



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ
ЗНАНИЙ

ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
ПРОФЕССОР
А. Н. СТУДИТСКИЙ

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ
ЖИВОТНОГО ОРГАНИЗМА**

(Биологическая теория регенерации)

Серия II
№ 58

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1952

Annotation

Восстановление органов и тканей животного организма (Биологическая теория регенерации). Стенограмма публичной лекции, прочитанной, в Центральном лектории Общества «Знание» в Москве.

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Китайский проезд, 3.

- [А. Н. Студитский](#)
 - [Регенерация органов у низших организмов](#)
 - [Несостоятельность _____ вирховско-вейсмановской теории регенерации](#)
 - [Восстановление костей у высших позвоночных](#)
 - [Восстановление мышечной ткани](#)
 - [Живое _____ вещество _____ источник _____ развития восстановительной ткани](#)
 - [От _____ восстановления _____ повреждений _____ к восстановлению целых мышц](#)
 - [Восстановление покровной ткани](#)
 - [Восстановление нервной ткани](#)
 - [Биологическая теория регенерации](#)
 - [notes](#)
 - [1](#)
 - [2](#)
 - [3](#)
 - [4](#)
-

А. Н. Студитский
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОРГАНОВ И
ТКАНЕЙ ЖИВОТНОГО
ОРГАНИЗМА
(Биологическая теория
регенерации)

Регенерация органов у низших организмов

Среди позвоночных животных есть одна группа, которая на протяжении вот уже свыше полутора столетий привлекает внимание исследователей своей исключительной способностью восстанавливать утраченные части тела.

Эта группа — хвостатые земноводные животные, обитатели наших пресных вод. К ним относится всем известный тритон — водяная ящерица, небольшое животное, обладающее вытянутой, как у рыбы, уплощенной формой тела, маленькой головой с широкой пастью и четырьмя лапками, удивительно напоминающими руки человека. К этой же группе относится аксолотль — земноводное животное, лет семьдесят тому назад вывезенное из Мексики и получившее с тех пор широкое распространение в Европе как аквариальное животное.

Способность хвостатых земноводных животных к восстановлению утраченных частей тела поразительна. У тритона или аксолотля можно удалить палец или всю лапку или даже целую конечность — организм животного справится с этим повреждением. Буквально в несколько дней поверхность культи затянется тонкой пленкой покровной ткани. Пройдет неделя — и под этой пленкой появится бугорок зачатка заново возникающей утраченной части. Еще неделя-другая — и бугорок принимает сначала коническую форму, потом превращается в подобие плоской лопатки, внутри которой просвечивают зачатки костей. Начинается развитие пальцев, и через месяц после операции

новообразованная часть отличается от утраченной только меньшей величиной.

У тритона или аксолотля восстанавливаются не только конечности. Удалять можно хвосты, челюсти, глаза, оставив на месте только небольшие части этих органов, и спустя месяц-два организм ответит на повреждение полным восстановлением поврежденного органа.

Способность тритона и аксолотля к восстановлению утраченных частей тела кажется безграничной. У одного и того же животного можно повреждать одну и ту же конечность или хвост много раз, отрезая восстановленную часть. И каждый раз, снова и снова, спустя неделю, на поверхности культи появляется бугорок, начинается рост, и через месяц животное передвигается в аквариуме с помощью заново возникших конечностей.

Этот поражающий воображение процесс носит название регенерации — восстановления.

Но способность организма тритона и аксолотля к регенерации удаленных органов поражает не своей силой, не степенью своего развития. Наоборот, простые опыты убеждают в том, что это свойство у тритона или аксолотля в действительности ограничено. Конечность не восстанавливается, если ее удалить вместе с лопаткой и ключицей, к которым она прикрепляется. Хвост не восстанавливается, если его отрезать у самого корня. Глаз не восстанавливается, если его удалить целиком.

Существует множество организмов, неизмеримо превосходящих тритона и аксолотля по способности восстанавливать утраченные части. Можно назвать немало животных, которые восстанавливаются заново после того, как их тело будет разрезано пополам или на две-три, или даже на десять-двадцать частей.

Обыкновенный земляной червь, разрезанный на десять частей, превращается в десять червей. А такие организмы, как маленькое пресноводное животное гидра или плоский червь, живущий в болотах и лужах — планария, — превращаются в целое животное из одной сотой, из крошечного кусочка своего тела.

Но это — низшие животные, простотой своего строения бесконечно уступающие таким животным, как тритон и аксолотль. Одна сотая часть тела, из которой восстанавливается гидра или планария, мало чем отличается от остальных $\frac{99}{100}$ тела этих простых организмов. А аксолотль и тритон — это позвоночные, представители того же типа животных, к которым относятся непосредственные предки человека — млекопитающие. И земноводные — это не низшая группа позвоночных, а довольно высокая ступень их развития, ступень, с которой началось завоевание позвоночными животными суши.

Триста миллионов лет назад началось это могучее движение великой семьи позвоночных — выход на сушу. Рыбы становились земноводными животными, заменяя плавательные конечности конечностями для ходьбы, изменяя строение хвоста, а главное, приобретая орган воздушного дыхания — легкие.

Тогда-то и появились у позвоночных черты строения, которые обеспечили наземный образ жизни, возникли те особенности устройства скелета, мышц, нервной и кровеносной систем, по которым мы в тритоне и аксолотле узнаем ближайших родичей наших далеких предков — первых земноводных животных.

Эти особенности — приспособление к наземному образу жизни, передвижению, поиску пищи и бегству от врагов на твердой почве, в воздушной среде.

Если внимательно рассмотреть строение конечности аксолотля, то ее сходство с той же конечностью

человека не оставляет никаких сомнений в нашем родстве с этими животными.

Опору передней конечности тритона или аксолотля составляют кости скелета, имеющие то же рабочее значение, что и соответствующие кости руки человека. В сустав, образуемый передним краем лопатки, упирается плечевая кость, другим концом прикрепляющаяся к костям предплечья — лучевой и локтевой. Последние связаны подвижным суставом с костями запястья, которых у аксолотля оказывается восемь, как и у человека. Дальше идут длинные трубчатые кости пястья, переходящие в фаланги пальцев. Различие между передней конечностью тритона или аксолотля и рукой человека, если не входить в подробности, которыми занимается сравнительная анатомия, заключается в том, что у тритона передняя конечность содержит четыре, а у человека пять пальцев.

Значительное сходство передней конечности тритона и руки человека обнаруживается и в строении мускулатуры. Передняя конечность сгибается в локтевом суставе с помощью мышц-сгибателей, среди которых главную роль играет бицепс — двуглавая мышца плеча, а разгибается с помощью мышц-разгибателей, среди которых выделяется наиболее крупная мышца, прикрепленная одним концом к лопатке и плечевой кости, а другим концом — к отростку локтевой кости — трехглавая мышца плеча. Сходные как у тритона, так и у человека мышцы — сгибатели и разгибатели пальцев — располагаются в предплечье. Нет никаких сомнений в том, что первые наземные позвоночные, приспособившись к наземному образу жизни, приобрели тот тип устройства мускулатуры, который сохранился и при дальнейшем усложнении строения позвоночных, при дальнейшем совершенствовании их организации.

В передней конечности аксолотля мы находим нерв, который образует те же ветви и снабжает те же мышцы, что и в руке человека. Вместе с нервом в конечность входят крупные кровеносные сосуды — артерии и вены, образующие многочисленные ветви ко всем мышцам, костям и другим частям конечности, примерно, те же ветви, какими снабжены все части руки человека.

Казалось бы, сходство строения должно обеспечивать и сходство жизненных свойств, сходство в работе. И действительно, в работе конечности аксолотля мы видим много общего с работой руки человека. По нервам из центральной нервной системы бежит раздражение, вызывающее сокращение мышц. Сокращаясь, мышца тянет за собой те или другие части скелета, вызывая движение конечностей. Работающая мышца потребляет кислород и питательные вещества, приносимые кровью.

Сходство большое. Различие же заключается в том, что земноводные — это низшие позвоночные, а человек — непосредственный потомок самых высших позвоночных животных, млекопитающих. Земноводные — холоднокровные животные, они сравнительно мало подвижны, поэтому и потребление питательных веществ и кислорода работающими органами у них небольшое — в таких случаях говорится о низком уровне обмена веществ. Млекопитающие составляют высшую группу теплокровных позвоночных животных. Поиски пищи и защита от врагов у млекопитающих связаны с большой подвижностью, которая требует значительной затраты энергии, а следовательно, вызывает усиленное потребление питательных веществ и кислорода работающими органами. Вот почему у млекопитающих высокий уровень обмена веществ.

В соответствии с уровнем обмена веществ находится и поведение животных.

Движения земноводных медленны, неуклюжи. Стоит только посмотреть, как ловит свою добычу тритон, чтобы убедиться в низком уровне развития, в несовершенстве его органов движения.

Вот перед мордой тритона, извиваясь, плывет червяк. Животное бросается на свою жертву. Промых! Еще бросок! Червяк схвачен за конец — для заглатывания добычи это совсем неудобно. Тритон трясет головой, приседает на лапках, прыгает, но все напрасно — червяк упорно сопротивляется. Но как ни трудно тритону расправляться со своей жертвой с помощью одних челюстей, он не предпринимает никаких попыток применить к делу свои лапки — те самые лапки, которые по своему строению так напоминают руки человека. Для того, чтобы научиться употреблять конечности так, как их употребляют высшие наземные позвоночные, потребовались сотни миллионов лет развития. Низкий уровень обмена веществ, несовершенство функций органов, сравнительная простота строения — вот что отличает низших позвоночных от высших.

Казалось бы, и восстановительные свойства организма должны соответствовать уровню обмена веществ, высоте строения и функций органов. Но такого соответствия не обнаруживается. Как раз только у низших, у холоднокровных позвоночных животных, у земноводных, к которым относятся аксолотль и тритон, обнаруживается замечательное свойство восстанавливать утраченные хвосты, глаза и лапки. Высшие, теплокровные животные — птицы и млекопитающие — этой способностью не обладают. Вместо утраченной конечности — крыла или лапки — птица или млекопитающее всю жизнь сохраняет остаток поврежденного органа — культю, которая никакому развитию не подвергается.

Чем же объяснить отсутствие у высших позвоночных этого полезного свойства, которым наделены родичи их далеких предков, первые наземные позвоночные — земноводные? Почему потеря лапы млекопитающим или руки человеком оказывается в отличие от потери конечности аксолотлем невозвратимой утратой? Какова причина этих различий?

На протяжении последних пятидесяти лет в науке был только один ответ на этот вопрос: причина заключается в том, что в ходе развития животного мира, по мере постепенного усложнения строения и совершенствования жизненных функций происходит будто бы ослабление способности организмов к самовоспроизведению частей. По мере того как организм входит во все более и более сложные отношения со средой и в зависимости от этого усложняется, специализируется строение его органов, будто бы слабеет, угасает свойство организмов замещать разрушающиеся в результате работы части. Оказывалось, таким образом, что за совершенство строения высшие животные заплатили дорогой ценой: ослаблением основного свойства жизни — способности к самообновлению. А на этой основе и произошла якобы утрата восстановительных свойств у высших организмов. Чем выше, чем совершеннее строение, тем будто бы ниже, тем слабее способность организма восстанавливать утраченные части.

