попыткам соответствовала большая вариативность, а удачным — меньшая вариативность со строго определенным экстремумом зависимости «время — точность», соответствующим 130 мс (рис. 42).

При сопоставлении длительности фаз движений с величинами отклонения точек попаданий при выполнении различных ударов и бросков мяча в цель были выявлены характерные нелинейные связи. Эти

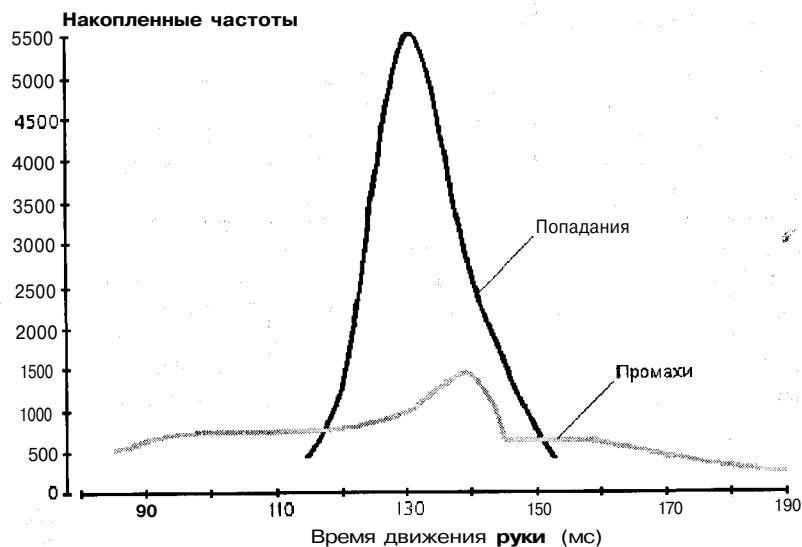


Рис. 42. Полигон распределения времени движений в локтевом суставе для удачных и неудачных попыток при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину (по показателям 30 испытуемых)

мячи, невысокие по степени тесноты, но статистически существенные, воспроизводились у разных испытуемых (табл. 9).

Таблица 9. Корреляционные отношения длительности фаз реализации в суставах с показателями точности выполнения двигательных действий (размах для разных испытуемых)

Вид двигательных действий	Суставы				
	локтевой	коленный	луче-запястный	тазо-бедренный	голеностопный
Бросок мяча в баскетбольную корзину	0,3-0,6 0,3-0,5	0,2-0,35 0,2-0,4	0,2-0,4 0,3-0,5		
Футбольный удар в цель		0,1-0,3 0,1-0,16		0,03-0,1 0,1-0,2	0,05-0,1 0,08-0,2
Удар в настольном теннисе	0,2-0,3 0,2-0,35	0,2-0,4 0,2-0,3	0,2-0,3 0,25-0,35		

Наименьшим величинам отклонений точек попаданий от центра мишени соответствовали некоторые оптимальные интервалы времени движений отдельных звеньев тела. Причем это было характерно не только для звеньев тех кинематических цепей, которые непосредственно выполняли удары и броски, но и для тех, которые выполняли вспомогательную роль, например, для ног при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину или ударов в настольном теннисе (табл. 10).

Таблица 10. Диапазоны длительности (мс) фаз реализации при движении в различных суставах, соответствующие наименьшему отклонению мяча от центра мишени при выполнении двигательных действий (размах для разных испытуемых)

Вид двигательных действий	Суставы				
	локтевой	коленный	луче-запястный	тазо-бедренный	голеностопный
Бросок мяча в баскетбольную корзину	80-140	240-320	40-80		
Футбольный удар в цель		240-300		290-330	120-160
Удар в настольном теннисе	160-220	260-320	60-80		

Это говорит о том, что подготовительные действия играют значительную роль в организации точностного движения, и объясняет произвольное задействование в двигательных актах многих звеньев. Именно такое построение движений позволяет достигать высокой точности при выполнении двигательных действий с большим числом степеней свободы.

В целом построение точностного движения предполагает стремление к определенной временной стабильности фаз движений. Увеличение или уменьшение их длительности от оптимума связано с появлением ошибок в конечном результате двигательного действия.

Если рассматривать движения отдельной кинематической цепи (руки, ноги), то первой задачей в плане организации точностного движения является выполнение движений отдельного звена относительно стабильно с точки зрения длительности. Для этого предполагаются стабильность отдельных фаз движений по времени их прохождения и взаимокompенсация длительности последовательных фаз движений. Такая организация движений отдельных звеньев тела и кинематических цепей, объединенных в одну функциональную синергию, определяет величину случайных ошибок (кучности попаданий в цель).

4. 2. 4. 2. Влияние тайминга на точность

Ввиду того что длительность отдельных фаз движений взаимосвязана с длительностью других последовательных временных интервалов движений звена и точностью выполнения двигательного действия, можно предположить, что временная последовательность (тайминг) работы отдельных звеньев и кинематических цепей играет важную роль для проявления целевой точности.

Выше было показано, что возникновение случайных ошибок связано с «потерей» оптимума длительности фаз. Поэтому при анализе тайминга рассчитывались корреляционные отношения между интервалами времени последовательного включения в работу звеньев тела и величиной отклонений точек попаданий мяча от цели при выполнении испытуемыми футбольных ударов, ударов в настольном теннисе и бросков мяча в баскетбольную корзину.

Несмотря на то что все эти двигательные действия выполнялись в строго стандартных условиях, наблюдалась низкая, но статистически существенная связь между таймингом и точностью выполнения заданий. Это говорит о том, что тайминг является одним из важнейших факторов организации точностных движений.

Тайминг, определяющий последовательность включения в работу разных кинематических цепей, определяет и значительные изменения в точности систематического характера. По-видимому, такая временная упорядоченность позволяет значительно изменять, например, характеристики выброса снарядов при изменении условий. Это ставит вопрос о роли тайминга для проявления точности при изменении внешних условий выполнения двигательного действия.

4. 3. Хроноструктура и условия выполнения двигательных действий

Проявление точности предполагает выполнение двигательных действий с определенной структурой движений. Подчеркнем, что речь идет именно о двигательных действиях, которые могут иметь не только моторную часть, но и премооторную как органическую составляющую, например прослеживание движущегося объекта до его отражения.

Такие двигательные действия объединяют элементы в виде некоторых структурных единиц с последовательной или параллельной евянью. Изучение характера поведения таких структурных единиц в различных ситуациях и в процессе адаптации позволили бы определить особенности построения точностных двигательных действий и в определенной мере изучить организацию управления движениями человека.

В этом плане целесообразно рассмотреть, как изменяется характер отдельных элементов движений при различных взаимодействиях внешних факторов.

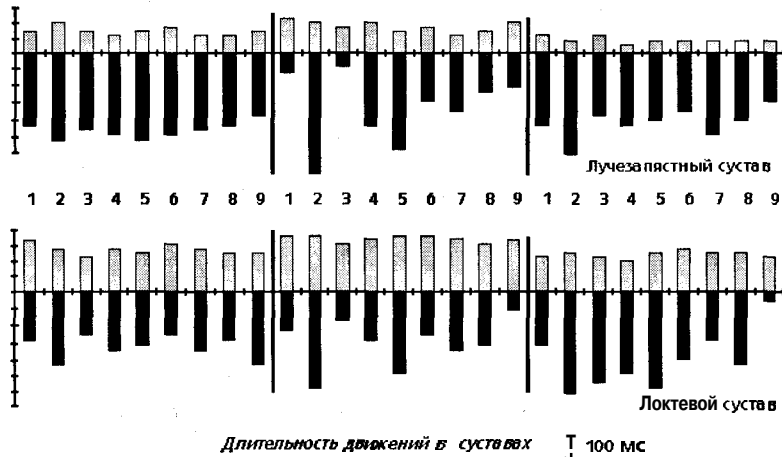
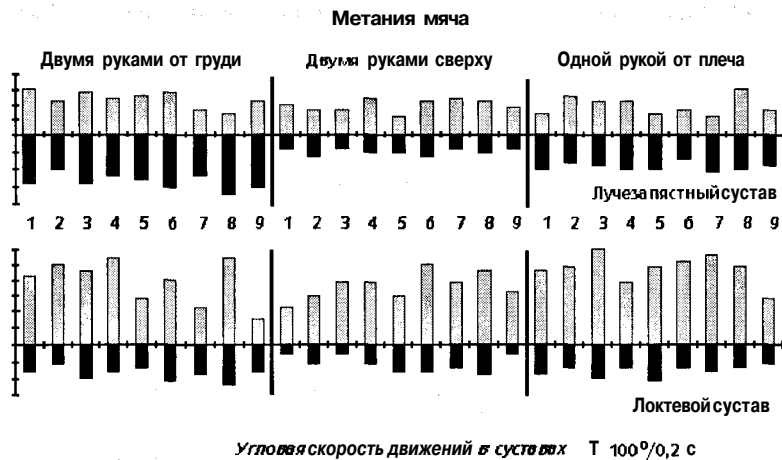
В предварительной серии экспериментов испытуемые — квалифицированные баскетболисты — выполняли различные по характеру метания баскетбольного мяча в цель, при этом изменялся вес мяча, дополнительно отягощались звенья руки, ограничивалось движение в лучезапястном суставе и давались различные целевые установки (рис. 43).

Различные варианты воздействия на движения при метаниях мяча приводили к существенным изменениям длительности подготовительных действий, причем угловая скорость движений в суставах при этом менялась незначительно.

Что касается длительности фаз реализации (табл. 11), то они изменялись сравнительно мало. Исключение составляли броски, выполняемые при очень сильном внешнем воздействии (при ограничении

Таблица 11. Вариативность длительности и угловых скоростей движений в суставах при выполнении метаний мяча в цель в разных условиях

Показатели	Сустав	Фаза	Привычный вариант	Вариативность в зависимости от условий
Длительность фаз движений (мс)	Локтевой	подготовки	164,6	164,6-242,3
		реализации	84,2	110,2-76,9
	Лучезапястный	подготовки	164,3	167,5-236,4
		реализации	42,2	40,8-51,3
Угловая скорость (град/мс)	Локтевой	подготовки	1,36	0,47-1,72
		реализации	4,24	2,35-7,94
	Лучезапястный	подготовки	5,68	4,31-6,07
		реализации	0,20	4,47-11,77



Примечание. 1-3 — броски мяча разного веса; 4-5 — при отягощении рук; 6-8 — с установками на быстроту, точность, одновременно быстроту и точность; 9 — при механическом ограничении амплитуды движений рук в локтевых суставах.
Внизу — фазы подготовки, вверху — фазы реализации.

Рис. 43. Изменение кинематики движений в суставах при выполнении метаний мяча в цель в разных условиях

движений и при бросках утяжеленных мячей в сравнении с мячами стандартного веса), хотя скорость движений в суставах имела здесь довольно большие колебания.

Построение движений в рассмотренных случаях, таким образом, предполагало стремление к сохранению длительности фаз реализации и изменению длительности фаз подготовки.

Постановка вышеописанных экспериментов предполагала вынужденное изменение движений в большей мере под влиянием внешних факторов механического характера. Однако наибольший интерес представляет организация двигательных действий при изменении внешних условий, когда возможные изменения движений будут определяться факторами произвольного характера в виде адаптации к таким условиям, когда изменяются требования к времени выполнения двигательного акта, скорости движений в момент реализации, проявлению точности.

4. 3. 1. Влияние лимита времени на структуру двигательных действий

4. 3. 1. 1. Целевые установки на быстроту выполнения движений

Испытуемым — квалифицированным и неквалифицированным спортсменам — предлагалось выполнить броски мяча в баскетбольную корзину с установкой выполнять броски с разной длительностью: от медленного исполнения до максимально быстрого.

Зависимость точности бросков мяча в баскетбольную корзину от времени их исполнения носит своеобразный характер (рис. 44).

Форма кривой, отражающей зависимость точности бросков мяча в баскетбольную корзину от длительности их исполнения, идентична у всех испытуемых. Сокращение времени от момента ловли до момента выброса мяча не связано с сокращением времени разгибания руки в локтевом суставе (от момента начала разгибания до момента выпуска мяча).

Двухпиковая зависимость точности бросков мяча от времени их исполнения объясняется тем, что при быстром выполнении бросков спортсмены исключали подготовительные действия, вынося мяч сразу при ловле в исходное положение для броска.

Сравнение биомеханических характеристик показало, что при установках выполнять броски с разной длительностью (от медленного исполнения до максимально быстрого) спортсмены разной квалификации стремятся сохранять среднюю длительность разгибания руки в локтевом суставе. Различия между спортсменами разной квалифика-

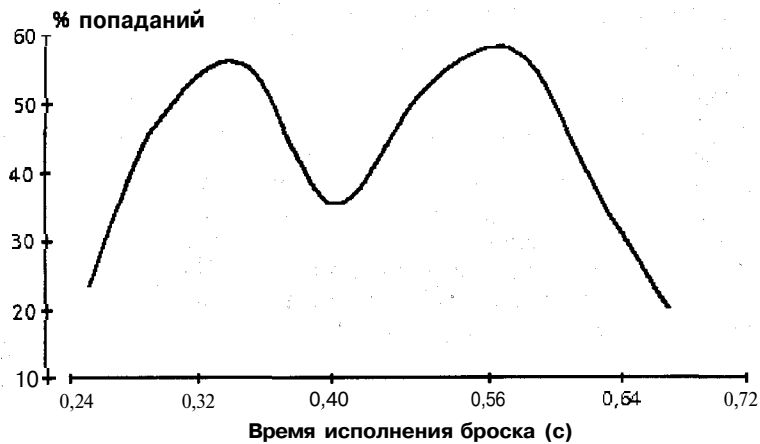


Рис. 44. Зависимость точности бросков мяча в баскетбольную корзину от длительности их исполнения (от момента ловли до момента выпуска мяча) при установках выполнять броски от медленного до максимально быстрого темпа (по показателям 6 испытуемых, выполнивших по 100 попыток)

ции наблюдаются только в вариативности показателей длительности разгибания руки в локтевом суставе.

Длительность выполнения броска и у квалифицированных, и у неквалифицированных спортсменов существенно изменялась за счет движений ног. Неквалифицированные спортсмены, выполняя броски мяча с одной и той же дистанции, пытались сократить время их исполнения за счет уменьшения интервала времени между началом разгибания ног и рук.

Показатели техники ловли и бросков мяча при удачных и неудачных попытках, выполненных квалифицированными баскетболистами, когда не ставились требования к скорости исполнения движений, позволяют говорить о том, что изменение длительности разгибания руки в локтевом суставе (средние показатели и вариативность) является одной из причин, приводящих к неточным броскам (рис. 45).

Показатель амплитуды движений в суставах верхних и нижних конечностей неинформативен по отношению к точности бросков. Существенное влияние на точность бросков оказывает ритм движений ног.

При бросках мяча с удобной для них продолжительностью испытуемые стремились к тому, чтобы время рабочей фазы движения рук было как можно более постоянным. Наибольшее количество попыток брос-

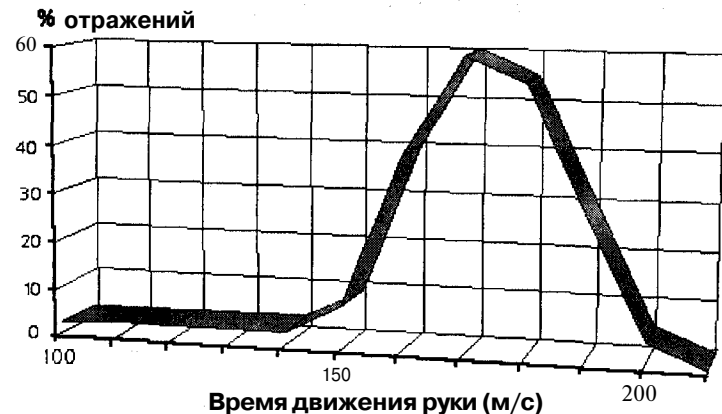


Рис. 45. Зависимость успешности отражения движущихся объектов от длительности движения отражающей руки (при времени прослеживания движущегося объекта 200 мс)

ков приходится на определенную временную зону их исполнения, и именно этой зоне соответствует наивысшая точность бросков.

Полученные данные говорят о том, что при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину точность их исполнения во многом определяется тем, насколько хорошо по времени спортсменам удастся выдержать некоторую оптимальную длительность разгибания руки в локтевом суставе. При попытках выполнять броски быстрее спортсмены стремятся сократить время их исполнения за счет исключения подготовительных действий.

4.3.1.2. Влияние времени прослеживания движущегося объекта

Рассмотрим поведение человека при выполнении наиболее простых одиночных движений — отражении движущихся объектов, когда особую роль играют премооторные действия.

Организация экспериментов позволяла испытуемым заранее (за 40 мс) знать момент появления движущегося объекта в поле зрения. Изменялось время видения мяча и регистрировалось время движения руки.

Результаты говорят о том, что вне зависимости от времени видения движущегося объекта моторная компонента двигательного действия сохранялась постоянной (155-170 мс), а изменялось время премоторной фазы.

В тех случаях, когда время прослеживания было короткое, моторная фаза движения начиналась, предвосхищая появление движущегося объекта в поле зрения, и поэтому длилась строго определенное время (рис. 46).



Рис. 46. Время премоторной и моторной фаз двигательных действий и вероятность отражения движущихся объектов при разном времени их прослеживания

Отметим тот факт, что средняя индивидуальная вариативность времени моторной фазы тесно коррелирует со средней индивидуальной вариативностью показателей вариативности точности.

Точность более высока при стабильном движении руки, которая постоянно независимо от лимита времени. Изменению подвергается длительность премоторной фазы (фазы подготовки), длительность которой в значительной мере определяет успешность отражения движущегося объекта (табл. 12).

Таблица 12. Успешность отражения и время движения руки при разном времени прослеживания движущегося объекта

Показатели		Время прослеживания движущегося объекта (мс)					
		80	140	200	260	320	380
Успешность отражения (в %)	X	35,0	41,0	50,0	62,0	71,0	79,6
	б	3,5	3,0	3,7	5,0	4,0	3,5
Время движения руки (мс)	X	160	160	155	170	160	160
	б	40,1	37,0	37,3	44,0	44,0	38,1
Длительность ожидания (мс)	X	-80	-20	45	90	160	220
	б			10	15	25	20

При выполнении сложнокоординированных движений, в которых задействованы практически все звенья тела человека (удар в настольном теннисе, нижняя передача в волейболе и др.), изменение времени видения мяча перед выполнением отражения вызывает изменение в кинематике главным образом предварительных движений. Движения, непосредственно предшествующие моменту реализации, выполняются человеком со стремлением сохранять их длительность вне зависимости от требований ко времени выполнения всего двигательного действия.

Таким образом, независимо от сложности заданий при отражении движущихся объектов наблюдается общая картина организации двигательных действий. Изменение требований ко времени выполнения отражения движущегося объекта приводит к изменению длительности подготовительных действий, которые могут быть в виде премоторной фазы или подготовительных движений. Длительность движений, непосредственно предшествующих моменту реализации, в меньшей мере подвержена каким-либо изменениям.

Наблюдаются определенные изменения в последовательности работы кинематических цепей (функциональных синергии) при изменении времени прослеживания. Чем больше времени сохраняется на подготовку движения, тем больше интервал в последовательности работы ноги-руки.

Роль такого тайминга, очевидно, существенна. Чем меньше времени на подготовку движений, тем выше взаимосвязь длительности интервала в последовательности работы функциональных синергии с точностью выполнения двигательного действия.

4. 3. 2. Изменение требований к точности

Изменение требований к проявлению точности приводит к изменению длительности выполнения двигательного действия, причем в этом случае наблюдается изменение соотношения активности мышц-антагонистов.

Если вынужденное изменение длительности двигательных действий определенным образом отражается на соотношении длительности фаз работы, целесообразно рассмотреть, как в производимых движениях будут вести себя элементы общей структуры, если они подчинены общей закономерности зависимости «время — точность».

В экспериментах, организованных с целью получения ответа на этот вопрос, испытуемым предлагалось максимально быстро выполнять задания, но при этом изменялись требования к точности их исполнения, причем выполнение движений предусматривало участие большого количества звеньев.

В одном эксперименте испытуемые выполняли футбольные удары в мишени разного диаметра, расположенные горизонтально (передачи с посылкой мяча по навесной траектории). В этих случаях им необходимо было выдерживать определенное сочетание направления и скорости посылки мяча.

В другом эксперименте испытуемые выполняли футбольное и баскетбольное ведение мяча. Требования к точности движений задавались следующим: при выполнении футбольного ведения мяч нужно было вести, последовательно перемещая его в ограниченном пространстве (разной ширины в разных вариантах заданий), при выполнении баскетбольного ведения — мяч нужно было в каждом цикле движений (при каждом ударе о пол) последовательно посылать в мишени, обозначенные на поверхности пола (разного диаметра в разных вариантах заданий).

При выполнении баскетбольного ведения мяча время цикла движения изменялось по мере изменения требований к точности (изменения диаметра мишени, в которую следовало посылать мяч при каждом ударе о пол). При аппроксимации зависимости «время движения — диаметр мишени» она напоминает «Закон Фиттса».

Изменение длительности цикла движений (от одного удара мяча о пол до последующего) определяется только одной фазой движений — фазой контроля (касания) мяча при неподвижном положении звеньев руки относительно друг друга (рис. 47).

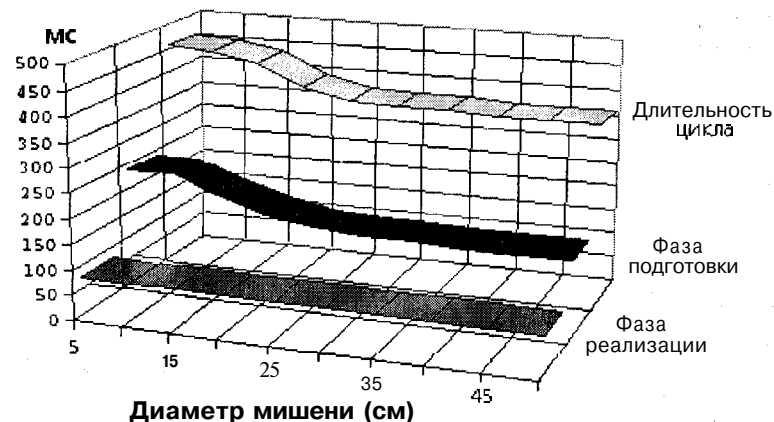


Рис. 47. Длительность фаз движений при баскетбольном ведении мяча с установкой на максимальную скорость при разных требованиях к точности (по гониограмме локтевого сустава)

Минимальная длительность этой фазы составляла порядка 150 мс - время, при котором наблюдается переход с одного уровня точности на другой на аналитической зависимости «время — точность» (см главу 3).

Это время, по определению S.W. Килля, является близким к минимальному времени, которое необходимо для срабатывания кинестической обратной связи.

Максимальная длительность фазы контроля мяча составляет порядка 240 мс — время, необходимое для достижения максимальных значений точности при условии зрительного контроля.

Обратим внимание на то обстоятельство, что у испытуемых разной квалификации время бесконтрольного полета мяча стабильно воспроизводится в пределах порядка 80 мс.

Весь цикл движений представлял собою следующее:

- фаза приема мяча для начала контроля мяча была постоянна по длительности и составляла порядка 59-60 мс;
- фаза реализации также была постоянна и находилась в пределах 73-76 мс;
- время бесконтрольного полета мяча было постоянно — порядка 70-73 мс.

Точность движений определялась длительностью контроля мяча при относительно неподвижном положении звеньев в суставах, что, видимо, является подготовкой к основной фазе — реализации.

В целом организация движений при выполнении баскетбольного ведения мяча может быть описана в виде математической модели:

$$T = a + (\log_2 bA/W) + c + d,$$

где: T – время цикла;

A – амплитуда движений;

W – диаметр мишени;

a, b, c, d – фазы движений.

При выполнении футбольного ведения мяча требования к точности также связаны с увеличением общего времени цикла движений. Увеличение длительности всего цикла движений определяется увеличением длительности подготовительных действий, а фаза реализации — конечное движение при посыле мяча в ограниченное пространство — стабильна вне зависимости от требований к точности (рис. 48).

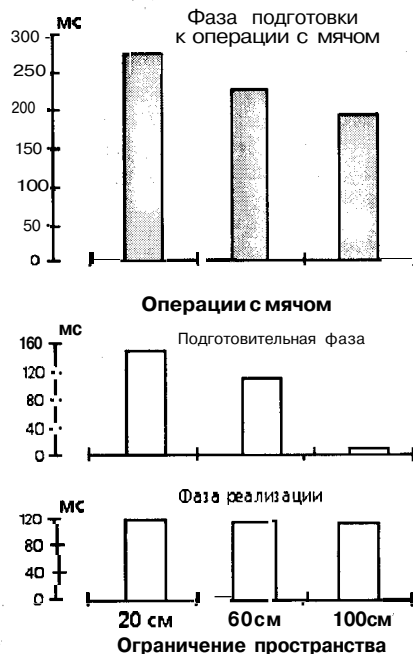


Рис. 48. Длительность отдельных фаз движений при выполнении максимально быстрого футбольного ведения мяча при разных требованиях к точности (по гониограмме коленного сустава)

При выполнении футбольных передач мяча по навесной траектории наблюдалась тенденция к увеличению времени подготовительных действий по мере увеличения требований к точности (уменьшению размеров мишени), что приводило к увеличению общего времени выполнения всего движения в целом (рис. 49).

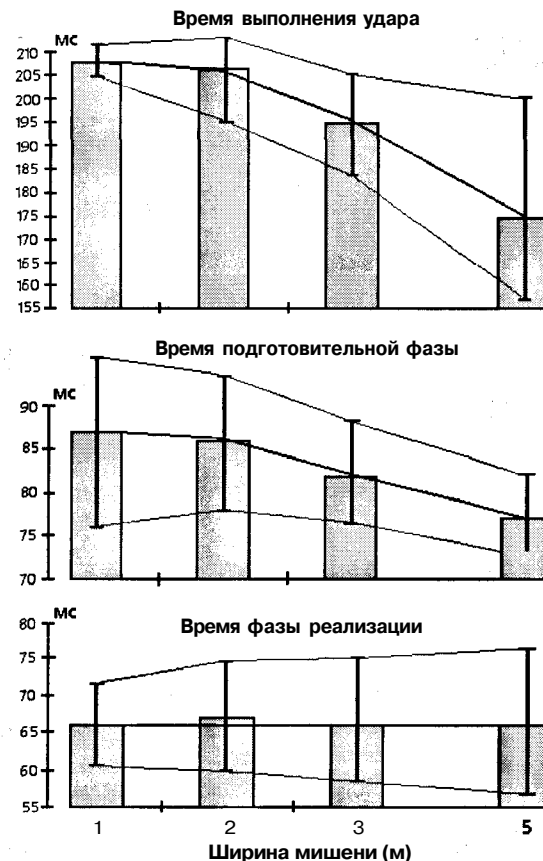


Рис. 49. Временные характеристики фазового состава движения при выполнении футбольной передачи с посыле мяча по навесной траектории с установкой максимально быстрого исполнения при разных требованиях к точности (по данным гониограммы коленного сустава)

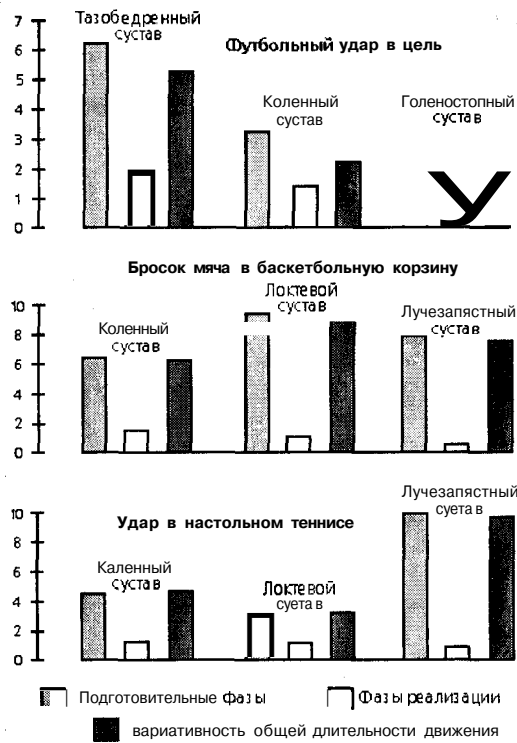


Рис. 50. Вариативность длительности последовательных фаз движений в разных суставах и вариативность длительности целостного движения в суставе, включающего обе фазы, при выполнении спортивных двигательных действий

Среднее значение длительности фазы реализации практически не изменялось при изменении требований к точности выполнения передач.

Анализ показателей вариативности длительности фаз движений выявил следующее. По мере увеличения требований к точности выполнения передач мяча увеличивается вариативность длительности подготовительных фаз, а вариативность длительности фаз реализации, наоборот, имеет тенденцию к стабилизации.

Вариативность общей длительности выполнения всего движения в целом имеет тенденцию к уменьшению по мере увеличения требований к точности выполнения передач.

При выполнении многих двигательных действий требуется существенно менять скорость пространственных перемещений звена, которое непосредственно осуществляет реализацию движения. Рассмотрим, как в этих случаях строятся движения на примерах броска мяча в баскетбольную корзину и волейбольной передачи мяча двумя руками • низу.

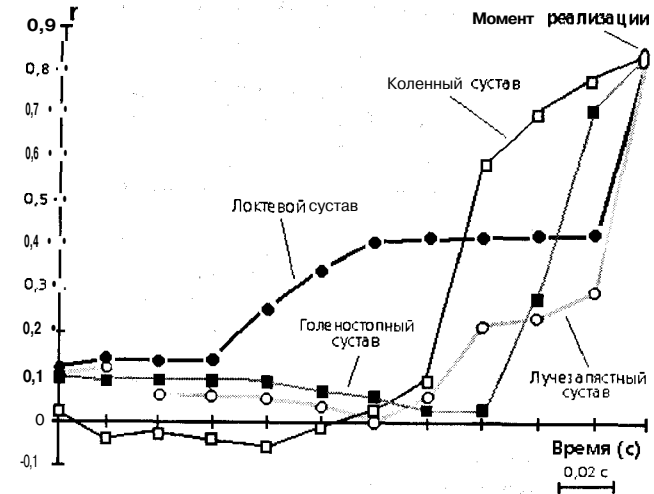


Рис. 51. Корреляция мгновенных значений угловой скорости движений в суставах в момент реализации с величинами угловых скоростей движений в этих же суставах в предшествующее время при выполнении броска мяча в баскетбольную корзину

При выполнении этих заданий условия эксперимента предусматривали, что для попадания в цель средние скорости выброса (отбивания) мяча должны были составлять в разных вариантах 5, 7 и 12 м/с. Это достигалось путем изменения дальности бросков (отбивания) мяча.

Результаты эксперимента показали, что с увеличением дистанции росла скорость вылета мяча при бросках (отбивании) и соответственно увеличивалась угловая скорость разгибания в коленном суставе, но угловая скорость в локтевом суставе при этом сохранялась (рис. 52).

