

СЕРИЯ ВОСЕМЬНАДЦАТЬ
БИОЛОГИЯ
И
МЕДИЦИНА

А. Н. СТУДИТСКИЙ

Восстановительные
СИЛЫ
ОРГАНИЗМА

9

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЗНАНИЕ
1959

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Доктор биологических наук
профессор

А. Н. СТУДИТСКИЙ

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СИЛЫ ОРГАНИЗМА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва

1959

Научно-популярная брошюра профессора А. Н. Студитского освещает одну из наиболее интересных и сложных проблем современной биологии — проблему регенерации, т. е. восстановительных процессов в организме. Автор является одним из крупных специалистов в этой области; уже в течение многих лет он работает над решением различных вопросов регенерации. В брошюре рассматриваются регенеративные возможности человеческого организма и говорится о путях использования этих возможностей в медицине

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
«Запасные силы» организма	4
Разрушение и восстановление рабочих частей нашего тела	6
Размножение и развитие клеток — основа процессов самообновления организма :	10
Регенерация и ее биологическое значение	12
Механизмы восстановительной функции	18
Возможности управления восстановительной функцией	21
Некоторые итоги	25
Взгляд в будущее	30

Автор
Александр Николаевич Студитский

Редактор А. Д. Сухов
Техн. редактор Л. Е. Атрощенко
Корректор Н. Н. Огородникова
Обложка художника Г. Э. Вильфарта

А03892. Подписано к печати 13/VII 1959 г. Тираж 30.000 экз. Изд. № 76
Бумага 60×92¹/₁₆—1,0 бум. л.—2,0 печ. л. Учетно-изд. 2,02 л. Заказ 1651

Типография изд-ва «Знание», Новая пл., д. 3/4.

Фантазия древнегреческого народа оставила в памяти человечества пленительную и волнующую легенду — миф с Прометее. Герой этой легенды титан Прометей похитил у Зевса огонь и подарил его людям. Разгневанный Зевс приказал приковать Прометея к высокой скале в ущелье Кавказа. Каждый день прилетал орел и клевал у скованного Прометея печень.

Трудно представить себе более яркий образ, рисующий борьбу человеческого разума со слепыми силами природы. Огонь — одна из первых стихий природы, покоренная разумом человека и поставленная на службу его трудовой деятельности. Десятки тысяч лет прошло с тех пор, и теперь гению человека начинают подчиняться не только природа Земли, но и просторы космического пространства. И на всем протяжении этого времени разум человека противостоит упорству слепых сил природы, скрывающих от человека свои тайны, вступает с ним в борьбу, преодолевает их сопротивление — и побеждает.

Глубокий, волнующий смысл вложен в легенду о Прометее. Прометей во власти Зевса — это человек во власти окружающей его природы. Прометей скован и обречен на вечные муки. Но он жив и бессмертен. И в этом — залог его победы над природой.

Бессмертен разум человека, подчиняющий своим предначертаниям слепые силы природы; бессмертна жизнь, породившая разум человека.

Бессмертие разума в том, что его достижения умножаются каждым новым поколением людей, усилиями которых строится человеческая культура. Бессмертие жизни — в ее беспрерывном самообновлении.

Каждый день прилетает орел и терзает печень Прометея. А на утро Прометей возрождается заново и вновь вступает в единоборство с природой.

Великое свойство жизни — способность к постоянному возрождению, самообновлению, самовоспроизведению — обеспечивает ей победу над силами окружающей ее природы. Живое существует потому, что, разрушаясь под воздействием сил окружающей среды, оно постоянно восстанавливается, постоянно обновляется, постоянно возрождается.

Восстановительной способности — одному из самых замечательных свойств живых организмов — посвящена эта брошюра.

«Запасные силы» организма

Около 60 лет назад на торжественном заседании крупнейшего высшего медицинского учебного заведения России — Военно-медицинской академии, выдающийся русский ученый В. В. Подвысоцкий выступил с речью «О запасных силах организма и их значении в борьбе с болезнью». В этой речи были сообщены поразительные факты.

Факты относились к области явлений, объединяемых названием регенерации. Это слово в переводе с греческого языка означает возрождение. Явления этого порядка были известны уже давно. Еще в середине XVIII столетия сенсацию в ученом мире произвела книжка швейцарского натуралиста А. Трамбле «Мемуары к истории одного рода пресноводных полипов с руками в виде рогов», в которой было описано удивительное свойство маленького пресноводного животного из группы кишечнополостных восстанавливать все тело из небольшого кусочка, подобно тому, как растение восстанавливает корни, стебли, листья и все другие органы из маленького черенка. Животное было названо гидрой — это имя носило многоголовое чудовище, с которым сражался герой древнегреческих мифов Геракл. Согласно мифу отрубленные головы гидры отрастали вновь.

За сто с лишним лет, которые протекли после открытия А. Трамбле, способность восстанавливать утраченные части тела и целое тело из его части была обнаружена у многих животных. Оказалось, что обычный земляной червь, разрезанный на куски, превращается в несколько червей — по числу кусков. Низший червь планария — обитатель луж и прудов, напоминающий опавший древесный лист, по способности к регенерации значительно превосходит земляного червя. Планарию можно разрезать на множество кусочков — и из каждого образуется новый организм. Выяснилось, что внешние, выступающие части тела восстанавливаются после удаления у многих животных: щупальца и глаза — у улиток, щупальца — у осьминогов, клешни — у раков, конечности — у пауков, многоножек и насекомых. Замечательный пример животных с высоко развитой способностью к регенерации органов представляют хвостатые земноводные животные — тритон, саламанд-

ра, аксолотль, у которых с легкостью восстанавливаются отрезанные хвосты, конечности, жабры, глаза, челюсти, — словом, все выступающие части тела.