Во всех учебниках и научных трудах, в которых речь шла о развитии и росте организма животных и человека, на протяжении более полувека утверждалось, что свойством замещать разрушенные в результате работы части обладают в полной мере только самые низшие организмы. У высших, сложно устроенных организмов это свойство сохраняется в какой-то мере только в тех частях, которые наиболее примитивно устроены. А части специализированных,

сложных органов оказывались обреченными на бессменную службу в течение всей жизни высших организмов.

Получалось, таким образом, что у низших животных специализация частей слабая, поэтому они в течение жизни растут и развиваются. А у высших животных органы выполняют настолько сложную работу и части их настолько специализированы, что развитию этих органов уже нет места. В лучшем случае происходит только увеличение их размеров.

Различия в восстановительных свойствах организмов наука на протяжении многих лет искала в свойствах частей организма, в процессах самообновления тех материалов, из которых состоит тело животных и человека.

Эти материалы еще 150 лет тому назад получили научное наименование тканей.

В те далекие времена сложилось представление, что самые разнообразные органы животных построены из небольшого количества сходных материалов, подобно тому, как разнообразные части одежды шьются из небольшого ассортимента материй: шелка, шерсти, льняных и хлопчатобумажных тканей. И до наших дней в науке различают в качестве основных частей, из которых состоят органы нашего тела, четыре ткани: покровную, соединительную или опорную, мышечную и нервную.

Наиболее просто дело обстоит с самообновлением покровной и соединительной тканей. Покровная ткань, или эпителий, покрывает наше тело, выстилает органы пищеварения, дыхания, выделения. Она состоит из хорошо различимых под микроскопом частиц, комочков полужидкого вещества, плотно прилежащих друг к другу. Это клетки, частицы тела, которые на протяжении почти целого столетия считались кирпичами, из которых сложено все живое, единицами,

лежащими в основе строения, развития и жизнедеятельности организмов.

Самообновление покровной ткани происходит путем непрерывного отмирания одних и новообразования других клеток. В течение всей нашей жизни ежедневно, ежечасно миллионы роговых чешуек, в которые превращаются покровные клетки кожи в результате своей работы, слущиваются с поверхности нашего тела, а на смену им из глубоких слоев покрова поступают все новые и новые партии молодых клеток.

Постоянное новообразование клеток обеспечивает самообновление покровной ткани.

Несколько сложнее дело обстоит с соединительной тканью. Эта ткань пронизывает все наше тело, присутствует в любом органе и связывает все части организма воедино. В ней наряду с клетками содержится огромное количество неклеточного материала. Это тончайшие волокна, подстилающие покровную ткань и составляющие ее опору, это плотное вещество сухожилий, хряща и кости, это, наконец, жидкое вещество крови, в котором взвешены кровяные клетки. И если о клетках соединительной ткани, хряща, кости и крови мы определенно знаем, что они размножаются, и новообразованные клетки замещают собой отмирающие, то о способе самообновления межклеточных веществ наука располагает пока самыми скудными сведениями. О том, как отмирает межклеточное вещество и как оно замещается новым, мы знаем еще очень мало.

Значит, старые представления о клетках, как основе строения и развития, к соединительной ткани мало приложимы. Наряду с (клетками в соединительной ткани работает неклеточное вещество, возникают, живут и отмирают волокна, волокна, пластинки, пленки, жидкие и полужидкие вещества, входящие неотъемлемой частью в состав органов нашего тела.

Самообновление соединительной ткани происходит не только путем развития молодых клеток, но и посредством новообразования неклеточного вещества.

Еще труднее, оказывается, разобраться в том, как происходит самообновление мышечной ткани.

Клетки обнаруживаются только в опорной системе мышц — в соединительной ткани и кровеносных сосудах, пронизывающих мышечные органы. А рабочая, сократимая ткань, от которой зависит движение мышц, не имеет клеточного строения. Она состоит из так называемых мышечных волокон — длинных, тонких тяжей, связанных в пучки, отчетливо различимых при расщипывании вареного мяса.

Мышечные волокна не имеют клеточного строения. Отдельные клетки в них неразличимы, хотя каждое волокно содержит большое количество ядер, подобных обычным клеточным ядрам, которые составляют главную часть клетки.

Фигуры деления ядер обнаруживаются здесь крайне редко — да и какое они могут иметь значение, если в мышечных волокнах отсутствует тот элемент, который возникает в результате деления ядра — клетка? С давних пор в науке утвердилось мнение, что с появлением мышечных волокон заканчивается развитие мышечной ткани. Дальше происходит только увеличение размеров мышц за счет роста мышечных волокон в длину и толщину. Таким образом, оказывалось, что мышечные волокна с завершением своего развития, которое заканчивается еще в зародышевом состоянии, обречены бессменно служить нам в течение всей нашей жизни.

На протяжении многих десятилетий, в течение которых шло изучение строения и развития мышечной ткани, наука утверждала, что ни одного мышечного волокна не появляется заново в мышцах нашего тела от рождения и до смерти. Мышечное волокно считалось

неизносимой, бессменной частью нашего тела, лишенной основного свойства жизни — способности к постоянному самообновлению.

И самой загадочной, самой непонятной оказывалась нервная ткань нашего тела — ткань, выполняющая самую сложную работу — объединение, связь всех частей организма друг с другом и связь организма с окружающей его внешней средой.

Наличие клеток в органах нервной системы ни у кого особых сомнений не вызывало. Клетки в головном мозге, в спинном мозге, в так называемых нервных узлах были открыты давно, раньше, чем во многих других органах. Открыты, описаны и даже подсчитаны нервные клетки в полушариях головного мозга, мозжечке, спинном мозге.

По первому впечатлению это самые типичные клетки! — комочки полужидкого вещества, распластавшего вокруг себя длинные отростки, с большими круглыми ядрами внутри. Но более внимательное изучение открывает в них такую особенность, которая ставит нервные клетки на совершенно особое место среди всех остальных клеток нашего тела. Это клетки-провода, клетки, распространяющиеся по всему нашему телу. Из отростков нервных клеток складываются нервные пучки и нервы, идущие к другим нервным клеткам и ко всем частям организма. Тело клетки может располагаться, например, в поясничной области спинного мозга, а отросток этой клетки может заканчиваться в икроножной мышце, распространяясь на расстояние около метра.

При таком устройстве нервной клетки трудно понять, как происходит новообразование нервной ткани. И нельзя сказать, чтобы ученые затрудняли себя исследованиями в этом направлении. В науке прочно утвердилось мнение о бессменной службе нервных

клеток в течение всей жизни животного организма. Подсчитывалось число нервных клеток в коре полушарий головного мозга — и во все учебники — вошло утверждение, что четырнадцать с половиной миллиардов нервных клеток, обнаруженные в этой части нервной системы, обслуживают человеческий организм, не сменяясь до самой смерти. Существовало даже несколько теорий, усматривающих в постепенном одряхлении бессменных нервных клеток причину старения и смерти организма.

Да и все остальные свойства, все сложные приспособления живых тел к условиям жизни старая теория пыталась сводить к свойствам составных частей организмов — свойствам клеток.

Клеточное государство, клеточная система — так изображался сложный организм в учебниках, где говорилось о развитии и строении живых тел. Разделение труда между клетками — так объяснялись различия в строении частей организма. Одни клетки защищают наше тело от соприкосновения с внешней средой — они образуют покровные ткани. Другие — составляют его опору — это различные виды соединительной ткани. Третьи — приводят тело в движение, составляя, мышечную ткань. А четвертые объединяют все остальные ткани, составляя как бы систему управления и связи — нервную ткань. Получалось как бы сложное содружество частей, в котором никак нельзя было разобрать, где же сам организм, где же живое тело, которое разнообразными способами добывает пищу, поглощает и переваривает ее, укрывается от врагов, размножается... Клетки заслоняли собой живые тела, животные и растительные организмы. Клетки оказывались единственными живыми частями в организмах, составляя как бы капли жизни в море безжизненных, полуживых или

полумертвых межклеточных и не имеющих клеточного строения частей.

Это называлось клеточной теорией строения и развития организмов. Творцом ее был немецкий патолог Вирхов.

На девяносто лет умами ученых завладела клеточная теория Вирхова. Это было форменное ослепление. Ученые изучали строение тела животных и человека и видели, что клетки составляют не более трети, а может быть, и четверти всех материалов, из которых построено тело. Все остальное приходилось на межклеточные, жидкие и твердые вещества и на такие части, в которых, как, например, в мышечной и нервной тканях, клетки превращались в особые органы, утратившие признаки клеток. Было ясно, что основой строения не может быть такая частица организма, которая теряется в массе других частей неклеточной природы. И тем не менее, на протяжении девяноста лет в науке незыблемо и прочно держались выдвинутые Вирховом положения: все живое — из клеток, клетка — основа жизни.

По теории Вирхова выходило, что полноценные, наделенные всеми жизненными свойствами клетки возникают только из клеток. Клетка питается, растет, достигает предела своего роста — и делится пополам, порождая две дочерние клетки. Сначала делится ядро, потом тело клетки — аккуратно, точно, без малейшего перевеса. Дочерние клетки, как две капли воды, похожи друг на друга и на породившую их материнскую клетку. Из клеток складываются ткани, из тканей — органы. Это называлось развитием.

Казалось бы, к развитию способно все живое. Простой жизненный опыт каждого человека учит, что любое живое существо, будь то растение или животное, зарождается, растет и развивается, порождает новые живые существа, стареет и умирает. Ясно, что в этом и

выражаются основные свойства жизни— расти, развиваться, порождать новую жизнь и умирать. А теория Вирхова утверждала, что — в действительности дело обстоит совсем не так. Теория Вирхова наделяла способностью расти, развиваться и размножаться исключительно клетки, предоставляя всем остальным, межклеточным и неклеточным, частям возможность только стареть и умирать.

Наблюдение за жизнью клеток- вносило поправку: далеко не все клетки нашего тела бесконечно сохраняют способность к размножению. В покровной ткани кожи клетки возникают только в самом глубоком слое, в то время как в верхних слоях идет непрерывное отмирание клеток и превращение их в роговые чешуйки. Клетки крови, попавшие в кровяное русло, перестают размножаться: красные кровяные клетки, например, живут в крови не более тридцати дней. Пополнение запасов кровяных клеток происходит в кроветворных органах. Это костный мозг, селезенка, лимфатические узлы. Здесь, в недрах этих органов, размножаются и развиваются клетки, идущие в кровь.

Значит, далеко не все клетки наделены полнотой жизненных свойств. Одни клетки только размножаются, не обременяя себя никакой работой, укрываясь от нее в глубинах ткани или даже в особых органах. Другие только работают, прекратив размножение и превращаясь в результате работы в мертвые, безжизненные частички.

Выходит, что способность к росту и развитию безвозвратно утрачена не только межклеточным веществом и всеми частями, не имеющими клеточного строения, но огромным большинством клеток нашего тела, собственно, всеми клетками, производящими ту или иную работу в организме.

Получается, что наше тело содержит два совершенно различных тела. Одно — рабочее тело,

выполняющее все жизненные функции — питание, дыхание, движение, выделение, кроме одной — воспроизведения. Другое — резервное, запасное тело, не выполняющее никаких функций, кроме одной — воспроизведения рабочих частей. Казалось бы, что может быть лучше такого устройства: одно тело работает, изнашивается, отмирает, другое — постоянно пополняет изношенные части. Но, оказывается, запасного тела не хватает на все срабатывающиеся части. Оно воспроизводит только те части, которые выполняют в организме самую несложную работу, сохраняя при этом клеточное строение. Части, специализированные на выполнении более сложной работы, части, утратившие клеточное строение, такие, как мышечная и нервная, пополнения не имеют. Они обречены служить телу бессменно. Значит, только у самых простых организмов, полностью сохраняющих клеточное строение, возможно, согласно этой теории, воспроизведение рабочего тела за счет резервного. Чем сложнее организм, чем больше специализированы его части на различной работе, чем меньше в нем частей, сохраняющих клеточное строение, тем слабее воспроизведение рабочего тела за счет резервного. Сложность строения, совершенство функций, согласно этой нелепой теории, оказываются связанными с утратой особого, запасного вещества, ответственного за воспроизведение отмирающих рабочих частей тела, которое будто бы сохраняется только в резервных, неработающих клетках организма.