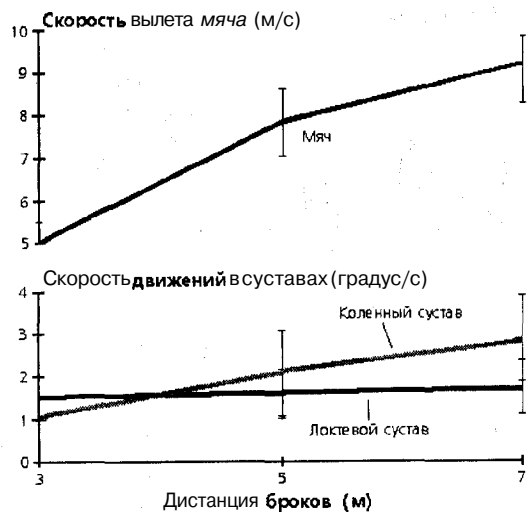


Рис. 52. Скорость вылета мяча и угловая скорость разгибания суставов при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину с разной дистанции

Ранее было показано, что движения в суставах ног при метаниях предметов в цель образуют функциональную синергию: изменение угла и скорости движений в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах происходит строго согласованно. Необходимость этой связи диктуется биомеханическими соображениями: при ее нарушении проекция центра тяжести тела была бы выведена за площадь опоры.

Поэтому можно говорить о том, что разгибание в коленном суставе отражает скорость движения в суставах нижних конечностей в целом. Так как скорость движения в локтевом суставе с увеличением скорости выброса мяча не меняется, а движения в лучезапястном суставе не могут обеспечить значительное повышение скорости выброса мяча, можно заключить, что основной причиной возрастания скорости вылета мяча является увеличение скорости движения ног.

При бросках мяча в баскетбольную корзину с одной и той же дистанции скорость выброса мяча от попытки к попытке не остается строго постоянной. Эти флюктуации скорости вылета мяча не связаны с вариациями скорости разгибания коленного сустава, но статистически существенно зависят от скорости разгибания локтевого сустава, то есть наблюдается картина обратная той, что имеет место при изменении дистанции бросков (рис. 53).

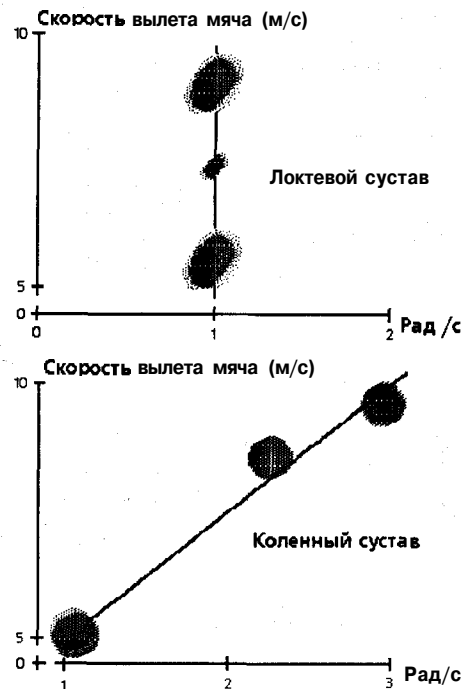


Рис. 53. Схема корреляционных полей для значений скорости вылета мяча и угловых скоростей движений в суставах при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину с разных дистанций

Таким образом, между суставами верхних и нижних конечностей происходит своеобразное распределение функций: за счет разгибания ног задается (довольно грубо) необходимая величина скорости выброса мяча, а точная коррекция скорости выброса мяча осуществляется за счет движений верхних конечностей. При этом нижние конечности выполняют преимущественно переместительную функцию, а верхние — коррекционно-перестроющую (табл. 13).

Для значительного изменения скорости выброса мяча кроме более активного разгибания ног используется также еще один путь, а именно более раннее или позднее движение руки относительно движения 1 юг. При бросках мяча в прыжке движение руки начинается тем раньше (относительно движения ног), чем длиннее дистанция броска и выше скорость выброса мяча (рис. 54).

При бросках мяча в прыжке с 7 м руки почти заканчивают движение до отрыва ног от опоры, при этом скорость движения ног и рук

Таблица 13. Корреляция между угловой скоростью движений в суставах и скоростью ВЫЛЕТА мяча при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину с разных дистанций (по показателям импульсной стробоскопической фотосъемки 4 испытуемых, выполнивших по 100 бросков)

№ испытуемых	Сустав	Дистанция бросков (м)		
		3	5	7
1	Локтевой	0,63	0,78	0,58
	Коленный	0,00	0,14	0,22
2	Локтевой	0,50	0,45	0,62
	Коленный	0,10	0,2	0,15
3	Локтевой	0,56	0,63	0,48
	Коленный	0,11	-0,13	0,18
4	Локтевой	0,71	0,39	0,54
	Коленный	-0,15	0,21	0,01

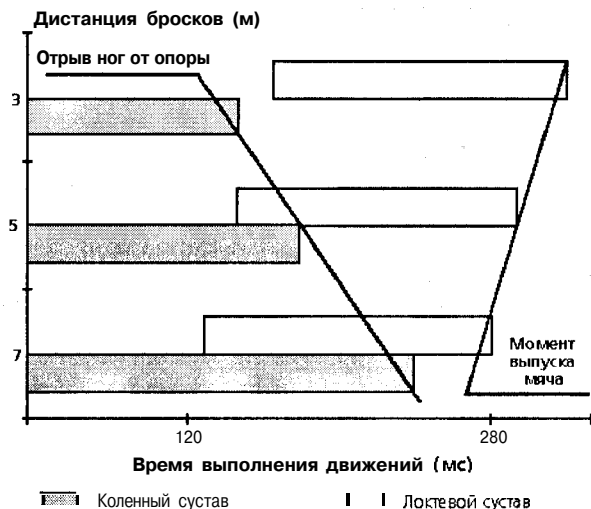


Рис. 54. Хронограмма движений в суставах при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину с разных дистанций

суммируется. При бросках с более коротких дистанций руки начинают разгибание, когда уже спортсмен отрывается от опоры, и нередко заканчивают движение в верхней точке прыжка, когда скорость движения центра масс тела равна нулю.

Однако ни на одной из дистанций значения интервала времени между началом движения рук и моментом отрыва ног от опоры не

коррелируют с тонкими флюктуациями скорости вылета мяча. Из нот можно заключить, что время начального движения руки существенно для сообщения мячу необходимой скорости вылета, однако оно не входит в число биомеханических переменных, используемых для точной корректировки финальной скорости движения основного рабочего звена.

Описанные факты объясняются существованием своеобразного распределения функций между движением верхних и нижних конечностей для обеспечения необходимой скорости выброса мяча и точности бросков. Движение нижних конечностей и последовательность работы ноги-руки обеспечивает необходимый средний уровень скорости выброса мяча, а движениями рук достигается точная коррекция скорости и направления выброса мяча.

Все построение многозвенного движения предполагает разную целевую направленность работы отдельных элементов: одни создают некоторый кинематический фон (в данном случае движения ног и последовательность включения в работу разных синергии), другие отвечают собственно за целевую точность.

4. 4. Влияние нагрузки на хроноструктуру

Любая нагрузка оказывает воздействие на все системы организма. Целесообразно оценить характер влияния на двигательную структуру нагрузок разной преимущественной направленности.

Условно можно выделить два вида воздействия нагрузок:

- на сенсорные системы, обеспечивающие контроль исполнения препрограммированных действий;
- на исполнительные элементы (двигатель — мышцу), состояние которых может изменяться по мере накопления продуктов анаболизма и определяться наличием энергоносителей.

4. 4. 1. Влияние длительной нагрузки

Рассмотрим работу кинематических цепей при длительном выполнении сложнокоординированных, достаточно мощных точностных движений с умеренной интенсивностью на примере выполнения бросков мяча в баскетбольную корзину, футбольных ударов в цель по навесной траектории и ударов в настольном теннисе.

Регистрация кинематических характеристик движений в различных суставах при длительном выполнении заданий показала, что во всех случаях отсутствовали какие-либо существенные изменения как средней длительности фаз движений, так и их вариативности по мере выполнения заданий, несмотря на то что состояние испы-

туемых существенно изменялись по ходу выполнения задания от совершенно свежего состояния до чувства крайнего утомления и отказа продолжать выполнение задания в виду предельной усталости (рис. 55, 56, 57).

Статистическая оценка показала отсутствие влияния длительности нагрузки на временные характеристики движений в различных суставах.

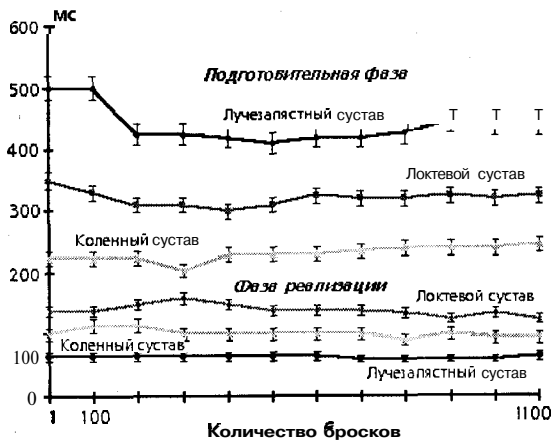


Рис. 55. Динамика кинематических характеристик при длительном выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину

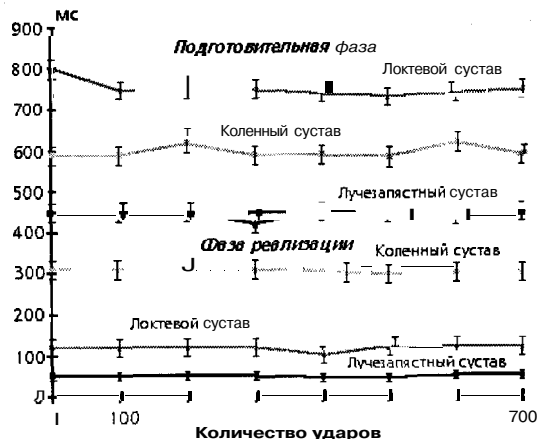


Рис. 56. Динамика кинематических характеристик при длительном выполнении ударов в настольном теннисе

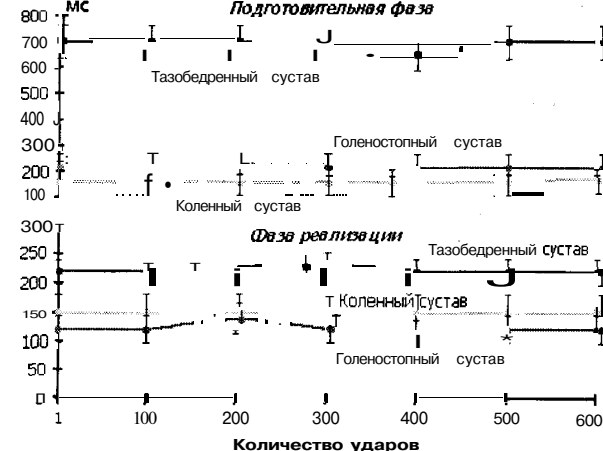


Рис. 57. Динамика кинематических характеристик при длительном выполнении футбольных ударов в цель по навесной траектории

4. 4. 2. Влияние специфики нагрузки

Когда выполняются последовательно одни и те же действия, то каждая предыдущая попытка может позволить создать преднастройку сенсорных систем для выполнения последующей попытки, так как кинематические и динамические структуры движения в этих случаях сохраняются.

Нами была сделана попытка выяснить, как могут отражаться па движения предварительные нагрузки, разные по кинематике и динамике, но не отличающиеся по физиологическому воздействию, которые позволяли осуществлять различную «преднастройку» сенсорного аппарата.

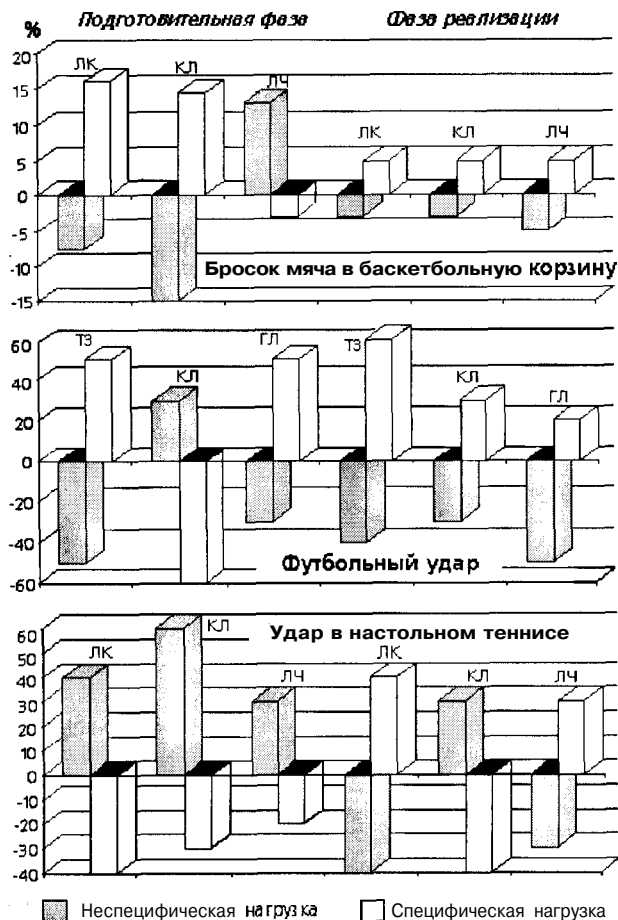
В экспериментах испытуемым - представителям разных видов спорта (футболистам, баскетболистам и игрокам в настольный теннис) — предлагалось выполнять контрольные задания, требующие проявления точности, до и после выполнения предварительной нагрузки. Предварительная нагрузка была двух видов:

- первый вид представлял собою специфические, привычные для спортсменов конкретной специализации движения, во многом напоминающие движения в контрольных заданиях;

- второй вид - неспецифические, непривычные для спортсменов движения.

Предварительные нагрузки были подобраны таким образом, чтобы были задействованы одни и те же мышечные группы, упражнения были одинаковы по интенсивности, объему, величине и вызывали одни и те же физиологические сдвиги.

Сопоставление результатов выполнения испытуемыми контрольных заданий до и после нагрузки показало, что предварительная нагрузка в обоих случаях сопряжена со сдвигами в длительности отдельных фаз (рис. 58).



Примечание. ЛК — локтевой сустав. КЛ — коленный сустав. ЛЧ — лучезапястный сустав. ТЗ — тазобедренный сустав. ГЛ — голеностопный сустав.

Рис. 58. Влияние специфики нагрузки на время движений в суставах при выполнении двигательных действий (в % по дисперсионному анализу)

Специфическая нагрузка сопряжена с сокращением длительности подготовительной фазы работы и снижением вариативности их длительности, неспецифическая — вызвала увеличение подготовительных фаз и в некоторой степени длительности фаз реализации.

В последовательности работы звеньев каких-либо изменений не наблюдалось.

Это дает основание предполагать, что влияние специфики (специализированности) предварительно выполняемой нагрузки существенно для проявления точности движений ввиду характерного ее воздействия на сенсорные системы, осуществляющие контроль исполнения двигательного акта.

4. 4. 3. Влияние концентрации лактата

Одной из гипотез, предполагающих снижение качества выполнения двигательных действий, является предположение о закислении мышц. Чтобы выяснить, насколько концентрация продуктов анаболизма может отражаться на качестве движений, было проведено сопоставление динамики восстановления концентрации молочной кислоты в крови после анаэробно-гликолиической нагрузки с показателями хроноструктуры.

Результаты экспериментов показали полное отсутствие каких-либо корреляций динамики концентрации лактата и изменений в технике точностных движений (табл. 14).

Расчеты внутриклассовых коэффициентов корреляции между различными уровнями концентрации лактата в периферической крови и показателями кинематики движений, включающих амплитуду и длительность движений, показали отсутствие корреляции.

Таблица 14. Внутриклассовая корреляция концентрации лактата периферической крови и кинематических характеристик точностных движений

Вид двигательных действий	Сустав	С амплитудой движений	С длительностью движений
Футбольный удар в цель по навесной траектории	Тазобедренный	0,01	0,09
	Коленный	0,00	-0,03
	Голеностопный	-0,10	0,11
Бросок мяча в баскетбольную корзину	Коленный	-0,01	0,06
	Локтевой	-0,12	0,02
	Лучезапястный	0,08	-0,15
Метание дротиков	Локтевой	0,00	-0,06
	Лучезапястный	0,00	0,13

Примечание. Корреляция статистически существенна при $p = 0,5$; $r = 0,23$.

литудные и временные характеристики, говорят о том, что концентрация лактата не может рассматриваться как самостоятельный фактор, влияющий на кинематические характеристики движений. В данном случае накопление продуктов анаболизма не связано с проявлением дискоординаций движений.

4. 4. 4. Влияние локальной мышечной нагрузки

Интенсивная локальная мышечная нагрузка, выполняемая до отказа от работы, использовалась из тех соображений, что она позволяла исчерпывать энергетические ресурсы «быстрого действия». Контрольные задания на точность метаний выполнялись немедленно после такой работы.

Локальная мышечная нагрузка предполагала два варианта:

- нагружались группы мышц—агонистов;
- нагружались группы мышц—антагонистов.

При выполнении метаний непосредственно после нагрузки наблюдалось следующее:

- а) длительность фаз работы звеньев сохранялась вне зависимости от нагрузки и восстановления после нее;
- б) в момент реализации наблюдалось изменение мгновенной угловой скорости движений в суставах, обслуживаемых нагруженными мышцами, причем скорость повышалась при нагрузке мышц—антагонистов и снижалась при предварительной нагрузке мышц—агонистов (рис. 59).

В данном случае можно утверждать, что изменение кинематики связано с изменением функционального состояния движителя (мышцы).

4. 5. Влияние факторов психологического характера

До настоящего времени влияние факторов психологического характера на точность двигательных действий рассматривалось только на феноменологическом уровне, в результате чего в большинстве случаев констатировались факты без анализа причинно-следственных явлений. По-видимому, прежде всего это объясняется сложностью самой проблемы, которая находится на стыке сформировавшихся наук, например психологии и биомеханики.

Любые изменения точности движений, вызванные в том числе и факторами психологического характера, обязательно должны отражаться на двигательной структуре. Выявление, в чем выражаются такие изменения, требует специальных исследований психолого-биомеханического направления.

В специальной серии экспериментов нами была сделана попытка

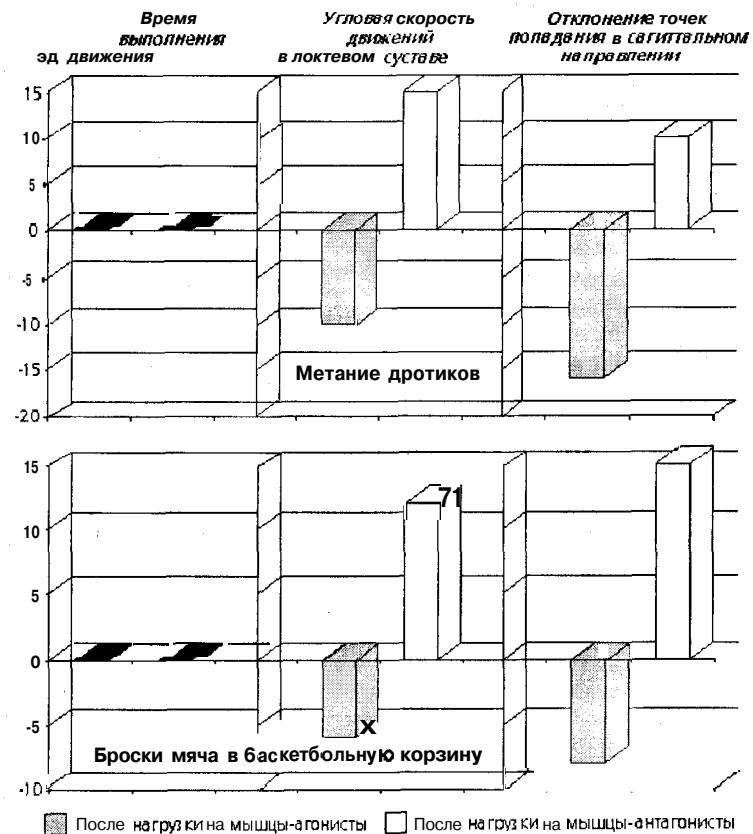


Рис. 59. Влияние локальной мышечной нагрузки на кинематические характеристики движений при выполнении метаний (в % по дисперсионному анализу)

сравнения кинематики точностных движений, выполняемых в разных с точки зрения психологической обстановки условиях.

В фехтовании на рапирах атакующие действия носят в основном преднамеренный и преднамеренно-экспромтный характер. Структура одних и тех же технических приемов, но выполненных в разных условиях, у спортсменов высокой квалификации может быть одинаковой ввиду высокой степени автоматизации движений, а может быть и различной. В то же время визуальная оценка этих движений идентична.

В экспериментах была предпринята попытка исследования кинематических характеристик атакующих движений фехтовальщиков в трехмерном пространстве с последующим сопоставлением биомеханических структур преднамеренных и преднамеренно-экспромтных действий.

Испытуемый в условиях индивидуального урока выполнял с шагом вперед и выпадом три варианта преднамеренных атакующих действий. Затем эти действия выполнялись в преднамеренно-экспромтных условиях, когда спортсмен должен был выбирать способ атаки и выполнять ее адекватно с действиями тренера:

- а) захват состоялся, и не было противодействия оружием со стороны тренера, атака продолжалась прямо;
- б) было противодействие, атака продолжалась с переводом;
- в) тренер защищался со сближением круговой защитой, испытуемый укорачивал атаку и наносил укол с переводом внутрь;
- г) на начало захвата тренер контратаковал переводом, испытуемый должен был парировать контратаку и нанести ответный укол.

Анализ результатов исследуемых движений показал, что в показателях кинематики ног и туловища при выполнении преднамеренных и преднамеренно-экспромтных атакующих действий спортсменом высокой квалификации не наблюдалось существенных различий, но имели место заметные различия в движениях вооруженной руки (рис. 60).



Примечание. 1-2 - захват оружия. 2-3 - отрыв **НОГИ** на выпад. 3-4 - нанесение **УКОЛА**.
a - ускорение, V - скорость, dS - амплитуда перемещения оружия в сагиттальном направлении.

Рис. 60. Паттерн кинематических характеристик при фехтовальном уколе в сагиттальном направлении по показателям стереофотограмметрической стробоскопической съемки (испытуемый — олимпийский чемпион)

Основные различия в движениях руки наблюдаются в фазе, предшествующей захвату, и в фазе финального движения (табл. 15).

В экспериментах с боксерами предполагалось выполнение движений только в стандартных условиях. Испытуемый из исходного положения «защитная стойка» должен был нанести удар в мишень (в «лапу» на ладони тренера) и быстро занять исходное положение. В четных попытках тренер вне зависимости от качества удара сохранял после него свое положение, а в нечетных — в случае недостаточно точного удара испытуемого наносил ему ответный удар.

Результаты показали, что «ответственные» и «безответственные» движения боксеров существенно отличались по показателям электрической активности мышц и скорости движения бьющей руки. При выполнении ударов в «ответственных» условиях электрическая активность мышц была больше, а скорость движения бьющей руки меньше, чем при выполнении ударов в «безответственных» условиях. В работе ног при выполнении ударов в «ответственных» и «безответственных» условиях различий не наблюдалось.

Аналогичным образом были построены эксперименты с футболистами, выполнявшими удары в цель. Четные и нечетные попытки были разделены на «ответственные» и «безответственные», когда при неудачном выполнении ударов не следовало «наказания».

Таблица 15. Признаки отличия кинематики при **выполнении** преднамеренных и преднамеренно-экспромтных атакующих действий фехтовальщиком высокой квалификации (по показателям ускорений)

Условия выполнения атаки	Антропометрические точки	Фазы движения		
		От начала движения до соприкосновения клинков	От соприкосновения клинков до начала выпада	От начала выпада до укола
Преднамеренные	Кисть	Плavno, без изменений ускорений	Плavno, без изменений ускорений	Плавное нарастание ускорения с достижением максимума в последней трети фазы
	Локоть	Неупорядоченное изменение ускорений в 3 плоскостях	Плavno, без изменений ускорений	Резкое ускорение в сагиттальном направлении с достижением максимума в первой трети фазы
Преднамеренно-экспромтные	Кисть	Неупорядоченное изменение ускорений в 3 плоскостях	Плавное снижение ускорений	Резкое увеличение ускорения в сагиттальном направлении в первой трети фазы
	Локоть	Плavno, безизменений ускорений	Плавное снижение ускорений	Плавное нарастание ускорения в сагиттальном направлении с достижением максимума в последней трети фазы

При выполнении футболистами ударов в «ответственных» и «безответственных» условиях также наблюдались существенные различия в кинематике и электрической активности мышц. Основным отличием являлись достаточно значительные различия в скорости движения стопы: в «ответственных» попытках в сравнении с «безответственными» скорость движения стопы была ниже у неквалифицированных спортсменов на 12-15%, а у квалифицированных — на 5-7%.

У неквалифицированных футболистов при выполнении ударов в «ответственных» условиях наблюдалась более низкая скорость движения тазобедренного сустава в сравнении с ударами, выполняемыми в «безответственных» условиях.

Для ударов, выполняемых в «ответственных» условиях, также характерна меньшая амплитуда движений как у неквалифицированных, так и у квалифицированных футболистов.

В целом результаты данной серии экспериментов показали, что психическое состояние, вызванное условиями, требующими повышения мобилизации спортсменов, отражается на кинематической структуре.

Основные различия связаны с повышением электрической активности мышц и изменением скорости движения основного звена, осуществляющего собственно точностное движение. В подготовительных действиях или наблюдаются незначительные различия, или вообще не наблюдается каких либо различий. По крайней мере это справедливо в отношении квалифицированных спортсменов.

4. 6. Глазодвигательные реакции

Для успешного отражения движущихся объектов важную роль играет согласованность движений глаз (глазодвигательных реакций) при определении параметров полета движущегося объекта и последующих движений звеньев тела, задействованных в его ловле или отбивании. В этих случаях началом двигательного действия является не собственно начало перемещения кинематических цепей, а появление движущегося объекта в поле зрения.

Этот момент можно считать началом премоторной фазы двигательного действия.

Одним из вариантов такой организации двигательных действий является так называемая система «глаз — рука», работа которой, с одной стороны, обеспечивается психофизиологическими факторами, а с другой — средовыми факторами, в том числе и целенаправленной тренировкой.

Ввиду того что при попытках отражения движущихся объектов эффективность выполнения данных действий в значительной мере зависит от правильной координации действий в системе «глаз - рука», то, основываясь на знании закономерностей работы этой системы, можно разработать ряд методических рекомендаций, позволяющих повысить успешность отражения движущихся объектов.

Работа системы «глаз — рука» может зависеть от двух факторов:

- последовательности начала движений глаз и руки;
- соотношения направлений центрального и периферического зрения относительно направления движения руки.

4. 6. 1. Последовательность начала движений в системе «глаз - рука»

Для определения влияния последовательности начала движений глаз и руки на успешность отражения движущихся объектов были проведены специальные эксперименты.

В ходе экспериментов испытуемые отражали рукой теннисные мячи, неожиданно появляющиеся в поле зрения и летящие справа от них на расстоянии вытянутой руки, в следующих условиях. Голова испытуемого фиксировалась при помощи удержания загубника (специально изготовленного для каждого испытуемого), который удерживался челюстями и исключал возможность движения головы.

Движения глаз регистрировались с помощью индукции, возникающей вследствие перемещения серебряных пластин, фиксируемых на глазном яблоке испытуемого, которая регистрировалась индукционными катушками, установленными в области глаз.

Регистрировалось время от момента появления мяча в поле зрения до начала движения глаз, а также (при помощи акселерометрического датчика) время начала движения руки.

Успешность отражения оценивалась по альтернативному признаку (отразил - не отразил). Успешными считались попытки, когда испытуемый касался мяча рукой.

Результаты экспериментов показали, что движения глаз выполнялись с одной и той же задержкой после появления мяча в поле зрения испытуемых вне зависимости от успешности его отражения.

Что касается движений руки, то в удачных попытках отражения мяча наблюдался более короткий интервал во времени между началом движения глаз и началом движения руки, а в неудачных — движение руки начиналось с некоторым запаздыванием относительно начала движения глаз (рис. 61, 62).

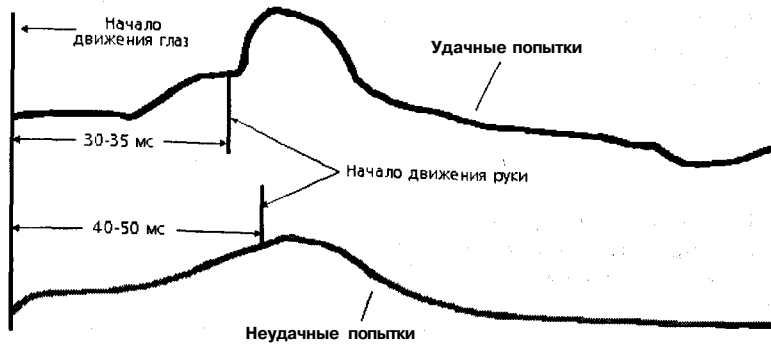


Рис. 61. Паттерн движений глаз и руки при выполнении удачных и неудачных попыток отражения мяча

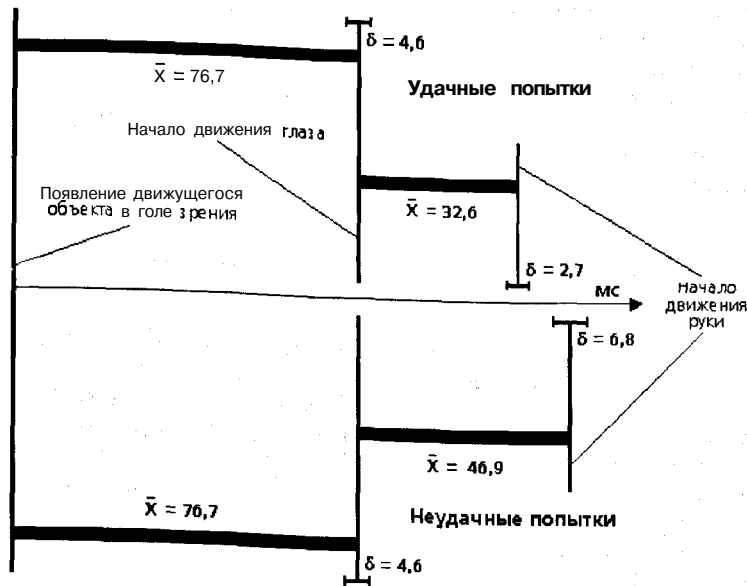


Рис. 62. Хронограмма последовательности движений глаз и руки при выполнении удачных и неудачных попыток отражения мяча

Для оценки влияния соотношения направлений центрального и периферического зрения относительно направления движения руки на успешность отражения мяча в ходе дальнейшего проведения вышеописанных экспериментов испытуемым предлагалось отражать мячи при двух целевых установках:

- стараться сохранить положение глаз после появления мяча в поле зрения;
- проследить по возможности центральным зрением траекторию полета мяча.

Анализ результатов выполнения этих экспериментов показал, что в целом более успешно испытуемые отражали мячи в тех случаях, когда прослеживали траекторию полета мяча. В этих случаях удачным попыткам соответствовало некоторое опережение направления взгляда в точку пространства, где затем происходило соприкосновение руки с мячом. Во всех зарегистрированных попытках движение руки всегда начиналось после движения глаз.

Таким образом, организацию двигательных действий при отражении движущихся объектов можно представить так: движения глаз как бы являются сигналом к началу движения руки, а затем рука движется в точку пространства, где должно произойти соприкосновение с движущимся объектом.

Движение руки может осуществляться в течение разного времени. Особый интерес представляют данные о времени начала и длительности движения руки при выполнении удачных и неудачных попыток отражения мяча.