Однако предметом речи Подвысоцкого были не эти всем известные факты. Он обратил внимание на регенерационные процессы у высших животных, ближайших родичей человека — млекопитающих, у которых восстановления удаленных выступающих частей тела никем не наблюдалось, в силу чего млекопитающие считались утратившими восстановительную способность.

В свете фактов, приведенных в речи Подвысоцкого, эта точка зрения оказалась неверной. Да, восстановления внешних, выступающих частей тела у млекопитающих не происходит. Ампутированная конечность у млекопитающих, в отличие от некоторых низших позвоночных — тритона, аксолотля, не отрастает. Но многие внутренние органы млекопитающих обладают не менее поразительным свойством — восстанавливать объем, строение и функцию после удаления почти нацело.

На первом месте, по интенсивности восстановительных процессов у млекопитающих, стоит печень. Ученик Подвысоцкого Мейстер удалял у кролика три четверти печени. Оставшаяся четверть в течение короткого срока разрасталась до первоначального объема, полностью возмещая понесенную утрату. Подвысоцким и его учениками было показано, что свойством восстанавливать нанесенный ущерб обладают и другие пищеварительные железы — поджелудочная и слюнные. На основании этих фактов, а также принимая во внимание данные о регенерации других внутренних органов, Подвысоцкий высказал гипотезу о «запасных силах», способствующих борьбе организма с болезнетворными агентами.

Немногим более десяти лет ранее выступления Подвысоцкого, в 1883 году, на съезде русских естествоиспытателей и врачей другой русский ученый, великий биолог Илья Ильич Мечников, выступил с докладом «О целебных силах организма», в котором показал, какими средствами располагает организм в борьбе с возбудителями болезней — микробами. Могучая армия клеток — пожирателей микробов — фагоцитов составляет, по Мечникову, защитную систему нашего организма. Фагоциты уничтожают микробов — возбудителей болезней, захватывая и переваривая их в своем теле, подобно тому как одноклеточный организм амёба поглощает и переваривает тела микроскопических бактерий, населяющих окружающую ее среду. Фагоциты образуют также вещества противомикробного действия — так называемые противотела, или антитела, которыми обеспечивается невосприимчивость к заразным болезням — иммунитет.

Подвысоцкий обосновал идею о другой системе организма,

противостоящей болезнетворным воздействиям внешней среды — системе «запасных сил», с помощью которых организм восстанавливает разрушения, производимые в нем болезнетворными агентами, в том числе и микробами. «Запасные силы» организма, по Подвысоцкому, обеспечивают восстановление повреждений, вызываемых в организме повреждающими воздействиями внешней среды.

Идея Подвысоцкого о «запасных», точнее говоря, восстановительных силах, обеспечивающих возмещение повреждений, производимых в организме разрушающими воздействиями внешней среды, в наши дни должна привлечь особое внимание.

Наше время — эпоха новой техники, несущей с собой весьма существенные изменения в окружающей нас среде. Развитие новой техники сопровождается внедрением в производство и в быт новых физических факторов — огромных, неведомых ранее скоростей, чудовищной силы вибраций, высочайших электромагнитных напряжений, мощных излучений, огромных температур, новых, неизвестных ранее химических соединений, действие которых на живой организм еще не изучено, и, наконец, продуктов атомного распада, в том числе губительных для всего живого радиоактивных продуктов испытаний ядерного оружия.

Вместе с развитием производства прогрессирует, конечно, и техника безопасности, ограждающая организм человека от различных вредных воздействий. Однако в той или иной степени разрушительные силы распространяются в среде, окружающей человека, и действуют на его организм. Вот почему проблема восстановительных сил, с помощью которых обеспечивается возмещение повреждений, наносимых организму воздействием разрушительных сил внешней среды, становится в настоящее время одной из самых актуальных проблем биологической науки и медицины.

В чем же заключаются восстановительные силы организма?

Разрушение и восстановление рабочих частей нашего тела

Вы взяли ножницы, чтобы остричь ногти. Вот тонкий серп обрезанного ногтя упал с вашего пальца, потом другой, третий, и вот уже все ваши ногти подстрижены, выровнены и приняли аккуратный вид.

Подумайте, с каким жизненным процессом вы имеете дело, произведя эту нехитрую операцию? Что представляют собой части, удаление которых не причиняет никакого ущерба организму? Живые они или мертвые?

Вы, не задумываясь, ответите: конечно, мертвые. Ведь их удаление не причиняет нам ни малейшего беспокойства.

Но это не просто мертвые, это отмирающие части, потому что они образуются в результате роста, а рост — это неотъемлемое свойство живого. И действительно, обнажаемое очень короткой стрижкой место под ногтем оказывается весьма чувствительным, а белое полулуние, просвечивающее сквозь ногтевую пластинку у основания ногтя, еще более чувствительно — это живые части, ложе и матрица ногтя, где идет его рост. Значит, при росте ногтя происходит превращение живого в мертвое, образование вещества, подлежащего в конце концов отделению от тела. В этом процессе получает самое наглядное выражение коренное свойство жизни — биологический обмен веществ.

Все части живых организмов строятся из веществ, которые образуются в кишечнике в результате переваривания принятой пищи. Ногти состоят из вещества, называемого кератином. Это белковое вещество из группы склеропротеинов. Как и все белки, кератин состоит из органических кислот, включающих содержащую азот группу — аминокруппу, за что эти кислоты и получили название аминокислот. Белковая пища, например молоко, мясо, перевариваясь в кишечнике, распадается, или, как говорят химики, расщепляется на аминокислоты, которые всасываются в кровь и разносятся по всему организму. Из аминокислот в различных частях организма строятся необходимые для их работы белки и, в частности, кератин ногтя. В этом заключается процесс уподобления веществ принятой пищи веществу нашего тела, одно из самых характерных свойств жизни — ассимиляция.

Как можно наблюдать этот процесс? До последних лет представление об ассимиляции было только выводом из наблюдений, относящихся к процессам расщепления и новообразования белков.