Нетрудно видеть, что эта теория полностью совпадает с вымыслом о строении и развитии организмов, внесенным в науку другим немецким ученым — Вейсманом. Он тоже изображал организм в виде двух тел — воспроизводящего и рабочего, из которых одно он называл зародышевой, другое — телесной плазмой.

Зародышевая плазма, по Вейсману, не работает и не изменяется в течение всей жизни, несмотря ни на какие изменения жизненных условий. Она только хранит в себе наследственные зачатки, из которых развивается телесная плазма, составляющая все остальные части организма.

Телесная плазма работает и изменяется под влиянием условий жизни, но к воспроизведению нового организма, а значит и к передаче приобретенных свойств потомству не способна. Так и получается вместо одного тела, составляющего организм, два тела: смертная и изменчивая телесная плазма, неспособная к воспроизведению, и бессмертная, неизменная зародышевая плазма, обеспечивающая воспроизведение новых организмов. Сходство вирховской теории с теорией зародышевой плазмы Вейсмана не вызывает никаких сомнений. И то, и другое — лженаучные вымыслы, с которыми в науку незаметно проникли старые представления о неизменности мира, о сотворении жизни в виде частиц зародышевой плазмы или видё клеток.

Эти вымыслы утвердили в науке ложную идею о том, что совершенство строения, сложность и разнообразие функций ведут к ослаблению и утрате основного свойства жизни — способности к самообновлению. Создалась теория, получившая значение догмы — непогрешимой истины, не нуждающейся в доказательствах, так как доказательствами эта теория не располагала.

Согласно этой антинаучной вейсманистской догме в ходе развития животного мира совершается постепенное ослабление способности к восстановлению утраченных частей, в связи с уменьшением запасов зародышевой плазмы в органах, выполняющих сложную работу.

Австрийский зоолог Пржибрам увековечил вымысел Вейсмана изображением дерева с отсыхающими верхними ветвями. Корни и ствол этого дерева хранят, не растрачивая, запасы зародышевой плазмы. Это простейшие, кишечнополостные, плоские черви — организмы, восстанавливающие все тело из любой части. Толстые нижние ветви — это кольчатые черви и иглокожие, образующие все тело из некоторых его кусков. Пovyше располагаются мягкотелые, ракообразные, насекомые, восстанавливающие только придатки тела. На этих ветвях зародышевой плазмы в рабочих органах становится все меньше и меньше. Еще выше — земноводные, хранящие запас зародышевой плазмы в своих хвостах и конечностях. Потом — пресмыкающиеся, среди которых только ящерицы еще не утратили свойства восстанавливать оторванный хвост. И, наконец, самые верхние, отсыхающие ветви — птицы и млекопитающие, высшие позвоночные, у которых всего запаса зародышевой плазмы хватает только на заживление ран.

Несостоятельность вирховско-вейсмановской теории регенерации

Несостоятельность вирховско-вейсмановской теории регенерации обнаруживается при самом беглом просмотре фактов о распространении явлений регенерации в животном мире.

Прежде всего, неверным оказывается главный тезис старой теории — об обратной зависимости уровня восстановительных свойств организма от высоты его организации, от совершенства его строения. Сравнительное исследование показывает, что неспособностью к восстановлению тела из части отличаются многие, самые низшие организмы.

Так, например, в низшей группе простейших одноклеточных организмов — биченосцев — до сих пор никому не удавалось наблюдать восстановления всего тела из части или даже восстановления отдельных удаленных частей. Наоборот, наиболее яркие примеры развития восстановительных свойств у простейших относятся к высшей группе простейших — инфузориям, отличающимся сложностью строения и разнообразием функций органов.

Отсутствует способность к восстановлению у многих кишечнополостных, например, у ближайших родичей гидр — медуз, которые гибнут, если их тело разрезать хотя бы на две части.

Среди ракообразных есть группы низших рачков, у которых не обнаружено свойство восстанавливать утраченные конечности. А между тем обыкновенные раки, относящиеся к высшим ракообразным, с легкостью восстанавливают утраченные клешни.

Среди позвоночных амфибии отнюдь не являются самой низшей группой. Проще устроены рыбы, еще проще круглоротые, к которым относятся миноги. Но по способности к восстановлению конечностей или хвоста и рыбы и круглоротые значительно уступают земноводным.

Ясно, что высота организации не находится в обратном отношении к удивительному свойству некоторых животных организмов восстанавливать утраченные части тела.

Не выдерживает критики и другой тезис старой теории регенерации — об утрате «зародышевой плазмы» и способности к самообновлению специализированными тканями. Здесь сторонники этой теории допускают грубую ошибку, объявляя специализированными те ткани, в которых не обнаруживается размножение клеток. Таким образом, о специализации, препятствующей сохранению свойства самообновления, судят не по каким-либо особым признакам специализации, не по строению и не по особенностям работы, а по тому свойству, которое пытаются объяснить специализацией. Таким образом, неспособность к регенерации получает здесь только видимость объяснения.

В нашей лаборатории были проведены исследования восстановительных процессов в различных тканях и органах низших и высших позвоночных животных.

Эти исследования показали, что высшие, теплокровные позвоночные животные — птицы и млекопитающие — отнюдь не уступают низшим, холоднокровным позвоночным — рыбам и земноводным — ни по скорости, ни по совершенству восстановления таких органов, как кожа, роговица глаза, кость, мышцы, некоторые внутренние органы — легкие, печень, почки,

стенка кишечника, — а также нервы и некоторые органы нервной системы.

Накопленные в нашей лаборатории факты позволили сформулировать новую теорию регенерации, построенную на основах материалистической, мичуринской биологии.

Мы рассматриваем восстановительные процессы в организме не как выражение свойств тканей — специализированных и неспециализированных, — а как закономерную реакцию организма на воздействие такого чрезвычайного раздражителя, каким является повреждение. Мы говорим не о восстановительных свойствах тканей, а о восстановительной реакции организма на повреждение. Эта реакция, как и все реакции организма, является приспособлением к условиям жизни. Более точно, это реакция на повреждающие воздействия условий жизни.

И. П. Павлов учит рассматривать все ответные реакции организмов на воздействие условий жизни в их происхождении и развитии. Каково происхождение восстановительных реакций животного организма?

Если сравнивать нормальное зародышевое развитие тканей, их изменения в Процессе жизнедеятельности и регенерацию, то во всех трех процессах обнаружится много общего.

Развитие крови, которое происходит в костном мозге, совершается сходно как во время зародышевого развития, так и в течение нормальной жизнедеятельности организма и в восстановительном процессе после большой кровопотери.

Образование кровяных клеток определяется потребностью организма в осуществлении определенной работы, обеспечивающей питание и дыхание всех его частей. В меру этой потребности идет и кроветворение. Оно незначительно у зародыша, органы которого работают слабо, возрастает с началом

осуществления функций органами новорожденного, растет по мере роста и развития, увеличивается у работающего организма и резко повышается после кровопотери. Расходование, трата живого вещества определяет уровень восстановительных процессов в животном организме.

Восстановительная реакция на повреждение вырастает, следовательно, из восстановительного процесса, который сопровождает нормальное расходование вещества работающей ткани.

Другими словами, *репаративная*, то есть замещающая, регенерация представляет собой результат процессов нормальной *физиологической*, или возмещающей, регенерации. Чем выше уровень физиологической регенерации, чем выше расходование и возмещение вещества работающей ткани, тем интенсивнее восстановительная реакция организма на повреждение этой ткани.

Отсюда и возникла наша гипотеза о повышении восстановительной реакции организма на повреждение в связи с повышением уровня организации животного организма.

Совершенство строения свидетельствует о высокой энергии жизнедеятельности. Чем интенсивнее функции организма, тем выше расходование вещества в работающих тканях и органах. Чем выше расходование вещества, тем интенсивнее процессы его восстановления. Следовательно, чем выше организмы, тем активнее процессы самообновления в их теле. Вот почему у (Высших организмов должен быть выше и уровень восстановительной реакции на повреждения тканей и органов.

Среди позвоночных первое место по энергии жизнедеятельности занимают птицы. Это самые подвижные из позвоночных животных. Полет вызвал у птиц развитие необычайно быстро сократимой

мускулатуры. Воробей делает в полете 13 взмахов крыльями в секунду, а колибри — 50. К такой скорости сокращения мышц неспособно ни одно млекопитающее, не говоря уже о холоднокровных позвоночных. Непрерывная работа мышц у птиц длится иногда несколько суток без перерыва. Некоторые кулики во время перелета преодолевают тысячи километров без отдыха.

Такая интенсивная работа мускулатуры птиц требует большой затраты энергии. Вот почему некоторые птицы по своей прожорливости превосходят всех других позвоночных. Скорость пищеварения у птиц значительно выше, чем у млекопитающих. Из помета птиц складываются целые горные породы, например, знаменитые залежи гуано на островах Южной Америки, достигающие толщины в 30 метров. Помет голубей, гнездящихся на чердаках и колокольнях, накапливается иногда в таких количествах, что под его тяжестью обрушиваются балки.

Интенсивная работа всех органов тела сопровождается у птиц непрерывным самообновлением разрушающихся во время работы частей. Вот почему исследователь вправе ожидать, что организм птиц легко сможет возместить всевозможные повреждения тканей и органов.

Восстановление поврежденных тканей и органов будет происходить на той же основе, на которой совершается самообновление разрушающихся во время работы частей. Только вместо постепенного возмещения ничтожно малых частиц, которые незаметно разрушаются при работе, будет происходить замещение крупных частей, удаленных рукой исследователя.

Восстановление костей у ВЫСШИХ ПОЗВОНОЧНЫХ

Наши работы по восстановлению органов и тканей животного организма начались с изучения восстановительной реакции организма птиц: на удаление целых костей скелета.

На низших позвоночных животных эта операция проделывалась неоднократно. У аксолотля или тритона удалить любую кость конечности не представляет никаких трудностей. И, казалось бы, с заживлением такого, сравнительно небольшого повреждения организм аксолотля или тритона должен оправляться еще легче, чем с замещением удаленной лапки. Но все многочисленные опыты с удалением отдельных костей всегда и неизменно оканчивались одним и тем же: кость не восстанавливалась.

Вот когда следовало призадуматься над теорией, которая утверждала, что способность к восстановлению утраченных частей зависит от несовершенства строения организмов. Согласно этой теории ткани аксолотля и тритона слабо специализированы, несовершенны потому, что будто бы в них сохраняется восстановительное вещество — «зародышевая плазма». Отсюда и способность к восстановлению утраченных частей тела. Но вот прямой опыт показывает, что дело совсем не в слабой специализации тканей: удалена только небольшая часть конечности, одна косточка. Кругом — те же ткани, за счет которых идет восстановление в тех случаях, когда удаляется целая конечность. А восстановления одной кости, вылущенной из скелета, не происходит. В чем же здесь дело?

Почему организм аксолотля не в состоянии возместить такое незначительное повреждение?