Ввиду того что существует оптимальная длительность движения руки для успешного отражения движущегося объекта вне зависимости от времени его прослеживания, успешность отражения тесно связана с интервалами времени последовательного начала движений глаз и руки. Время начала движения глаз после появления в поле зрения движущегося объекта практически одно и то же при выполнении удачных и неудачных попыток отражения мяча.

Признаком, который отличает удачные и неудачные попытки отражения мяча, является интервал времени от начала движения глаз до начала движения руки: удачным попыткам соответствуют более короткие интервалы времени.

ГЛАВА V. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТКОСТИ

Изучение индивидуальных особенностей проявления меткости проводилось по нескольким направлениям:

- характеристика меткости и особенностей ее проявления;
- возрастное созревание организма и проявление меткости;
- физические качества и проявление меткости;
- психологические особенности проявления меткости.

5. 1. Меткость как природная способность и особенности ее проявления

5. 1. 1. Генерализованность и специфичность проявления меткости

Анализ результатов выполнения двигательных действий показал, что в одних случаях наблюдалась существенная связь между проявлением испытуемыми точности при выполнении различных заданий, а в других - корреляций между показателями точности или разными показателями кинестезии не обнаружено. Это дало основание предположить, что меткость может проявляться как генерализованно, так и специфично.

5. 1. 1. 1. Генерализованность

Для проверки предположения о генерализованном характере проявления меткости было проведено несколько экспериментов.

В одном эксперименте мальчики 8-9 лет выполняли разнообразные двигательные задания, включающие в себя в том числе и метания предметов, в другом - мальчики и девочки 8-9 лет выполняли метания предметов. Затем рассчитывались корреляции между полученными результатами, причем в виду низкой надежности показателей выполнения двигательных заданий детьми данного возраста при обработке данных дополнительно проводились «коррекции на уменьшение» полученных коэффициентов связи (табл. 16, 17).

Таблица 16. Корреляция показателей точности выполнения двигательных действий мальчиками 8-9 лет (n = 54)

№	Вид двигательных действий	Корреляция, скорректированная на надежность тестов			
		2	3	4	5
1.	Набрасывание кольца на вертикально расположенный стержень	0,62	0,54	0,46	0,47
2.	Метание теннисного мяча в вертикально расположенную мишень		0,81	0,77	0,22
3.	Попадание указкой в цель			0,36	0,30
4.	Воспроизведение усилий (кистевой динамометр)				0,62
5.	Воспроизведение заданной дальности прыжка				

Таблица 17. Корреляции показателей точности метаний разных предметов мальчиками (n = 90) и девочками (n = 79) 12 лет

№	Вид двигательных действий	Мальчики				Девочки			
		2	3	4	5	2	3	4	5
1.	Бросок мяча в баскетбольную корзину	0,66	0,49	0,44	0,53	0,44	0,33	0,66	0,02
2.	Метание теннисного мяча в вертикально расположенную мишень		0,32	0,68	0,42		0,32	0,40	0,24
3.	Метание теннисного мяча в горизонтально расположенную мишень			0,47	0,63			0,49	0,27
4.	Волейбольная верхняя передача мяча через вертикально расположенное кольцо				0,48				0,15
5.	Набрасывание кольца на вертикально расположенный стержень								

Оказалось, что те дети, которые показывали более высокую точность при выполнении одних заданий, были также точнее и при выполнении других видов заданий, то есть проявление меткости носило генерализованный характер.

В дальнейшем были проведены эксперименты со взрослыми

спортсменами - студентами высших учебных заведений, которым предлагалось выполнять разные виды баскетбольных передач мяча. Эти эксперименты показали, что тенденции к генерализованному проявлению меткости при выполнении разных видов баскетбольных передач наблюдались и у баскетболистов, и у занимающихся другими видами спорта (табл. 18).

Таблица 18. Корреляция показателей точности выполнения взрослыми спортсменами различных видов баскетбольных передач мяча

Виды передач	Баскетболисты (n = 100)							Спортсмены других специализаций (n = 211)			
	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5
1	0,60	0,43	0,37	0,50	0,32	0,47	0,32	0,45	0,46	0,43	0,47
2		0,52	0,48	0,56	0,47	0,55	0,42		0,36	0,38	0,56
3			0,53	0,57	0,40	0,53	0,36			0,40	0,51
4				0,41	0,30	0,47	0,34				0,53
5					0,38	0,38	0,36				
6						0,43	0,30				
7							0,42				
8											

Примечание. 1. Двумя руками сверху. 2. Двумя руками от груди в движении. 3. Одной рукой от плеча с места. 4. Двумя руками сверху с места. 5. Одной рукой (левой) от плеча с места. 6. Одной рукой за спиной. 7. Двумя руками сверху в прыжке. 8. Одной рукой сверху в прыжке.

Наличие таких тенденций можно объяснить относительно схожим характером выполнявшихся действий. Поэтому необходимо выяснить, будут ли иметь место взаимосвязи в показателях точности выполнения заданий, отличающихся по характеру движений. Для этого были проведены исследования со взрослыми спортсменами разных спортивных специализаций, которым предлагалось выполнять задания, включающие в себя технические действия из разных видов спорта. В табл. 19 приводятся полученные в результате этих исследований коэффициенты корреляции, скорректированные на «уменьшение».

Установлено, что имеются достаточно тесные связи между показателями точности выполнения заданий, включающих в себя технические действия из разных видов спорта, но отсутствуют корреляции между результатами выполнения спортсменами конкретной специализации специально тренируемых технических действий: у футболистов — ударов по воротам и передач мяча ($r = -0,2$); у баскетболистов — передач и бросков мяча в корзину ($r = 0,2$); у волейболистов — верхних передач и подач мяча ($r = 0,1$).

Таблица 19. Корреляция показателей точности выполнения разных двигательных заданий у спортсменов разных специализаций (приведены данные с коррекцией на надежность тестов)

Испытуемые	Вид заданий	2	3	4	5	6	7
Неспортсмены (n = 183)	1	0,6	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
	2		0,7	0,7	0,9	0,6	0,5
	3			0,6	0,7	0,4	0,4
	4				0,4	0,4	0,3
	5					0,3	0,6
	6						0,6
	7						
Баскетболисты (n = 100)	1	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5
	2		0,2	0,8	0,7	0,6	0,7
	3			0,6	0,6	0,6	0,5
	4				0,7	0,7	0,8
	5					0,6	0,8
	6						0,8
	7						
Волейболисты (n = 38)	1	0,5	0,4	0,8	0,7	0,7	0,6
	2		0,4	0,5	0,5	0,7	0,6
	3			0,5	0,5	0,6	0,8
	4				0,1	0,7	0,6
	5					0,6	0,4
	6						0,6
	7						
Футболисты (n = 59)	1	0,5	0,4	0,7	0,3	0,8	0,5
	2		0,4	0,6	0,5	0,8	0,7
	3			0,3	0,8	0,6	0,6
	4				0,6	0,5	0,4
	5					0,7	0,4
	6						-0,2
	7						

Примечание. 1. Метание теннисного мяча. 2. Бросок мяча в баскетбольную корзину. 3. Баскетбольная передача мяча двумя руками от груди. 4. Волейбольная подача мяча. 5. Волейбольная верхняя передача мяча. 6. Футбольный удар по воротам. 7. Футбольная передача мяча по навесной траектории.

Следовательно, с одной стороны, проявление меткости носит генерализованный характер, а с другой — генерализованность проявления меткости может отсутствовать, что характерно для специально тренируемых действий.

В дальнейших исследованиях было определено, по каким признакам, позволяющим говорить о генерализованности меткости, объединяются точностные движения. По результатам расчетов факторного

анализа (табл. 20) (данные получены в экспериментах со студентами высших учебных заведений) были выделены четыре группы двигательных действий:

Таблица 20. Факторный анализ успешности выполнения различных двигательных действий (испытуемые - студенты высших учебных заведений, n = 83)

№	Вид двигательных действий	Факторный вес		
		0,205	0,341	0,342
1.	Метание дротиков	0,205	0,341	0,342
2.	Прокатывание мяча (латеральные отклонения)	0,211	0,221	0,428
3.	Баскетбольная передача мяча двумя руками от груди	0,306	0,064	0,361
4.	Баскетбольный штрафной бросок мяча двумя руками снизу	0,741	0,256	0,126
5.	Набрасывание колец на стержень	0,683	0,311	0,096
6.	Броски теннисного мяча в баскетбольную корзину	0,641	0,096	0,004
7.	Возвратно-поступательные движения рукой с попаданием указкой в обозначенные на горизонтальной поверхности мишени	0,342	0,561	0,060
8.	Баскетбольное максимально быстрое ведение мяча с попаданием мячом в обозначенные на поверхности мишени	0,284	0,604	0,035
9.	Футбольное максимально быстрое ведение мяча при ограничении оперативного пространства	0,303	0,402	0,286
10.	Стрельба из малокалиберной винтовки	0,004	0,010	0,060

— действия, для качественного выполнения которых необходимо придавать движению правильное начальное направление;

- действия, результат выполнения которых зависит от умения точно выбирать необходимое сочетание направления и скорости движения (метания и броски предметов по навесной траектории);

— действия, требующие проявления быстроты и точности в сочетании;

— действия, точность выполнения которых зависит от умения соблюдать статическое положение (например, стрельба из винтовки).

Следует обратить внимание, что в ходе этих экспериментов при выполнении некоторых заданий учитывалось и время их исполнения, так как этот показатель, исходя из сформулированного ранее правила обратимости двигательных заданий, может качественно характеризовать точностные действия.

Результаты проведенных экспериментов говорят о том, что кроме прослеживаемой генерализованное™ проявления меткости целесообразно выделить разные группы двигательных действий, отличающиеся по целевой направленности и, видимо, по управлению движениями.

При выполнении спортивных двигательных действий, которые специально тренировались, были замечены определенные тенденции к проявлению точности, выходящие за пределы общих закономерностей. Чтобы выяснить, как проявляется меткость при выполнении постоянно тренируемых действий, спортсменам разных спортивных специализаций было предложено выполнить специфические для них задания. В табл. 21 приводятся данные о корреляции показателей точности выполнения спортсменами разных специализаций специфических для них действий.

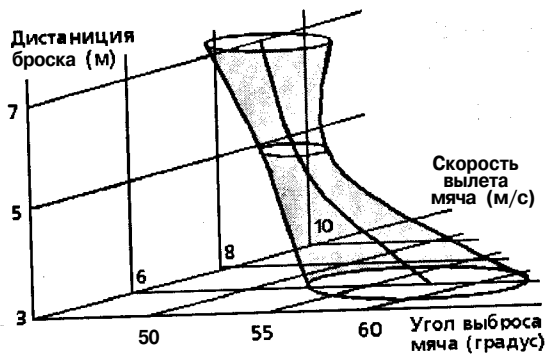
Таблица 21. Корреляция показателей точности выполнения спортсменами разных спортивных специализаций специфических двигательных действий

Характеристика испытуемых	Вид двигательных действий	2	3	4	5
		Футболисты (n = 100), мужчины, 1-й спортивный разряд	1. Удар с 20 м	0,2	0,1
	2. Удар с 11 м		0,26	0,18	0,20
	3. Удар с 10 м после быстрого ведения мяча			0,9	0,1
	4. Навесная передача с 15 м				0,08
	5. Удар головой				
Теннисисты (n = 18), женщины, 1-й спортивный разряд и мастера спорта	1. Подача	0,3	0,21	0,25	
	2. Пласированный удар справа		0,38	0,2	
	3. Пласированный удар слева			0,01	
	4. Навесной удар по заданию на заднюю линию				
Баскетболисты (n = 46), мужчины, 1-й спортивный разряд	1. Штрафной бросок	0,31	0,22	0,21	
	2. Бросок в прыжке с 6 м с места		0,26	0,1	
	3. Бросок в прыжке с 6 м после ведения			0,23	
	4. Передача двумя руками снизу				

Прослеживается отсутствие сколь либо существенных корреляций показателей точности выполнения двигательных действий, даже очень близких по структуре. По-видимому, это является следствием того, что проявление меткости при выполнении специально тренируемых действий очень специализировано. Об этом свидетельствует то, что наблюдается отсутствие корреляции показателей точности ударов с дальней и ближней дистанции у футболистов, показателей точности бросков с места и в движении у баскетболистов, показателей точности пласированных и навесных ударов у теннисисток.

Изложенные факты подтверждаются характером изменения точности в зависимости от дистанции, с которой баскетболисты выпол-

няют броски мяча в корзину. На зависимости «точность – дистанция бросков» четко выделяются «излюбленные точки» basketболистов специально тренируемые броски мяча с места с определенных расстояний и штрафные броски (рис. 63, 64).



Наименьшая дисперсия параметров выброса мяча наблюдается на дистанции штрафного броска, который подвергается специальной тренировке

Рис. 63. Параметры вылета мяча при выполнении basketболистами бросков мяча в корзину с разных дистанций (по результатам импульсной стробоскопической фотосъемки)

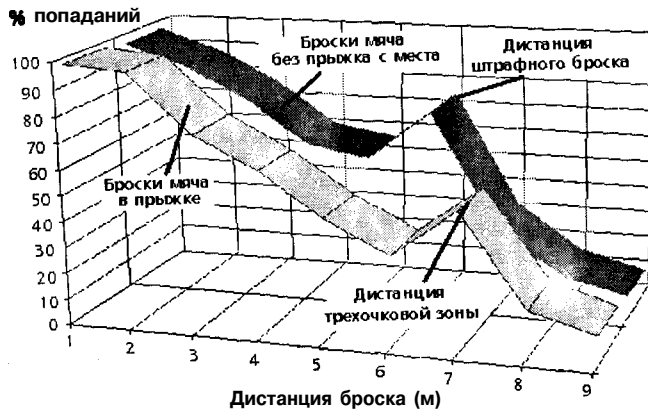


Рис. 64. Индивидуальные показатели зависимости точности выполнения basketболистами бросков мяча в корзину от дистанции

Следовательно, меткость проявляется специфично при выполнении тех или иных специально тренируемых двигательных действий, даже если эти действия близки по характеру движений. Это дает основание ставить вопрос о том, имеет ли место перенос тренированности или нет, и если имеет, то каким образом проявляется?

Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что меткость может проявляться генерализованно и специфично. Специфичность проявления меткости наблюдается при выполнении специально тренируемых двигательных действий. Генерализованный характер проявления меткости, по-видимому, объясняется двумя факторами: наследственностью и общей двигательной подготовленностью.

5. 1. 2. Онтогенез и филогенез меткости

5. 1. 2. 1. Наследственность

Немногочисленные и неполные прямые и косвенные данные, полученные в разных специальных научных областях, говорят о том, что меткость может находиться под генетическим контролем. Для получения информации о наличии или отсутствии наследственного воздействия на меткость были проведены специальные исследования, в которых принимали участие моно- и дизиготные близнецы.

Результаты этих исследований (табл. 22) свидетельствуют о нали-

Таблица 22. Степень влияния фактора наследственности на проявление меткости

Вид двигательных действий	Испытуемые	Коэффициент Холцингера (с коррекцией на надежность тестов)
Отражение летящего мяча	6 пар МЗ 10-13 лет 10 пар ДЗ 11-16 лет	0,82
Катание обруча на заданное расстояние с обратным вращением (художественная гимнастика)	3 пары МЗ 17-19 лет 5 пар ДЗ 17-20 лет	0,76
Жонглирование булавами (художественная гимнастика)	3 пары МЗ 17-19 лет 5 пар ДЗ 17-20 лет	0,74
Броски теннисного мяча в цель	8 пар МЗ 10-19 лет 18 пар ДЗ 11-20 лет	0,72
Ловля теннисного мяча	6 пар МЗ 10-13 лет 10 пар ДЗ 11-16 лет	0,63
Броски мяча в basketбольную корзину	7 пар МЗ 16-21 год 6 пар ДЗ 17-19 лет	0,80

Примечание. МЗ - монозиготные близнецы. ДЗ - дизиготные близнецы.

ции высокой степени наследуемости меткости, так как значения коэффициентов наследуемости хорошо воспроизводятся для разных двигательных заданий (от 0,63 до 0,82). При введении коррекции на надежность результатов выполнения двигательных заданий степень наследуемости даже значительно выше, чем отмечалось ранее другими исследователями.

Таким образом, можно констатировать, что меткость в значительной мере детерминирована наследственностью (в пределах от 50 до 70%). Степень наследуемости, очевидно, можно рассматривать как одаренность к выполнению точностных движений.

Наличие наследуемости меткости не исключает вклада в качество выполнения двигательных действий общей двигательной подготовленности. Поэтому правомерно ставить вопрос, подвержены ли наследственности темпы обучения точностным движениям и если да, то в какой степени.

5.1.2.2. Общая двигательная подготовленность

Для определения вклада общей двигательной подготовленности в уровень проявления меткости были проведены эксперименты, в которых студентам высших учебных заведений (систематически занимающимся и не занимающимся спортом) предлагалось выполнять задания на точность выполнения метаний и бросков мяча и ударов по мячу ногой.

Рассматривались по две градации факторов в трех вариантах:

а) принадлежность испытуемых к одной из групп с точки зрения здоровья (медицинской или так называемой основной);

б) отношение к занятиям спортом (систематически занимающиеся и не занимающиеся);

в) спортивная специализация (лыжный спорт, гимнастика, спортивные игры и др.).

Для каждой варианта рассчитывались однофакторные дисперсионные анализы (табл. 23).

Анализ результатов данных исследований показал, что специфика общей двигательной подготовленности определенным образом оказывает влияние на точность двигательных действий. Общее состояние здоровья не оказывает влияния на проявление меткости, если для выполнения двигательных действий не требуется особого уровня развития физических качеств. Таким образом, уровень проявления меткости кроме наследуемых факторов определяется и уровнем общей двигательной подготовленности, но вклад этого фактора в сравнении с другими относительно невелик.

Таблица 23. Вклад факторов принадлежности к группам разной двигательной подготовленности и спортивной специализации в точность выполнения двигательных действий (в % по дисперсионному анализу)

Вид двигательных действий	Критерии		
	Принадлежность к группам		Разные спортивные специализации
	Медицинская и основная	Занимающиеся и не занимающиеся спортом	
1. Волейбольная передача мяча	-	11	10
2. Футбольный удар с 11 м	8	8	8 (без футболистов)
3. Футбольный удар с посылком мяча по навесной траектории	2	7	6
4. Баскетбольный штрафной бросок	3	10	7 (без баскетболистов)
5. Метание теннисного мяча	1	6	5

5.1.2.3. Соотношение вклада специальной подготовки и одаренности в точность выполнения спортивных действий

Оценка вклада специальной подготовки (тренировки) в точность выполнения спортивных двигательных действий может зависеть от многих факторов, в том числе и от текущего момента тренировки. Такая оценка в определенной мере могла бы говорить о степени важности меткости для проявления точности при выполнении различных двигательных действий.

Для изучения соотношения вклада тренировки и меткости в точность выполнения двигательных действий были проведены эксперименты, в которых испытуемые разного возраста и спортивной специализации выполняли различные задания, требующие проявления точности.

По трехфакторному дисперсионному анализу сопоставлялось влияние следующих факторов:

а) тренировки (с учетом возраста, стажа занятий спортом и квалификации испытуемых);

б) меткости;

в) прочих факторов.

Результаты вышеописанных экспериментов показывают, что мет-

кость дает наиболее высокий вклад в уровень проявления точности при выполнении спортивных двигательных действий, особенно тех действий, которые в меньшей степени специально тренировались (табл. 24).

Сопоставление вкладов в уровень точности выполнения двигательных действий специальной подготовки (тренировки) и меткости показало, что их соотношение зависит от возраста и стажа занятий конкретным видом спорта. В детском возрасте в наибольшей степени сказываются именно меткостные способности.

Таблица 24. Соотношение вклада тренировки и меткости в точность выполнения разных спортивных двигательных действий (в % по дисперсионному анализу)

Вид двигательных действий	Факторы	Возраст, стаж занятий спортом и квалификация испытуемых		
		11 лет; 1-3 года (n=45)	14 лет; 3-5 лет (n=38)	17-21 год; МС, КМС, 1-й разряд (n=30)
Теннис - женщины	А	24	50	71
	Б	20	18	3
	В	56	32	26
1. Подача	А	15	37	60
	Б	24	21	12
	В	60	42	28
2. Навесной удар на заднюю линию	А	11 лет; 1-2 года (n=11)	14 лет; 2-4 года (n=14)	17-21 год; 5-7 лет (n=12)
	Б	9	21	46
	В	65	45	11
1. Ловля мяча	А	26	34	43
	Б	20	36	48
	В	31	26	16
2. Броски на точность	А	49	38	38
	Б	15 лет; 1-3 года (n=28)	17-21 год; 3-5 лет, 1-й разряд (n=31)	20-28; 7-11 лет, МС, КМС (n=34)
	В	31	26	16
Баскетболисты - мужчины	А	31	41	43
	Б	61	41	36
	В	28	28	2
1. Бросок мяча в корзину в прыжке с места	А	7	26	24
	Б	35	23	24
	В	58	51	52
2. Передачи мяча в движущуюся мишень	А	31	41	43
	Б	61	41	36
	В	28	28	2

Примечание. А - тренировка (с учетом возраста, стажа занятий спортом и квалификации). Б - одаренность в меткости. В - прочие факторы. МС - мастер спорта. КМС - кандидат в мастера спорта.

5.1.3. Вклад меткости в точность выполнения специально тренируемых спортивных действий

Как было показано, меткость находится под генетическим контролем и носит генерализованный характер. В то же время ее проявление специфично при выполнении конкретных спортивных двигательных действий и зависит от уровня тренированности.

Следовательно, меткость, которая может быть оценена при выполнении специально нетренируемых заданий, можно рассматривать как двигательный потенциал для достижения соответствующего уровня точности при выполнении двигательных действий. В этом случае корреляция между уровнем оцениваемой меткости и уровнем точности выполнения конкретного действия будет говорить о степени вклада меткости в уровень проявления точности.

В результате расчета корреляций между показателями, характеризующими меткость, и точность выполнения спортсменами различных специализаций специфических для них двигательных действий был определен вклад меткости в уровень проявления точности при выполнении специально тренируемых действий (табл. 25).

Результаты исследований показывают, что точность двигательных действий определяется меткостью, общей двигательной подготовленностью и степенью тренированности конкретного действия.

Таблица 25. Вклад меткости в уровень проявления точности (быстроты и точности) при выполнении спортсменами различных специализаций специфических двигательных действий (на основе расчета коэффициента детерминации)

Вид спорта	Вид двигательных действий	Характеристика испытуемых	Коэффициент детерминации (%)
Баскетбол	1. Штрафной бросок	Мужчины (n = 64), 1-й разряд	30
	2. Передача мяча		60
	3. Ловля мяча		42
	4. Ведение мяча		36
Футбол	1. Удар по воротам	Мужчины (n = 71), 1-й разряд	21
	2. Навесная передача		29
	3. Ведение мяча		35
	4. Прием мяча		32
Гандбол	1. Бросок по воротам	Мужчины (n = 45), 1-й разряд	26
Теннис	1. Подача	Женщины (n = 28), 1-й разряд	9
	2. Удары слева и справа		11
	3. Навесной удар		25

Примечание. Качество выполнения двигательных действий определялось на основе оценки реализационной эффективности техники по методу регрессионных остатков.

Вклад меткости, обусловленный генетическими факторами, в уровень точности выполнения специально тренируемых действий весьма значителен и зависит от характера действий и уровня тренировки: величина его тем больше, чем менее тренируемо было соответствующее действие.

Вклад меткости изменяется в зависимости от двух последовательных составляющих: стажа занятий и спортивного мастерства.

В ряде видов спорта вклад меткости в уровень проявления точности настолько велик, что при определении спортивной одаренности наряду с оценкой различных двигательных качеств целесообразно также проводить и специальную оценку меткостных способностей.

5. 2. Возрастная динамика точности выполнения двигательных действий

Возрастная динамика анатомо-физиологического развития предполагает разную степень созревания отдельных функций организма и разные возможности обучения двигательным заданиям, обусловленные требованиями к кинестезии, двигательным качествам, антропометрическим показателям. Исследования в области детско-юношеского спорта показали на тесное взаимодействие развития двигательных качеств и психомоторики с уровнем и качеством эффективности освоения и выполнения спортивных технических действий.

Что касается попыток выявления общих закономерностей возрастной динамики точностных движений, то здесь данные существенно отличаются. В одних случаях наблюдались существенные изменения с характерными сдвигами в определенных возрастах, в других не прослеживалось какой-либо динамики, но было подмечено, что возрастные особенности сказываются как на абсолютной величине показателей точности, так и на некоторых качественных моментах.

Изучение нами данного вопроса позволило сделать вывод, что практически нет общей возрастной динамики, отражающей закономерность для различных двигательных действий. По-видимому, это объясняется тем, что точностные движения отличаются с точки зрения восприятия цели, что отражается на их организации. В первую очередь это связано с характером поведения цели, которая может быть подвижной или неподвижной, а также с особенностями зрительного контроля различных параметров положения и движения цели.

Рассмотрим несколько примеров движений, построение которых должно предусматривать различные формы организации управления (метания предметов по прямолинейной и навесной траектории; действия, требующие проявления быстроты и точности в сочетании).

В тех случаях, когда точность метаний определяется только пра-

вильностью придания предмету направления движения в момент его выброса, имеют место зависимости, довольно близкие к линейным, с некоторыми особенностями динамики точности в пубертатном периоде (рис. 65).

Если рассматривать возрастную динамику точности метаний по навесным траекториям, когда вероятность попадания в цель в большей мере зависит от правильности сочетания начальной скорости и угла выброса предмета, то здесь наблюдается существенно отличающаяся картина. Заметный прирост показателей точности имеет место только до 10-12 лет (рис. 66). К этому времени двигательный аппарат созревает настолько, что делает возможным выполнение детьми подобных заданий наравне со взрослыми

Регистрация характеристик траекторий полета мяча при выполнении баскетболистами разного возраста и квалификации бросков мяча в корзину позволила выделить некоторые особенности динамики точности (рис. 67).

Анализ показал отсутствие статистически существенных различий для показателей скорости и угла вылета мяча, для средних значений

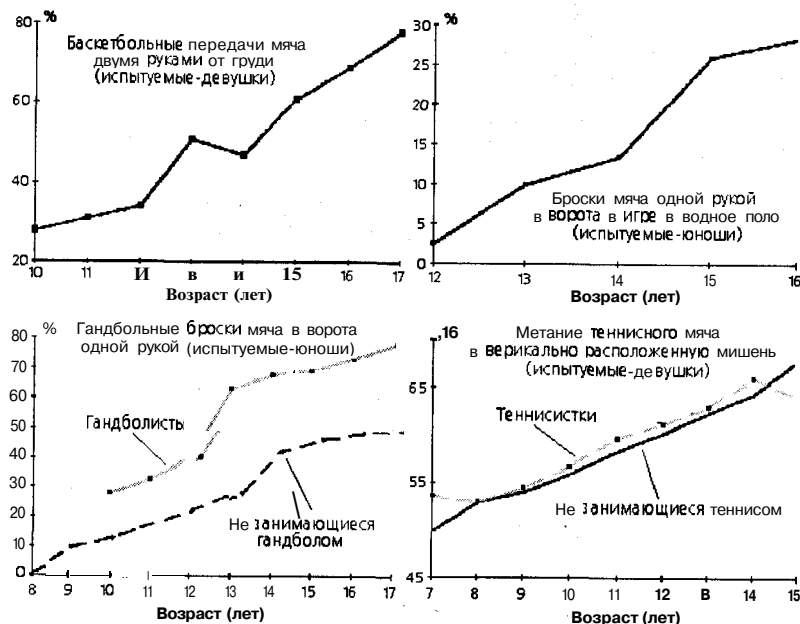


Рис. 65. Возрастная динамика точности метаний предметов по прямолинейной траектории

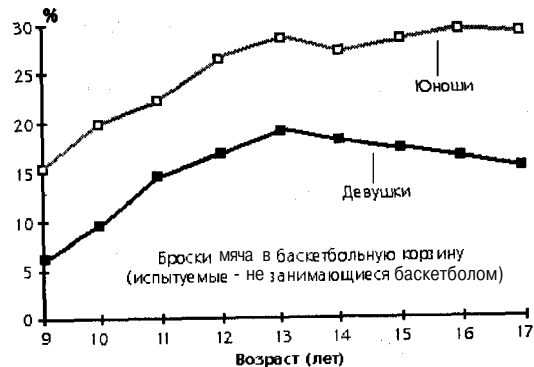


Рис. 66. Возрастная динамика точности метаний предметов по навесной траектории

и вариативности, при сравнении удачных и неудачных попыток и при сравнении показателей высококвалифицированных спортсменов и юношей (табл. 26).

Угол наклона зависимости вероятности попаданий от дистанции изменяется до 11 лет, что говорит об изменении точности выброса предметов при изменении требований к мощности движения.

Дети 11-12 лет наравне со взрослыми способны дифференцировать отдельные параметры броска мяча (начальную скорость и угла выброса). Это говорит о том, что точность выполнения бросков определяется именно правильным выбором сочетания необходимых начальной скорости и угла выброса мяча.

Начиная с 11 лет при выполнении баскетбольных штрафных бросков наблюдается одинаковая вариативность по скорости и углу выброса мяча и у детей, и у юношей, и у баскетболистов высокого класса. При этом выбор сочетания угла и скорости выброса мяча у детей зна-

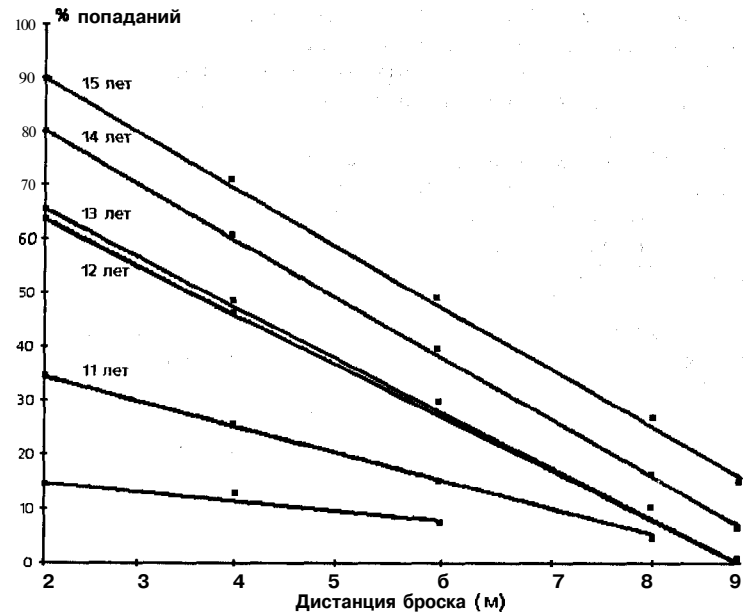


Рис. 67. Вероятность попадания при выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину в зависимости от дистанции

Таблица 26. Вариативность угла (градус) и скорости (м/с) выброса мяча при выполнении баскетболистами штрафных бросков (по результатам импульсной стробоскопической фотосъемки)

Показатели	Параметры		Квалифицированные спортсмены		Юноши 11-12 лет	
			Попадания	Промахи	Попадания	Промахи
Общие средние средних	Скорость выброса мяча (м/с)	X 6	7,2 0,24	7,2 0,24	7,2 0,23	7,2 0,24
	Угол выброса мяча (градус)	X 6	52,4 2,5	52, 2,4	51,9 2,4	52,0 2,5
Межиндивидуальный размах средних	Скорость выброса мяча (м/с)	X 5	7,1 0,22	7,3 0,28	7,1 0,21	7,3 0,28
	Угол выброса мяча (градус)	X 6	51,5 1,8	52,9 2,8	51,8 1,7	53,0 2,8

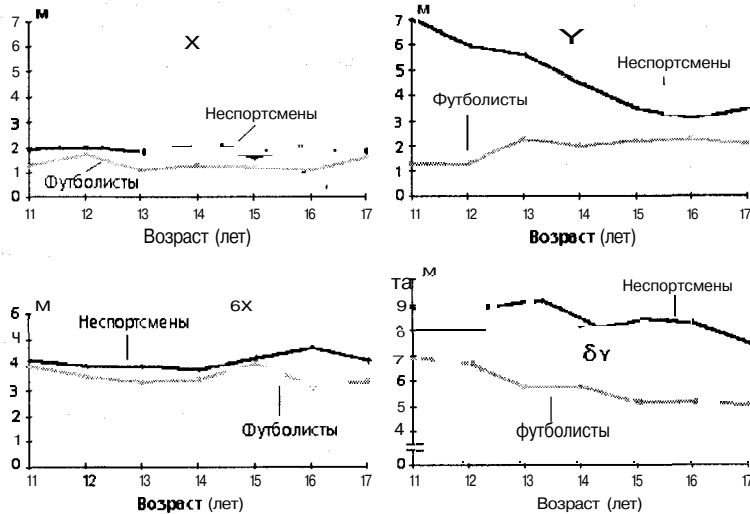
чительно более вариативен и часто не соответствует необходимым требованиям для попадания мяча в цель.