Известно, что белки строятся из различных аминокислот. Исследования показали, что аминокислоты образуются при расщеплении пищевых белков в кишечнике. Дальнейшими исследованиями аминокислоты были открыты в крови. Отсюда был совершенно очевиден вывод, что белковое вещество кератин строится из аминокислот, приносимых в кожный покров кровью. Однако в последние годы этот процесс стал доступен и непосредственному наблюдению — с помощью радиоактивных изотопов, или, как их называют, меченых атомов.

Если какое-либо вещество подвергнуть в специальных условиях бомбардировке частицами атомного ядра, атомы этого вещества разрушаются, приобретая радиоактивные свойства: вещество начинает испускать лучи, подобные излучению радия. Такие атомы называются мечеными. Их можно теперь обнаруживать в любых частях тела с помощью специальных счетчиков, регистрирующих испускаемые мечеными атомами ядерные частицы. Иногда пользуются свойством последних разру-

шать некоторые химические вещества, что также может быть обнаружено.

Таким веществом, например, является бромистое серебро — соединение, употребляемое в фотографии. Излучение радия и было впервые открыто по его действию на фотографическую пластинку: под воздействием лучей радия бесцветное бромистое серебро разлагается, и фотопластинка чернеет в результате выпадения металлического серебра.

И вот, представьте себе, что фотографической эмульсией мы покрываем не стеклянную пластинку, а срез органа животного, которому введено какое-либо вещество, содержащее меченые радиоактивные атомы. По выпадению частичек серебра над участками, где располагаются меченые атомы, можно составить отчетливое представление о распределении этого вещества в организме. Меченые атомы как бы расписываются, оставляют свой автограф на фотоэмульсии, свидетельствуя о своем присутствии. В этом и заключается метод радиоавтографии, или автордиографии.

В состав белков входит около двадцати разных аминокислот. Некоторые из них можно метить, вводя в них искусственные радиоактивные элементы — изотопы, например серу. Кератин отличается большим содержанием аминокислот, включающих серу. И если подопытным животным ввести в организм раствор аминокислот метионина или цистина, содержащих радиоактивный изотоп серы, отложение аминокислот в местах синтеза кератина можно изучать по радиоавтографам, полученным на срезах через кожу подопытных животных.

Как и ноготь, покровная ткань кожи — эпидермис — состоит из двух основных слоев — живого, который называется ростковым слоем, и омертвевшего, который называется роговым слоем. Подопытным животным введен под кожу раствор меченой аминокислоты — радиометионина. Прошел час. Одно из животных забито. Из кожи приготовлен срез и покрыт фотоэмульсией. Прошло два часа — забивается другое животное. И вот, по прошествии нескольких суток, в руках у исследователя оказываются радиоавтографы эпидермиса на всех этапах синтеза кератина и его перемещений в результате роста и ороговения эпидермиса.

Уже через час после введения радиометионина в ростковом слое эпидермиса, на срезах кожи, можно обнаружить появление меченых атомов. Радиометионин уже включается в образующийся в ростковом слое белок. Через сутки после введения весь ростковый слой переполнен радиометионином. Затем меченые атомы перемещаются в роговой слой; верхние части росткового слоя подвергаются ороговению и в результате разрастания росткового слоя передвигаются в роговой слой. А через 10 дней почти все меченые атомы обнаруживаются в роговом слое, постепенно концентрируясь в самых

поверхностных его частях, откуда спустя еще несколько дней совершенно исчезают.

Итак, в рабочую часть организма, его покров, приходит строительный материал, из которого строится кератин — вещество, обеспечивающее работу покрова, механическую защиту нашего тела от разрушающих воздействий внешней среды. Кератин образует прочный роговой слой. Но он недолговечен. Рабочая активность его верхних слоев измеряется днями. Эти дни проходят, верхние слои сбрасываются, и их место замещают ороговевшие части росткового слоя.

Поток веществ, постоянная смена, постоянное обновление — в этом заключается способ существования белковых тел — жизнь.

Покровы нашей кожи, включая все их производные — ногти, волосы, сальные и потовые железы, принадлежат к числу органов с наиболее простым, элементарным и вместе с тем необычайно интенсивным способом самообновления.

Работа покровов и их производных сопровождается очевидным и вполне доступным для наблюдения разрушением.

Разрушение эпидермиса под влиянием механической его работы — процесс, знакомый каждому из повседневного бытового и производственного опыта. Непривычная повышенная механическая нагрузка на эпидермис, например при длительной гребле или работе лопатой, непременно вызовет его повреждение — на ладонях образуются водяные мозоли. Это роговой слой отрывается от росткового, и между ними накапливается тканевая жидкость. Постепенное повышение механической нагрузки приводит к утолщению рогового слоя эпидермиса; омертвление клеток, связанное с ороговением, ускоряется, чем обеспечивается более быстрая смена стирающихся поверхностных рабочих частей.

Интенсивному разрушению в результате тяжелых физических усилий, например при земляных работах, подвергаются ногти, которые при этом значительно утолщаются и грубеют.

Постепенному разрушению, хотя и значительно менее интенсивному, чем эпидермис и ногти, подвергаются под влиянием внешних воздействий волосы.

Работа сальных желез заключается в отделении секрета, состоящего из омертвевших частичек железы — ее клеток.

Омертвевшие частички клеток отделяются при работе крупных потовых желез.

Вот почему процесс ассимиляции — уподобления веществ, вводимых в организм в качестве пищи, веществу нашего тела — это не только синтез белков и других химических компонентов живого тела. Это одновременно и новообразование рабочих частей, разрушающихся в результате рабочих процессов.

Из аминокислот, приносимых кровью в эпидермис нашей кожи, строится, в частности, и рабочая часть нашего тела — ро-

говой слой эпидермиса, состоящий из кератина. Эпидермис осуществляет функцию механической защиты нашего тела.