Ответ на этот вопрос совершенно ясен. Восстановление одной удаленной кости у аксолотля не происходит потому, что в обычном рабочем состоянии у этого малоподвижного животного. разрушение скелета ничтожно и самообновление разрушающихся частей незначительно. Вот почему у аксолотля крайне слабо выражена ткань, за счет которой идет непрерывное самообновление скелета у высших позвоночных — надкостница.

Если обнажить кость птицы или млекопитающего, то на твердой поверхности костной ткани легко обнаруживается тонкая пленка волокнистой ткани. Это — надкостница. Ее можно снять с поверхности кости, пересадить в другую часть тела, например, под кожу, и на месте пересадки образуется костная ткань. Если кость ломается, то за счет этой ткани из ее клеток и волокон возникают новые клетки и волокна, которые образуют кость. А у аксолотля или тритона надкостница образует такой ничтожный слой, что освободить ее от кости совершенно не представляется возможным, вот почему при вылущении отдельных частей скелета у аксолотля никогда не происходит их восстановления.

В нашей лаборатории много раз повторялись эти опыты. Восстановления вылущенной кости у аксолотля получить не удавалось ни в одном случае.

Совершенно иной результат мы получили в операциях над птицами.

Соответственно жизненной энергии, высокой подвижности, интенсивной жизнедеятельности и быстрой скорости роста у птиц происходит быстрое самообновление скелета, разрушающегося в результате работы. Об этом можно судить по высокому развитию надкостницы. Если удалить у молодого петуха какую-нибудь кость конечности, то с нее без всякого труда

можно снять надкостницу, которая сдирается в виде чулка. А если вместе с надкостницей удалить хрящевые чехлы, которые на концах костей образуют суставные поверхности, то получится как бы футляр, в точности воспроизводящий форму, удаленной кости. Такой футляр остается на месте удаленной кости в результате ваших операций.

Мы удаляли плечевые, бедренные, берцовые кости, каждый раз осторожно освобождая их от покрова надкостницы и от суставных хрящей, оставляемых на своем прежнем месте. После вылуцения кости разрез на коже зашивался и организм животного предоставлялся свободному развитию восстановительной реакции.

Сначала возникает плотное утолщение, прощупывающееся сквозь кожу и мышцы в том конце поврежденной части, где удаленная кость ближе к телу животного. Оно имеет удлиненную, постепенно истончающуюся форму. Проходит две недели — и уже все ложе удаленной кости оказывается заполненным твердой новообразованной тканью.

Это еще не полностью сформированная кость. Это грубая, обработанная словно топором, без топкой отделки, модель будущей кости. Она состоит не только из костной ткани, но и в значительной мере из хряща, подобно костям зародыша. В ней еще нет полости, заполненной костным мозгом. И форма ее — только подобие удаленной кости.

Но вот проходит еще две недели, и грубая модель превращается в настоящую кость. Поверхность ее как будто подверглась обработке на токарном станке: она гладкая, блестящая. Кость стала гораздо легче: внутри образовалась типичная костномозговая полость, заполненная костным мозгом. А некоторые кости, обладающие у птиц воздушной полостью, приобретают и эту особенность устройства. Если новообразованную

плечевую кость бросить в воду, она всплывет: внутри нее воздух.

Это работа надкостницы, оставшейся на месте удаленной кости. Восстановительная реакция организма на удаление кости совершается костеобразовательной тканью — надкостницей. Взамен утраченного костного органа организм за счет надкостницы строит новый, со всеми характерными особенностями строения.

Работа надкостницы целиком зависит от условий, в которых находится восстанавливаемый орган. Надкостницу можно пересадить в другое место, даже высадить в искусственную питательную среду или в развивающееся куриное яйцо, где также возможно развитие костной ткани. Костная ткань будет развиваться. Возникнет плотное межклеточное костное вещество, пропитанное известью, образуются костные клетки, возникнут даже клетки костного — мозга. А костного органа, кости — плечевой, бедренной, берцовой — не получится.

Для того, чтобы из надкостницы возникла сначала грубая модель будущей кости, а потом полностью сформированная кость, необходимы определенные условия. Эти условия имеются только в том месте, откуда удалена та или иная кость. И в соответствии с этими условиями в этом месте за счет надкостницы строится или плечевая, или бедренная, или берцовая кость. Каковы же эти условия?

Главное условие, которое вызывает развитие определенной кости, а не какой-либо иной на месте удаленной, — функция, работа восстанавливаемой кости. Под влиянием определенной нагрузки — движений, вызываемых сокращениями мышц, — из грубой костно-хрящевой модели возникает сформированная плечевая, бедренная или берцовая кость со всеми особенностями строения. Функция —

главное условие развития новообразованного костного органа. Значение функции для восстановления удаленной кости тем больше, чем сильнее было влияние функции на нормальное развитие кости.

Нормально развивающаяся кость непрерывно испытывает влияние функции: ее тянут мышцы, она выносит тяжесть всего тела или отдельных его частей. В тех частях кости, которые работают, подвергаясь давлению или растяжению, идет постоянное «разрушение и постоянное восстановление разрушающихся частей, — происходит самообновление кости. А те части, которые не испытывают ни давления, ни растяжения, не работают, а поэтому не подвергаются самообновлению, отмирают и замещаются другими тканями. Во внутренней, не работающей части кости возникает полость, которая заполняется костным мозгом.

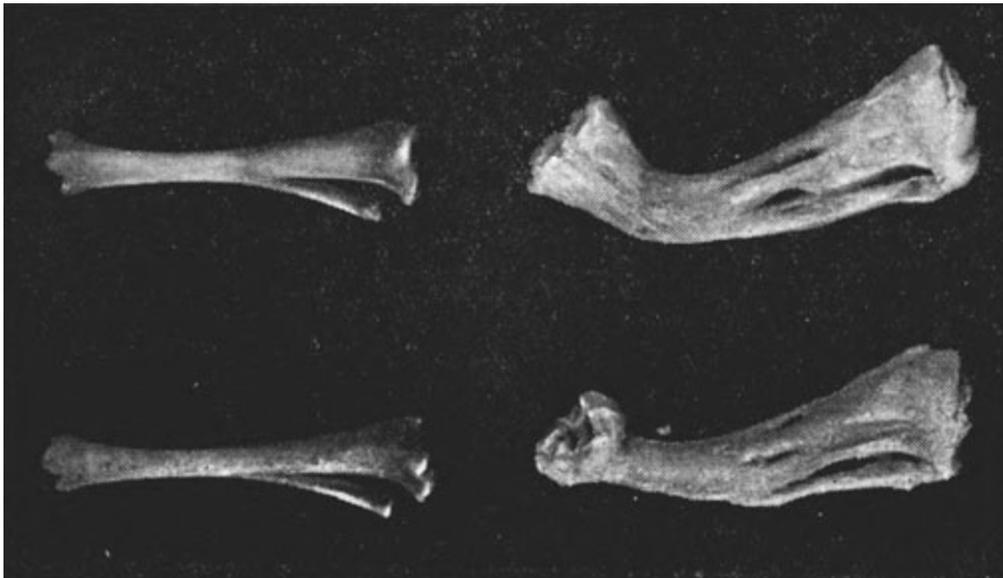


Рис. 1. Восстановление вылуценных берцовых костей у кролика.
Слева — вылуценные кости. *Справа* — восстановленные кости.



Рис. 2. Восстановление вылущенных плечевых костей у петухов.

Левый ряд — вылущенные кости. Средний ряд — восстановленные и вторично вылущенные кости. Правый ряд — восстановленные кости, вылущенные в третий раз.

И с той же интенсивностью, с какой идет самообновление работающих костей организма, совершается их восстановление после утраты. Организм кур восстанавливает удаленную кость в течение месяца. После этого можно удалить восстановленную кость вторично. Кость снова восстановится. Ее можно удалить и в третий и в четвертый раз — снова и снова на месте удаленной кости возникнет новый костный орган, приобретающий свое типичное строение в результате функции.

В нашей лаборатории была испытана восстановительная реакция на удаление костей и в другой группе теплокровных позвоночных — в группе млекопитающих. И у этих животных восстановительная реакция на удаление костей оказалась настолько высокой, что во всех, без исключения, случаях у

молодых кроликов и собак мы получали полное восстановление с уподоблением восстановленной кости утраченному костному органу.

Вывод был ясен и полностью соответствовал основному нашему предположению о прямой, а не обратной зависимости восстановительных реакций от совершенства строения организмов. Чем сложнее, чем совершеннее животное, тем выше уровень восстановительных реакций его организма. Значит, дело не в слабой специализации тканей, не в наличии в них вымышленной «зародышевой плазмы», а в том свойстве, которое можно назвать уровнем процессов самообновления. У высших животных в связи с высоким уровнем их жизнедеятельности высок и уровень процессов самообновления тканей. На этой основе развивается высокая восстановительная реакция на повреждения тканей и органов.

Восстановление мышечной ткани

Каким бы удивительным ни казалось восстановление целой кости у высшего позвоночного животного — птицы или млекопитающего, — все же этот процесс сходен с обычным восстановлением повреждения костей — сращением переломов. Переломы костей срастаются у всех позвоночных животных, как высших, так и низших. Это явление широко известно, хорошо изучено, и его закономерности используются в практике хирургической клиники. Костная ткань относится к группе соединительной ткани, которая объявлена неспециализированной тканью, сохраняющей будто бы резервы «зародышевой плазмы» в течение всей жизни организма у всех позвоночных животных.

Другое дело — специализированные ткани, которым старая теория регенерации полностью отказывала как в способности к самообновлению, так и в способности к восстановлению после повреждения. Как обстоит дело с этими тканями? Решение вопроса о восстановительной реакции организма на повреждение специализированных тканей должно было привести либо к поражению, либо к торжеству новых представлений о регенерации.

К числу специализированных тканей старая теория регенерации на протяжении многих лет относила поперечнополосатую мышечную ткань — основу строения скелетной мускулатуры.

Бессменная, неизносимая — такой изображала мышечную ткань старая вирховианская наука о микроскопическом строении и развитии тела животных

организмов. Клеточное строение обнаруживалось в мышечной ткани только в зародышевом состоянии. На краткий срок у зародыша появляются маленькие клетки-веретенца, вытянутые, длинные клетки с заостренными концами, получившие название миобластов.

Эти клетки с самого начала проявляют склонность к объединенным действиям: они устремляются в зачатки органов движения целыми потоками. Но вот потоки миобластов заняли места будущих мышц, растянувшись между определенными точками скелета. Тонкие волокна будущих сухожилий наметились в местах, где потоки миобластов подошли к местам прикрепления. На этом клеточная стадия заканчивается. Миобласты разрастаются в длину, в ширину, сливаются друг с другом концами — и вот уже клеток нет, на месте потоков миобластов располагаются длинные ровные тяжи — мышечные волокна.

Детство мышечной ткани кончилось. Началась пора отрочества — период роста, который прекратится вместе с ростом всего организма.

Вечная работа и ничего больше — таков удел скелетной мускулатуры. Работа, превратившая клетки мышечных зачатков в неклеточные тяжи, — такова, согласно старой теории регенерации, причина утраты мышечной тканью свойства самовоспроизведения. Работа, функция движения привела мышечную ткань к полному израсходованию «зародышевой плазмы» и лишила ее свойства восстанавливать разрушающиеся части — вот что вытекало из старой теории регенерации.

Только у организмов со слабой специализацией тканей, у низших, несовершенных организмов «зародышевая плазма», согласно старой теории

регенерации, еще в какой-то мере может проявлять себя при повреждении мышечной ткани.