На характер возрастной динамики точности могут влиять также особенности координационной сложности самих двигательных действий (см. рис. 66).

Различия в возрастной динамике точности выполнения двигательных действий, связанных с посылком предметов в цель по навесной траектории, подтверждаются при анализе ошибок в сагиттальном и латеральном направлениях, имеющих место при выполнении футболистами 11-17 лет ударов в цель с посылком мяча по навесной траектории (рис. 68, 69). Обращает на себя внимание следующее:

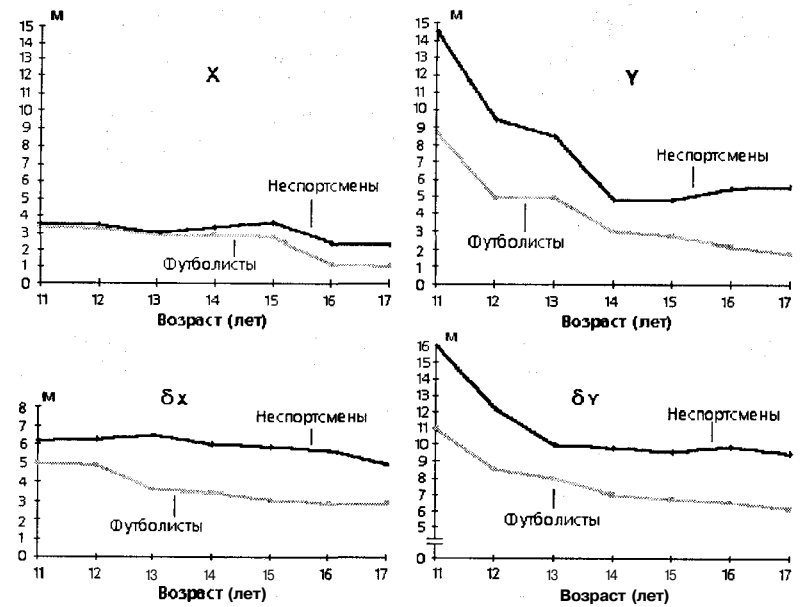
- в латеральном направлении систематические и случайные ошибки при выполнении ударов, требующих проявления значительной мощности, сохраняются от 11 до 17 лет;

- в сагиттальном направлении происходят существенные изменения показателей систематических и случайных ошибок с возрастом;



Примечание. X — систематическая ошибка в латеральном направлении.
 δx — кучность в латеральном направлении.
 Y — систематическая ошибка в сагиттальном направлении.
 δy — кучность в сагиттальном направлении.

Рис. 68. Возрастная динамика точности футбольных ударов ногой с 9 м с посылком мяча по навесной траектории в горизонтально расположенную мишень



Примечание. X — систематическая ошибка в латеральном направлении.
 δx — кучность в латеральном направлении.
 Y — систематическая ошибка в сагиттальном направлении.
 δy — кучность в сагиттальном направлении.

Рис. 69. Возрастная динамика точности выполнения футбольных ударов ногой с 16 м с посылком мяча по навесной траектории в горизонтально расположенную мишень

— на возрастной динамике точности ударов отражается степень требований к мощности движения и степень владения навыком.

На возрастной динамике показателей выполнения двигательных действий, требующих проявления точности и быстроты в сочетании, отражаются уровень развития скоростных способностей и те требования, которые предъявляются к точности движений (рис. 70, 71, 72, 73).

Все это дает основание говорить о том, что возрастная динамика точности двигательных действий должна рассматриваться в связи с требованиями, предъявляемыми к точности движений, и условиями выполнения данных действий.

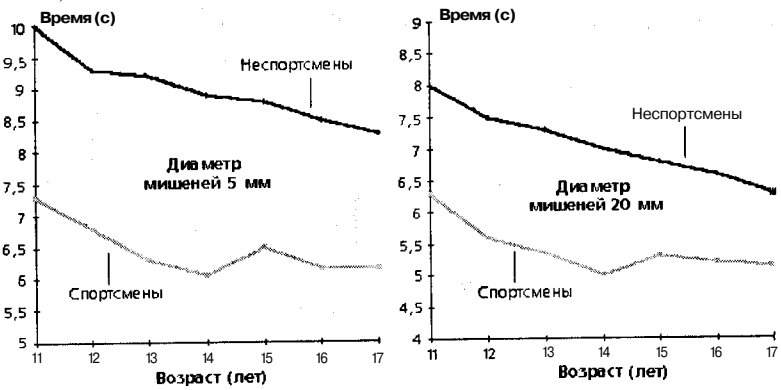


Рис. 70. Возрастная динамика времени выполнения возвратно-поступательных движений рукой с амплитудой 100мм при разных требованиях к точности попадания указкой в мишени

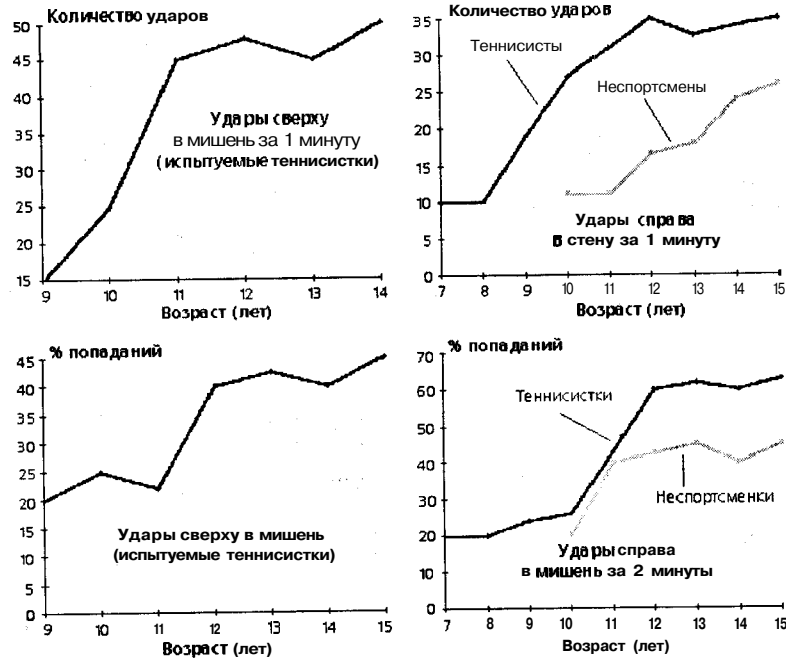


Рис. 71. Возрастная динамика показателей темпа и точности выполнения ударов в настольном теннисе

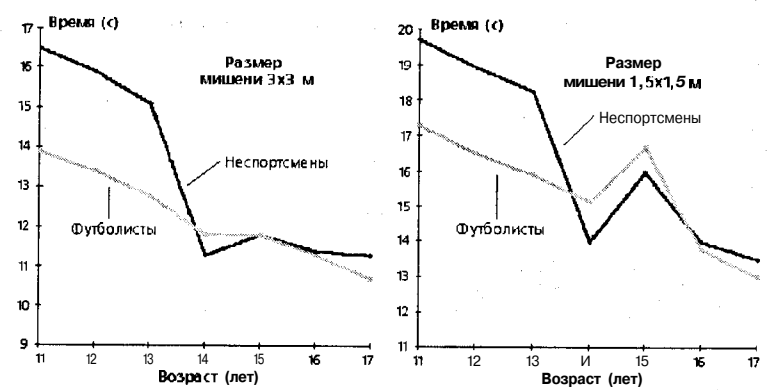


Рис. 72. Возрастная динамика времени выполнения футбольных передач ногой с 9м с посылкой мяча по навесной траектории в мишени разного размера, обозначенные на поверхности поля

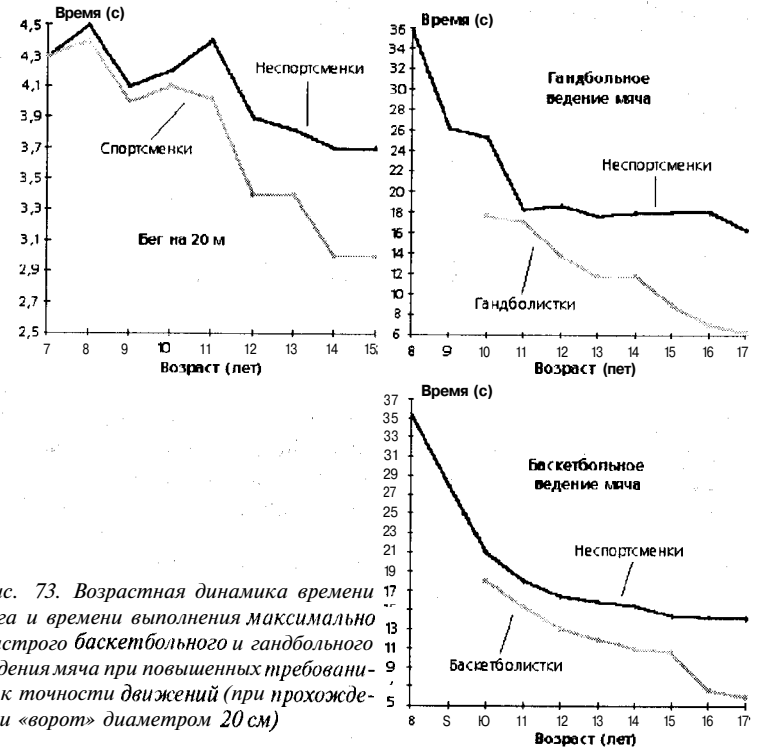


Рис. 73. Возрастная динамика времени бега и времени выполнения максимально быстро баскетбольного и гандбольного ведения мяча при повышенных требованиях к точности движений (при прохождении «ворот» диаметром 20 см)

5. 2. 1. Соотношение возрастной динамики двигательных качеств и точности двигательных действий

Возрастные темпы прироста скоростно-силовых качеств в значительной мере совпадают с темпами прироста показателей точности выполнения простых двигательных действий, когда требуется проявление скоростно-силовых качеств (рис. 74).

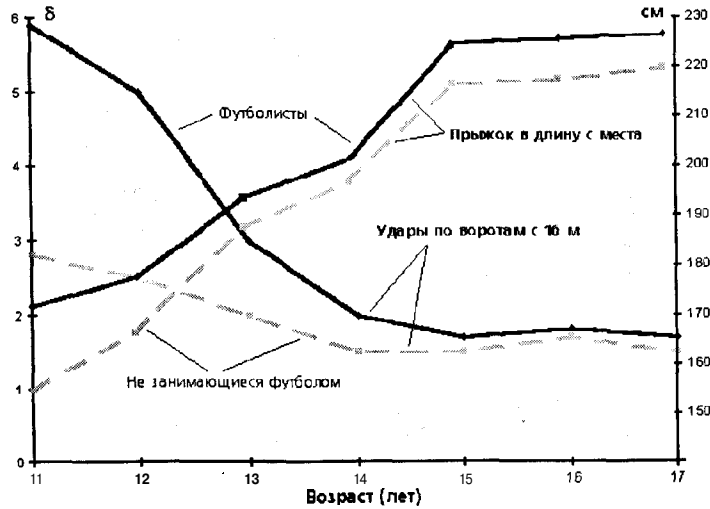


Рис. 74. Возрастная динамика показателей скоростно-силовых качеств и точности выполнения двигательных действий, требующих проявления скоростно-силовых качеств

Что касается двигательных действий, при выполнении которых необходимо проявление быстроты и точности в сочетании (рис. 75), то здесь наблюдается совпадение возрастной динамики с показателями выполнения двигательных заданий, отражающими способности проявлять одновременно быстроту и точность при выполнении элементарных движений.

Рассматривая возрастную динамику показателей выполнения темповых движений, можно заметить, что, начиная по крайней мере с 11 лет дети могут выполнять движения с такой частотой, как и в старшем возрасте.

В возрастной динамике показателей выполнения темповых движений, требующих проявления целевой точности, наблюдаются характерные особенности, которые определяются владением специальными двигательными навыками (рис. 76).

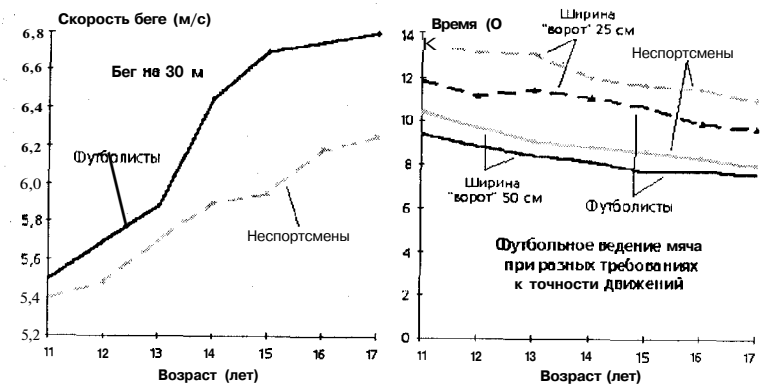


Рис. 75. Возрастная динамика скорости бега на 30 м времени выполнения футбольного ведения мяча при разных требованиях к точности движений (при прохождении "ворот" разной ширины)

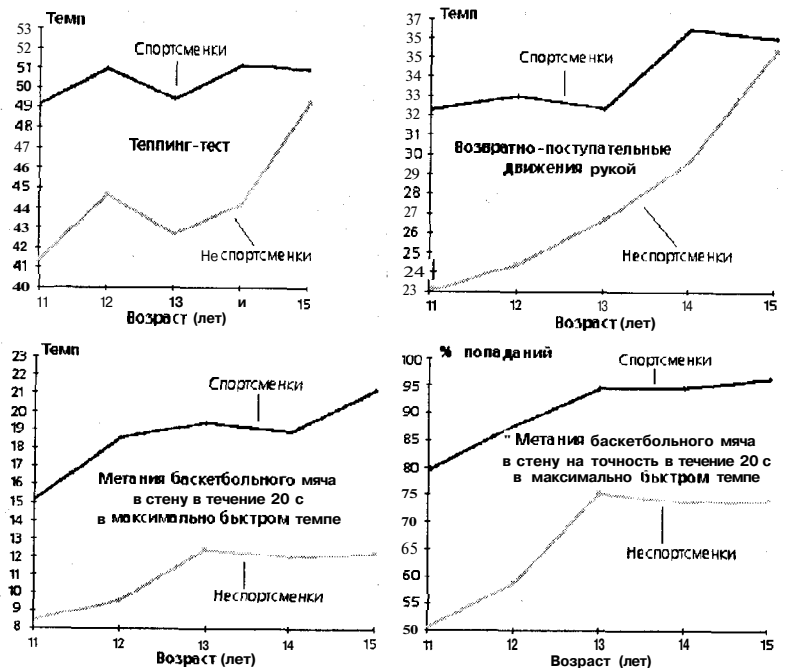


Рис. 76. Возрастная динамика показателей выполнения темповых движений

5. 2. 2. Двигательные навыки и точность

Становится очевидным, что на возрастной динамике точности выполнения двигательных действий отражается характер созревания организма в плане готовности человека к освоению различных по координационной сложности двигательных навыков. Это хорошо иллюстрируют данные, показывающие изменение с возрастом степени корреляций разных показателей двигательных качеств с уровнем технического мастерства спортсменов (рис. 77, 78, 79).

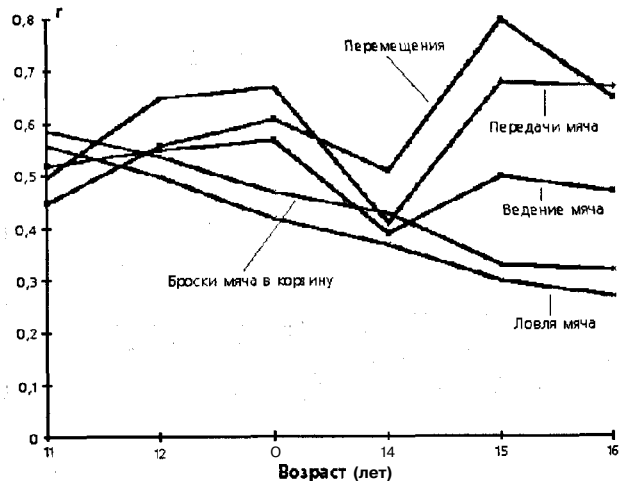


Рис. 77. Возрастная динамика показателей множественных корреляций успешности выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности в сочетании, с показателями реализационной эффективности технического мастерства (на основе оценки по регрессионным остаткам) у девушек-баскетболисток

Для показателей уровня владения двигательным навыком, в свою очередь, присуща специфическая возрастная динамика, которая отличается по своему характеру в каждом конкретном случае. Это можно проследить на примере изменения технического мастерства в зависимости от возраста, которое оценивалось на основе сопоставления времени выполнения двигательных действий при разных требованиях к точности их исполнения (рис. 80.) Изменение уровня техники исполнения тех или иных видов действий с возрастом в значительной мере зависит от неравномерного развития двигательного аппарата, морфологии, физических качеств и др.

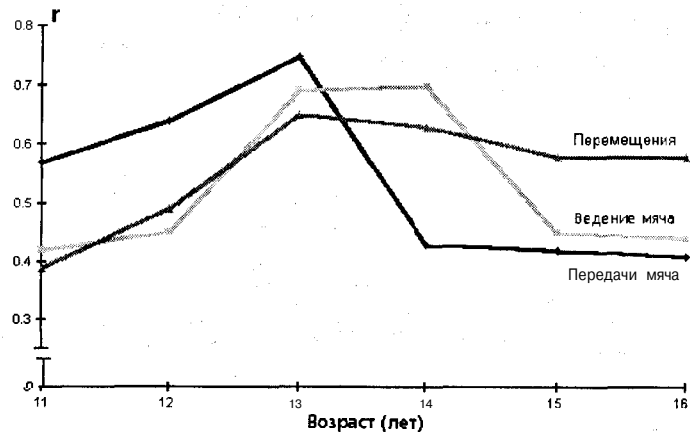


Рис. 78. Возрастная динамика показателей множественных корреляций успешности выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты, с показателями реализационной эффективности технического мастерства (на основе оценки по регрессионным остаткам) у девушек-баскетболисток

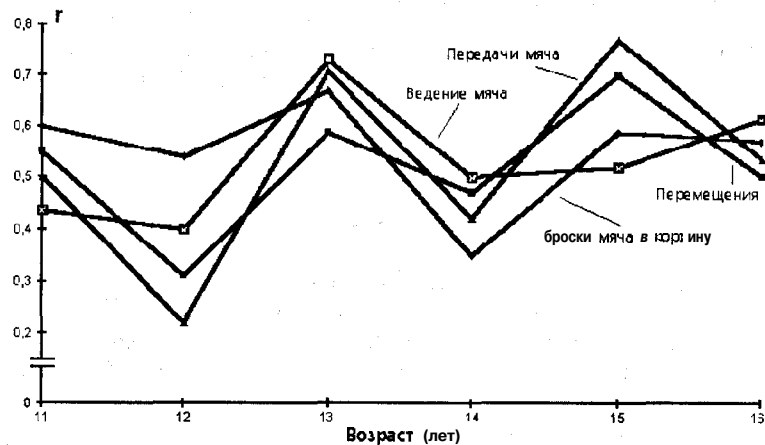


Рис. 79. Возрастная динамика показателей множественных корреляций показателей меткости с показателями реализационной эффективности технического мастерства (на основе оценки по регрессионным остаткам) у девушек-баскетболисток

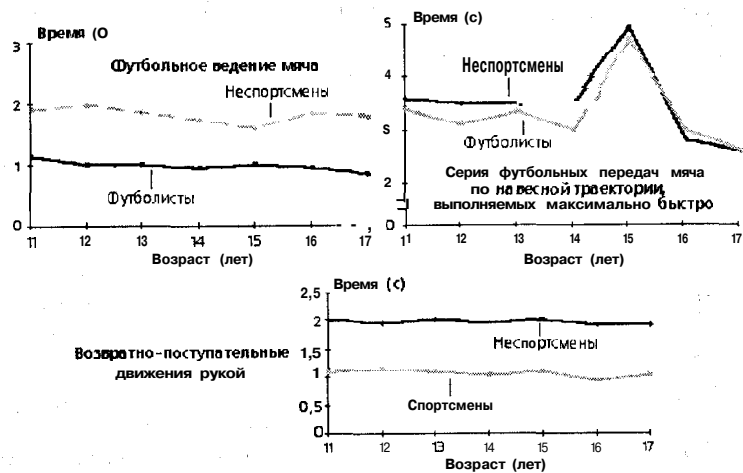


Рис. 80. Возрастная динамика показателей, характеризующих технику выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности в сочетании

5. 2. 3. Точность и психомоторика

Особый интерес в плане связи точности движений с психомоторикой представляют двигательные действия, при выполнении которых предъявляются повышенные требования к психомоторике (ловля и отражение движущихся объектов; поражение движущейся цели; действия, требующие проявления точности в изменяющихся условиях).

Какбыло показано выше, зависимость вероятности отражения движущегося объекта от времени его прослеживания носит характер, близкий к линейному (см. главу 3). Рассмотрим, как при линейной аппроксимации ведут себя константы, характеризующие эту зависимость в возрастном аспекте (рис. 81).

Исследования показали, что в количественной характеристике прироста успешности отражения движущегося объекта можно выделить три этапа:

- первый — до 9 лет;
- второй — до 14 лет у девочек и 15 лет у мальчиков, когда возможности детей отражать движущиеся объекты плавно улучшаются;
- третий — резкий подъем в развитии способностей отражать движущиеся объекты в 15 лет у девочек и в 16 лет и старше у юношей (рис. 82).

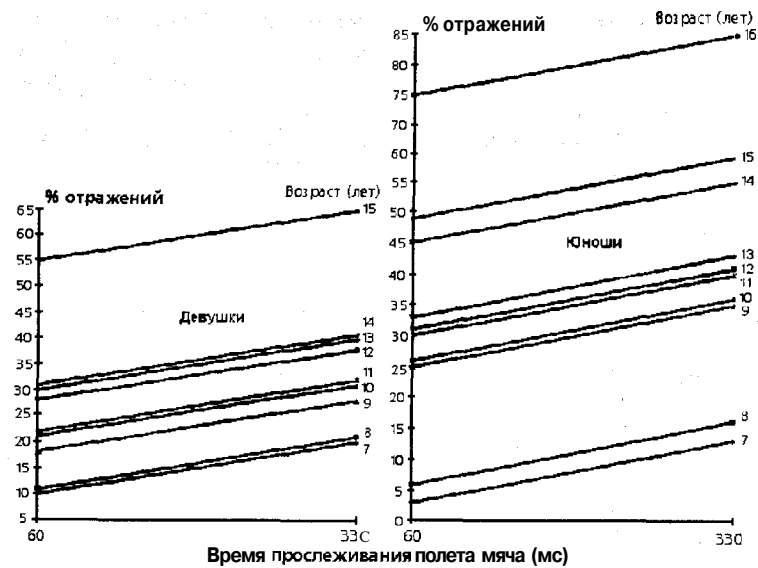


Рис. 81. Зависимость успешности отражения движущихся объектов от времени их прослеживания в различном возрасте (линейная аппроксимация)

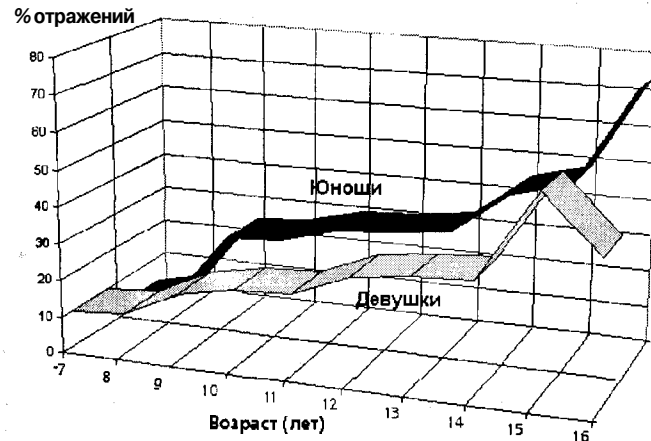


Рис. 82. Возрастная динамика вероятности отражения движущихся объектов у девочек и юношей

Что касается качественных изменений, связанных с темпами пророста успешности отражения движущихся объектов в зависимости от времени их прослеживания, то эти характеристики стабильны для всех возрастных групп.

В половом плане имеют место два существенных отличия:

- период бурного развития способности отражать движущийся объект у девочек начинается несколько раньше, чем у мальчиков;
- изменение длительности прослеживания движущегося объекта сильнее отражается на успешности его отражения у мальчиков, чем у девочек.

Успешность ловли движущихся объектов в значительной мере необходимо рассматривать как следствие механического взаимодействия звена, выполняющего ловлю движущегося объекта, с этим объектом. Поэтому возрастная динамика успешности ловли движущихся объектов (рис. 83) отражает именно эту характеристику, тем более что не наблюдается качественных различий в характере динамики успешности ловли движущихся объектов у спортсменов и неспортсменов. Наиболее заметно выделяются период 9-12 лет и пубертатный период.

Аналогичная картина наблюдается и для возрастной динамики точности метаний в подвижную цель, где относительно планомерное развитие точности приходится на возраст 9-10 лет (рис. 84).

Наблюдаемые существенные изменения в 9-10 лет и в пубертатном периоде в успешности ловли и отражения движущихся объектов могут объясняться с двух позиций: как следствие перемен в психомоторике и резких изменений морфологического характера, меняющих состояние двигательного аппарата.

Сопоставление возрастной динамики показателей зрительных реакций и динамики качественных показателей выполнения двигатель-

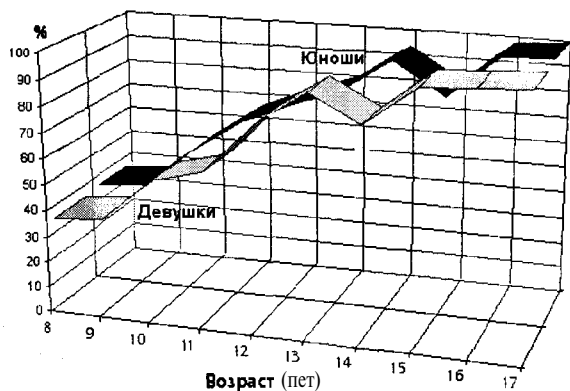


Рис. 83. Возрастная динамика успешности ловли движущихся объектов у девушек и юношей

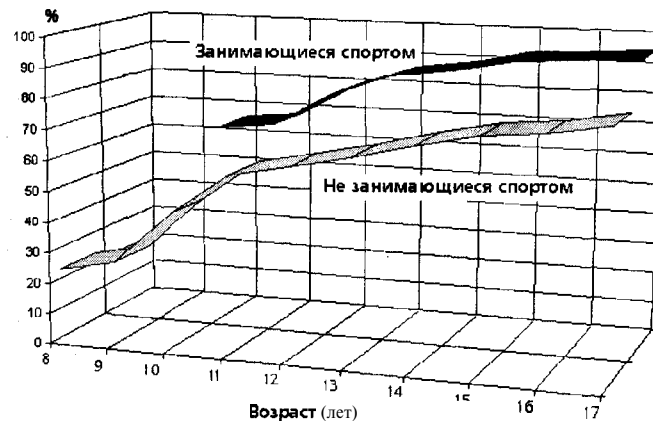


Рис. 84. Возрастная динамика точности метаний предметов в подвижную цель

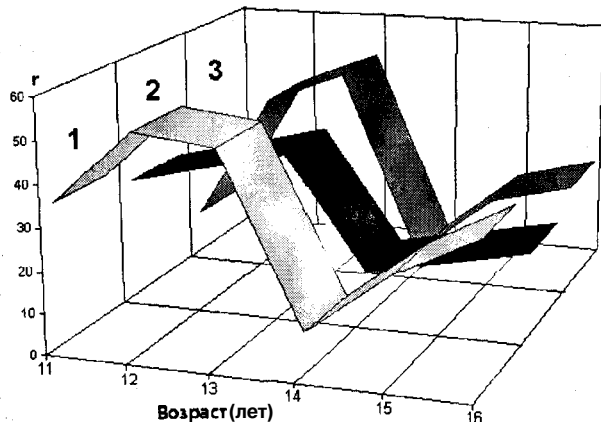
ных действий в ответ на зрительные стимулы позволило бы в определенной мере оценить степень вклада развития сенсорных систем в возможность успешно выполнять сложнокоординированные действия.

Чтобы провести такое сопоставление, испытуемым было предложено выполнить следующее задание: максимально быстро перемещаться, выполняя баскетбольное ведение мяча с заданной точностью движений, и при этом реагировать на зрительные сигналы и в соответствии с ними изменять характер ведения или направление перемещения (рис. 85).

Сопоставление возрастной динамики показателей зрительных реакций, времени выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности в сочетании, и показателей частоты движений показывает следующее:

1. Абсолютные показатели проявления быстроты и точности в сочетании совпадают с изменением кинематических характеристик в период, соответствующий пубертатному, и не имеют каких-либо совпадений с возрастной динамикой показателей зрительных реакций.
2. В возрасте 11 лет у мальчиков наблюдается совпадение динамики показателей зрительных реакций с динамикой кинематических характеристик.

Корреляционный анализ показателей зрительных реакций и кинематики двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности, показал, что именно особенности индивидуального характера, следовательно и индивидуального развития зрительных реакций, определяют точность движений в 11-12 лет. В пубертатный период изменение точности действий связано с изменениями морфофункционального характера, а не с изменениями показателей двигательных реакций.



Примечание. 1. Простая реакция на световой сигнал и время реагирования на сигнал в ходе ведения мяча. 2. Сложная двигательная реакция и время реагирования на сигнал в ходе ведения мяча, когда требовалось выбрать решение об изменении направления перемещения. 3. Простая двигательная реакция и изменение частоты ударов мяча о пол в ходе ведения (по показателям времени одного цикла).