В самообновлении рабочих частей нашего тела, разрушающихся в результате рабочих процессов, и заключается действие восстановительных сил организма.

Каким же способом осуществляется самообновление рабочих частей организма? Главный способ заключается в размножении и развитии клеток.

Размножение и развитие клеток — основа процессов самообновления организма

Вы пришли в амбулаторию для исследования крови. Укол иглы — и на кончике пальца появляется капля крови. Стекло-лянной пластинкой эта капля переносится на другую стеклянную пластинку и размазывается по ее поверхности тонким мазком. Это мазок крови. Его высушат, покрасят специальными красителями и будут исследовать под большими увеличениями микроскопа.

Посмотрим на открывающуюся в микроскопе картину.

Видны красные круглые пластинки, плотно примыкающие друг к другу, подобно камням мостовой, покрывающие все поле зрения. Это — эритроциты, красные кровяные клетки. Между ними кое-где, на значительных расстояниях друг от друга располагаются более крупные округлые пластинки внутри которых видны ядра — тельца шаровидной, палочковидной или четковидной формы. Это белые кровяные клетки — лейкоциты.

Из восьми находимых в крови форм лейкоцитов самой простой представляется так называемый лимфоцит — клетка округлой формы с большим округлым тельцем — ядром — внутри. Капелька полужидкого вещества с ядром внутри — это типичная клетка. Полужидкое вещество — цитоплазма и ядро составляют главные части клетки.

Ядро лимфоцита на мазке крови окрашено в фиолетовый, цитоплазма — в синий цвет. Свойство окрашиваться этими красками — щелочными, или основными, красителями — называется базофилией. Базофилия характеризует молодые клетки, способные к размножению и развитию.

Лимфоциты, подобно многим другим клеткам, при культивировании вне организма размножаются как одноклеточные организмы — посредством деления. При этом сначала очень сложным способом делится надвое ядро, потом цитоплазма. Разделившиеся клетки расходятся друг от друга, как капли воды на стекле.

В мире простейших есть много других самых разнообразных способов размножения. Но именно этот способ — путем

деления надвое — лег в основу процессов роста и развития многоклеточных организмов. Более того, размножение одноклеточных организмов путем деления, по-видимому, было тем способом, посредством которого возникли первые многоклеточные животные. Этот процесс проще всего представить себе как нерасхождение разделившихся клеток, что могло иметь место при размножении одноклеточных организмов на поверхности какого-нибудь крупного пищевого объекта.

Функция размножения путем клеточного деления наших одноклеточных предков с переходом к многоклеточному строению превратилась в способ осуществления функций роста, развития и регенерации — замещения отмирающих рабочих частей тела.

Размножение и развитие клеток составляет основу восстановительных процессов у всех многоклеточных животных организмов. Это относится и к организму человека.

Подобно тому, как разные части нашей одежды сшиты из разных материй, органы нашего тела построены из разных строительных материалов, тканей — покровной, соединительной, костной, мышечной, нервной. В состав тканей входят клетки и связывающие их межклеточные вещества. Кровь — жидкая ткань, клетки которой взвешены в жидкой межклеточной среде — плазме крови. Собственно, в кровотоке размножения клеток не происходит. Это — рабочая часть системы крови. Здесь работают эритроциты, совершая свой бесконечный ход из сердца по сосудам в легкие за кислородом, из легких через сердце по всем органам и тканям и обратно по сосудам через сердце в легкие. Здесь медленно по поверхности стенок сосудов движутся лейкоциты — стража нашего тела, готовая по первому сигналу ринуться в места, грозящие внедрением чужеродных организмов — микробов, или в места омертвления тканей, подлежащие уничтожению путем фагоцитоза. Размножение и развитие кровяных клеток происходит в органах кроветворения, в состав которых входят костный мозг, селезенка и лимфатические узлы. Здесь, в петлях особой ткани, образующей нежную сеть, за что эта ткань и получила название ретикулярной (от латинского слова ретикулом — сеточка), располагаются клетки, похожие на лимфоцитов, также обладающие базофильной цитоплазмой. Это гемоцитобласты — кроветворные клетки. Они отличаются способностью к размножению, которое совершается тем активнее, чем интенсивнее идет рабочее разрушение кровяных клеток. Превращение гемоцитобластов, возникающих в результате размножения, в кровяные клетки происходит путем сложных процессов. Это и есть развитие, или, как обычно называют этот процесс, дифференцировка клеток.

В покровной ткани кожи — эпидермисе — рабочую часть составляет, собственно, роговой слой, который осуществляет

функцию механической защиты. Размножение и дифференцировка клеток происходят в ростковом слое. Деление клеток эпидермиса наблюдается почти исключительно в самом нижнем пласте росткового слоя, расположенном на соединительнотканной подстилке, где проходят кровеносные капилляры, питающие эпидермис. В ростковом слое происходит синтез белков, приводящий в конце концов к образованию кератина, обеспечивающего возможность работы эпидермиса.

Процессы воспроизведения кровяных клеток в кровеносных органах, клеток эпидермиса в его ростковом слое — это самое яркое проявление восстановительных сил организма.

Посредством этих процессов происходит замещение отмирающих рабочих частей нашего тела новообразованными рабочими частями. В отличие от повреждений, наносимых разрушающими воздействиями внешней среды, отмирание клеток носит нормальный, физиологический характер. Вот почему замещение отмирающих клеток новообразованными носит название физиологической регенерации.

Регенерация и ее биологическое значение

Все органы, все рабочие части тела осуществляют те или иные функции организма — они работают. И как всякие материальные тела, выполняющие ту или иную работу, они разрушаются в результате осуществляемых ими рабочих процессов. Но в отличие от неживых тел живые тела — организмы — обладают свойством возмещать разрушающиеся рабочие части новообразованными рабочими частями. Это свойство и проявляется в процессах физиологической регенерации.