Птицам и млекопитающим старая теория регенерации вообще отказывала в свойстве восстанавливать поврежденные мышцы и даже замещать небольшие повреждения в мышечной ткани. За 50 лет существования вейсмановско-вирховской теории регенерации было сделано немало попыток изучить эту реакцию организма. И все проведенные за эти годы исследования, казалось, с полной убедительностью подтверждали теорию: да, восстановления поврежденных мышц у, высших позвоночных животных — млекопитающих — не происходит. Мышечная ткань настолько специализирована, говорилось в этих работах, что из нее не могут развиваться клетки, способные к новообразованию мышечной ткани. Разрастание поврежденных волокон в ране — вот то немногое, чем ограничивается восстановительная реакция. Но и эти отростки волокон недолговечны — рано или поздно они гибнут, и место повреждения замещается соединительнотканью рубцом.

Практика хирургической клиники без возражений довольствовалась этой безнадежной теорией, подкрепляемой лабораторными исследованиями. Действительно, повреждения мышц у человека никогда не зарастают новообразованной мышечной тканью. Действительно, судьба мышечных повреждений — замещение соединительнотканью рубцом.

И все же старая теория регенерации и в этом случае давала ложные объяснения фактам, неверно освещала их значение для практики хирургической клиники.

Величайший физиолог мира Иван Петрович Павлов говорил: «Ясно, что самый общий закон природы, это есть закон условий: определенное явление происходит только при известных условиях. Следовательно

мыслимо, что если вы введете какое-нибудь необычное условие, то закон не проявит себя, потому что это не те условия, которые для него нужны»^[1].

Организм высших позвоночных должен отвечать на повреждение мышц восстановительной реакцией именно потому, что это самая интенсивно работающая ткань нашего тела. Восстановление поврежденных мышц возможно потому, что в мышечной ткани должно быть чрезвычайно сильно выражено естественное восстановление частей, подвергающихся разрушению в результате работы. Вот почему самая высокая восстановительная реакция на повреждение мышц должна быть у животных, наиболее подвижных среди позвоночных — птиц. И если до сих пор ни в лаборатории, ни в клинике не удавалось наблюдать восстановления поврежденных мышц, то это значит, что экспериментатор и хирург упускали из вида главное, без чего неосуществимо никакое явление — закон условий.

Исследовать восстановление мышц у птиц никому не приходило в голову. Еще бы — ткань, производящая до 50 движений в секунду! Какова же должна быть специализация этой ткани! Могут ли сохраняться в ней запасы «зародышевой плазмы» при такой специализации? Кто бы мог подозревать, что у птиц возможно восстановление поврежденной мышечной ткани?

А между тем, именно у птиц с их поразительной энергией жизнедеятельности должен быть особенно высок уровень процессов самообновления мышечной ткани. Именно у птиц на этой основе должна быть особенно сильной восстановительная реакция на повреждение мышц. И если исследователем созданы необходимые условия, организм птиц должен отвечать на повреждение мышцы ее восстановлением.

Опыты были поставлены на бицепсе — двуглавой мышце плеча у петушков и кур разного возраста, начиная с месяца после вылупления из яйца и кончая взрослым состоянием.

Повреждение наносилось серьезное. Из средней части мышцы вырезался большой кусок размерами от одной трети до половины мышцы. Когда оставшиеся концы мышцы силой сокращения оттягивались к концам плечевой кости, между ними возникало пространство длиной от 0,5 до 1 сантиметра. Это расстояние должна была пройти новообразованная мышечная ткань, чтобы заполнить повреждение.

И она проходила это расстояние! Новообразованная мышечная ткань заполняла место повреждения.

Это было зрелище, которое могло привести в волнение любого исследователя, знакомого с тем, что в течение многих лет говорилось о неспособности мышечной ткани к регенерации. Спустя две недели после операции, сделав разрез кожи над поврежденной мышцей, на месте повреждения можно видеть молодую ткань, заместившую утраченную часть мышцы. И это настоящая мышечная ткань, которая состоит из сократимых волокон и приводит в движение крыла цыпленка.

С возрастом восстановительная реакция слабеет. Но все же и у взрослого петуха нам удавалось получать замещение удаленной части мышцы новообразованной мышечной тканью. Восстановленная часть несколько тоньше всей остальной мышцы, в ней много соединительной ткани, но все же она прочно связывает разобщенные при операции концы мышцы и активно участвует в работе мышцы, составляя с ней неразрывное целое.

Из этих опытов стало совершенно ясно, что восстановление мышечной ткани даже у животных с самой специализированной мускулатурой — возможно.

И не только возможно, но должно закономерно осуществляться при определенных условиях. Каковы же эти условия?

Все исследователи, изучавшие восстановление мышечной ткани, в один голос заявляли, что главное препятствие восстановительному росту мышечных волокон составляет соединительная ткань. На любое повреждение организм отвечает возбуждением соединительной ткани. Скопления клеток, бесчисленные волокна соединительной ткани окружают поврежденное место, образуя здесь плотную, как войлок, ткань — рубец.

Эта реакция организма — защитная. Клетки соединительной ткани поглощают и переваривают попавших в рану микробов. Рубцовая ткань предохраняет рану от непосредственного действия воздуха, света, тепла и холода, всевозможных механических воздействий. Чем больше загрязняется рана, тем сильнее защитная реакция организма. Вот почему первое условие восстановления мышечной ткани — чистота раны, в результате которой защитная реакция проявляется слабее и рубцовой ткани возникает меньше.

Но в организме птиц против попадающих в рану микробов действует не только соединительная ткань, но и высокая температура тела, при которой гнилостные микробы, заражающие рану, не развиваются. Вот почему у птиц с такой легкостью проявляется восстановительная реакция на повреждение мышц — ей не препятствует развитие рубцовой ткани.

Ясно, что слабое развитие в ране соединительной ткани — важное условие восстановления мышцы. Ну, а если она все-таки развивается, окутывая паутиной своих волокон возникающие мышечные волокна? Тогда необходимо, чтобы волокна соединительной ткани

располагались в определенном порядке, не препятствуя росту мышечных волокон, А для этого нужно, чтобы восстановление шло при натяжении мышцы. Натяжение — необходимое условие восстановления мышечной ткани.

Необходимое для развития восстанавливающейся мышечной ткани натяжение создается тем, что поврежденное место быстро заполняется кровью, тканевым соком, обрывками поврежденных мышечных волокон. Возникает рыхлая связь между концами поврежденной мышцы. Но этого достаточно, чтобы в восстанавливающейся мышце создалось необходимое натяжение. В этих условиях начинается новообразование мышечной ткани на месте повреждения.

Как только удалось доказать возможность восстановления поврежденных мышц у птиц, были предприняты такие же исследования на млекопитающих.

Опыты показали, что и у крыс, кроликов, собак восстановление поврежденных мышц возможно и происходит закономерно, если только обеспечены соответствующие условия. Коллективом нашей лаборатории, в особенности А. Р. Стригановой и З. П. Игнатъевой, изучены условия восстановления мышц у разных млекопитающих животных.

Если при повреждении мышцы не было допущено заражения, если не была чересчур сильной защитная реакция организма, если в месте повреждения возникло необходимое натяжение, — мышца восстановится. Разрез на мышце животного — кролика, крысы, собаки, — зияющая рана, отверстие, достигающее в диаметре 10 миллиметров, спустя две-три недели после повреждения затягивается молодой тканью. Это настоящая мышечная ткань, которая состоит из мышечных волокон, сократимая ткань, исправно

выполняющая свою работу. Восстановление мышц у млекопитающих оказалось возможным. Старая теория регенерации и в этом вопросе потерпела поражение.

Возможность восстановления мышечной ткани, несмотря на ее специализацию, не случайна, а совершенно закономерна, так как в ней отражается присущее мышечной ткани, как и всем остальным тканям нашего тела, свойство самообновления. И если уловить эту закономерность, понять, в чем она заключается, перед исследователем открывается путь к власти над восстановительным процессом, путь к управлению им.

Живое вещество — источник развития восстановительной ткани

Что происходит в поврежденной мышце, начиная с первых изменений ее в ответ на повреждение и кончая полным восстановлением?

Первое, что открывает микроскоп в поврежденной мышце, — разрушение, распад мышечных волокон.

Организм отвечает на повреждение мышц дальнейшим, более глубоким разрушением поврежденной ткани. В поле зрения микроскопа — толстые, набухшие мышечные волокна, утратившие свое первоначальное строение. В них идет быстрое размножение ядер. Ядра накапливаются большими группами в виде цепочек, пронизывающих вдоль всю толщу волокна. А на концах волокон, в местах их разрыва образуются большие наплывы, заполненные ядрами. Здесь волокна полностью теряют свое первоначальное строение. В этих участках развивается что-то другое. Что же это?

Это вещество, лишенное клеточного строения, полностью утратившее определенную форму, присущую мышечным волокнам, бесформенное вещество жидкого состояния, расплывающееся среди окружающей соединительной ткани. Это — живое вещество.

Открытие живого вещества и его значения в развитии живых организмов принадлежит выдающемуся советскому ученому О. Б. Лепешинской.

О. Б. Лепешинская внесла в биологию научное воззрение на развитие клеток. «...Клетка, — говорит она, — имеет свое начало, свое развитие и свой конец... Клетку необходимо изучать в ее движении, в ее

историческом и индивидуальном развитии, изучать ее зарождение, развитие, старость и смерть»^[2].

Развитие это не бесконечное повторение старого, а всегда новообразование. Вот почему каждое возникновение новой клетки это не просто деление старой, «материнской» клетки на две равные «дочерние» клетки, а всегда зарождение и развитие действительно новой клетки, и не из старой клетки, а из неклочного *живого вещества*.

Что такое живое вещество? Это вещество, не имеющее клеточного строения, но состоящее из того химического материала, который образует все формы жизни — белка, и обладающее тем главным свойством, которое отличает живое от неживого — обменом веществ с окружающей средой.

«Под живым веществом, — говорит О. Б. Лепешинская, — мы понимаем не только массу вещества, не имеющую формы клеток, но даже вещество на разных стадиях его развития, начиная от живой молекулы, способной к такому обмену веществ, при котором эта молекула не только не разрушается, а, наоборот, сохраняется, развивается, растет и размножается»^[3].

Клетки возникают не из клеток, а из живого вещества.

«Живое вещество, — говорит О. Б. Лепешинская, — в своем развитии должно давать новые формы высшего порядка, обладающие новыми биологическими свойствами»^[4].

Клетки возникают как действительно новые клетки, не повторяющие полностью свойств предшествующих клеток, а отличные от них, путем зарождения в живом веществе, как вне старых клеток, так и в их недрах.

Мышечные клетки — миобласты — возникают при восстановлении мышечной ткани из живого вещества,

которое образуется при распаде поврежденных мышечных волокон.

Уже в первые дни после операции в месте повреждения открываются многочисленные веретеновидные клетки, возникающие в живом веществе распадающихся мышечных волокон. Они отделяются от волокон, быстро размножаются и передвигаются к месту повреждения вместе с волокнами соединительной ткани и кровеносными сосудами. Распад старого — поврежденных мышечных волокон — приводит к рождению и развитию нового — молодых мышечных клеток, миобластов. Это первая, миобластическая, стадия восстановления.