Рис. 85. Возрастная динамика корреляций между показателями психомоторики и успешностью выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности движений и одновременно быстроты реагирования на зрительные сигналы

5. 3. Точность движений и физические качества

При попытках оценить взаимосвязь точности выполнения двигательных действий и возможностей проявлять различные физические качества у исследователей наблюдались принципиально различные результаты. В одних случаях обнаруживалась корреляция между показателями силы, выносливости с точностью движений, в других - ее не находили. Ввиду этого, а также, видимо, вследствие того что исследования данного вопроса носили фрагментарный характер, не было сформулировано общее заключение относительно возможного влияния физических качеств на точность выполнения двигательных действий.

Чтобы проанализировать взаимосвязь точности выполнения двигательных действий и возможностей проявлять различные физические качества, необходимо рассмотреть ее как минимум с двух точек зрения:

1. Определить взаимосвязь между способностями субъектов проявлять меткость в сочетании с силой, гибкостью, выносливостью и др.

2. Изучить взаимосвязь точности выполнения конкретных действий с индивидуальными особенностями субъектов в плане уровня развития у них различных физических качеств, учитывая, что возможно опосредованное влияние уровня развития физических качеств на проявление точности в связи с теми требованиями, которые предъявляются к мощности, скорости и т.п. исполнения конкретных действий.

5. 3. 1. Точность движений и скоростные способности

В данном случае взаимосвязь точности выполнения двигательных действий и скоростных способностей может рассматриваться как для элементарных, так и для комплексных форм проявления этих способностей.

Наибольший интерес в этом плане представляют действия, при выполнении которых требуется проявление быстроты и точности в сочетании.

5. 3. 1. 1. Меткость и быстрота одиночных движений

Ранее были рассмотрены аналитические зависимости точности и времени выполнения двигательных действий, характеризующие некоторую физиологическую закономерность и отражающие эту связь для отдельных индивидуумов. Было показано, что существует оптимальное время для исполнения движений точно.

Что касается корреляций между способностями субъектов быстро выполнять одиночные движения и проявлять меткость, то исследования показали отсутствие таких связей (табл. 27).

Таблица 27. Корреляция между быстротой выполнения одиночных движений и показателями меткости

Вид двигательных заданий	Метания теннисного мяча в цель		Футбольные удары ногой в цель	
	по навесной траектории	по прямой траектории	по навесной траектории	по прямой траектории
Сгибание руки в локтевом суставе	0,01	0,03	0,01	0,00
Разгибание ноги в коленном суставе	-0,10	0,08	0,06	-0,07
Прыжок вверх с места без маха руками	0,00	0,13	0,13	0,01
Метание теннисного мяча на дальность	0,15	0,03	0,20	0,10
II	110	100	120	80

5. 3. 1. 2. Меткость и частота движений

При исследовании связи меткости и частоты движений анализу подвергались две категории двигательных действий:

- действия, при выполнении которых требовалась только максимальная частота движений;

- действия, при выполнении которых кроме максимальной частоты движений требовалось и проявление определенной точности их исполнения.

Сопоставление индивидуальных результатов испытуемых, достигнутых при выполнении таких двигательных действий, с оценкой уровня их меткостных способностей позволило заметить следующее:

1. Частота движений и меткость, предъявляемые в «чистом» виде, не коррелируют между собой.

2. Имеет место слабая степень корреляции между характеристиками частоты движений и результатами выполнения двигательных действий, требующих проявления быстроты и точности движений в сочетании.

3. Наблюдается значительно более высокая, чем в предыдущем случае, корреляция между меткостью и проявлением частоты и точности движений в сочетании как при выполнении элементарных, так и сложнокоординированных двигательных действий (табл. 28). Это говорит

Таблица 28. Корреляция между индивидуальными показателями частоты движений, меткостью и результатами выполнения двигательных действий, требующих проявления частоты и точности движений в сочетании

Двигательные действия для оценки частоты движений	Комплексная оценка меткости	Результат выполнения возвратно-поступательных движений рукой с попаданием в мишень	Результат выполнения максимально быстрого и точного ведения мяча	
			баскетбольного	футбольного
Теппинг-тест	0,00	0,28*	0,01	-0,09
Бег на месте	0,00	0,25*	-0,03	0,12
Возвратно-поступательные движения рукой с попаданием в мишень	0,24*	-	0,52*	0,58*
Максимально быстрое и точное ведение мяча:				
- футбольное	0,46*	0,52*	-	-
- баскетбольное	0,63*	0,58*	-	-

Примечание. * — Корреляция статистически существенна при $p = 0,1$.

о том, что для успешного выполнения заданий, требующих проявления быстроты и точности в сочетании, меткостные способности играют более важную роль, чем способность к проявлению частоты движений.

5. 3. 1. 3. Меткость и двигательные реакции

При сопоставлении результатов, характеризующих простые и сложные двигательные реакции, с показателями меткости связи между ними не было обнаружено. Вместе с тем были найдены различные степени связи между показателями точности выполнения двигательных действий, предполагающих антиципирующие реакции, в частности реакции на движущийся объект (рис. 86). Степень связи при этом определялась продолжительностью интервала времени антиципации: чем больше длительность этого времени, тем выше корреляция между показателями антиципирующих реакций и точности выполнения действия. По-видимому, этим можно объяснить изменение константы «в» аналитической зависимости «время прослеживания — точность отражения движущихся объектов» для испытуемых разной квалификации.

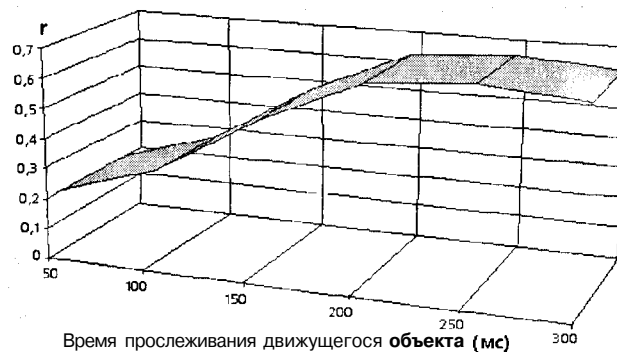


Рис. 86. Множественная корреляция между индивидуальными показателями реакций антиципации и показателями успешности отражения движущихся объектов при разном времени их прослеживании

Таким образом, меткость не взаимосвязана с элементарными формами скоростных качеств, но если при выполнении двигательных действий требуется проявление быстроты и точности в сочетании, меткостные способности в большей мере определяют успешность выполнения таких действий.

5. 3. 2. Точность движений и силовые качества

Связь силовых качеств с меткостью может рассматриваться у отдельных индивидуумов, а также с точки зрения влияния силовых качеств на точность выполнения двигательных действий, требующих большей или меньшей степени проявления силы.

Чтобы определить связь меткости и силовых качеств, сопоставлялись отдельные показатели меткости и уровня развития силовых качеств. Рассчитывались коэффициенты простой и множественной корреляции показателей уровня развития силовых качеств по отношению к результатам выполнения заданий, характеризующим меткость (табл. 29).

Таблица 29. Множественная корреляция отдельных показателей проявления силы и меткости (n = 130)

Показатели проявления силы	r
Кистевая динамометрия	0,11
Сила сгибателей и разгибателей рук	0,09
Сила разгибателей ног	0,00
Становая динамометрия	0,13

Результаты показывают, что между меткостью и уровнем развития силовых качеств не существует связи: человек может быть одарен с точки зрения меткостных способностей независимо от того, каков у него уровень развития силовых качеств. По крайней мере это справедливо для двигательных действий, при выполнении которых нет необходимости проявлять в высокой степени силовые возможности или усилия могут выбираться произвольно, как, например, при метании теннисного мяча в цель.

При проведении данных экспериментов наблюдалась низкая, но статистически существенная корреляция показателей силовых качеств с точностью метаний теннисного мяча по навесной траектории.

Для изучения этого явления было проведено исследование аналитической зависимости «вес снаряда (внешнее сопротивление) — точность движений», полученной на основании показателей выполнения метаний предметов, с точки зрения информативности констант по отношению к силовым возможностям испытуемых. Рассматривались корреляции констант «в» с силовыми показателями (уровень силы по «Т» шкале суммы 4 показателей).

Определено, что константа «в» характеризует уровень силовых возможностей испытуемых. Это значит, что точнее выполняются те двигательные действия, при выполнении которых величина проявления силовых качеств ближе к максимуму уровня проявления индивидуальной силы.

В связи с этим можно говорить о том, что при равном уровне меткости силовые возможности отрицательно влияют на точность дви-

гательных действий, то есть из двух человек, обладающих равными меткостными способностями, точнее будет выполнять двигательные действия, требующие одного и того же уровня проявления силовых качеств, тот, у кого уровень развития силовых качеств ниже.

Корреляции между показателями точности выполнения различных двигательных заданий и силовыми показателями в большинстве случаев показали отсутствие связи, но в отдельных случаях она была достаточно существенной. Можно предположить, что такая связь проявляется именно тогда, когда двигательное действие может быть выполнено только при проявлении определенного уровня силовых качеств.

Для проверки этой гипотезы были проведены эксперименты, в ходе которых испытуемые выполняли двигательные задания с разными требованиями к проявлению силовых качеств.

Характер изменения корреляции показателей точности выполнения двигательных действий и показателей уровня развития силовых качеств говорит о том, что связь между данными параметрами обнаруживается в тех случаях, когда при выполнении двигательного задания необходимо проявить определенный уровень силовых качеств (рис. 87).

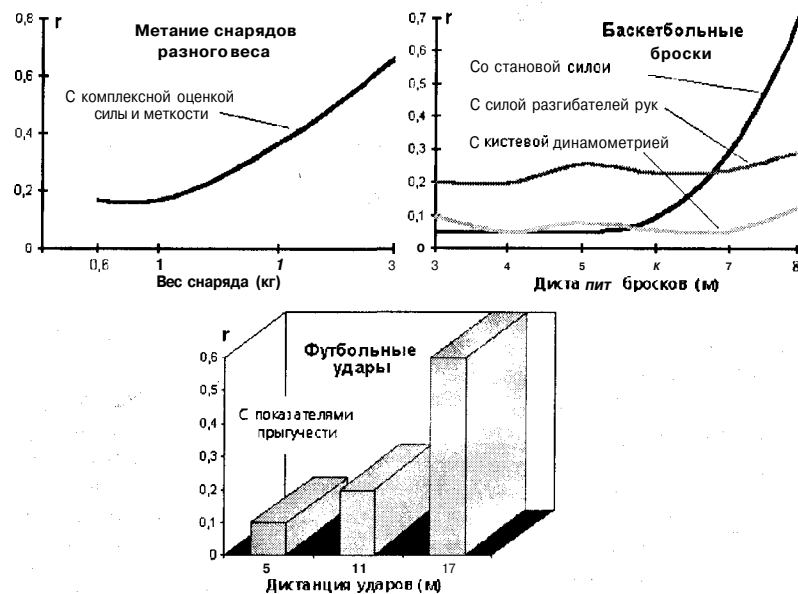


Рис. 87. Корреляция между индивидуальными показателями уровня развития силовых качеств и меткостью при выполнении двигательных действий, требующих проявления различного уровня силовых качеств

Анализ данных, полученных в результате проведенных экспериментов, позволяет сделать следующее заключение:

1. Между меткостью и силовыми возможностями как индивидуальными характеристиками субъекта взаимосвязи не существует.
2. Взаимосвязь точности выполнения двигательных действий с индивидуальными показателями уровня развития силовых качеств проявляется только, если действие предполагает проявление определенного уровня развития силовых качеств.

5. 3. 3. Точность движений и выносливость

Понятие выносливости связывают со способностью человека длительно выполнять какое-либо двигательное задание без снижения качества его исполнения. Ввиду того что при выполнении конкретных двигательных заданий в разной степени задействованы различные физиологические механизмы энергообеспечения, выносливость необходимо рассматривать только конкретно относительно тех или иных действий. Поэтому показатели выносливости будут зависеть от того, что будет отражать эффективность выполнения двигательных действий, то есть от того, какие конкретные характеристики будут регистрироваться.

В экспериментах испытуемым было предложено выполнить задания, требующие проявления в одних случаях аэробной производительности, а в других — локальной мышечной выносливости. Индивидуальные результаты выполнения заданий сопоставлялись с показателями меткости, которые регистрировались в следующих условиях:

- а) когда испытуемые предварительно выполняли предельную нагрузку;
- б) когда испытуемые находились в спокойном состоянии, не получив предварительной нагрузки.

Сопоставление показателей меткости, полученных в условиях, когда испытуемые не выполняли предварительной нагрузки, с результатами заданий, требующих проявления аэробной производительности или локальной мышечной выносливости, показало отсутствие корреляции между показателями аэробной производительности и меткостью и наличие очень низкой статистически существенной связи между меткостью и показателями локальной мышечной выносливости.

Последнее положение может указывать на возможные характеристики связи меткости и мышечной композиции. В тех случаях, когда задания для оценки меткости выполнялись непосредственно после физической нагрузки, наблюдались средней степени корреляции между показателями, характеризующими выносливость, и проявлением точности в условиях, когда необходимо проявлять соответствующий вид выносливости.

Анализ результатов исследований показывает, что взаимосвязь выносливости и меткости может определяться характером двигательного задания с точки зрения требований к проявлению того или другого вида выносливости (табл. 30).

Таблица 30. Корреляция показателей выносливости с меткостью, проявленной при выполнении заданий разной функциональной направленности (n = 63)

Индивидуальные показатели выносливости	Показатели меткости, проявленной при выполнении заданий разной функциональной направленности		
	аэробной	смешанной	анаэробной
PWC ₁₇₀	0,43	0,38	0,01
Аэробно-анаэробная	0,38	0,56	0,22
ПАНО	-0,18	0,26	0,67

5. 3. 4. Точность движений и гибкость

Изучение связи показателей гибкости и точности двигательных действий позволило заметить наличие корреляций только в отдельных случаях. Одни и те же показатели гибкости, например показатели гибкости в лучезапястном и голеностопном суставах, могут коррелировать или не коррелировать с показателями точности выполнения двигательных действий в зависимости от характера движений (табл. 31). Корреляции наблюдаются тогда, когда, по всей видимости, для успешного выполнения движений предпочтительно наличие гибкости в суставах соответствующих звеньев тела, то есть гибкость может оказывать влияние в тех случаях, когда правильное выполнение движений предполагает необходимую амплитуду движений в суставах.

Таблица 31. Корреляция между показателями точности выполнения двигательных действий и гибкости в суставах

Вид двигательных действий	Суставы		
	голеностопный	лучезапястный	плечевой
Волейбольные передачи:			
- верхняя;	0,06	0,47*	0,14
- нижняя (предплечьем)	0,00	-0,16	0,14
Баскетбольные передачи:			
- одной рукой сверху;	-0,10	0,21	0,08
- одной рукой из-за спины;	0,07	0,32*	0,29*
- броски в корзину	0,03	0,28*	0,16
Футбольные удары:			
- прямым подъемом;	0,18	0,00	0,00
- внешней стороной стопы (из положения боком)	0,38*	-0,16	-0,12

Примечание. *Корреляция статистически существенна при $r = 0,1$.

5. 3. 5. Точность движений и антропометрические характеристики

В результате проведения экспериментов были получены данные о том, что показатели точности выполнения мануальных движений коррелируют с показателями длины кисти, но не коррелируют с такими антропометрическими показателями, как рост, длинотные характеристики звеньев ног, туловища.

Исключением в этом плане является наличие корреляции между длиной предплечья и точностью исполнения волейбольной нижней передачи, выполняемой предплечьем.

Расчет парциального коэффициента корреляции для данного случая с иллиминированием корреляции между показателями длины кисти и предплечья такой связи не обнаружил (табл. 32).

Следует отметить, что степень связи показателей точности двигательных действий и длины кисти значительно выше в тех случаях, когда в расчет брались показатели длины кисти относительно роста.

Этот факт трудно объяснить однозначно, но можно предположить, что относительно более длинной кистью обладают те индивидуумы, которые унаследовали эту характеристику вследствие большой активности в плане мануальных движений своих предков.

Таблица 32. Корреляция между длинотными характеристиками и показателями точности выполнения двигательных действий

Длиннотные характеристики и вид двигательных действий	Корреляция	
	абсолютная	относительно длины тела
Длина кисти и: - баскетбольный бросок; - передача рукой сверху; - передача рукой из-за спины; - волейбольная верхняя передача; - волейбольная нижняя передача; - волейбольная подача	0,22 0,12 0,24 0,27 0,00 0,17	0,36 0,28 0,43 0,45 0,00 0,21
Длина стопы и: - футбольный прямой удар; - футбольный навесной удар	-0,16 -0,14	-0,24 -0,32
База глаз и: - баскетбольный бросок; - волейбольная передача	Направление: латеральное 0,03; сагиттальное 0,28 латеральное 0,01; сагиттальное 0,23	

Примечание. Корреляция статистически существенна при $r = 0,1$; $r > 0,21$.

Наблюдается существенная статистическая связь между точностью бросков и передач мяча по навесной траектории и показателями базы глаз. Видимо, она является следствием того, что база бинокулярного зрения позволяет в разной степени определять дальность расстояния до цели.

Анализ экспериментальных данных о связи меткости с физическими качествами и антропометрическими показателями позволяет сделать общее заключение об отсутствии прямой связи между меткостными и двигательными способностями человека. Однако имеет место опосредованная связь между этими способностями в тех случаях, когда предъявляются значительные требования к проявлению двигательных качеств при выполнении конкретных заданий, причем чем выше эти требования, тем в большей степени проявляется такая связь.

5. 4. Психологические особенности точности выполнения двигательных действий

Психологическое состояние субъекта связано с точностью выполнения двигательных действий. Феноменология этого явления может рассматриваться с нескольких позиций.

С одной стороны, изменение точности под влиянием различных психологических воздействий неизбежно должно быть связано с изменением биомеханической структуры самих движений. В настоящее время эта область «психологической биомеханики» (по Д.Д. Донскому) является наименее исследованной. В то же время проявление меткости как специфической способности субъекта может быть связано с психологическими особенностями личности и текущим психическим состоянием.

Кроме того, при выполнении определенных точностных движений предъявляются специфические требования к психомоторике. Например, успешность таких двигательных действий, как ловля, отражение или поражение движущихся объектов, в значительной мере определяется индивидуальными особенностями психомоторики.

Анализ связи индивидуальных показателей психофункционального состояния с точностью выполнения двигательных действий позволил выявить наличие корреляций между отдельными психологическими характеристиками и эффективностью действий, выполняемых в ходе соревнований боксерами, фехтовальщиками и фехтовальщицами (табл. 33, 34, 35). Следует отметить, что наличие связей опосредовано особенностями психомоторики и спецификой ситуаций, в которых выполняются конкретные двигательные действия.

Таблица 33. Показатели информативности психологических характеристик боксеров по отношению к точности выполнения двигательных действий в соревнованиях

Критерии	Психологические характеристики				
	КП	ПН	СР	РДО	БОУ
Отраженные удары соперника	-	-	-	-	-
Количество нанесенных ударов	-	0,32	-	-	0,41
Количество точных ударов	-	-	-	-	0,31
Активность боя	-	-	0,51	-	-
Эффективность ведения боя	-	0,39	0,64	0,71	0,52

Примечание. КП — корректурная проба. ПН — память по Ничаеву. СР — сложная реакция. РДО — реакция на движущийся объект. БОУ — быстрота выполнения одиночного удара в ответ на зрительный раздражитель.

Таблица 34. Информативность показателей психомоторики по отношению к точности технико-тактических действий фехтовальщиков в соревнованиях

Критерии	Показатели психомоторики			
	Простая реакция	Реакция дизъюнктивная с выбором	Реакция дизъюнктивная с торможением	Перцептивная антиципация
Атаки простые	-	0,62	-	-
Действие на оружие	-	0,65	-	-
Атаки с финтами	0,64	0,58	0,42	-
Комбинированные атаки	-	-	-	-
Защита-ответ	-	-	-	0,58
Контратаки	-	-	-	-
"Ремизы"	-	-	-	-

Таблица 35. Информативность показателей психомоторики по отношению к точности технико-тактических действий фехтовальщиц в соревнованиях

Критерии	Показатели психомоторики			
	Простая реакция	Реакция дизъюнктивная с выбором	Реакция дизъюнктивная с торможением	Перцептивная антиципация
Атаки простые	-	0,43	-	0,37
Действие на оружие	-	0,44	-	0,59
Атаки с финтами	-	0,48	0,42	0,82
Комбинированные атаки	-	-	-	0,43
Защита-ответ	-	0,52	-	0,72
Контратаки	-	-	-	0,48
"Ремизы"	0,74	-	-	-

5. 4. 1. Точность движений и текущее психофункциональное состояние

Эксперименты с баскетболистами позволили получить данные о взаимосвязях между изменениями показателей психофункционального состояния, психических процессов и свойств нервной системы и изменениями точности двигательных действий (табл. 36).

Таблица 36. Корреляция между изменениями показателей текущего психофункционального состояния баскетболистов и точности выполнения ими бросков мяча в баскетбольную корзину

Показатели текущего психофункционального состояния	r
1. Самочувствие	0,36
2. Настроение	0,32
3. Квазистационарный потенциал перед соревновательной игрой	0,30
4. Квазистационарный потенциал после тренировки	0,31
5. Внутреннее переключение внимания	0,33
6. Внешнее внимание	0,28

Примечание. Корреляция статистически существенна при $p = 0,5$; $r > 0,20$.

Анализ результатов показывает, что увеличение или уменьшение тех или иных зарегистрированных показателей текущего психофункционального состояния не сопряжено с однозначным изменением уровня проявления точности. В то же время имеет место взаимосвязь между этими показателями, если не учитывается направленность изменений (по модулю). Следовательно, изменение психофункционального состояния отражается на точности выполнения двигательных действий. Об этом говорят и статистически существенные изменения дисперсии и показателей точности, и показателей психологического характера, означающие, что текущее психофункциональное состояние сугубо индивидуально отражается на проявлении точности.

Сопоставление показателей точности, которая была проявлена в «ответственных» и «безответственных» условиях выполнения двигательных действий, показало на разные изменения индивидуального характера. Результаты хорошо воспроизводились в плане направленности и степени происходящих изменений при переходе испытуемых от спокойного состояния при выполнении «безответственных» попыток к напряженному состоянию ввиду выполнения задания в «ответственных» условиях. Степень и тенденции этих изменений, по-видимому, говорят об индивидуальных психологических особенностях личности.

Изменение степени ответственности за результат выполнения действия может приводить к сохранению точности действий, а также в разной мере в зависимости от индивидуума приводить к ее снижению или повышению.

5. 4. 2. Точность движений и индивидуально-типологические свойства личности

Взаимосвязь между показателями, отражающими индивидуально-типологические свойства личности, для определения которых использовались соответствующие методики, и показателями точности двигательных действий рассматривалась с двух точек зрения: с позиций межиндивидуальных различий и изменения текущего психофункционального состояния.

В результате исследований не обнаружена корреляция между показателями, которые, как принято считать, характеризуют свойства нервной системы (тепинг-тест в условиях покоя и во время соревнований, сила процессов возбуждения и торможения, подвижность нервных процессов), и показателями точности выполнения двигательных действий. То же самое относится и к показателям, характеризующим свойства личности по 14-факторному анализу Мельникова — Яковлева (табл. 37).

Таблица 37. Корреляция индивидуальных показателей меткости с характеристиками индивидуально-типологических свойств личности

1. Общительность	0,19
2. Экстраверсия	0,22
3. Активность	0,20
4. Расторможенность	0,22
5. Сила процессов «вработываемости»	0,24

Примечание. Корреляция статистически существенна при $p = 0,5$; $r > 0,20$.

Следовательно, индивидуальные особенности людей в плане свойств нервной системы и свойств личности не характеризуют их с точки зрения меткостных способностей. Межиндивидуальные различия, отражающие психическое состояние спортсменов в спокойной обстановке и перед соревнованиями, также говорят о межиндивидуальных различиях в меткости.

Что касается индивидуальных особенностей психических процессов, то их можно разделить на три группы. К первой можно отнести показатели, не имеющие связи с проявлением точности, ко второй — показатели, имеющие низкую, статистически существенную связь (определение дифференциальных порогов), к третьей — показатели реакции на движущийся объект, которые не взаимосвязаны с точностью метаний, но коррелируют с успешностью ловли и отражения движущихся объектов.

Таким образом, индивидуально-типологические свойства личности взаимосвязаны с меткостью в тех случаях, когда сами психологические показатели определяются при помощи двигательных или глазомерных факторов.

5. 4. 3. Точность движений и субъективная вероятность

Самооценка человека своих возможностей в принципе определяет успешность его деятельности во всех областях, в том числе и там, где требуется точность действий.

Соотношение субъективной оценки возможности точно выполнить двигательные действия и объективных показателей, характеризующих точность этих реально выполненных действий, в настоящей книге будет пониматься как «субъективная вероятность».

5. 4. 3. 1. Характеристика субъективной вероятности

Оценка субъективной вероятности показала, что спортсменам разной квалификации в одинаковой мере свойственно переоценивать свои возможности в плане точности выполнения двигательных действий, причем межиндивидуальные различия не зависят от квалификации (рис. 88, 89).

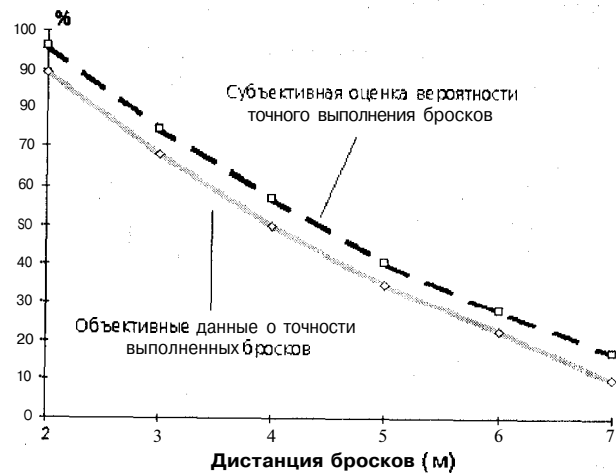


Рис. 88. Субъективная оценка вероятности точного выполнения баскетболистами броскового мяча в баскетбольную корзину с разной дистанции и объективные данные о точности бросков

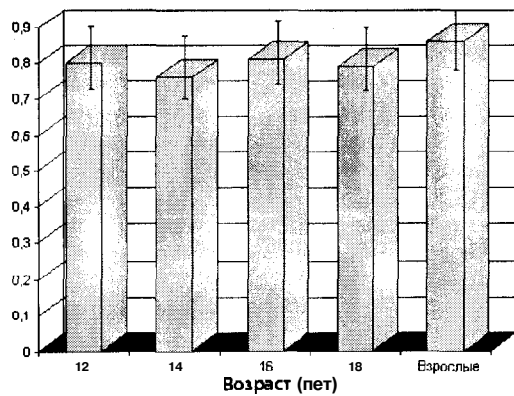


Рис. 89. Отношение объективных данных о забитых голах к субъективной оценке футболистами разного возраста вероятности забить гол при выполнении ударов в стандартных условиях

При постановке экспериментов таким образом, чтобы испытуемые в определенном порядке могли бы вводить коррекцию прогнозирования, было замечено, что субъективная вероятность изменялась за счет реально выполняемых попыток, в то время как прогнозирование выглядело довольно консервативным (рис. 90, 91). Это поста-



Рис. 90. Субъективная оценка вероятности точного выполнения баскетболистами бросков мяча в баскетбольную корзину и объективные данные о точности бросков при последовательном их выполнении

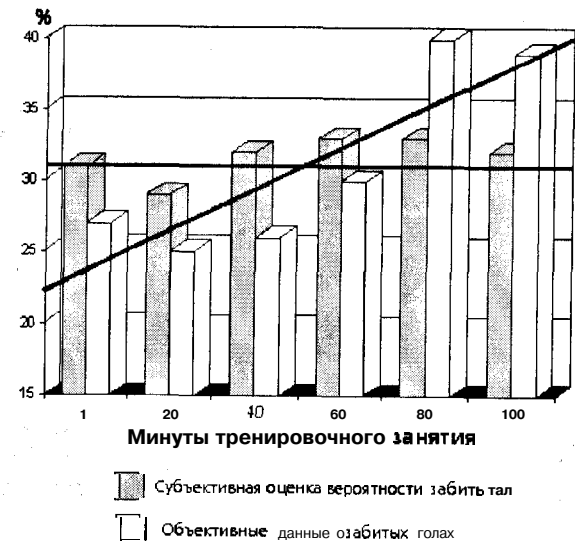


Рис. 91. Субъективная оценка футболистами вероятности забить гол в стандартных условиях и объективные данные о забитых голах при последовательном выполнении ударов в ходе тренировочного занятия

вило ряд вопросов, касающихся индивидуальных особенностей субъективного прогнозирования точности выполнения своих двигательных действий, а именно:

- какие индивидуальные особенности (физические, технические и психологические) определяют прогнозирование;
- насколько информативным является это качество по отношению к различным видам деятельности, связанным с точностью движений.

5.4.3.1.1. Эквивалентность показателей субъективной вероятности

При проведении оценки эквивалентности показателей субъективной вероятности установлено, что показатели, характеризующие соотношение оценки точности выполнения различных двигательных заданий и объективных данных о точности исполнения этих действий, находятся в статистически существенной связи (табл. 38). Испытуемые, более точно оценивающие свои возможности точно выполнить одни действия, также более точно оценивают свои возможности точно выполнить и другие действия.

Таблица 38. Эквивалентность показателей субъективного прогнозирования баскетболистами точности выполнения двигательных действий

Показатели субъективной вероятности	2	3	4	5
1. Дальности прыжка с места	0,81	0,63	0,49	0,42
2. Кистевой динамометрии		0,28	0,34	0,29
3. Комплексной оценки меткости			0,69	0,54
4. Точности штрафных бросков				0,44
5. Результатов игры один на один в баскетбол				

Таким образом, способность правильно оценивать свои возможности в плане точности выполнения двигательных действий в значительной мере генерализована.

5. 4. 3. 1. 2. Стабильность субъективной вероятности

Стабильность субъективной вероятности изучалась с трех позиций:

1. Оперативное изменение субъективной вероятности под влиянием информации, полученной по ходу выполнения двигательного действия (срочный эффект).

2. Текущее изменение субъективной вероятности от дня ко дню в течение недели.

3. Многолетнее изменение показателей субъективной вероятности (индивидуальные и межиндивидуальные соотношения).

При оценке оперативных изменений субъективной вероятности было установлено, что информация о результатах предыдущих действий не влияет на показатели самооценки. Показатели субъективной вероятности изменяются за счет изменения качества выполнения двигательных действий при консервативности самооценки.

В связи с тем что оперативные изменения субъективной вероятности в большей мере определяются изменениями качества выполняемых действий, а не оперативными изменениями психических процессов (получением информации о качестве выполненных действий), возникает вопрос о том, в какой мере психическое состояние и психические процессы отражаются на текущих показателях субъективного прогнозирования.

Результаты исследований показали, что психическое состояние и психические процессы в значительной мере связаны с субъективной вероятностью (табл. 39, 40). Их влияние находится на том же уровне, что и межиндивидуальная корреляция психического состояния процессов с уровнем психического состояния.