До последних дней нашей жизни слущиваются ороговевшие чешуйки с нашей кожи, растут волосы и ногти, и в горячие волны струящейся через костный мозг крови поступают новые и новые свежие кровяные клетки.

Процессы обновления тканей еще демонстративнее у низших организмов. Если отрезать кончик хвоста у тритона, плавающего в аквариуме, и нарушить тем самым его кожный покров, то на другой же день обычно можно обнаружить в воде сброшенный тритоном верхний слой эпидермиса в виде пленки, точно повторяющей форму тела животного, подобно перчатке, снятой с руки.

Плотный чехол омертвевшей ткани эпидермиса периодически сбрасывают змеи. Этот процесс называется линькой. Обновление покровов посредством линьки происходит и у высших позвоночных. Сменяются роговые части — перья у птиц и волосы у млекопитающих. Заяц-беляк меняет шерсть два раза в год — весной на серую, осенью на белую.

У человека постепенно обновляются все ороговевшие ча-

сти: волосы, ногти, роговой слой эпидермиса. Ноготь полностью сменяется в течение 200 дней. Волос на голове мужчин растёт около 300 дней, после чего выпадает и заменяется новым. Длительность жизни ресниц — 150—200 дней. Полная смена эпидермиса в местах, подвергающихся сильному трению, осуществляется приблизительно в течение месяца.

С ещё большей скоростью происходит обновление клеток крови. Длительность жизни лейкоцитов в кровотоке не превышает недели. Несколько дольше — от трех недель до трех месяцев — живут эритроциты. В нашем организме содержится около одного килограмма гемоглобина, причем каждый день подлежит обновлению от 15 до 30 граммов этого важнейшего вещества.

Таковы масштабы физиологической регенерации.

Роль физиологической регенерации в жизнедеятельности нашего организма огромна. Посредством физиологической регенерации организм освобождается от отмирающих рабочих частей и замещает их новообразованными рабочими частями. Путем физиологической регенерации осуществляется одна из самых важных функций — восстановительная функция животного организма.

Среди всех остальных функций животного организма восстановительная функция занимает особое место.

Стираются зубы, пережевывающие пищу, разрушаются клетки пищеварительных желез, вырабатывающих пищеварительные соки, разрушаются покровы кишечника, выделяя пищеварительные соки и слизь и подвергаясь механическому разрушению передвигающейся в кишечнике пищей. Механическому разрушению подлежит выстилка кровеносных сосудов, по которым бежит кровь, несущая тканям и органам пищевые вещества, и выстилка мочевых путей, по которым проходит моча, выносящая продукты обмена веществ из организма. Работа органов защитной функции сопровождается разрушением фагоцитов. Механические усилия, посредством которых осуществляются двигательная и опорная функции, сопровождаются разрушением рабочих частей в скелете и мышцах. Восстановительные процессы, обеспечивающие возмещение всех этих утрат в рабочих частях нашего тела, — это проявление восстановительной функции организма.

Каковы же методы исследования восстановительной функции?

Испытанным, старейшим методом исследования восстановительной функции является исследование регенерации органов и тканей после механического повреждения — так называемой репаративной регенерации.

Факты регенерации удаленных частей, и особенно целого тела из одной небольшой его части, поражали воображение, подобно сказкам о многоголовых чудовищах, у которых вновь

отрастали отрубленные головы. И объяснения, предлагавшиеся для этих фактов, в некоторых отношениях весьма напоминали волшебные сказки.

Даже в научной литературе по регенерации способность к восстановлению утраченных органов, и особенно к восстановлению целого тела из небольшой его части, нередко рассматривалась, как весьма таинственное, необъяснимое свойство, присущее живому. Факты регенерации использовались для идеалистической интерпретации явлений жизни. Широкое распространение получила гипотеза об угасании регенерационной способности в животном мире в ходе его эволюции в связи с усложнением строения и специализацией тканей. Указывалось, что низшие животные, как, например, гидра и планария, легко регенерируют целое тело из маленького его кусочка, у более высокоорганизованных животных, как, например, моллюсков, членистоногих, низших позвоночных, регенерируют придатки тела — хвост, щупальца, жабры, конечности, и, наконец, у высших позвоночных — птиц и млекопитающих — сохраняется лишь способность к заживлению ран.

Опыт экспериментальных исследований показал полную несостоятельность этого представления.

Прежде всего выяснилось, что среди низших животных имеется множество форм, наделенных весьма малой способностью к регенерации. Среди кишечнополостных медузы, никак не превышающие по сложности строения и специализации тканей своих ближайших родичей — гидроидных полипов, к которым относится гидра, резко уступают последним в отношении регенерационной способности. У медуз не только не восстанавливается тело из его части, но плохо регенерируют даже небольшие удаленные части тела. Среди иглокожих, к которым относятся морские звезды, способные восстанавливать все тело из одного луча, есть формы с ничтожной регенерационной способностью, например морские ежи.

Среди позвоночных славу животных с высокоразвитой регенерационной способностью приобрели хвостатые амфибии, к которым относятся тритон, саламандра, аксолотль, с легкостью восстанавливающие удаленные конечности, хвосты и другие выступающие части тела. Между тем по уровню организации тела и специализации тканей хвостатые амфибии несомненно превосходят рыб, у которых способность к регенерации хвоста и конечностей ничтожна.

Совершенно очевидно, что дело не в высоте организации тела и не в специализации тканей. Вопрос о биологическом значении свойства восстанавливать удаленные части тела и все тело из его части должен решаться в свете учения о развитии приспособительных свойств у животных организмов.