Переход к следующей, мышечноволокнутой, стадии совершается после того, как в область восстановления вырастет нерв. Его появление оказывает магическое действие на миобласты. Начинается их рост, слипание друг с другом концами, — и вот уже молодые стройные мышечные волокна встречают нежное прикосновение тончайших коготков нерва. Они — отвечают на это прикосновение стремительным сокращением. Новообразованная ткань вступает в трудовую жизнь. Начинается вторая стадия восстановления.

В этой смене стадий раскрылся секрет власти над восстановлением мышц.

Действительно, если первая, миобластическая, стадия характеризуется развитием миобластов из живого вещества, а живое вещество возникает в результате распада поврежденных мышечных волокон, то почему бы не усилить образование живого вещества, хотя бы искусственным разрушением мышечной ткани?

А если вторая стадия вызывается связью между нервом и восстанавливающейся мышечной тканью, то почему бы не попытаться ускорить образование этой

связи хотя бы искусственным подведением нерва к месту повреждения?

Так были задуманы опыты по управлению восстановительным процессом в мышечной ткани.

В результате этих опытов родился метод — восстановление целых мышц путем пересадок измельченной мышечной ткани.

От восстановления повреждений к восстановлению целых мышц

Двуглавая мышца плеча — бицепс — у птиц легко доступна для операций. Если сделать продольный кожный разрез на плече, развести края раны, то открывается вся двуглавая мышца, одним, нижним, концом связанная с локтевой костью, другим, двурасщепленным, двухголовым, верхним концом распластанная на поверхности плечевой кости. Отчетливо видны две нервные ветви, верхняя и нижняя, идущие в мышцу из плечевого нерва. Их можно осторожно выделить и оставить на месте, чтобы обеспечить быстрое развитие нервной связи — главное условие второй стадии восстановления мышцы, а всю мышцу целиком от нижнего до обоих верхних сухожилий вместе с отходящей от нее тонкой мышцей, натягивающей летательную перепонку, — удалить.

Это уже не простое повреждение мышечной ткани, это утрата целого мышечного органа, несущего важную функцию сгибания крыла в локтевом суставе. Как же ответит организм на такое повреждение?

Ясно, что если нет строительного материала, то не будет и постройки. Даже аксолотль, который без труда воспроизводит все мышцы, когда восстанавливается целая конечность, не в состоянии воспроизвести одну целиком вырезанную мышцу или группу мышц. Вопрос заключается в том, как предоставить организму этот строительный материал, чтобы за его счет произошло восстановление мышцы. Ответ на этот вопрос дали опыты с пересадкой на место удаленной мышцы у цыплят измельченной мышечной ткани.

Удаленная мышца разрезается ножницами на мелкие куски. Измельчение продолжается до тех пор, пока мышца не превратится в однородную полужидкую массу, напоминающую фарш. После этого измельченная мышечная ткань переносится на место удаленной мышцы, и рана зашивается. Перенесенный материал служит источником новообразования мышцы.

Развитие идет с поразительной скоростью. Можно вскрыть рану через два-три дня после операции, и на месте удаленной мышцы обнаружится новообразованный орган — той же формы, так же расположенный, но состоящий из какой-то полужидкой, полупрозрачной, похожей на студень, ткани. Это еще не мышца, это еще не рабочий орган, это всего только зачаток, грубая модель восстанавливающейся мышцы. Невооруженным глазом видно, что часть пересаженной измельченной ткани отмирает, резко выделяясь непрозрачными крупинками в прозрачной новообразованной ткани. Через 7-8 дней омертвевшая ткань отторгается в виде плотной засохшей корочки, а под ней обнажается молодая, сочная развивающаяся ткань.

Микроскоп открывает в ней множество обломков мышечных волокон, потерявших свое прежнее строение и переполненных живым веществом, из которого развиваются бесчисленные мышечные клетки — миобласты. Почти вся новообразованная ткань состоит из этих клеток, рассеянных между нежными соединительнотканными волокнами. Это миобластическая стадия развития мышцы.

Она очень кратковременна. Уже через 7-8 дней после пересадки в новообразованной ткани видны слипающиеся друг с другом клетки, образующие мышечные волокна. Распадающаяся мышечная ткань словно притягивает к себе нерв, который быстро вырастает в новообразованную ткань, особенно если на

месте удаленной мышцы сохранены нервные ветви. Вращение нерва вызывает переход ко второй, мышечноволоконистой, стадии восстановления. А как только связь нерва с восстанавливающейся мышцей осуществилась, вступает в действие самое могучее условие дальнейшего развития — функция, работа новообразованной мышцы.

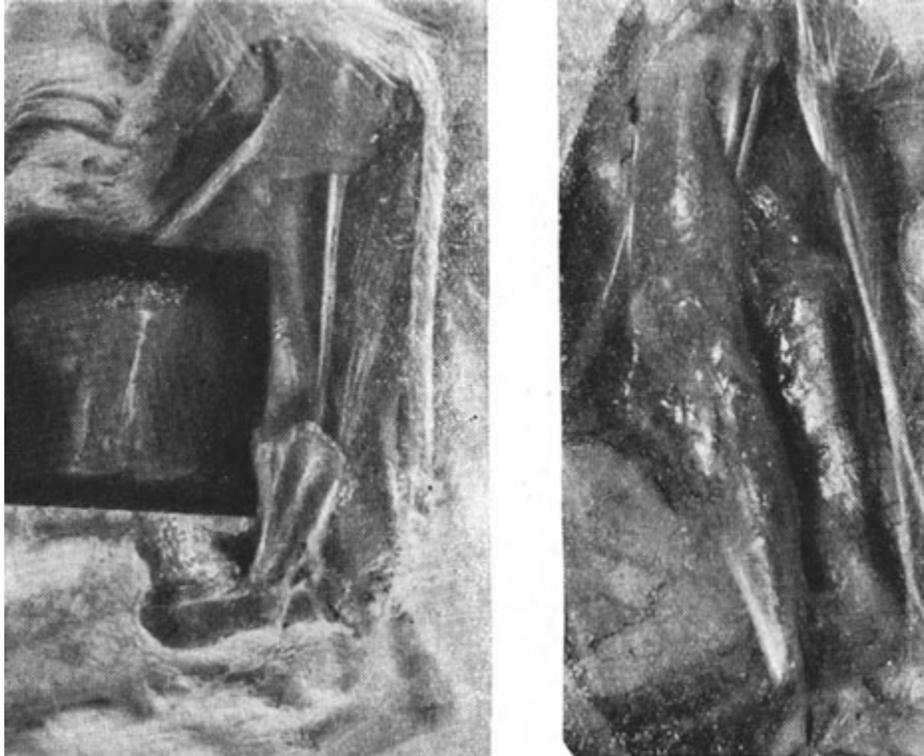


Рис. 3. Восстановление двуглавой мышцы плеча у петуха.

Слева — поврежденная мышца (удаленная часть на черном фоне).

Справа — восстановленная мышца.

Но есть возможность задержать развитие на первой, миобластической, клеточной стадии развития, если это нужно исследователю. Отвести нерв, не дать ему вращи в новообразованную мышцу — и ее развитие остановится на миобластической стадии. Мышечные волокна не образуются. Они появятся в мышце лишь тогда, когда в нее вращет нерв.

Остановка развития на миобластической стадии происходит и в тех случаях, когда для пересадок употребляется мышечная ткань другого животного. На место удаленной мышцы можно пересадить измельченную мышечную ткань другого цыпленка, того же или другого возраста, или даже мышечную ткань зародыша, вынутого из яйца, развитие будет, но оно задержится на миобластической стадии. Нерв не вращет, образованию нервной связи помешают различия в химическом составе тела двух животных. Вот почему новообразованная мышца будет некоторое время расти, сохраняя клеточное строение, но рано или поздно начнет отмирать — она станет чужеродным телом для организма. Только в том случае, когда пересажена собственная мышечная ткань, взятая из удаленной мышцы или из любой другой мышцы тела, развитие закончится образованием нового мышечного органа, который будет состоять из мышечно-волокнуистой ткани и будет исправно выполнять функцию удаленной мышцы.

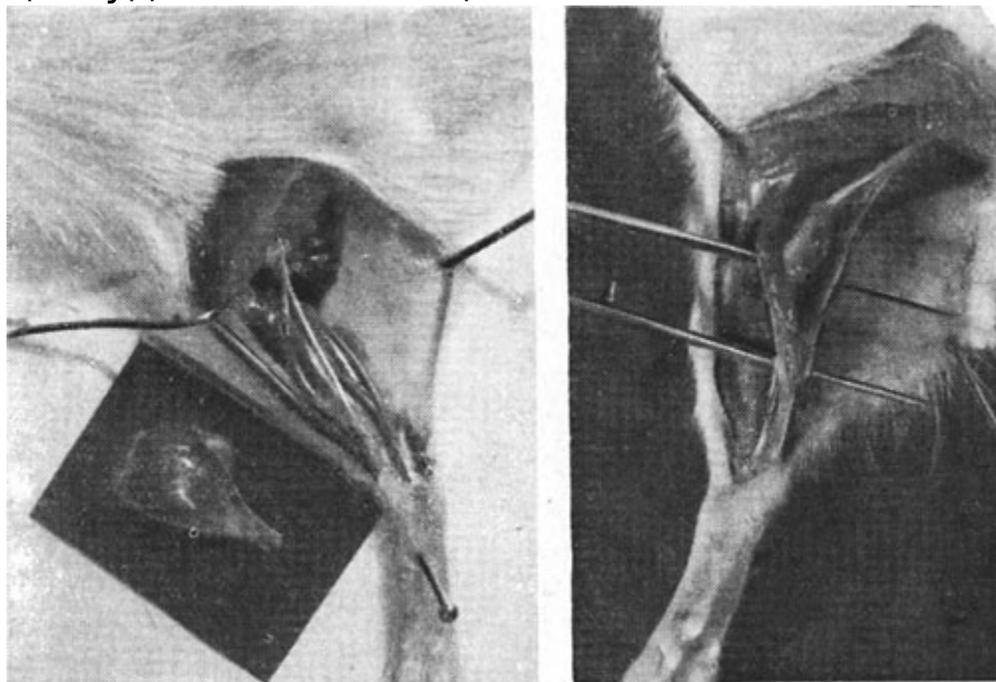


Рис. 4. Восстановление икроножной мышцы у крысы.

Слева — поврежденная мышца (удаленная часть на черном фоне).
Справа — восстановленная мышца.

Опыты с восстановлением удаленных — мышц путем пересадки измельченной — мышечной ткани с тем же результатом были повторены и на млекопитающих. Удалялась двуглавая мышца плеча, икроножная мышца, — и на место удаленной мышцы пересаживалась измельченная мышечная ткань того же животного — крысы, кролика, собаки. И в том же порядке, проходя те же стадии, из пересаженной ткани развивается новая мышца.

Так был решен вопрос о восстановительной реакции организма на утрату целой мышцы.

Организм отвечает на утрату восстановлением мышечного органа. Восстановление удаленной мышцы возможно даже у тех животных, которые, согласно старой теории регенерации, полностью утратили свойство восстанавливать повреждения специализированных тканей. Но для того, чтобы восстановление произошло, нужны определенные условия.

Необходимо, чтобы на месте удаленной мышцы оказался строительный материал для образования новой мышцы — мышечная ткань; чтобы эта ткань была в измельченном состоянии, способствующем развитию из разрушенных мышечных волокон живого вещества — источника возникновения мышечных клеток — миобластов; чтобы в новообразованную миобластическую ткань вросли нервные ветви, обеспечивающие главное условие дальнейшего развития новообразованной мышцы — ее функцию, ее рабочее состояние.