Таблица 39. Информативность показателей, характеризующих психофункциональное состояние, по отношению к точности субъективного прогнозирования у баскетболистов

Показатели, характеризующие психофункциональное состояние	Показатели субъективной вероятности				
	Дальности прыжка в длину с места	Кистевой динамометрии	Точности броска с точки	Точности штрафного броска	Результатов игры один на один в баскетбол
КПС перед тренировкой	0,20	0,03	0,14	0,22	0,13
ЭКС перед тренировкой	0,32	0,05	0,20	0,22	0,09
Тремор	0,19	0,29	0,30	0,12	0,17
КПС перед игрой	0,23	0,19	0,14	0,32	0,12
ЭКС перед игрой	0,09	0,27	0,06	0,02	0,02
Самочувствие	0,21	0,19	0,19	0,41	0,08
Активность	0,08	0,12	0,11	0,32	0,22
Напряжение	0,19	0,10	0,17	0,28	0,13

Таблица 40. Информативность показателей, характеризующих психические процессы, по отношению к точности субъективного прогнозирования у баскетболистов

Показатели, характеризующие психические процессы	Показатели субъективной вероятности				
	Дальности прыжка в длину с места	Кистевой динамометрии	Точности броска с точки	Точности штрафного броска	Результатов игры один на один в баскетбол
Порог внимания 1	0,20	0,17	0,12	0,13	0,11
Порог внимания 2	0,08	0,22	0,11	0,06	0,06
Широкое внешнее внимание	0,13	0,24	0,03	0,05	0,18
Внешнее перегруженное внимание	0,13	0,24	0,06	0,14	0,14
Широкое внутреннее внимание	0,10	0,22	0,11	0,20	0,20
Внутреннее перегруженное внимание	0,21	0,23	0,12	0,37	0,08
Узкое эффективное внимание	0,28	0,21	0,12	0,13	0,16
Ошибки переключения внимания	0,43	0,30	0,12	0,20	0,28
РДО при скорости движения точки 0,02 м/с	0,15	0,16	0,31	0,30	0,04

Оценка влияния интервала времени длительностью два года в период с 17 до 19 лет показала, что за это время практически не произошло статистически существенных изменений в показателях субъективной вероятности (табл. 41).

Таблица 41. Влияние интервала времени длительностью два года на показатели точности субъективного прогнозирования баскетболистов 17-19 лет (по результатам дисперсионного анализа)

Показатели субъективной вероятности	Факторный вклад (в %)	F
Дальности прыжка с места	6,8	2,8
Кистевой динамометрии	2,2	1,3
Комплексной оценки меткости	1,3	0,48
Точности штрафных бросков	7,6	3,1
Результатов игры один на один в баскетбол	0,03	0,01

Примечание. F критическое = 2,0.

Весьма незначительные изменения наблюдались только в показателях субъективной вероятности выполнения тех действий, которые подвергались целенаправленной тренировке с точки зрения техники исполнения.

Фактически показатели субъективной вероятности носят консервативный характер и наблюдаемые их изменения очень незначительны. Межиндивидуальные соотношения субъективной вероятности полностью сохранились (коэффициент корреляции 0,9) для одних и тех же испытуемых, протестированных с интервалом два года.

В табл. 42 представлены данные, характеризующие корреляцию между показателями точности субъективного прогнозирования и стажем занятий видом спорта, которые также подтверждают то, что субъективная вероятность является весьма консервативным признаком.

Возникает вопрос о том, какие факторы определяют уровень субъективной вероятности в межиндивидуальном плане, и что влияет на те изменения, которые происходят в показателях субъективной вероятности.

Таблица 42. Корреляция между точностью субъективной вероятности со стажем занятий видом спорта (n = 120, стаж занятий 2-9 лет)

Показатели субъективной вероятности	r
Дальности прыжка с места	0,01
Кистевой динамометрии	0,22
Комплексной оценки меткости	0,26
Точности штрафных бросков	0,19
Результатов игры один на один в баскетбол	0,16

5. 4. 3. 2. Индивидуальные особенности, определяющие уровень субъективного прогнозирования

При сопоставлении показателей уровня физического развития и физической подготовленности испытуемых баскетболистов с показателями субъективной вероятности установлено наличие низкой статистически существенной связи между ними.

Что касается взаимосвязи показателей субъективной вероятности с уровнем технической подготовленности баскетболистов, то наблюдается очень низкая, но статистически существенная связь (табл. 43).

Следовательно, межиндивидуальные различия в уровне технического мастерства, а также изменения этой характеристики сопряжены в некоторой мере с изменением показателей уровня субъективной вероятности.

Таблица 43. Корреляция между показателями физического развития и технической подготовки с точностью субъективного прогнозирования мужчин-баскетболистов (n = 120)

Показатели физического развития и технической подготовленности	Показатели субъективной вероятности			
	Дальности прыжка в длину с места	Кистевой динамометрии	Точности штрафных бросков	Результатов игры один на один в баскетбол
Множественная корреляция				
Сила (рук, ног, спины)	0,12	0,24	0,01	0,21
Длины (тела, рук, кисти)	0,11	0,10	0,07	0,19
Парная корреляция с реализационной эффективностью техники				
Бросков мяча в корзину	0,57	0,24	0,54	0,32
Ведения мяча	0,15	0,26	0,23	0,22
Передач мяча	0,21	0,25	0,21	0,12

Исследования по изучению субъективной вероятности позволяют сделать следующее заключение.

Субъективная вероятность — достаточно консервативная характеристика. Общий уровень субъективной вероятности определяют как бы три составляющие.

Первая. Некоторый базовый уровень (главный и определяющий), который является достаточно стабильным и носит генерализованный характер.

Причины, обуславливающие этот уровень, неизвестны, но есть основания предполагать, что в какой-то мере они определяются некоторыми индивидуальными особенностями родителей. Определенное значение, по-видимому, имеет, например, возраст родителей.

Вторая. Физическая и техническая подготовленность, в соответствующей мере связанная с субъективной вероятностью и определяющая ее этапное состояние.

Третья. Текущее психологическое состояние, вклад которого в общий уровень субъективной вероятности невелик.

В результате исследований связи меткости с разными показателями психического состояния, психических процессов, индивидуально-типологических свойств личности не обнаружено существенных связей между ними, но установлена незначительная взаимосвязь меткостных способностей и показателей психических процессов, текущих показателей меткости и показателей текущего психического состояния.

Следовательно, особенности личности психологического характера не определяют уровень меткостных способностей человека, но текущее психофункциональное состояние в некоторой мере оказывает влияние на проявление меткости.

Наблюдается связь, хотя и незначительная, но статистически существенная, между точностью ловли и отражения движущихся объектов и реакциями на движущийся объект.

Проявление меткости опосредовано требованиями, предъявляемыми к качествам психологического характера, которые являются необходимым условием для проявления меткостного потенциала.

В то же время эффективность выполнения двигательных действий определяется не только двигательными и психомоторными способностями, но в большей мере и их сочетанием, а также умением правильно оценивать свои возможности точно выполнять действия в конкретной ситуации.

ГЛАВА VI. НАГРУЗКА (УТОМЛЕНИЕ) И ТОЧНОСТЬ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Усилия многих исследователей в различных областях науки сосредоточены на изучении влияния нагрузки на организм человека. Этот интерес определяется стремлением расширить возможности человека в плане работоспособности и повысить эффективность его деятельности.

В настоящее время явление снижения эффективности двигательных действий под влиянием выполняемой нагрузки принято рассматривать как результат наступления утомления. Попытки установить звено, лимитирующее работоспособность, приводят ко многим дискуссионным моментам.

Среди наиболее ранних теорий утомления, получивших широкое звучание, следует назвать такие, как теории «отравления», «истощения», «обменная» теория А. Хилла. Теории последующего периода объединяет констатация того, что в процессе работы в мышцах происходит накопление молочной кислоты в результате распада энергетических веществ, которая и оказывает соответствующее воздействие на возможности выполнения работы.

В теориях токсического воздействия главная роль отводилась продуктам белкового распада. Например, в теории о наличии белкового яда — «киностетина» — снижение работоспособности объяснялось именно его действием.

Широкое распространение получили также теории, связывающие наступление утомления с процессами, происходящими в центральной нервной системе.

Таким образом, предполагается, что причинами наступления утомления могут являться различные физиологические сдвиги в состоянии организма: энергетическое истощение, гипоксия, накопление продуктов анаболизма, изменения в центральной нервной системе или периферической ее части.

Анализ исследований причин наступления утомления позволяет классифицировать все их многообразие на три основных направления.

1. Теории энергетического истощения и влияние гипоксии.
2. Теории засорения продуктами распада.

3. Теории ведущей роли центральной нервной системы при существовании периферических изменений.

В исследованиях было замечено, что так называемое утомление сопровождается изменениями во многих системах организма, в результате чего нарушается двигательная структура действий человека вплоть до наступления дискоординации движений. Это привело к тому, что большинство ученых стоит на позициях множественности факторов, играющих соответствующую роль в природе утомления.

Однако исследования, проведенные с военными и гражданскими летчиками, сельскохозяйственными механизаторами, квалифицированными грузчиками, не выявили у них дискоординации движений при длительных нагрузках.

Аналогичные факты известны и в спортивной практике, где протекающая в экстремальных условиях деятельность в одних случаях (в легкой и тяжелой атлетике, борьбе, плавании, велосипедном и лыжном спорте) приводила к некоторым изменениям в показателях спортивной техники, а в других — изменения не зарегистрированы.

Наряду с этим было установлено, что при циклических движениях утомление характеризуется проявлением элементов активности ряда мышц, до этого не принимавших участия в движениях.

При длительной напряженной работе (бег на 5 и 10 км, лыжные гонки) имеет место гипоксия в отдельных участках наиболее активно работающих мышц. При кратковременной работе высокой интенсивности гипоксия характеризуется наличием не только тканевой, но и значительным накоплением кислых продуктов в крови.

Всесторонняя характеристика процессов, затрагивающих все уровни функционирования организма начиная с молекулярного, субклеточного, клеточного, органного и системного до уровня реакции организма в целом, включая центральную нервную систему и механизмы компенсации на тканевом уровне, весьма сложна. Ввиду этого в спортивной физиологии утомление стали рассматривать с точки зрения функциональной системности выполнения двигательных актов и снижения коэффициента полезной деятельности, начали изучать стадии развития утомления.

Значительную роль в формировании представлений об утомлении сыграли результаты исследований физиологического характера, которые позволили установить, что структура конкретной мышцы различается по функциональным особенностям и организации деятельности двигательных единиц. В связи с этим рассматривалось локальное, региональное и глобальное утомление.

С точки зрения длительности рассматривалось быстрое, медленное и нарастающее утомление. Утомление также изучалось с позиций характера компенсаторных возможностей, когда при распределении отдельных показателей динамики и кинематики сохраняется или изменяется основной показатель эффективности (направление, изменение длины и частоты шагов при сохранении скорости перемещения) и исчерпания компенсаторных возможностей.

Таким образом, можно констатировать, что природа процессов, протекающих в организме во время напряженной мышечной деятельности и лимитирующих работоспособность, очень сложна. Одновременно с этим можно утверждать, что нет единого или ведущего механизма, ограничивающего работоспособность, как нет и конкретного места, в котором локализуется утомление.

Что касается изучения проблемы снижения работоспособности под воздействием нагрузки при выполнении точностных движений, можно отметить наличие значительного количества исследований в области космической медицины, физиологии труда, спорта и биомеханики.

Центральное место в этой проблеме занимает именно целевая точность. Н.А. Бернштейн предложил способы измерения показателей, а также указал на значение сбивающих факторов. Работы И.П. Ратова, М.А. Алексеева позволили разработать ряд подходов к изучению точности. На этой основе стало возможным изучение проблемы утомления на различных видах движений в волейболе, боксе, баскетболе, гандболе, фехтовании и других, где результат зависит от попадания в цель.

Л.Е. Арувадзе на основании изучения данных о воздействии нагрузки на точность движений пришла к выводу о том, что под воздействием нагрузки происходит снижение точности, но в ряде случаев не удалось обнаружить оптимальных соотношений между факторами, влияющими на точность.

Вне зависимости от причин изменения координации движений человека под влиянием нагрузки снижение эффективности действий всегда рассматривалось как проявление утомления, хотя эти изменения могли существенно различаться по направленности в зависимости от характера самого движения. Так, соответствующие изменения могут наблюдаться в показателях динамики, кинематики и временной последовательности, могут изменяться одни характеристики, например силы, и при этом сохраняться другие, например амплитуды. Следовательно, то, что принято называть «утомлением», будет неодинаково по своему проявлению и будет зависеть от показателей, характеризующих эффективность двигательных действий.

6. 1. Субъективная оценка утомления и точность

В формулировке термина «утомление» как явления снижения эффективности выполнения двигательных действий уже изначально заложено противоречие. Если утомление само по себе предполагает снижение точности двигательных действий, то нельзя говорить о влиянии утомления на точность действий, а если точность действий не снижается, значит, и утомление не наступает.

Как оценивать влияние одного на другое?

В этом случае можно говорить лишь о влиянии конкретной нагрузки на конкретно регистрируемую характеристику.

Понятие «утомление» целесообразно рассматривать как некоторый субъективно воспринимаемый показатель, о чем говорят проведенные исследования, в ходе которых задавались различные по характеру нагрузки (специфические и неспецифические), а испытуемым предлагалось оценить степень вызванного «утомления» по 15-балльной шкале (табл. 44).

Таблица 44. Субъективная оценка «утомления» и характеристика выполняемых упражнений

Вид двигательных действий и характеристика испытуемых	Характер нагрузки	ЧСС	Оценка утомления (в баллах)	Точность (в %)
Штрафные броски в баскетболе (женщины, n = 12)	специфическая	180 + 9	6-8	65
	неспецифическая	160 ± 12	7-10	43
Удары в настольном теннисе при работе с роботом (мужчины, n = 9)	специфическая	176 + 8	6-9	80
	неспецифическая	145 + 14	8-10	49
Футбольные удары в вертикально расположенную мишень (мужчины, n = 10)	специфическая	175 + 7	6-10	40
	неспецифическая	140 + 10	9-12	29

Показатели, представленные в таблице, говорят о том, что физическая нагрузка, вызывающая меньшие физиологические сдвиги, может оцениваться субъективно как более утомительная. Следовательно, влияние различных нагрузок на движения человека неоднозначно.

Подтверждением этому служит тот факт, что даже при повторном выполнении одного и того же задания исследователи предлагают рассматривать разные фазы изменения движения: «вработывание», «стабилизацию», «ухудшение эффективности». Уже на стадии «вработывания» характер влияния на точность определяется особенностями предварительной нагрузки.

В некоторых случаях значительная мышечная нагрузка, вызывающая субъективные ощущения усталости, не сказывается на эффективности движений. Это было подмечено при исследовании структуры ходьбы, точности выполнения двигательных действий в спортивных играх, при анализе работы механизаторов и др.

Схожие результаты наблюдались и тогда, когда нагрузка в большей мере должна была отразиться на состоянии психомоторики. Изменения психомоторных показателей, которые принято связывать с проявлением утомления, не сказывались на высоком качестве длительных полетов и посадок самолетов, на монотонной работе операторов при тайпинге и др.

Проведенный краткий анализ можно дополнить результатами исследований, которые подтверждают, что воздействие больших нагрузок на эффективность двигательных действий может носить не только отрицательный характер. Незначительные изменения отдельных показателей динамики и кинематики не всегда можно связывать со снижением эффективности в целом, тем более что в большинстве случаев трудно четко установить критерии эффективности.

При оценке влияния физической нагрузки на точность двигательных действий целесообразно основное внимание уделить специфике нагрузки с учетом того, что точность могут отражать разные характеристики (систематические ошибки и кучность).

6. 2. «Вработываемость»

Исследование динамики «вработывания» может позволить связать процессы изменения точности с функционированием различных систем организма.

В эксперименте испытуемые в течение длительного времени один раз в день выполняли по 30 бросков мяча в баскетбольную корзину без предварительной разминки. Отдельные испытуемые выполнили данное задание от 28 до 43 раз. При обработке результатов рассчитывался процент попаданий для бросков одного и того же порядкового номера, но выполненных в разные дни.

Анализ динамики точности, имевшей место в эксперименте, выявил общую закономерность, которая относительно хорошо воспроизводится у разных испытуемых (рис. 92). Четко заметно улучшение процента попаданий от первых попыток к седьмым. Седьмым попыткам у всех испытуемых соответствовал пик точности бросков, после чего происходило некоторое снижение точности бросков с дальнейшим вторичным ее повышением к 12-13-й попытке. После 13-14-й попытки наступала стабилизация показателей точности выполнения бросков.

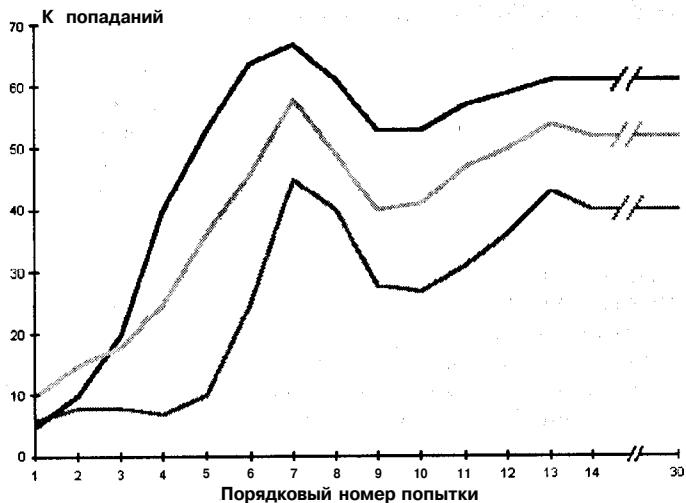


Рис. 92. Динамика точности бросков мяча в баскетбольную корзину от 1-й до 30-й попытки, выполненных в разные дни без предварительной разминки (индивидуальные данные трех испытуемых, выполнивших задание соответственно 43, 30 и 28 раз)

Таким образом, можно выделить две фазы «вработываемости» (от 1-й до 7-й попытки и от 7-й до 12-13-й попытки) и считать, что к 12-13-й попытке достигается достаточная степень «вработываемости» для выполнения задания, предложенного в данном эксперименте.

6. 3. Длительность нагрузки и точность

Для изучения влияния длительности нагрузки на точность действий были проведены эксперименты, в ходе которых испытуемые выполняли разные двигательные действия (футбольные удары в вертикально расположенную мишень и передачи в горизонтально расположенную мишень, верхние передачи мяча в волейболе, передачи мяча в баскетболе, броски мяча в баскетбольную корзину, удары в настольном теннисе). Задания выполнялись в удобном ритме при ЧСС 120-140 уд/мин в течение длительного времени до вынужденного отказа от исполнения заданий в виду субъективного ощущения предельного утомления.

В ряде случаев испытуемым предлагалось продолжать выполнять задание, несмотря на исключительный дискомфорт, вызванный на-

грузкой, и они выполняли еще несколько попыток и после отказа выполнять задание. В отдельных случаях длительность выполнения заданий достигала 90 минут.

В разных сериях экспериментов рассчитывались вероятность попадания (в %), показатели кучности и систематических ошибок.

Анализ результатов показал, что на зависимости «точность - количество попыток» имеется два участка: короткий участок в начале работы с некоторым повышением точности до 12-15-й попытки и плато, свойственное абсолютно всем характеристикам, отражающим точность (Р, Х и б). Отсутствовали изменения показателей точности действий после отказа испытуемых выполнять упражнение в виду субъективных ощущений «предельного утомления» (рис. 93, 94).

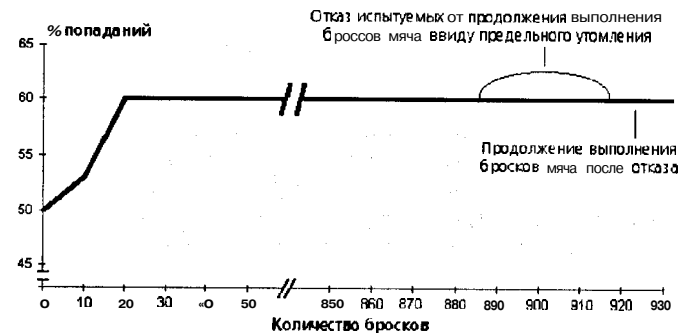


Рис. 93. Динамика точности бросков мяча в баскетбольную корзину (% попаданий), выполняемых в течение длительного времени

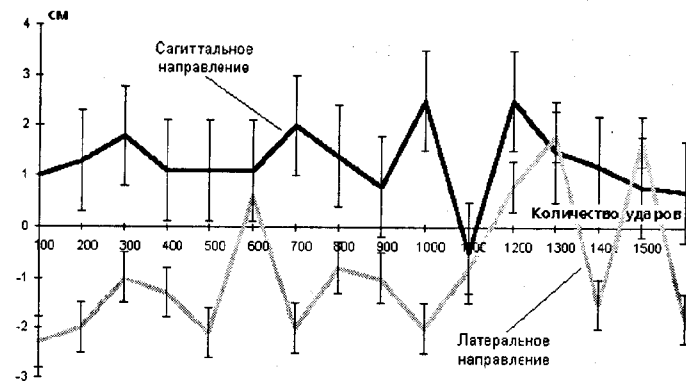


Рис. 94. Динамика точности ударов в настольном теннисе (систематическая ошибка), выполняемых в течение длительного времени

Длительность нагрузки в том виде, в котором она имела место в проведенных экспериментах, не отражалась на качестве движений, за исключением первых попыток, количество которых определялось необходимостью «вработывания». Объем работы, необходимой для «вработывания», соответствовал тому, что наблюдалось в ранее проведенных экспериментах.

Отсутствие снижения точности можно объяснить недостаточной степенью величины или интенсивности нагрузки. Поэтому в дальнейших экспериментах тем же испытуемым было предложено выполнять те же задания, но уже с дополнительной нагрузкой: паузы между попытками заполнялись бегом на расстояние 2-5 м с резким стартом и остановкой.

Такая организация экспериментов позволяла испытуемым выполнять не более 100 попыток, и к концу задания они переходили с бега на ходьбу, не имея возможности продолжать работу в высоком темпе. ЧСС на протяжении всех упражнений составляла 180-190 уд/мин.

В итоге оказалось, что и при выполнении заданий с дополнительной нагрузкой наблюдалось четко выраженное плато для показателей точности, которое сохранялось на всем протяжении выполнения задания до того момента, когда испытуемые фактически не могли продолжать работу ввиду предельного утомления.

Следовательно, можно предположить, что длительность выполнения нагрузки как фактор не отражается на изменении точности при исключении влияния других факторов.

Сопоставление показателей точности выполнения одних и тех же заданий без дополнительной нагрузки и с дополнительной нагрузкой конкретными испытуемыми показало следующее. В тех случаях, когда нагрузка была более интенсивной и испытуемые раньше отказывались выполнять задание (ЧСС была значительно выше в сравнении с заданиями, выполняемыми без дополнительной нагрузки), точность их действий была выше. Таким образом, при выполнении более интенсивных и более «нагрузочных» заданиях испытуемые проявляли и более высокую степень точности.

Это позволило предположить, что на точность двигательных действий нагрузка может влиять положительно или отрицательно вне зависимости от ее объема, интенсивности и величины. По-видимому, следует учитывать, что точность действий зависит от функционального состояния организма, которое определяется направленностью нагрузки, вызывающей неравнозначные физиологические сдвиги.

В тех случаях, когда к восприятию цели предъявляются невысокие требования (расстояние до цели одно и то же и цель неподвижна), характер динамики точности одинаков у всех испытуемых, а ме-

жидивидуальная дисперсия результатов сохраняется на всем протяжении длительности нагрузки (рис. 95).

Если к психомоторике предъявляются более высокие требования (при многократном выполнении детьми и спортсменами отражений или ловли движущегося объекта при определенной степени энтропии момента его появления или направления движения), проявляются существенные индивидуальные различия, что вызывает изменение межличностной дисперсии результатов по мере увеличения продолжительности выполнения задания (рис. 96).

Ввиду того что в кинематике движений в этих случаях изменений не происходит (см. главу 4), индивидуальные различия, имеющие место при длительной нагрузке, обусловлены психомоторными изменениями, связанными с точностью восприятия движущегося объекта

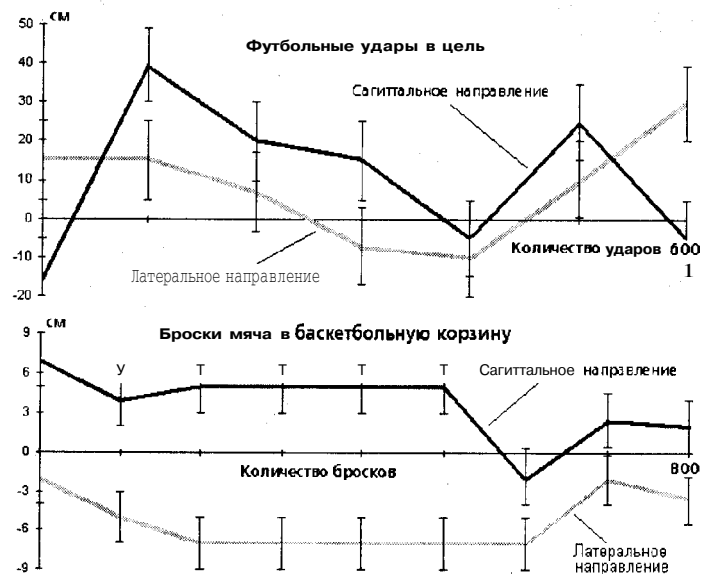


Рис. 95. Динамика показателей точности в сагитальном и латеральном направлениях при длительном выполнении бросков мяча в баскетбольную корзину и футбольных ударов в цель (средние данные и дисперсия для серий в 100 последовательно выполненных попыток для показателей систематических ошибок)

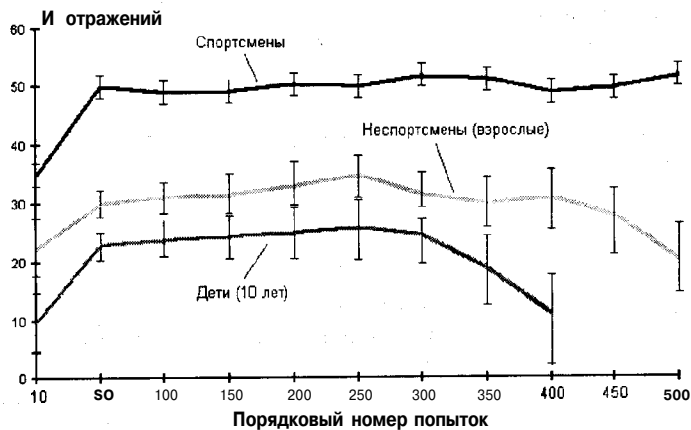


Рис. 96. Динамика вероятности отражения теннисных мячей по мере длительности выполнения задания при темпе 12 попыток в минуту

6. 4. Нагрузка разной функциональной направленности и точность

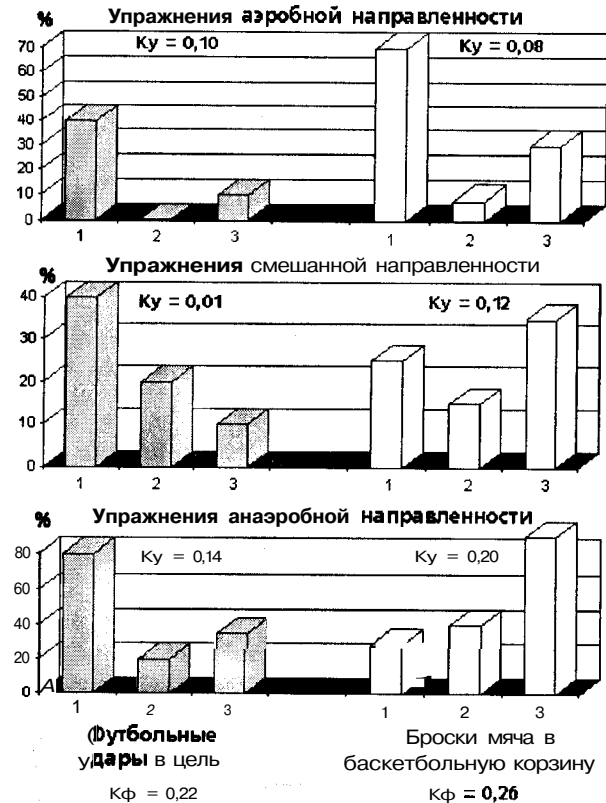
Настоящая серия экспериментов базировалась на данных разных исследователей, определивших функциональную направленность различных видов нагрузок по показателям интенсивности (ЧСС), длительности работы и пауз отдыха с позиций биохимических сдвигов в организме.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии четкой зависимости характера влияния на точность двигательных действий нагрузок разной функциональной направленности (рис. 97).

Воспроизводимость результатов при выполнении разных заданий одной и той же функциональной направленности была достаточно низкой.

При сравнении показателей точности выполнения упражнений разной функциональной направленности замечено, что в отдельных случаях такие задания одинаково влияли на точность действий, то есть отсутствовало четко выраженное влияние характера функциональной направленности нагрузки на точность.

В то же время следует отметить, что существенное влияние на точность действий оказывала специфика нагрузки, выражавшаяся в большей или меньшей привычности испытуемых к конкретной на-



Примечание. 1, 2, 3 - номер упражнений.

Кф - коэффициент воспроизводимости результатов при выполнении упражнений разной функциональной направленности. Ку - коэффициент воспроизводимости результатов при выполнении упражнений одной функциональной направленности, но разных по организации.

Оценка силы влияния приводилась без учета направленности изменений в точности.

Рис. 97. Степень влияния (по однофакторному дисперсионному анализу) на точность футбольных ударов в цель и бросков мяча в баскетбольную корзину упражнений, одинаковых по функциональной направленности, но разных по биомеханической структуре выполняемых движений

грузке. В связи с этим в ходе дальнейших исследований проводился анализ влияния специализированности нагрузки с точки зрения ее биомеханического характера.

6. 5. Специализированность нагрузки и точность

В эксперименте испытуемые (футболисты и баскетболисты) выполняли две группы упражнений, совпадающие по длительности, интенсивности, времени отдыха и физиологическим сдвигам, но отличающиеся по динамике и кинематике. К одной группе относились привычные для представителей данного вида спорта упражнения - специализированные, к другой - непривычные по биомеханическим показателям — неспециализированные.

Было установлено, что на точность двигательных действий и на качество движений, требующих проявления быстроты и точности в сочетании, главным образом влияет Специализированность нагрузки с точки зрения биомеханической структуры выполняемых движений (рис. 98).

Упражнения, вызывающие одни и те же физиологические сдвиги в организме, но разные по биомеханической структуре выполняемых движений, приводили к принципиально разным изменениям пока-

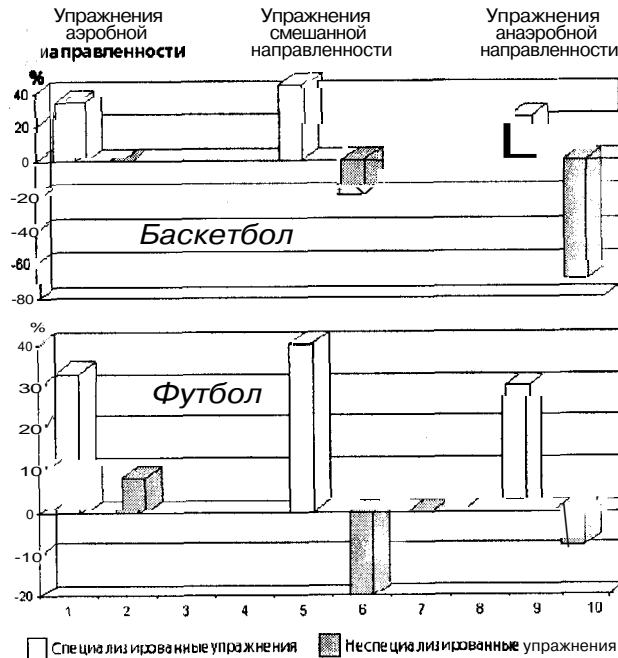


Рис. 98. Влияние на точность двигательных действий упражнений разной специализированности (в % по однофакторному дисперсионному анализу)

зателей точности. Специализированные упражнения были сопряжены с улучшением качества движений, а неспециализированные — с его снижением. Специфика нагрузки по-разному влияла и на различные показатели точности (кучность, систематические ошибки).