Приспособительное значение так называемой регенерационной способности — свойства восстанавливать удаленные

части тела и все тело из его части — не вызывает сомнений. Это свойство обеспечивает животному возможность выжить и восстановить нормальные жизненные отправления после тяжелых повреждений, получаемых в результате разрушающих воздействий внешней среды. Это, несомненно, полезное приспособление. Но как возникают полезные приспособления? Они вырабатываются в ответ на определенные воздействия внешней среды. Частые повреждающие воздействия — вот какова причина возникновения свойства восстанавливать утраченные части тела.

Исследуя ход регенерации хвоста или конечности у тритона, нетрудно видеть глубокое сходство этого процесса с эмбриональным развитием.

Конечность удалена. Поверхность раны в течение одного-двух дней затягивается пленкой эпидермиса, который нарастает на обнаженные внутренние ткани. Проходит еще несколько дней, и в центре раневой поверхности появляется маленький бугорок. Если исследовать его строение под микроскопом, можно увидеть, что этот бугорок состоит из скопления клеток в соединительной ткани под эпидермисом. Через неделю бугорок, разрастаясь, приобретает форму конуса, потом лопаточки. Сквозь прозрачную покровную ткань просвечивают закладки скелета — крошечные хрястики. Еще неделя — и лопаточка приобретает на конце выросты, соответствующие будущим пальцам. Очень сходным путем совершается зародышевое развитие конечности. Вполне возможно, что в обоих случаях действует сходный механизм развития.

Применимо ли исследование таких регенерационных процессов для определения восстановительных возможностей того или иного организма в целом?

Из сказанного ясно, что по явлениям регенерации выступающих, внешних частей тела правильного представления о восстановительной функции данного организма получить невозможно. Способность к восстановлению внешних частей тела — хвоста, конечностей, жабр возникает в ходе эволюционного развития как приспособление к частой утрате этих органов. Это специальный тип регенерации, который может возникнуть на основе эмбрионального механизма развития у любого вида животных в связи с условиями его жизни: он не может характеризовать его восстановительную функцию в целом.

С нашей точки зрения для характеристики восстановительной функции гораздо более показательны процессы регенерации внутренних органов, значительно менее подверженных внешним повреждающим воздействиям. Эти процессы зависят в первую очередь от уровня восстановительных процессов, характеризующих рабочую активность исследуемого органа.

Давно известно, что удаление трубчатой кости — плечевой, берцовой или бедренной — из конечности тритона или аксолотля не вызывает регенерационного процесса. Это казалось удивительным при сопоставлении с высокой способностью этих животных к восстановлению целых конечностей со всеми входящими в их состав костями, но было совершенно понятно с биологической точки зрения: повреждения такого характера в природе невозможны и приспособление к ним отсутствует даже у животных, подверженных частому повреждению конечностей.

Существует ли естественное самообновление этих костей у тритона или аксолотля? Бесспорно, да. Но оно, очевидно, протекает очень медленно, в связи с незначительной двигательной активностью этих животных и слабым рабочим разрушением скелета. Во всяком случае, у аксолотля и тритона кроющая мягкая ткань трубчатых костей — надкостница, за счет которой совершается новообразование костной ткани, развита крайне слабо.

Иное дело высшие, теплокровные животные с высокой активностью двигательной функции и большой рабочей нагрузкой скелета. Трубочатые кости птиц и млекопитающих покрыты хорошо развитой надкостницей, приспособленной к постоянному новообразованию костной ткани.

И вот оказалось, что если у молодого петушка или у крысы, кролика или щенка удалить полностью трубчатую кость, оставив на месте чехол из надкостницы и хрящевые части в суставах, то через непродолжительный срок, приблизительно через месяц, кость полностью восстанавливается, приобретая нормальную внешнюю форму и внутреннюю структуру. Более того, у молодых петушков удавалось удалять регенерировавшую плечевую кость с помощью той же техники вторично, и через месяц кость регенерировала второй раз, после чего подвергалась третьей операции и регенерировала третий раз. Способность к восстановлению удаленных костей при данных условиях операции, по-видимому, безгранична.

В нашей лаборатории были проведены сравнительные исследования интенсивности восстановительных процессов после повреждения ряда внутренних органов у амфибий, птиц и млекопитающих.

Изучению подверглись железистая ткань (печень), кости, мышцы и нервы. Во всех без исключения случаях оказалось, что у птиц и млекопитающих восстановление поврежденных внутренних органов идет с большей скоростью и полнотой, чем у низших позвоночных. Так был обоснован тезис, на котором строились все наши дальнейшие исследования: в ходе эволюционного развития животного мира восстановительные свойства животных организмов не только не ослабевали, но,

наоборот, усиливались в связи с усилением общей жизненной активности, что связано с повышением обмена веществ и усилением разрушительно-восстановительных процессов в рабочих системах организма.

На этой основе усиливается способность высших животных организмов к репаративной регенерации внутренних органов.

По свойству восстанавливать удаленную печень высшие позвоночные — птицы и млекопитающие — значительно превосходят низших позвоночных, включая аксолотля и тритона, славящихся своей регенерационной способностью. Исследованием регенерации печени занимаются в настоящее время в десятках лабораторий — у нас и за рубежом. Показано, что при удалении трех четвертей печени у крысы уже через неделю регенерирующая печень достигает 75% исходного веса, а через две недели приобретает первоначальный вес. Сходные данные получены на собаках. Регенерат печени, несмотря на несколько измененную форму, обладает нормальным микроскопическим строением и осуществляет все сложные функции печени. Имеется немало наблюдений над регенерацией печени при поражении ее различными заболеваниями из оставшихся непораженными частей.

Не менее поразительна способность млекопитающих к восстановлению яичника. Еще в конце прошлого столетия русским ученым Г. Р. Рубинштейном было показано, что яичник у кроликов и собак регенерирует, если после удаления остается часть, равная половине или даже одной шестой органа. В дальнейшем оказалось, что регенерация яичника происходит и из совершенно ничтожного его остатка, содержащего всего несколько клеток. Наконец, английский ученый Дэвенпорт обнаружил, что регенерация яичника у мышей имеет место даже при полном его удалении за счет покровной ткани, выстилающей полость тела.