Таков результат опытов с восстановлением мышц у высших позвоночных животных.

Эти опыты полностью разоблачают несостоятельность старой, вирховско-вейсмановской теории регенерации.

Не ослабление, а усиление восстановительных свойств организмов по мере усложнения и совершенствования их строения и специализации тканей доказывают эти опыты. Чем сложнее организм, тем интенсивнее работа его органов, тем больше саморазрушаемость тканей в результате работы и тем выше уровень самообновления и восстановительных свойств.

У наиболее подвижных, наиболее деятельных представителей типа позвоночных — птиц — восстановительная реакция на повреждение мышц самая сильная. У млекопитающих она несколько слабее. А среди земноводных позвоночных, отличающихся незначительной мышечной деятельностью и слабой подвижностью, имеются такие, как лягушка, у которой восстановительная реакция на повреждение мышц совершенно ничтожна. У лягушек восстановление поврежденных мышц длится необычайно долго и никогда не достигает полного замещения утраченной части.

Восстановительная реакция на повреждение мышц отражает уровень общей жизнедеятельности организмов.

Восстановление покровной ткани

Скелет и мышцы — это добрых две трети нашего тела. И эти две трети состоят из беспрерывно разрушающегося и беспрерывно вновь восстанавливающегося материала. На этой основе происходит восстановление поврежденных костей и мышц. Утраченные кости и мышцы воспроизводятся организмом заново, если обеспечены необходимые для этого условия.

А остальная треть? Как обстоит дело с восстановительной реакцией на повреждение других тканей нашего тела?

Покровная, или эпителиальная, ткань входит в состав кожи, выстилает поверхность внутренних органов — желудка, кишок, трахеи, легких, мочевого пузыря, мочеточников. Из эпителиальной ткани построены все пищеварительные железы, в том числе самая крупная железа нашего тела — печень. Все эпителиальные органы в той или иной степени восстанавливаются после повреждений — одни лучше, другие хуже. И на этих органах не сделано ни одного наблюдения, которое могло бы подтвердить нелепую идею об ослаблении восстановительных процессов у высших животных. Наоборот, по скорости восстановления эпителиальных органов и по совершенству восстановленных частей высшие позвоночные превосходят низших.

Р. П. Женевская в нашей лаборатории изучала восстановление поврежденной печени у представителей различных групп позвоночных: рыб, земноводных, птиц, млекопитающих. От печени она

отделяла большой кусок — до трети всего объема печени. Печень восстанавливалась до первоначального состояния. Восстановленная часть приобретала типичное строение. В ней вновь начиналась работа — выделение желчи. При этом лучше, быстрее и наиболее совершенно восстановление происходило у высших позвоночных — птиц и млекопитающих. Аксолотль, поражающий своим удивительным свойством восстанавливать хвост и лапки, оказался по уровню своей восстановительной реакции на повреждение печени на одном из последних мест.

Еще хуже дело обстояло с другим низшим позвоночным — лягушкой, у которой восстановление поврежденной печени ограничивалось только небольшими разрастаниями печеночной ткани по краю отреза.

Некоторые затруднения встретила новая теория регенерации в заживлении кожных ран.

Повреждения кожи заживают у аксолотля или тритона с поразительной легкостью. У этих животных можно удалять значительные куски кожи. В нашей лаборатории Л. Ф. Березкина снимала у аксолотля кожу со всей лапки, как перчатку, и, спустя короткий срок, поврежденное место зарастало молодой, новообразованной кожей.

Между тем, у высших позвоночных млекопитающих, а также и у человека заживление кожных ран протекает далеко не так гладко.

Всем известно, что бесследно проходят только небольшие порезы, когда края раны плотно спаиваются между собой и срастаются, подобно тому, как соединяются края сшиваемых кусков материи. Хирурги называют такой способ заживления первичным натяжением.

А если рана такова, что между краями кожи имеется значительное пространство? Тогда вместо шва

получается шток. Заживление таких ран всегда оставляет на коже заметные следы в виде рубца. Хирурги называют такой способ заживления вторичным натяжением.

Рубец значительно отличается от всей остальной кожи. Это, действительно, не настоящая ткань, а подобие довольно грубой шток. В отличие от окружающей кожи рубец гладок, блестящ, бел, на нем не растут волосы, он не подвержен загару. Если тронуть рубец волоском, прикосновение не ощущается — к нему не подходят нервы. А более тонкое исследование обнаруживает, что в рубце нет ни потовых, ни сальных желез, которыми так богата наша кожа.

В чем же дело? Может быть, действительно, восстановление кожи совершается в соответствии с теорией Вирхова — Вейсмана: лучше у низших и хуже у высших позвоночных?

Нет, дело не в этом. Покровная ткань кожи, по Вейсману, должна обладать большими запасами «зародышевой плазмы», так как в ней идет непрерывное размножение клеток, заменяющих-отмирающие и сбрасываемые в виде роговых чешуек клетки. Самообновление в покровной ткани кожи выражено прекрасно. А что касается подлежащего слоя, расположенного под покровной тканью, то это соединительная ткань, та самая, за счет которой и образуется плотная основа рубца. Из клеток и волокон соединительной ткани кожи образуются клетки и густой переплет волокон рубца. Почему же вместо настоящей кожи на месте повреждения возникает грубая волокнистая ткань, покрытая тонкой покровной пленкой, без волос, без нервных окончаний, без потовых и сальных желез, — суррогат, жалкое подобие кожи?

Опыт показывает, что и здесь все дело в условиях заживления.

Полное восстановление кожи у высших позвоночных млекопитающих, а также, вероятно, и у человека, — возможно.) В нашей лаборатории М. Е. Аспиз тщательно изучила заживление кожных ран у кроликов. При соответствующих условиях рана на коже зарастает не рубцовой тканью, а настоящей кожей, в которой развиваются кожные железы, растут волосы, накапливается кожный пигмент. Все дело в условиях восстановления.

Причина заживления кожных ран рубцовой тканью, заключается не в ослаблении, а в усилении восстановительной реакции у млекопитающих на повреждение кожи.

Рана на коже — ворота для заражения организма микробами. Вот почему на повреждение кожи организм отвечает прежде всего защитной реакцией, которую осуществляет соединительная ткань. Клетки соединительной ткани уничтожают попавших в рану микробов. Волокна соединительной ткани, как войлоком, закрывают рану, предохраняя организм от воздействия внешней среды. А уж после этого восстановление первоначального строения кожи становится затруднительным. Покровная ткань оказывается в неблагоприятных условиях для развития волос и кожных желез. Остается рубец.

Но если защитная реакция соединительной ткани оказалась умеренной, если возникла не грубая штокпа, а молодая, нежная, сочная подстилка из соединительной ткани, покровная ткань развивается со всеми своими придатками. Возникает настоящая кожа.

Овладение этим процессом в интересах практики хирургической клиники — дело ближайшего будущего.

Восстановление нервной ткани

Десятки лет науку о строении и развитии животного организма сковывала легенда о бессменной и бессрочной службе нервных клеток.

Неизносимые, неизменные, вечные частицы нервной ткани — такими до сих пор изображаются нервные клетки во всех учебниках микроскопической анатомии. В таком виде представляло их себе воображение исследователя и в живом организме. Так говорилось о них во всех научных трудах, посвященных нервной системе. Все частицы организма подлежали смене, для всех частиц обнаруживались способы постоянного самообновления— кроме нервных клеток. Из учебника в учебник, из книги в книгу переходило нелепое утверждение, что человек растет и развивается с тем же числом нервных клеток, какое оказалось в его нервной ткани в момент рождения. Ни одной нервной клетки не возникает будто бы заново в нервной ткани в течение всей жизни человека. За пятьдесят, сто, сто пятьдесят лет— крайний срок человеческой жизни — тонны живого вещества в человеческом теле будут разрушены и вновь восстановлены путем обмена веществ. А крошечные комочки вещества, от которого зависят тончайшие и важнейшие функции организма — связь всех его частей друг с другом и связь всего организма с внешней средой, — должны, в согласии с обветшалой догмой учебников, работать бессменно в течение всего этого срока.

Это представление неверно. Оно противоречит научному воззрению на свойство живого. И все же оно держится в науке, как последний довод вирховско-вейсмановской трактовки жизни. Оно держится в науке не потому, что имеются факты, подтверждающие это

воззрение, а потому, что еще мало накоплено фактов, опровергающих его. Уверенность в том, что самообновление нервной ткани и восстановление утраченных нервных клеток невозможны, задерживала работу ученых в этом направлении.

И все же такие факты есть — разрозненные, случайные, полузабытые, но внушающие надежду на то, что тайна самообновления нервной ткани будет раскрыта и притом в недалеком будущем.

Сколько исследований сделано над восстановлением хвоста у аксолотля и тритона! А кто из исследователей поинтересовался тем, что происходит при восстановлении хвоста с нервной тканью? Восстанавливается ли при этом спинной мозг, залегающий в позвоночнике? Возникают ли при этом двигательные нервные клетки, приводящие в движение мышцы хвоста, и как они возникают? Эти вопросы не привлекали внимания исследователей.

А между тем при восстановлении хвоста у аксолотля происходит развитие того отдела спинного мозга, который располагается в хвосте. И спинной мозг развивается со всеми своими частями: нервными клетками, образующими скопления — ядра, пучками нервных волокон и особыми нервными органами — спинномозговыми узлами.

В старых работах, выполненных в те времена, когда ученые еще не испытали тлетворного влияния вирховско-вейсмановских домыслов, можно найти описания опытов с восстановлением различных частей мозга у высших позвоночных. Восстановление частей головного мозга описано у такого близкого человеку животного, как мартышка.

Вот почему можно с полной уверенностью допускать возможность восстановления нервной ткани. И здесь мы вправе ожидать повышения восстановительной реакции

на повреждение нервной ткани у высших позвоночных животных.

В нашей лаборатории Т. И. Зеликина изучила скорость и совершенство восстановления нервов у низших позвоночных — аксолотля и лягушки — и у представителя млекопитающих — крысы.

Нерв, снабжающий конечность, перерезался на определенном уровне и вновь сшивался.

Нервным волокнам — отросткам нервных клеток — предоставлялось пройти длинный путь через всю отмершую часть нерва, за линию разреза.

Через неделю, две, три микроскоп открывает в мертвом нерве вросшие в него из живой части нерва волокна. Еще неделя, две — волокна проходят все дальше, их становится все больше и больше. Кожа вновь обретает чувствительность — животное отдергивает уколотую лапку. Нерв восстановился.

И по скорости, и по совершенству восстановления нерва крыса превосходит аксолотля и лягушку.

Лягушка, даже после восстановления чувствительности, надолго сохраняет несовершенное строение восстановленного нерва. В нем мало волокон! — значительно меньше, чем до повреждения. Он тонкий, непрочный. А у крысы восстановленный нерв обладает почти тем же количеством волокон, что и до повреждения. По толщине он почти неотличим от неповрежденного нерва — такого же нерва противоположной стороны тела.

Восстановительная реакция организма на повреждение нерва не слабеет, а усиливается у высших позвоночных — в полном соответствии с высоким уровнем их жизнедеятельности и высоким уровнем процессов самообновления в организме.

Биологическая теория регенерации

Кожа, скелет, мышцы, нервы — это составные части конечности, ее строительные материалы.

И вот, оказывается, что эти части у высших позвоночных животных в случае повреждения восстанавливаются не хуже, а лучше, чем у низших позвоночных.