Все это дает основание говорить о том, что неспециализированные нагрузки с точки зрения биомеханической структуры выполняемых движений затрудняют выбор «программного обеспечения», адекватного поставленной задаче.

Для проверки этого предположения проведены две серии экспериментов, в которых спортсменам предлагалось выполнять специализированные и неспециализированные упражнения. В первой серии были использованы упражнения, оказывающие примерно одинаковое физиологическое воздействие, но отличающиеся по динамике и кинематике, а во второй — применялись специализированные упражнения, которые отличались по величине оказываемых физиологических сдвигов в организме (по биохимическим показателям крови).

Результаты этих экспериментов полностью подтверждают предположение о том, что нагрузки, вызывающие в организме одинаковые или не отличающиеся статистически существенно биохимические сдвиги, но отличающиеся по биомеханической структуре выполняемых движений, по-разному отражаются на точности. В то же время специализированные нагрузки, оказывающие воздействия разной степени и вызывающие значительно отличающиеся биохимические сдвиги в организме, не отличаются друг от друга по характеру воздействия на точность (табл. 45, 46).

Таблица 45. Влияние разных по величине физической нагрузки специализированных упражнений на биохимические показатели крови и точность у футболистов (по однофакторному дисперсионному анализу)

Биохимические показатели и показатели точности	Нагрузка		Влияние нагрузки	
	1-е упражнение	2-е упражнение	(в %)	F
PH	7,230	7,111	9,6	4,7
pCO ₂	38,0	36,33	6,4	3,1
pO ₂	68,37	69,76	3,1	1,2
HCO ₂	17,15	15,53	2,3	6,8
CO ₂	18,62	16,53	3,0	8,4
BE	-8,68	-11,02	14,0	5,6
SB	17,73	16,22	15	6,1
X	8,3	2,1	2,1	0,43
Y	1,69	2,6	2,6	0,5
6x	36,1	2,8	0,71	2,8
5y	26,8	2,7	0,7	2,7

Примечание. Влияние существенно при $p = 0,5$; $F = 4,1$.

Таблица 46. Влияние разных по специализированности и одинаковых по величине нагрузок на биохимические показатели крови и точность у футболистов (по одnofакторному дисперсионному анализу)

Биохимические показатели и показатели точности	Нагрузка		Влияние нагрузки	
	Специализированная	Неспециализированная	(в %)	F
PH	7,238	7,229	1,56	0,5
pCO ₂	38,0	37,45	1,6	0,01
pO ₂	68,37	69,55	1,0	0,8
HCO ₂	17,15	16,63	2,3	1,0
CO ₂	18,62	17,69	3,0	0,01
BE	-8,68	-9,02	3,6	0,4
SB	17,73	17,2	2,9	0,3
X	7,0	12,8	18,5	5,6
Y	1,83	5,72	14,8	4,8
бх	35,9	40,3	6,8	4,3
8у	25,1	30,6	6,6	4,1

Примечание. Влияние существенно при $p = 0,5$; $F = 4,1$.

6.6. Концентрация лактата в периферической крови и точность

Предыдущие эксперименты показали возможность сохранения точности при существенно отличающихся биохимических сдвигах в организме. Это можно было бы объяснить недостаточными концентрационными различиями в изменениях биохимического характера. Следуя «теории закисления», при существенных изменениях концентрации продуктов анаболизма в периферической крови должно изменяться качество выполняемых действий.

Для проверки этого положения сопоставилась динамика точности различных действий (футбольных ударов по мячу, метаний предметов), ЧСС и лактата при выполнении упражнений анаэробно-гликолитического характера, включая периоды предшествующие нагрузке и периоды восстановления.

Динамика концентрации лактата и ЧСС во всех случаях не совпадает ни с изменениями систематических ошибок, ни с изменением показателей кучности попаданий при выполнении футбольных ударов и метаний предметов (рис. 99). Практически во всех случаях изменения точности не были сопряжены с динамикой концентрации лактата в периферической крови и ЧСС ни во время выполнения самой нагрузки, ни в период восстановления. По-видимому, это связано с тем, что нагрузки были в высокой степени специализированными.

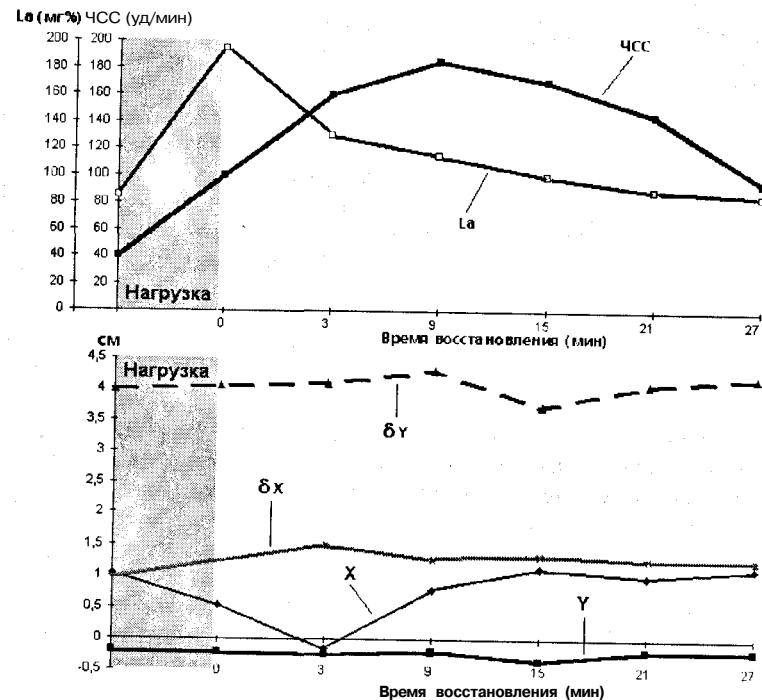


Рис. 99. Динамика показателей ЧСС, концентрации лактата и точности метаний дротиков по навесной траектории в ходе выполнения анаэробно-гликолитической нагрузки и в период восстановления после нее

Ввиду того что предлагаемые в данных экспериментах нагрузки были достаточно хорошо знакомы испытуемым по характеру и величине, можно сделать заключение, что колебание концентрации лактата даже в значительных пределах, но в привычных для испытуемых рамках не влияет на точность движений.

6.7. Локальная мышечная нагрузка и точность

Исследование влияния локальной мышечной нагрузки на точность действий проходило поэтапно. Сначала изучалась феноменология этого явления, а затем проводился поиск причинно-следственных связей, определяющих характер такого влияния.

В ходе экспериментов испытуемые сначала выполняли броски мяча в баскетбольную корзину с достаточно большого расстояния.

Условия заданий предполагали выполнение движений, при исполнении которых было задействовано значительное количество кинематических цепей.

В дальнейшем исследовались модельные движения (метания дротиков по навесной траектории и броски мяча в баскетбольную корзину), позволяющие дифференцированно оценивать влияние нагрузки на различные сенсорные системы. Для проявления точности при выполнении этих действий необходимо сочетание трех компонентов (точности направления выброса предмета, точности скорости выброса предмета, правильного выбора сочетания угла и скорости выброса предмета) и воспроизведение предъявляемых стимулов в виде задаваемых величин скорости, амплитуды суставных перемещений и усилий.

В качестве нагрузки испытуемым предлагалось выполнять движения с отягощением в максимальном темпе до вынужденного отказа, после чего немедленно выполнялись последовательно в одном случае броски мяча в баскетбольную корзину, а в другом — метания дротиков с интервалом 3 с между попытками.

Баскетбольные броски выполнялись после двух видов нагрузок: на ноги и на бросающую руку. Нагружались мышцы, играющие при бросках основную роль и по характеру в данных движениях являющиеся агонистами. В обоих случаях наблюдалось четко выраженное снижение точности бросков в начальных попытках, а затем процент попаданий постепенно увеличивался (табл. 47).

Таблица 47. Точность бросков мяча в баскетбольную корзину (в %) после локальной мышечной нагрузки

Вид нагрузки	Порядковые номера попыток бросков			
	1-2	5-6	10-15	25-30
на руку	0	12	56	54
на ноги	0	14	53	52

То что в первых попытках мяч не долетал до цели, могло быть вызвано по крайней мере двумя причинами: истощением энергоресурсов и изменением рецептурной чувствительности. Ответ на вопрос, что явилось основной причиной характерного снижения качества заданий, мог бы дать анализ изменений различных показателей точности и динамики их восстановления.

Предварительная нагрузка как на мышцы—агонисты, так и на мышцы—антагонисты по результатам первых пяти попыток выполнения метаний дротиков по навесной траектории в серии вызывала изменения разнонаправленного характера для показателей систематических ошибок в сагиттальном направлении и не отражалась на

показателях кучности и систематической ошибки в латеральном направлении. Следует отметить, что после нагрузки на мышцы—агонисты дальность метаний дротиков снижалась, а после нагрузки на мышцы—антагонисты — увеличивалась (табл. 48).

Таблица 48. Влияние локальной мышечной нагрузки на показатели точности метаний дротиков по навесной траектории (по результатам дисперсионного анализа)

Вид нагрузки	Статистические показатели	Показатели точности метаний			
		X	Y	δx	δy
на мышцы-агонисты	Влияние в %	0,99	0,1	0,0	0,0
	Достоверность влияния	0,01	-	-	-
на мышцы-антагонисты	Влияние в %	0,97	0,21	0,06	0,08
	Достоверность влияния	0,01	-	-	-

Результаты экспериментов позволили предположить, что изменение точности при локальной мышечной нагрузке вызвано истощением энергоресурсов в мышцах, что отражается на координации активности мышц.

Анализ характера изменения точности подтвердил ту важную роль, которую играет сопряженная активность мышц—антагонистов в точностных движениях.

Отсутствие влияния локальной нагрузки на показатели случайных ошибок позволяет предположить, что такая нагрузка не играет существенной роли в изменении чувствительности рецепторов, отвечающих за контроль движения.

То положение, что основной причиной появления систематических ошибок является истощение энергоресурсов в мышцах, подтверждает динамика восстановления показателей точности после прекращения нагрузки (рис. 100).

При выполнении метаний предметов после локальной нагрузки как на мышцы—агонисты, так и на мышцы—антагонисты показатели точности восстанавливаются в хорошо воспроизводимый у разных испытуемых интервал времени 15 с.

На динамике восстановления показателей точности ввиду разных причин не наблюдаются черты, характерные для классических данных, описывающих темпы восстановления в мышце креатинфосфата и АТФ, истощение которых предположительно могло вызвать снижение точности. Это можно объяснить следующим:

— после нагрузки мышцы продолжали выполнять активную работу, что могло изменить характер восстановления АТФ и креатинфосфата в мышце;

— показатели точности могли восстанавливаться при неполном восстановлении энергоресурсов в мышце.

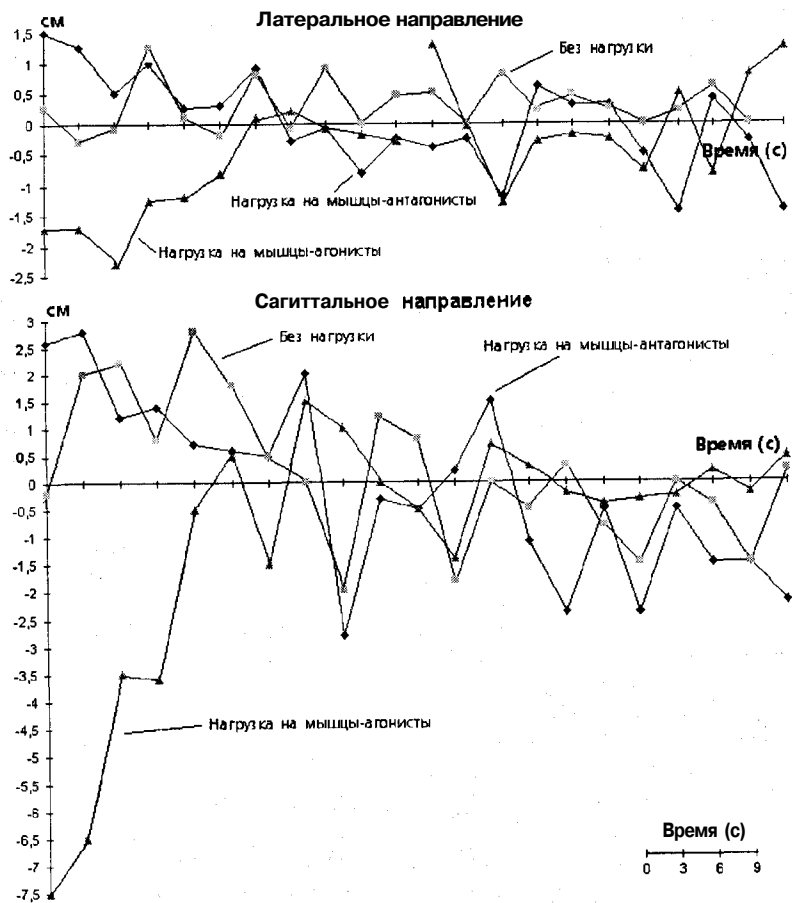


Рис. 100. Динамика показателей точности метаний дротиков по навесной траектории после выполнения предельной локальной мышечной нагрузки

Для анализа влияния локальной нагрузки, сопряженной с активным и интенсивным воздействием на мышцу, на точность, изучалось влияние такой нагрузки на воспроизведение угловой скорости и амплитуды движений при суставных перемещениях, а также на показатели воспроизведения усилий. Результаты показали, что после локальной мышечной нагрузки не наблюдалось ее влияния на точность воспроизведения кинематических и динамических характеристик (рис. 101).

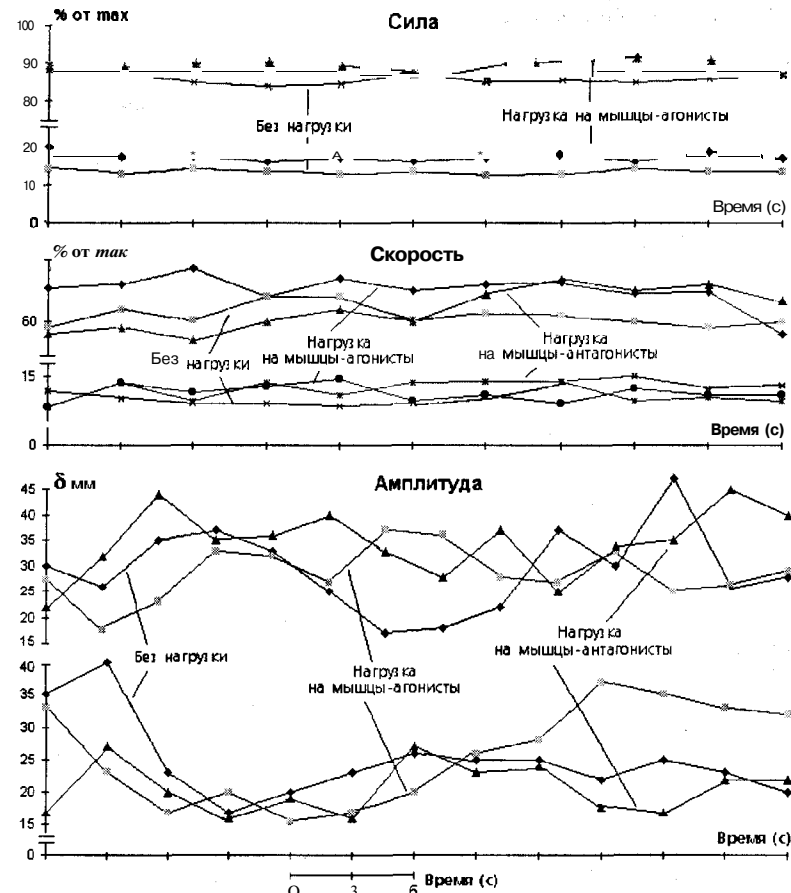


Рис. 101. Динамика точности воспроизведения усилий, скорости (в % от максимума индивидуальных показателей) и амплитуды движений (70 и 20 см) после выполнения предельной локальной мышечной нагрузки

Анализ данных позволил предположить, что изменения точности метаний в таком случае вызваны неадекватным состоянием исполнительных систем (мышц) двигательным программам, сформированным на основе предшествующего опыта. Если бы предшествующий опыт не играл существенной роли, можно было ожидать внесение коррективов в каждую последующую из попыток, чего практически не наблюдалось.

Чтобы выяснить, насколько в данном случае важен накопленный предшествующий опыт, были проведены эксперименты, связанные с оценкой переноса тренированности в точностных движениях после локальной мышечной нагрузки на различные группы мышц.

В ходе этих экспериментов три группы испытуемых, не имевших ранее опыта в метании дротиков по навесной траектории, тренировались по трем программам:

1. Без предварительной локальной мышечной нагрузки.
2. С предварительной локальной нагрузкой на мышцы-агонисты бросающей руки.
3. С предварительной нагрузкой на мышцы-антагонисты бросающей руки.

Результаты экспериментов показали, что переноса тренированности в точности метаний дротиков не наблюдалось (табл. 49).

Таблица 49. Перенос тренированности в точности метаний дротиков при разных вариантах применения предварительной локальной мышечной нагрузки (в % по дисперсионному анализу)

Условия тренировок	Условия выполнения контрольных заданий		
	Без нагрузки	С нагрузкой на мышцы-агонисты	С нагрузкой на мышцы-антагонисты
1. Без нагрузки	23,4*	1,01	0,0
2. С нагрузкой на мышцы-агонисты	3,1	44,3*	2,6
3. С нагрузкой на мышцы-антагонисты	5,3	8,4	38,2*

Примечание. * влияние статистически существенно при $p = 0,01$.

Таким образом, комплексное исследование влияния локальной мышечной нагрузки на точность двигательных действий показало, что основной причиной изменения точности является неадекватное состояние исполнительного аппарата (мышц) двигательным программам, сформированным на основе предшествующего опыта.

ГЛАВА VII. ТРЕНИРОВКА ТОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

К настоящему времени сложилась система спортивной тренировки, в которой на основе научных данных разработаны общие вопросы теории и методики тренировки, технической и физической подготовки и др. Это служит предпосылкой к созданию научно обоснованной системы тренировки точности движений.

В то же время исследования вопросов собственно тренировки точности движений до настоящего времени носили фрагментарный характер, а рекомендации по отдельным сторонам этого процесса во многих случаях не опирались на предварительные физиологические, биомеханические, психологические и другие обоснования.

Исключением в этом плане является метод "сближаемых заданий", в основу которого легло дифференцировочное торможение, открытое И.П. Павловым и рассматривавшееся применительно к спортивной тренировке В.С. Фарфелем, Н.Г. Озолиным, С.А. Кераминас.

Разный характер спортивной тренировки с точки зрения ее целей и направленности часто приводил к весьма противоречивым выводам относительно переноса тренированности. Это было следствием того, что отсутствовала классификация методов, учитывающая специфику и направленность упражнений, и что подход к оценке эффективности тренировки должен предусматривать как минимум два положения:

- а) влияние методических приемов тренировки на изменение точности двигательных действий в стандартных условиях;
- б) особенности характера переноса тренированности точности для разных условий.

7. 1. Классификация методов тренировки точности

Анализ литературных источников и результаты собственных экспериментов показали, что методы тренировки точности двигательных действий целесообразно разделить по следующим основным характеристикам:

1. По характеру условий, в которых последовательно выполняются попытки действий:

— неоднократное повторение действий в стандартных неизменяющихся условиях (метод "простых повторений");

— последовательное выполнение одного и того же действия много раз при условии, что первые попытки резко отличаются по характеристикам (проявляемым усилиям, скорости исполнения), а при выполнении последующих попыток разница в характеристиках исполнения этого действия постепенно уменьшается (метод "сближаемых заданий");

— выполнение в отдельных попытках (или в серии попыток) действий, резко отличающихся по усилиям, когда основное действие как бы "перебивается" контрастным (метод "контрастных заданий").

2. По направленности упражнений:

— на развитие сенсорных систем, определяющих точность конкретных движений;

— на совершенствование двигательных качеств, уровень развития которых необходим для выполнения конкретных действий (с разной мощностью, на разном функциональном уровне).

7. 2. Сравнительный анализ эффективности методов тренировки точности

7. 2. 1. Сопоставление влияния различных методов тренировки точности

Результаты экспериментов со спортсменами разной квалификации, проведенных в целях сопоставления степени влияния различных методов тренировки точности двигательных действий ("простых повторений", "контрастных заданий" и "сближаемых заданий"), показали следующее.

У спортсменов высокой квалификации после тренировок, построенных на основе данных методов и равных по объему выполненных попыток, наблюдались малоотличающиеся друг от друга изменения в результатах. По степени предпочтительности методы тренировки расположились в следующем порядке: методы "простых повторений", "контрастных заданий" и "сближаемых заданий".

У спортсменов низкой квалификации и детей разница в степени влияния метода тренировки была значительно существеннее. Для этих категорий испытуемых наиболее предпочтительным в плане тренировки точности двигательных действий является использование метода "сближаемых заданий", затем метода "контрастных заданий" и метода "простых повторений" (рис. 102).

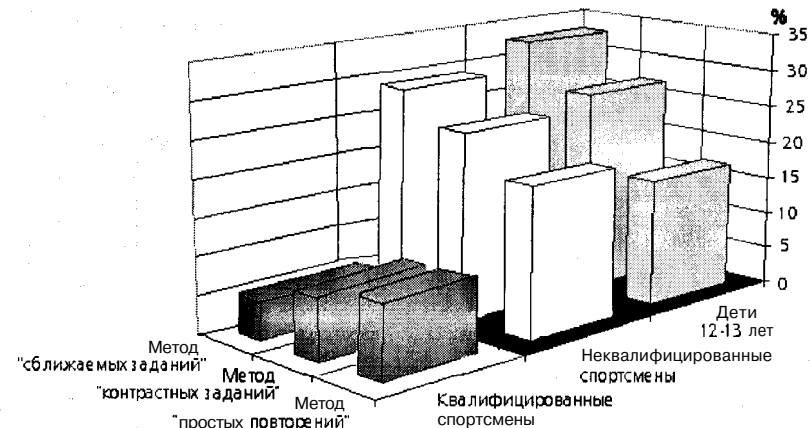


Рис. 102. Влияние различных методов тренировки точности (в % по дисперсионному анализу) на результаты бросков мяча в баскетбольную корзину (после 20 тренировок, на каждой из которых испытуемые выполняли по 50 бросков при вырывании дистанции)

7. 2. 2. Перенос тренированности в точности выполнения двигательных действий

Для изучения переноса тренированности при использовании различных методов тренировки точности двигательных действий проведены эксперименты, в ходе которых три группы испытуемых (квалифицированные и неквалифицированные спортсмены, дети 12-13 лет) тренировались в разных условиях с точки зрения методов, использовавшихся при построении упражнений:

- первая группа — по методу "простых повторений";
- вторая группа — по методу "контрастных заданий";
- третья группа — по методу "сближаемых заданий".

До и после экспериментальных тренировок испытуемые выполняли действия, которые тренировали, в условиях, когда необходимо было действовать по методу "простых повторений", по методу "контрастных заданий" и по методу "сближаемых заданий".

Были получены следующие результаты (табл. 50).

Тренировки, в которых упражнения были построены по методу "простых повторений", не сопровождались переносом тренированности у квалифицированных спортсменов, когда необходимо было действовать по методу "контрастных заданий" и методу "сближаемых заданий", а у детей и спортсменов низкой квалификации такие тренировки были связаны с низким переносом тренированности.

Таблица 50. Перенос тренированности при различных методах тренировки точности (степень влияния в % по результатам дисперсионного анализа)

Испытуемые	Условия тренировки с точки зрения методов построения упражнений	Условия выполнения контрольных заданий		
		По методу "простых повторений"	По методу "контрастных заданий"	По методу "сближаемых заданий"
Квалифицированные спортсмены	По методу "простых повторений"	40,1	0,0	0,3
	По методу "контрастных заданий"	21,0	30,3	7,0
	По методу "сближаемых заданий"	0,0	0,6	21,0
Дети 12-13 лет	По методу "простых повторений"	61,3	14,0	18,0
	По методу "контрастных заданий"	36,1	63,0	30,0
	По методу "сближаемых заданий"	44,0	46,0	48,0
Неквалифицированные спортсмены	По методу "простых повторений"	58,0	18,3	12,1
	По методу "контрастных заданий"	31,0	60,0	28,2
	По методу "сближаемых заданий"	39,3	31,0	50,0

Тренировки, в которых упражнения были построены по методу "контрастных заданий", у квалифицированных спортсменов привели к наибольшему статистически существенному приросту точности при выполнении тренируемых действий именно по этому методу, но после таких тренировок не наблюдалось переноса тренированности, если тренируемые действия необходимо было выполнять по методу "сближаемых заданий".

У детей и неквалифицированных спортсменов метод "контрастных заданий" выполнения двигательных действий привел к переносу тренированности, когда необходимо было действовать и по методу "сближаемых заданий", и по методу "простых повторений".

Тренировки, в которых упражнения были построены по методу "сближаемых заданий", с точки зрения переноса тренированности оказались наиболее предпочтительными для детей и спортсменов низкой квалификации и не привели к каким-либо положительным результатам в плане переноса тренированности у спортсменов высокой квалификации. В отдельных случаях у высококвалифицированных спортсменов даже наблюдались отрицательные показатели.

В описанных выше экспериментах не предусматривался дифференцированный подход в плане тренировки сенсорных систем, техники и

двигательных качеств. Однако есть основания предполагать, что использование при построении тренировочных упражнений тех или иных методов ("простых повторений", "контрастных заданий", "сближаемых заданий") могло по-разному отражаться на этих составляющих.

Так, например, тренировки, в которых упражнения были построены по методу "простых повторений" движений, по-видимому, позволяют в большей мере совершенствовать стабильность действий отдельных двигательных структур. Стабильность работы функциональных синергий, как показано ранее (см. главу 4), в значительной мере способствует повышению точности. В то же время такие тренировки не позволяют добиваться высокой точности при выполнении движений в изменяющихся условиях.

Становится очевидным, что для отработки необходимых изменений в последовательности включения в работу функциональных синергий более предпочтительно построение упражнений по методу "контрастных заданий" и по методу "сближаемых заданий".

Различное влияние рассматриваемых методов тренировки точности двигательных действий для квалифицированных и неквалифицированных спортсменов может быть объяснено разной степенью освоенности ими движений в плане стабильности работы функциональных синергий и необходимой вариативности тайминга при выполнении этих движений в разных условиях.

Следовательно, достаточно уверенно можно говорить о том, что методика обучения точностным движениям должна предполагать решение двух главных задач:

- создание и становление функциональных синергий и повышение стабильности действий;
- выработку вариативности в последовательности работы функциональных синергий в соответствии с изменением условий.

7.3. Анализ методических приемов тренировки точности

В этом разделе будут рассмотрены использовавшиеся ранее методы тренировки точности двигательных действий ("простых повторений", "контрастных заданий", "сближаемых заданий") с точки зрения их эффективности.

Анализ результатов оценки влияния этих методов в плане переноса тренированности позволил заметить, что их эффективность в значительной мере связана с тем, в какой мере дифференцированное или комплексное воздействие оказывают упражнения, построенные по тому или другому методу, на сенсорные системы или структуру движений.

7. 3. 1. Тренировка сенсорных систем

Если рассматривать подходы к тренировке сенсорных систем, то в принципе можно остановиться уже на описанных ранее методах ("простых повторений", "контрастных заданий", "сближаемых заданий"). Вопрос в том, как производить выбор стимулов к работе сенсорных систем, чтобы получить наилучший эффект. Предпочтительны такие стимулы, предъявление которых при выполнении тренировочных упражнений в дальнейшем позволило бы достичь переноса тренированности в широком диапазоне с точки зрения других величин этих стимулов.

Были проведены эксперименты, в ходе которых испытуемые должны были тренировать в одном случае преимущественно реакции на движущийся объект, а в другом — кинематические системы.

Результаты экспериментальных тренировок, в которых испытуемые отражали движущиеся объекты и выполняли метания предметов различного веса, показали, что положительный эффект наблюдается в тех случаях, когда тренировки проходили в условиях, когда предъявлялись повышенные требования к чувствительности. Перенос тренированности отсутствовал, если испытуемым, тренировавшимся в условиях, когда предъявлялись низкие требования к сенсорным системам, необходимо было выполнять двигательные действия в условиях, когда требования к сенсорным системам были более высокие (табл. 51, 52).

Таблица 51. Процент отраженных мячей в группах, тренировавшихся при разном времени прослеживания их движения

Время прослеживания движения мячей, при котором группы испытуемых тренировались в их отражении (мс)		Время прослеживания движения мячей при их отражении в ходе выполнения контрольных заданий (мс)			
		80	140	320	380
80	До тренировки	32,9	39,3	72,9	77,9
	После тренировки	37,9	2,9	80,0	85,0
	Разность	5,0	3,6	8,1*	7,1*
140	До тренировки	35,0	39,3	72,1	77,1
	После тренировки	37,1	39,3	81,4	85,0
	Разность	2,1	0	11,3*	7,9*
320	До тренировки	3,3	37,1	72,1	78,6
	После тренировки	3,3	37,9	75,0	77,1
	Разность	0	0,8	2,9	-1,5
380	До тренировки	33,6	38,6	72,1	80,0
	После тренировки	3,3	39,3	72,1	80,0
	Разность	0,7	0,7	0	0

Примечание. * — различия достоверны при $p < 0,05$.

Таблица 52. Влияние тренировки точности выполнения метаний по навесной траектории при использовании различных методов варьирования веса снаряда (в % по дисперсионному анализу)

Условия тренировки с точки зрения методов построения упражнений	Влияние тренировки на точность метания снарядов стандартного веса
По методу "простых повторений при стандартном весе снаряда"	5% при $p = 0,01$
По методу "контрастных заданий": — стандартный и утяжеленный снаряды — стандартный и облегченный снаряды	-6% при $p = 0,5$ 28% при $p = 0,01$
По методу "сближаемых заданий (пять разновидностей веса снаряда)"	10% при $P = 0,01$

Если рассматривать экспериментальные тренировки, которые предположительно воздействовали преимущественно на кинестезию, то наиболее эффективным оказался "контрастный метод", когда варьировались условия в плане требований к проявлению чувствительности от повышенных до стандартных. По-видимому, это связано с тем, что повышение требований к чувствительности сочеталось в одном упражнении с тренировкой действий в стандартных условиях.

7. 3. 2. Тренировка техники спортивных действий

При подборе упражнений для совершенствования двигательной структуры в первую очередь возникает вопрос о стабильности и вариативности выполнения движений в изменяющихся условиях и в этой связи о характере переноса тренированности.

Согласно теории "двигательной специфики" Ф. Генри при выполнении заданий, направленных на совершенствование механизмов управления движениями, перенос тренированности проблематичен. Поэтому необходимо выяснить, связано ли варьирование условий выполнения двигательных действий с изменением кинематики движений и координации мышечной активности.