Имеется немало клинических данных о восстановлении менструального цикла у женщин после полного удаления обоих яичников в связи с различными заболеваниями. Поскольку менструальный цикл вызывается и регулируется гормонами яичника, нетрудно понять, что у оперированных женщин осуществилась регенерация яичников.

Высокой способностью к регенерации, отмеченной при оперативном вмешательстве, отличается щитовидная железа. Она также может восстанавливаться за счет ничтожных частей, остающихся после полного удаления этого органа.

Восстановление костей после их полного вылушения, при условии сохранения на месте надкостницы, происходит и у человека. В настоящее время некоторыми хирургами для лечения болезни костей — остеомиелита — применяется операция удаления пораженных болезнью костей с сохранением

на месте надкостницы. Восстановленные кости обладают нормальной формой и внутренней структурой.

Высокими восстановительными свойствами отличаются периферические нервы. Опыт хирургических клиник показывает, что нерв, поврежденный на значительном расстоянии от иннервируемого органа, растет к органу, преодолевая иногда расстояние, измеряемое десятками сантиметров.

Поразительную способность к регенерации проявляет покровная ткань кожи. После глубочайших поражений, связанных с некоторыми кожными болезнями, эпидермис восстанавливается без каких-либо заметных следов. При создании благоприятствующих условий (предотвращение заражения, предохранение от подсыхания) эпидермис восстанавливается на больших поверхностях кожи после ожогов.

Управление восстановительной функцией, и прежде всего в той форме ее проявления, которая составляет физиологическую регенерацию, — одно из могучих средств борьбы за здоровье, красоту и долголетие человека.

Чтобы управлять любым процессом, нужно знать способ, посредством которого он осуществляется — его механизм.

Механизмы восстановительной функции

Человек сломал ногу. Это очень тяжелое повреждение, полностью лишаящее человека возможности пользоваться поврежденной конечностью. Но восстановление этого повреждения не представляет существенных трудностей для организма больного и для врача.

Лечение переломов костей известно с глубокой древности. Еще древнегреческие и древнеримские хирурги в случае перелома растягивали поврежденную конечность, чтобы поставить друг против друга концы сломанной кости, а затем укрепляли их в этом положении с помощью твердой основы — шины, к которой прибинтовывалась нога. Правильное положение частей сломанной кости и длительный покой поврежденной конечности — вот и все условия, которые необходимы для восстановления. Эти условия обеспечивают замещение утраченной части новообразованной костью.

Известно, что костные органы включают не только кость, но и мягкие ткани: снаружи кость покрыта тонкой пленкой надкостницы, внутри, со стороны костного мозга, ее выстилает еще более тонкая пленка, напоминающая надкостницу — эндост. Надкостница и эндост содержат волокна, придающие им известную прочность, и клетки, способные к размножению и развитию.

Свойство надкостницы строить костную ткань было открыто в середине прошлого столетия французским хирургом Олье. В настоящее время это свойство надкостницы хорошо

изучено. Установлено, что надкостница сохраняет костеобразовательную способность и при культивировании в питательной среде. Изучен процесс роста и развития (дифференцировки) кости из надкостницы. Он обеспечивается бурным размножением клеток путем деления и их последующим превращением в костные клетки с образованием межклеточного костного вещества.

Костная ткань откладывается вокруг растущей кости за счет размножения и дифференцировки клеток надкостницы. Изнутри, со стороны костномозговой полости этот процесс обеспечивается эндостом.

Как же совершается этот процесс? Почему в результате роста и дифференцировки клеток возникает не скопление костной ткани, а точная копия утраченной или поврежденной части костного органа?

На этот вопрос пока еще нельзя дать точного ответа, но он вполне доступен экспериментальному исследованию и в настоящее время близок к разрешению. Для ответа на него следует сначала познакомиться с микроскопическим строением надкостницы какой-нибудь кости взрослого организма.

Никакого сходства с известным нам процессом восстановления эпидермиса мы в надкостнице не обнаружим. Там — мощный пласт клеток, обеспечивающий интенсивное новообразование рогового слоя. Здесь — тонкая пленочка клеток и межклеточных волокон, лежащих непосредственно на костной ткани. Трудно поверить, что эта тонкая пленочка, которая состоит из небольшого количества клеток, действительно составляет источник новообразования костной ткани.

Между тем это действительно так. Все дело в том, что нормальная работа кости, по-видимому, не сопровождается таким интенсивным разрушением костной ткани, для возмещения которого требовалась бы напряженная восстановительная деятельность надкостницы. Кость — одна из самых прочных тканей организма, разрушающаяся, естественно, медленнее, чем роговой слой эпидермиса. Вот почему признаки физиологической регенерации выражены в надкостнице нормально работающей кости очень слабо. Какая же сила вызывает в ней усиление регенерационного процесса?

В неповрежденной кости этой силой, очевидно, является повышение рабочей нагрузки. Исследование с помощью рентгеновских лучей показывает, что, например, у балерин кости ног, в особенности стопы, отличаются повышенной плотностью — это, несомненно, результат высокой рабочей активности костной ткани. Соответственно интенсивному рабочему разрушению идет и более активная физиологическая регенерация, которая обеспечивается интенсивным размножением и дифференцировкой клеток надкостницы.

Повреждение кости — это явление, в известной мере ана-

логичное рабочему разрушению. Костеобразовательная ткань отвечает на повреждение той же реакцией, что и на рабочее разрушение, — размножением и дифференцировкой клеток. Но в соответствии с силой разрушения, произведенного повреждением, неизмеримо более высока сила восстановления. В месте перелома кости возникает муфта из бурно растущей и дифференцирующейся костеобразовательной ткани, которая связывает концы сломанной кости. Эта муфта называется костной мозолью. Это первая фаза восстановительной реакции. В ней проявляется то особое состояние костной ткани, которое мы называем пластическим, т. е. образовательным, производящим состоянием.