Почему же тогда организм низшего позвоночного — аксолотля — восстанавливает удаленную конечность, а организм высшего позвоночного — птицы и млекопитающего — не отвечает на утрату конечности восстановительной реакцией?

Мы познакомились с результатами многолетних исследований по восстановлению различных материалов, из которых строится тело как высших, так и низших позвоночных животных.

Мы убедились в том, что старая теория регенерации давала ложное объяснение различиям в восстановительных реакциях у высших и низших животных. Опыт не обнаружил ни у одного из обследованных нами высших животных падения восстановительных свойств тех материалов, из которых построено тело животных. Почему же тогда не восстанавливаются утраченные органы, которые состоят из этих материалов? Почему у птиц и млекопитающих не восстанавливаются целые конечности?

Ответ на этот вопрос дает новая теория регенерации, обоснованная всеми полученными нами данными.

Результаты наших опытов убеждают в том, что восстановительная реакция зависит от энергии жизнедеятельности организмов. Чем выше животное, чем сложнее и, разнообразнее функции его органов, тем выше уровень самообновления его тканей, а значит и уровень восстановительной реакции организма на их повреждение.

Самообновление тканей в организме совершается в результате их постоянного саморазрушения от производимой работы. Больше разрушение — больше и восстановление. Меньше разрушение — меньше и восстановление. В уровне самообновления выражается приспособленность организма к определенному уровню разрушения, происходящего под влиянием условий жизни. Отсюда вытекает взгляд на восстановительную реакцию, как на приспособление к определенным условиям существования организма, к определенной биологии видов животных. В этом и заключается биологическая теория регенерации.

Все реакции организма на воздействия условий жизни — это та или иная работа. Погоня за добычей, пожирание пищи, бегство от врага — все эти реакции выражаются в работе определенных органов. Любая работа происходит на основе разрушения, расходования вещества работающих органов. И, как обратная сторона разрушения, в полном соответствии с ним, работу органов тела сопровождает восстановление. В разрушении и восстановлении выражается важнейшее свойство жизни — самообновление.

Восстановление поврежденных тканей — это та же реакция самообновления, но вызываемая не работой, не нормальными, а повреждающими условиями жизни. И так же, как нормальное самообновление тканей происходит под контролем производимой работы, так и

восстановительная реакция совершается под контролем рабочего состояния, функции поврежденного органа.

Восстановительная реакция на повреждение кости или на удлинение целого костного органа приводит к образованию грубой модели удаленного органа или его части. В дальнейшем, под влиянием функции, восстановленный орган приобретает сходство с утраченным органом как по внешней форме, так и по внутренней структуре.

На удаление целой мышцы, при условии пересадки на ее место измельченной мышечной ткани, организм отвечает образованием органа, который первоначально состоит из несовершенной ткани, неспособной к работе. В дальнейшем, в результате развития нервной связи, под влиянием функции, восстановленная мышца приобретает окончательное строение.

Рабочее состояние, функция — не только важнейшее условие, — это двигательная сила восстановления.

Понятно, почему у высших животных крепка эта сила. Высокий уровень жизнедеятельности означает большую и разнообразную работу всех органов при поиске и добыче пищи, при бегстве и защите от врагов. Чем напряженнее борьба за жизнь, тем чаще совпадают рабочие и повреждающие условия жизни. Высокий уровень самообновления — это приспособление к восстановлению частей, разрушаемых как в результате работы, так и в результате повреждающих условий жизни.

Что же касается восстановления целых органов, состоящих из многих материалов, то это приспособление вырабатывается у животных организмов в результате таких условий жизни, которые сопряжены с частой утратой этих органов.

Подобный взгляд защищал Дарвин. «...Взгляд... что эта способность обыкновенно бывает локализованной и

специальной и служит для восстановления частей, легко утрачиваемых каждым данным животным, в значительной мере справедлив», — писал Дарвин.

Если голодных аксолотлей или тритонов держать группами в аквариумах, то они уродуют друг друга до неузнаваемости, обкусывая лапки, хвосты, жабры, челюсти, глаза — все те органы, которые отличаются у этих животных удивительным свойством восстановления.

Сотни миллионов лет назад, когда озера и лужи каменноугольных лесов кишели земноводными, возникло это приспособительное свойство. Условия существования — скученная жизнь в неглубоких, пересыхающих водоемах, при недостатке пищи, привела к развитию склонности — обкусывать друг другу выступающие части тела. В ответ на частые повреждения в организме вырабатывалось приспособление к восстановлению утраченных частей.

Трудно сказать, каким был путь выработки этого приспособления.

Всего вероятнее, и в этом случае, как и во всех других, двигательной силой развития восстановительной реакции была функция остатка органа.

Когда организм отвечает на повреждение печени восстановлением утраченной части, бросается в глаза увеличение остатка поврежденного органа. Причина этого увеличения понятна: на оставшуюся часть падает повышенная нагрузка. Функция оставшейся части повышается. Происходит увеличение органа, носящее название функциональной, то есть рабочей, гипертрофии. Долгое время считалось, что при удалении части печени настоящего восстановления, то есть новообразования, не происходит — увеличиваются будто бы только размеры тех рабочих частей, из которых состоит печень. Это оказалось неверным.

Восстановление происходит. Новообразованная часть возникает путем отрастания от старой. Вместе с тем происходит и увеличение размеров, гипертрофия оставшейся части, которая обязательно предшествует восстановлению. Это основа регенерации.

Однако печень — орган, состоящий из множества сравнительно простых частей. При регенерации печени происходит воспроизводство этих частей. С конечностью дело обстоит значительно сложнее.

Источником восстановления может быть только остаток конечности. Если удалить конечность целиком, вместе с лопаткой и ключицей, восстановления не будет. Значит, остаток органа имеет первостепенное значение для регенерации. Что же с ним происходит?

Первое, что бросается в глаза при изучении остатка конечности у аксолотля или тритона — процесс его саморазрушения. Все материалы, из которых состоит конечность — кожа, кости, мышцы, нервы, — в той или иной степени обнаруживают признаки распада, утрачивают свое нормальное строение, разрушаются. Живое, неклеточное вещество, в самых разнообразных формах, развивается из продуктов этого распада. И молодые, бурно размножающиеся клетки возникают в живом веществе. Старые, подвергшиеся разрушению ткани порождают новую — восстановительную ткань.

Советские исследователи давно придавали большое значение процессам саморазрушения в остатке поврежденного органа. Но только теперь, после исследований О. Б. Лепешинской, установившей роль живого вещества в организме, стало ясно, что распад тканей в остатке поврежденного органа является важнейшим условием восстановительного процесса.

Советский исследователь Л. В. Полежаев еще в 1935 году установил, что искусственное повреждение остатка органа способствует его восстановлению. У бесхвостых земноводных позвоночных животных, к

которым относятся лягушки и жабы, свойством восстанавливать удаленные конечности и хвосты обладают только личинки — головастики, да и то на ранних стадиях развития. Но если культю удаленной ножки головастика повредить многочисленными уколами иголки, способность к регенерации обнаружится у головастиков лягушек и на поздних стадиях развития. Разрушение тканей в остатке органа будет способствовать восстановлению. В свете учения О. Б. Лепешинской о живом веществе стало понятным значение повреждения остатка органа для исхода регенерации. Повреждение усиливает распад тканей, и вместе с тем, следовательно, способствует развитию живого вещества — источника восстановления.

Можно было бы подумать, что свойством тканей остатка органа подвергаться распаду и объясняется способность организма к восстановлению утраченных органов. Тогда различия в регенерационной способности организмов объяснялись бы очень просто: у аксолотля или тритона ткани остатка органа подвергаются саморазрушению, а у петуха или крысы этот процесс не происходит, поэтому в одном случае регенерация имеет место, в другом отсутствует. Однако в действительности дело обстоит совсем не так. Саморазрушение тканей в поврежденных органах происходит у всех животных организмов.

В нашей лаборатории изучались изменения тканей в остатке ампутированной ноги у цыпленка. Все ткани обнаруживают признаки саморазрушения. И из продуктов разрушения возникают новые ткани, за счет которых происходит приспособление поврежденного органа к изменившейся функции. Разрастаются покровная и соединительная ткани, закрывая поверхность разреза слоем молодой кожи. Разрастается молодая костная ткань, окружая как муфтой остаток старой кости и закрывая отверстие, ведущее в ее

полость. Разрастается мышечная ткань, подрастая к новообразованной костной ткани и прикрепляясь к ней с помощью сухожилий. Разрастаются нервы, подходя к мышцам и вступая с ними в связь. Все ткани подвергаются перестройке, происходящей на основе саморазрушения. А восстановления ампутированной конечности не происходит. В чем же причина того, что, в одном случае распад тканей в остатке органа ведет к регенерации, а в другом только" обеспечивает приспособление к измененной форме и функции органа? Причина, очевидно, заключается в том, что организм тритона или аксолотля унаследовал восстановительную реакцию на утрату конечностей от далеких предков, живших в таких условиях, когда частая утрата конечностей была условием их жизни. И в ответ на это условие, на основе процессов саморазрушения в остатке конечности, выработалась реакция восстановления утраченной конечности. Эта реакция, очевидно, возникла в результате изменений остатка органа под влиянием работы, под влиянием функции.

В настоящее время трудно сказать, что происходило с остатком органа, когда миллионы лет назад только еще развивалась восстановительная реакция на утрату конечности. Но по тому, как ведет себя современный аксолотль, утративший конечности, можно догадываться, как отвечал организм древнего земноводного на утрату ног.

Аксолотль пытается пользоваться остатками конечностей. Он делает ими плавательные движения, даже опирается на них. Несомненно, остатки конечностей несут определенную двигательную функцию, и эта функция очень напряженная в связи с непригодностью неуклюжих обрубков к тем движениям, которые аксолотль производит. Несомненно, здесь имеет место и рабочая гипертрофия остатков ног.

Но представить себе, чтобы рабочая гипертрофия и в данном случае, как в печени, переросла в восстановительный процесс, невозможно. Конечность — не печень. Ее восстановление — это не воспроизведение тех же частей, из которых состоит остаток органа.” Это подлинное новообразование. Никакая рабочая гипертрофия не может привести к отращанию новой конечности из ее остатка.

Приходится сделать предположение, что приобретение свойства восстанавливать утраченные конечности произошло путем преобразования изменений работающего остатка при унаследовании этих изменений последующими поколениями.

Человеческий организм лишен свойства восстанавливать утраченные конечности. Человек, как и его предки — млекопитающие, даже в далеком прошлом не подвергался таким повреждающим воздействиям, которые могли бы вызвать развитие этого свойства. Но исследование восстановительной реакции организма млекопитающих на повреждение тех материалов, из которых построены их органы, внушает надежду на возможность искусственного создания этого свойства. Овладение тайной зародышевого развития конечности, раскрытие способа, которым осуществляется развитие конечности в зародышевом состоянии, — путь к решению этой задачи.

Освобождение науки от вымыслов, которыми питалось учение о регенерации на протяжении полувека, — важнейшее условие плодотворной работы в области явлений регенерации. Факты разоблачают старую вирховско-вейсмановскую теорию регенерации как лженаучный домысел. Дальнейшая разработка учения о восстановительных свойствах организмов должна идти на основе новой, биологической теории регенерации.

notes

Примечания

1

«Павловские среды», т. III, стр. 364. Изд. АН СССР.
1949.

О. Б. Лепешинская. Происхождение клеток из Живого вещества и роль живого вещества в организме, стр. 207. Изд. АМН СССР. 1950.

3

Там же.

4

Там же.