Ранее проведенные исследования показали, что не только варьирование внешних условий вызывает существенное изменение в кинематике движений и координации мышечной активности, но даже изменение целевых установок на выполнение действий при относительной стабильности кинематики вызывает изменения координации и степени активности мышц. Чтобы выяснить, в какой мере такие изменения могут быть связаны с переносом тренированности, был проведен ряд экспериментов, результаты которых представлены в табл (53,54,55).

Таблица 53. Динамика средних (X) и вариативности (δ) временных характеристик (мс) элементов техники баскетболистов до и после тренировки с применением упражнений программы Л

Суставы	Фазы движений	Показатели	До эксперимента		После эксперимента	
			После нагрузки А	После нагрузки Б	После нагрузки А	После нагрузки Б
Локтевой	Т ₁	X	592,1	63,2	572,1	686,5
		S	4,03	5,46	6,02	6,21
	Т ₂	X	138,2	148,9	134,9	154,7
		S	1,04	1,85	1,15	2,19
Коленный	Т ₁	X	452,7	494,8	441,3	502,5
		δ	3,17	3,76	3,52	3,91
	Т ₂	X	284,6	299,7	280,3	304,1
		S	1,07	1,21	0,98	1,36
Луче-запястный	Т ₁	X	536,5	567,9	528,4	579,6
		δ	3,62	3,88	3,21	3,93
	Т ₂	X	45,3	54,1	43,6	59,7
		δ	0,91	0,96	0,91	1,15

Примечание. Т₁ — подготовительные фазы. Т₂ — фазы реализации.

Таблица 54. Динамика средних (X) и вариативности (δ) временных характеристик (мс) элементов техники баскетболистов до и после тренировки с применением упражнений программы Б

Суставы	Фазы движений	Показатели	До эксперимента		После эксперимента	
			После нагрузки А	После нагрузки Б	После нагрузки А	После нагрузки Б
Локтевой	Т ₁	X	601,7	641,9	667,1	618,9
		S	4,19	5,03	4,97	4,13
	Т ₂	X	130,1	141,0	154,6	121,7
		S	1,09	1,22	1,29	1,20
Коленный	Т ₁	X	464,8	491,3	493,9	451,7
		δ	3,42	3,76	3,57	3,19
	Т ₂	X	275,7	393,1	289,6	259,6
		δ	1,26	1,35	1,36	1,01
Луче-запястный	Т ₁	X	531,4	547,3	569,7	521,4
		δ	3,71	3,63	3,88	3,27
	Т ₂	X	45,2	58,7	59,4	46,3
		δ	0,93	1,03	1,04	0,77

Примечание. Т₁ — подготовительные фазы. Т₂ — фазы реализации.

Таблица 55. Перенос тренированности в различных технических приемах

Технические приемы	Неквалифицированные испытуемые	Квалифицированные испытуемые
Баскетбольные броски: 1. Одной рукой от плеча 2. Одной рукой сбоку 3. После ведения 4. С места	Низкий перенос во всех случаях	Отсутствие переноса
Футбольные удары: 1. После ведения 2. По неподвижному мячу 3. По движущемуся мячу	Низкий перенос в 1-м и 3-м случаях	Отсутствие переноса
Теннисные удары: 1. Подача 2. Удар слева с лета 3. Удар справа после отскока мяча от поля	Низкий перенос в 2-м и 3-м случаях	Отсутствие переноса

Перенос тренированности наблюдался только в стадии освоения двигательных навыков, а у квалифицированных спортсменов перенос тренированности не наблюдался даже при выполнении движений, близких по кинематике к тем, что тренировались.

7.3.3. Тренировка точности спортивных действий на фоне разной физической нагрузки

Исследования влияния нагрузки на точность двигательных действий показали, что различные виды нагрузок специфически отражаются на показателях систематических и случайных ошибок. Такое влияние связано с различным и известной степени избирательным воздействием на отдельные структуры механизмов управления движениями.

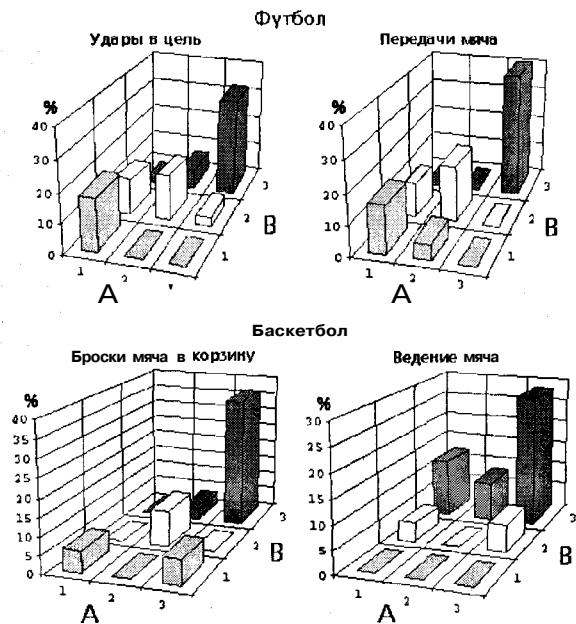
Для изучения переноса тренированности проведены эксперименты, в ходе которых рассматривалось влияние тренировок, в которых выполнялись специализированные и неспециализированные упражнения разной функциональной направленности, а также влияние тренировок, в которых перед отработкой точностных действий выполнялись нагрузки глобального и локального характера (табл. 56, рис. 103, 104).

Результаты экспериментов показали, что не происходит переноса тренированности в точности выполнения двигательных действий при тренировках с различными видами нагрузок. Это дает основание предположить следующую организацию управления движениями.

Таблица 56. Перенос тренированности при тренировке точностных движений в упражнениях разной функциональной направленности (сила влияния в % по дисперсионному анализу)

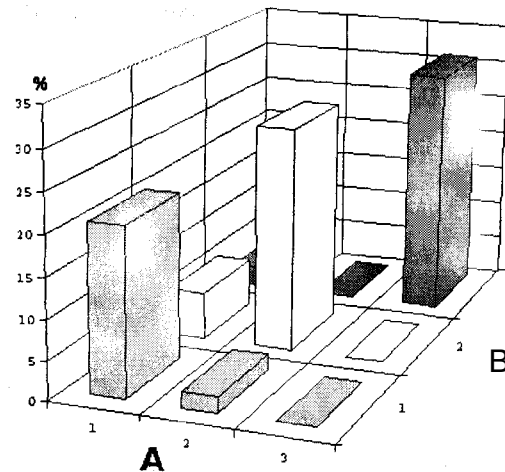
Направленность упражнений, выполняемых в экспериментальных тренировках	Направленность упражнений, выполняемых в ходе контрольных заданий												
	анаэробная				смешанная				аэробная				
	X	Y	5x	6y	X	Y	6x	6y	X	Y	6x	6y	
Анаэробная	С	50	60	30	28	30	44	28	25	3	2	1	4
	Н	5	2	10	1	2	8	10	4	4	8	20	1
Смешанная	С	0	2	10	4	48	25	28	16	10	4	5	21
	Н	21	3	12	6	20	18	4	8	5	8	4	13
Аэробная	С	4	16	И	5	3	8	1	8	0	0	1	14
	Н	1	10	0	0	10	4	11	6	И	0	11	0

Примечание. С—специализированные упражнения. Н—неспециализированные упражнения.



Примечание. А—условия экспериментальных тренировок. В—условия, в которых выполнялись контрольные задания до и после экспериментальных тренировок. 1—упражнения аэробной направленности. 2—упражнения смешанной направленности. 3—упражнения анаэробной направленности.

Рис. 103. Перенос тренированности при тренировке двигательных действий в упражнениях разной функциональной направленности (сила влияния в % по дисперсионному анализу)



Примечание. А-условия экспериментальных тренировок. В-условия, в которых выполнялись контрольные задания до и после экспериментальных тренировок. 1 - тренировки без нагрузки. 2 - тренировки с предварительной интенсивной нагрузкой до отказа на мышцы-агонисты. 3 - тренировки с предварительной интенсивной нагрузкой до отказа на мышцы-антагонисты.

Рис. 104. Перенос тренированности при тренировке двигательных действий с выполнением предварительной локальной мышечной нагрузки (сила влияния в % по дисперсионному анализу)

Тренировки на определенном функциональном фоне позволяют выработать адекватное взаимодействие сенсорных и исполнительных систем, которое фиксируется в виде некоторой программы.

В тех случаях, когда состояние сенсорной системы или состояние исполнительных систем (мышечной) не адекватно выработанной ранее двигательной программе, движения не могут выполняться с достаточной точностью. Поэтому основной целью тренировки точности выполнения двигательных действий должна быть выработка двигательных программ, соответствующих тому функциональному состоянию, в котором в дальнейшем данные действия предстоит выполнять.

7.3.4. Влияние тренировок по развитию силовых качеств на точность спортивных действий

Взаимосвязь между точностью двигательных действий и силовыми качествами определяется теми требованиями к проявлению силы, которые предъявляются в конкретном задании. Ввиду этого есть основания предполагать, что развитие силовых качеств может приводить

как к положительным, так и к отрицательным результатам в плане проявления точности при выполнении движений.

Результаты проведенных исследований показывают, что развитие силовых качеств позволяет улучшить точность при выполнении тех действий, где требуется в высокой степени проявление силы, но в то же время связано со снижением точности действий, при выполнении которых необходима тонкая дифференцировка усилий (рис. 105).

Поэтому можно говорить о том, что существует оптимальный уровень развития силовых качеств для проявления точности, адекватный тому, который необходим для качественного выполнения конкретного задания. Это подтверждают полученные ранее корреляции показателей силовых качеств и точности двигательных действий (см. главу 5).

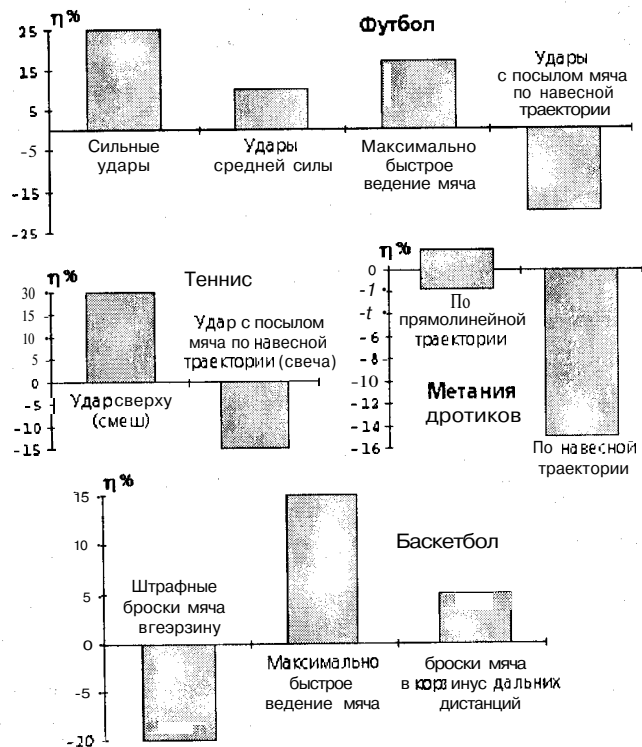


Рис. 105. Влияние тренировок по развитию силовых качеств на проявление точности и сочетания скорости и точности при выполнении двигательных действий, требующих разного уровня проявления силовых качеств (в % по дисперсионному анализу)

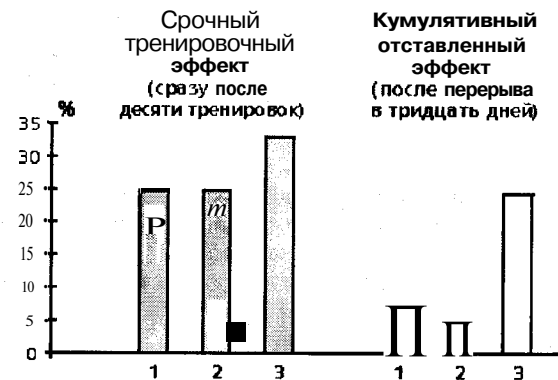
7. 3. 5. Сравнительная характеристика тренировки точности спортивных действий при разных вариантах набора объемов повторений

В исследованиях ряда авторов было показано, что существенную роль в тренировке точности двигательных действий играет вариант набора объемов повторений действий. Выделялось три варианта набора объемов повторений действий в серии занятий:

1. Большие порции повторений, выполняемые длительно без перерывов.
2. Малые порции повторений, следующие с перерывами
3. Большие порции повторений, следующие с перерывами.

Эксперименты по проверке эффективности данных вариантов набора объемов повторений действий показали, что и при обучении, и при тренировке наилучший кумулятивный эффект наблюдается при третьем варианте организации занятий, когда выполняются большие порции повторений, следующие с перерывами.

Срочный тренировочный эффект имел место у квалифицированных спортсменов, когда большие порции повторений действий выполнялись ежедневно в течение длительного времени (рис. 106).



Примечание. 1 — десять тренировок объемом по 100 попыток одной серией. 2 — десять тренировок объемом по 20 попыток одной серией. 3 — десять тренировок объемом по 80 попыток в четыре серии по двадцать с интервалами.

Рис. 106. Характеристика сдвигов в точности выполнения двигательных действий после серии тренировочных занятий при разных вариантах набора объемов повторений

7. 4. Основные положения, принципы и методы тренировки точности двигательных действий

На основе обобщенного анализа результатов проведенных исследований сформулированы следующие основные положения, принципы и методы тренировки точности двигательных действий (рис. 107).

1. Тренировка точности двигательных действий предполагает значительные объемы их повторений и последовательность дозировки упражнений.

2. Выбор тренировочных средств должен предполагать целевую направленность:

- а) на развитие сенсорных систем;
- б) на совершенствование двигательной структуры;
- в) на развитие двигательных качеств, обеспечивающих возможность выполнения конкретных двигательных заданий.

3. Тренировка сенсорных систем предполагает выбор средств с повышенными требованиями к проявлению двигательной чувствительности, так как в этом случае наблюдается перенос тренированности от высоких требований к проявлению чувствительности к низким.

4. Главный принцип тренировки техники - специализированность упражнений, так как в данном случае отсутствует перенос тренированности при изменении кинематики, динамики, координации мышечной активности.

Тренировка техники движений должна предусматривать:

- а) совершенствование стабильности работы кинематических цепей, объединяемых функциональными синергиями, при выполнении конкретных двигательных действий;
- б) выработку вариативности в последовательности работы функциональных синергии в соответствии с изменением условий.

5. Основными принципами, которые необходимо соблюдать при развитии двигательных качеств, являются:

- а) специализированность физиологической нагрузки;
- б) достижение уровня, необходимого и достаточного для выполнения конкретных действий;
- в) согласованность работы над двигательными качествами и техникой.

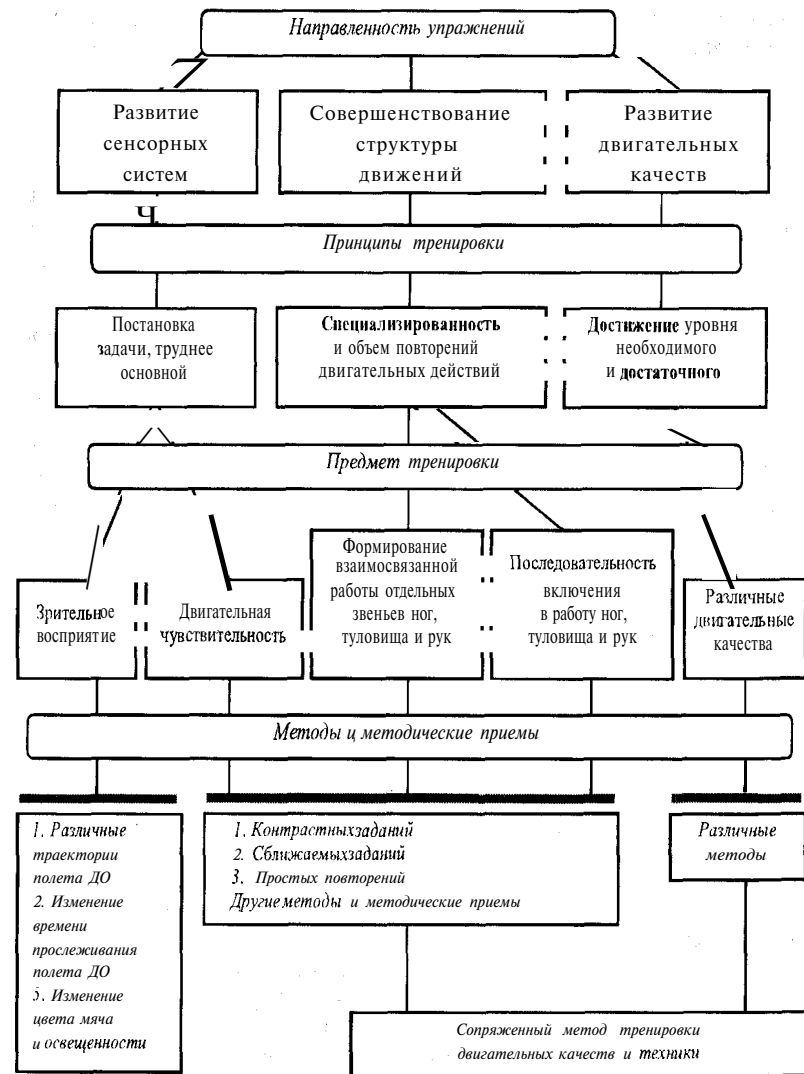


Рис. 107. Основные положения, принципы и методы тренировки точности двигательных действий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первое. Исследования аналитических зависимостей точности двигательных действий показали, что законы, по которым изменяется точность, нельзя рассматривать как результат чисто случайных процессов, они являются функцией процессов управления.

Это объясняется тем, что тип зависимости определяется, с одной стороны, характером предъявляемого стимула (как эталона для воспроизведения движения на основе кинестезии; предъявление стимула в стандартном положении с возможностью предварительного визуального контроля; предъявления стимула с разной степенью энтропии, что позволяет использовать различные виды обратной связи), а с другой - участием в контроле движения преимущественно разных сенсорных систем.

Основным фактором, определяющим эффективность управления относительно короткими по длительности движениями, является время, позволяющее использовать контуры обратной связи различного уровня. Степень проявления точности определяется величиной стимулов, предъявляемых сенсорным системам в виде усилий, скорости и т.п. Повышение величины стимула приводит к улучшению точности.

Для точного выполнения сложнокоординированных действий основное значение имеет наличие ранее выработанных двигательных программ, что определяет появление экстремумов на зависимости «время — точность» и повышение точности при выполнении действий с большим числом степеней свободы кинематической цепи.

Второе. Меткость как способность человека достигать определенного уровня точности, может проявляться генерализованно (вне зависимости от характера двигательного задания) и специфично (только при выполнении действий с хорошо знакомой, освоенной структурой движений).

Генерализованное проявление меткости обусловлено наследственными факторами, которые определяют не только возможность с разной степенью успешности выполнять различные задания точностного характера, но и темпы освоения точностных движений. В меньшей мере оно связано с общей двигательной подготовленностью субъектов.

Специфическое проявление меткости определяется степенью владения движениями строго определенной структуры на основе предшествующего опыта.

Третье. Проявление меткости в значительной мере обусловлено особенностями действий с точки зрения требований, которые предъявляются к их исполнению (мощность, скорость), и условий, в которых их необходимо выполнять (при воздействии факторов физиологического, биомеханического, психомоторного характера). Поэтому возможности проявления точности определяются тем, в какой мере уровень развития двигательных качеств, психомоторика, антропометрические данные индивидуума позволяют ему успешно справляться с требованиями, предъявляемыми к выполнению конкретного действия в определенных условиях.

Ввиду этого возрастная динамика проявления меткости обусловлена в первую очередь развитием сенсорных систем, а во вторую — особенностями самих двигательных актов. Точность действий в возрастном плане изменяется по мере созревания организма и развития тех качеств, которые необходимы для успешного выполнения определенных заданий.

Факторы личностного психологического порядка не определяют уровня меткости как природной способности человека, но в то же время успешность выполнения двигательных действий связана с текущим психическим состоянием. Способность проявлять значительный уровень точности при выполнении определенных действий связана с субъективной вероятностью, которая является в значительной мере консервативным признаком.

Четвертое. Комплексное исследование влияния физических нагрузок на точность двигательных действий, включающее анализ феноменологии воздействия нагрузок различного типа и характера, формирующие эксперименты, анализ изменения структуры движений под влиянием нагрузок разного характера, показало следующее.

А. Конкретный вид нагрузки вызывает характерные изменения в состоянии разных систем организма. Значительные нагрузки связаны с появлением у субъектов чувства дискомфорта, которое субъективно связывается с наступлением утомления. При анализе влияния физических нагрузок на точность необходимо дифференцировать нагрузки, которые с определенной степенью условности вызывают разные по величине сдвиги в состоянии сенсорных систем и изменения состояния исполнительцев (мышц).

Б. Разные по функциональной направленности нагрузки сопряжены с различной концентрацией продуктов анаболизма в организме человека. Ввиду этого степень влияния нагрузки (как положительного, так и отрицательного) можно рассматривать как результат адек-

ватности состояния, вызванного нагрузкой, предшествующему опыту выполнения двигательных действий в тех или иных условиях. Как следствие положительный перенос тренированности в точности наблюдается только в том случае, если нагрузки предполагают участие в работе тех же систем энергообеспечения.

В. Последовательное выполнение одних и тех же по структуре движений в течение длительного времени (независимо от степени интенсивности нагрузки) может быть сопряжено с ощущениями значительного субъективного дискомфорта, но не вызывает изменений в хроноструктуре движений, кинематике и как следствие в точности исполнения движений.

Г. Концентрация продуктов анаболизма (в рамках привычных уровней) не взаимосвязана с показателями точности выполнения действий, вместе с тем при одинаковых физиологических и биохимических сдвигах в организме может наблюдаться принципиально разное (положительное и отрицательное) изменение точности.

Д. Причиной положительного или отрицательного влияния на точность двигательных действий предшествующей или текущей нагрузки является характер ее специализированности с точки зрения кинематики, динамики и координации работы мышц. Неспециализированные нагрузки приводят к отрицательным, а специализированные — к положительным изменениям точности выполнения текущих и последующих действий, хотя могут быть одинаковы по функциональной направленности и оказываемому физиологическому воздействию.

Е. При адаптации к нагрузкам определенного биодинамического характера положительный перенос тренированности в точности выполнения двигательных действий наблюдается только в том случае, если действия совпадают по биодинамической структуре.

Е. Локальная мышечная нагрузка, предполагающая значительные сдвиги в состоянии исполнительного (мышечного) аппарата, сопряжена со строго определенными сдвигами в точности действий. Она вызывает изменения систематических ошибок, но не сказывается на показателях ошибок случайного характера. Направленность изменений в точности определяется направленностью локального воздействия: на мышцы-агонисты или антагонисты, участвующие в исполнении действия. Сдвиги точности определяются отсутствием адаптации систем управления к текущему состоянию движителя (мышцы) после получения им нагрузки. Если предшествующий опыт предполагал тренировку точности действий после предварительной нагрузки локального характера, то отсутствие такой нагрузки также может являться фактором неспециализированности.

В целом изменения в точности выполнения двигательных действий под влиянием текущей или предшествующей нагрузки определяются не направленностью и величиной сдвигов в организме, включая состояние сенсорного и биомеханического характера, а соответствием состояния систем, отвечающих за точность, предшествующему опыту (предположительно адекватностью ранее выработанным двигательным программам, учитывающим определенное состояние сенсорных систем и двигательного аппарата).

Основой влияния нагрузки на точность является характер ее специализированности, который характеризуется функциональным состоянием организма, кинематикой, динамикой и координацией мышечной активности при выполнении конкретных действий.

Пятое. Точностные движения имеют общие черты с точки зрения их построения и организации при адаптации к различным внешним воздействиям.

А. Одной из общих черт является сочетанная активность мышц-антагонистов на всем протяжении движения до момента реализации. Степень их активности связана с требованиями, предъявляемыми к точности движений, которая, в свою очередь, в значительной мере обусловлена взаимосвязанной координацией активности мышц-антагонистов.

Б. Наиболее важную роль в организации двигательных действий играют интервалы времени, в рамках которых они выполняются.

Длительность подготовительных действий предполагает прямую зависимость от требований к точности (чем выше эти требования, тем дольше фаза подготовки). Вместе с тем время этих действий при вынужденном его изменении под влиянием внешних условий определяет успешность выполнения движений в целом. Прямая зависимость точности от длительности фаз подготовки находится в пределах времени, которое необходимо для внесения коррективов за счет зрительной обратной связи.

В заключительной фазе движения (фазе реализации) наблюдается ярко выраженная тенденция к стабильности интервала времени, при котором обеспечивается проявление наивысшей точности. Зависимость «время — точность» для фазы реализации предполагает наличие экстремума для показателей точности на времени, необходимого для внесения коррекций по ходу движения на уровне кинестетической обратной связи.

В. В организации двигательных действий присутствуют связи, определяющие последовательные взаимодействия для разных кинематических цепей и параллельные взаимодействия, главным образом для звеньев одной кинематической цепи. Появление и сохранение таких связей на протяжении движения ограничивается строго опре-

деленными интервалами времени, характерными для изменения точности на аналитической зависимости «время — точность».

На основе этих связей кинематические цепи образуют относительно жесткие функциональные синергии, работа которых стремится быть стабильной независимо от условий выполнения движений. При выполнении сложнокоординированных движений с участием большого количества звеньев тела и как следствие с большим числом степеней свободы отдельные кинематические цепи, объединенные в функциональные синергии, работают в строгой временной последовательности, которая диктуется условиями выполнения действий.

Временная стабильность работы отдельных звеньев и объединяющих их синергии определяет ошибки случайного характера, а временная последовательность работы отдельных цепей (тайминг) — сопряжена с изменениями в точности систематического характера.

Нарушения в работе синергии, связанные с систематическими ошибками, могут быть вызваны только внешними воздействиями постоянной направленности и незнакомого характера, например введением механических ограничений, нагрузкой локального характера.

Г. При адаптации к различным внешним воздействиям независимо от их характера предполагается внесение в различные движения изменений, носящих общие черты.

Вербальные установки на быстроту исполнения действий; лимит времени на выполнение действий, включая изменение времени прослеживания при ловле и отражении движущихся объектов; изменение требований к точности; факторы психологического характера (выполнение преднамеренных или экспромтно-преднамеренных действий) сопряжены с изменением длительности подготовительных фаз движений. Заключительные фазы движений (фаза реализации) имеют тенденцию к строгому сохранению длительности, выход за рамки которой приводит к потере точности.

Адаптация, связанная со значительными изменениями сложнокоординированных действий в амплитуде, скорости выброса снаряда и т.п., определяется таймингом работы различных двигательных синергии.

Д. Характер влияния физических нагрузок на структуру двигательных действий существенно отличается в зависимости от специализированное™.

Неспециализированная нагрузка вызывает увеличение длительности подготовительных фаз и повышение вариативности временных характеристик фаз реализации, а специализированная — сопряжена с прямо противоположными изменениями: сокращением времени подготовки и стабилизацией фаз реализации.

Специализированная нагрузка, выполняемая в течение длительного времени до появления предельного субъективного ощущения дискомфорта, не вызывает каких-либо изменений в хроноструктуре точностных движений.

Локальная интенсивная нагрузка на мышцы—агонисты и антагонисты, «обслуживающие» суставы, работа которых играет основную роль для проявления точности, вызывает изменения угловой скорости перемещений в этих суставах в момент реализации и не связана с изменениями временных характеристик движений.

Е. Точность двигательных действий в значительной мере определяется психомоторными реакциями, объединяющими в одну систему движения глаз и звеньев тела (система «глаз — рука»).

Шестое. Точность действий обуславливается уровнем развития сенсорных систем, организованностью структуры, адекватностью уровня развития двигательных качеств тем требованиям, которые предъявляются к выполнению действий в соответствующих условиях. Основные пути совершенствования точности двигательных действий соответственно предполагают направленность упражнений на развитие сенсорных систем, двигательных качеств и тренировку специфической структуры движения.

А. При тренировке сенсорных систем происходит односторонний перенос тренированности от более «сложных» (с точки зрения требований к работе сенсорных систем) условий к более «простым». Предъявление в тренировках повышенных требований к сенсорным системам предполагает существенное положительное влияние на точность выполнения двигательного действия в целом.

Вследствие этого при использовании упражнений с преимущественной направленностью на тренировку сенсорных систем необходимо ставить задачи с повышенным требованием к чувствительности.

Б. Совершенствование структуры двигательных действий предполагает два основных направления:

— образование путем тренировок двигательных функциональных синергии для отдельных кинематических цепей и совершенствование стабильности в их работе;

— совершенствование последовательности двигательных реакций (тайминга) в действиях отдельных синергии различных кинематических цепей при адаптации к вариативным условиям выполнения движений.

Совершенствование структуры двигательных действий предполагает обязательное соблюдение принципа специализированности: совпадение условий тренировки с условиями предполагаемой деятельности по функциональному состоянию организма, кинематике и динамике выполняемых движений, координации работы мышц.

В. Уровень развития двигательных качеств является фактором, позволяющим адаптироваться к требованиям, которые предъявляются к выполнению задания с точки зрения мощности действий. Неадекватное развитие двигательных качеств снижает возможности точно выполнить конкретное задание.

Развитие двигательных качеств как один из путей повышения точности выполнения действий предполагает достижение уровня необходимого и достаточного.

Г. Обучение двигательным действиям кроме общих педагогических положений построения тренировки базируется на учете созревания организма. Обучение определенным навыкам точностного характера может проводиться, когда развитие сенсорных систем, психомоторики и двигательного аппарата достигает того уровня, который необходим для решения конкретной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдул Сахиб Аль Джамшир. Влияние физической нагрузки на точность двигательных действий футболистов: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. - М., 1987. - 21 с.

Абсалямов Т.М. Изменение характера рабочих движений пловца при утомлении /В книге: Выносливость и пути ее развития. - М., ГЦОЛИФК, 1966. - С. 15-16.

Абсалямов Т.М. Исследование динамики ранних признаков утомления при спортивном плавании: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. - М., 1967. - 20 с.

Абсалямов Т.М., Зорин В.П., Коц Я.М. Скоростные сократительные свойства мышц и их изменения в процессе спортивной тренировки //Теория и практика физической культуры. - 1975. - № 3. - С. 24-26.

Авокян Р.В., Варданыан Г.А., Гершуни Г.В. Исследование скрытого периода произвольной двигательной реакции при защитных сигналах разной длительности и уровней интенсивности //Высшая нервная деятельность. - 1966. - № 16. - С. 1037-1045.

Агашин Ф.К. Биомеханика ударных движений. - М.: Физкультура и спорт, 1977. - 207 с.

Аилик Т.А. О роли аэробных и анаэробных процессов в энергетическом обеспечении интенсивности мышечной работы //Материалы сектора физиологии спорта. - М., 1966. - С. 252-272.

Алексеев М.А., Аскназий А.Г. Некоторые закономерности управления точностными циклическими движениями человека /В книге: Управление движениями. - Л., Наука. - 1970. - С. 17-37.

Алексеев М.А., Аскназий А.Г., Зотов А.И., Липатова Н.Я. О процессе совершенствования навыка //Высшая нервная деятельность. - 1955. - Т. 5. - Выпуск 4.

Алексеев М.А., Найдель А.В. Взаимодействие мышечных групп в сложном двигательном акте человека //Физиологический журнал СССР им. Сеченова. - 1972. - Выпуск 28. - С. 1721.

Алешинский С.Ю. Моделирование пространственных движений человека: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. - М., 1977. - 21 с.

Альхаджали Рихаб Фауз. Возрастная динамика специальной под-