В пластическом состоянии поврежденной ткани организм максимально использует свойство клеток, унаследованное ими от наших далеких предков — одноклеточных организмов, размножаться путем деления надвое. Однако это свойство находится под контролем организма. Надкостница, пересаженная, например, в куриное яйцо, на оболочку развивающегося зародыша, хотя и образует разрастание костной ткани, однако оно не идет ни в какое сравнение с костной мозолью, развивающейся на месте перелома.

Еще большее значение приобретает контроль организма во второй фазе регенерации, когда нарастание массы регенерирующей ткани прекращается и начинается восстановление внешней формы, внутренней структуры и функции поврежденного органа. В сломанной и срастающейся кости человека этот процесс начинается поздно — после того, как образуется прочная костная мозоль. Костная мозоль подлежит постепенному рассасыванию: это временная ткань, значение которой заключается в быстром замещении утраченной части.

Пройдет полгода-год, и восстановленное место кости уже нельзя будет отличить от окружающей костной ткани.

Результат восстановительного процесса, протекающего в регенерирующей кости, зависит от тех условий, которые создаются в регенерате регулирующими воздействиями со стороны организма.

Связи организма со своими рабочими частями — органами — очень сложны. Это механические связи — любая часть связана с телом посредством опорных тканей: соединительной ткани, сухожилий, связок. Это нервная связь — любая часть тела посылает по чувствительным нервам постоянные сигналы о своем состоянии в центральную нервную систему и получает от нее по нервным проводникам ответные импульсы. Это гуморальные (жидкостные) и пищевые связи — поток веществ, несущихся по кровеносным сосудам к рабочим частям и включающий такие важные вещества, как витамины и гормоны. Наконец, огромную, может быть, основную роль играет функциональная связь — работа, которую осуществляет в организме его орган.

Возможности управления восстановительной функцией

Рабочее разрушение пускает в ход восстановительную функцию в нормальном организме. Это значит, что уровень самообновления тканей поддерживается интенсивностью их рабочих функций. Нормальное развитие и упражнение всех рабочих отделений органов — их постоянная рабочая нагрузка — является предпосылкой нормального развития и высокого уровня восстановительной функции.

Миллиарды лет назад, когда возникли первые многоклеточные организмы, строительные материалы, из которых строилось их тело, ограничивались, по-видимому, всего двумя тканями — внешним листком, образующим покровную защитную ткань, и внутренним скоплением клеток — фагоцитов, обеспечивавших питание этого примитивного существа.

Эволюционное развитие многоклеточных организмов сопровождалось как увеличением размеров тела, так и усложнением строения — образованием органов, необходимых для осуществления все более и более сложных функций, и развитием тканей, из которых строились эти органы. У губок уже есть примитивные нервные клетки и сократимые части. У червей и моллюсков развита сложная нервная система и имеется мышечная ткань. У членистоногих — ракообразных, паукообразных, насекомых — появляется более совершенная поперечно-полосатая мышечная ткань, обеспечивающая быстрые сложные движения членистого тела и конечностей.

Еще более разнообразны ткани, из которых состоят органы позвоночных животных. Покровная ткань приобретает сложное устройство, она становится многослойной. Появляются тончайшие внутренние покровные или, вернее, выстилающие ткани, из которых строятся стенки капиллярных сосудов, стенки полости тела и другие органы. В связи с возрастающими размерами тела возникают опорные ткани — хрящевая и костная, из которых строится скелет. Большой сложности устройства достигают мышечная и нервная ткани. Развивается мощный орган, обеспечивающий движение крови по сосудам, — сердце, состоящее из мышечной ткани особого устройства.

Огромного развития достигает межклеточное вещество, входящее в состав опорных тканей и крови. Скелетные мышцы, сердечная мышца и нервная система потребовали новых строительных материалов, имеющих вид длинных волокон, простирающихся у крупных животных на десятки сантиметров. С утратой этими материалами типичного клеточного строения изменился, очевидно, и способ их самообновления.

Чрезвычайно гетерогенным оказался у высших животных весь тканевый материал и по интенсивности самообновления, в связи с характером выполняемой работы. Одни ткани под-

вергаются чрезвычайно интенсивному рабочему разрушению (эпидермис), другие разрушаются более медленно (кости), третьи совсем незаметно для исследователя (мышцы, нервы).

Одним из условий управления восстановительными процессами является точное представление об интенсивности и способе самообновления тканей восстанавливаемого органа.

В науке о клетке и тканях прочно утвердилась мысль, что всякая специализация (дифференцировка) тканей ведет к утрате клетками этих тканей способности к размножению. Особенно упорно эта мысль держится в применении к нервной ткани, в которой дифференцировку связывают с закреплением в ней результатов нервной деятельности — всевозможных ассоциаций, памяти и т. д. Кроме того, прямое исследование восстановительных свойств высокодифференцированных тканей — мышечной и нервной — убеждало в слабости их восстановительных свойств. Хирурги знают, что дефект, наносимый мышце или ткани мозга, замещается всегда соединительной тканью.

И все же экспериментальные исследования на протяжении полувека продолжают держать под сомнением сложившиеся в этой области взгляды. Постепенно накапливаются данные о возможных способах самообновления и регенерации мышечной и нервной тканей.

Установлено, что если дифференцировка не сопряжена с отмиранием клеток или редукцией их органоидов¹, что имеет место в роговых клетках эпидермиса и красных клетках крови, она не закрывает дорогу к размножению и развитию клеток. Во многих дифференцированных элементах нашего тела отмечена способность при определенных условиях утрачивать структуры, связанные с дифференцировкой, т. е. дедифференцироваться и затем размножаться путем деления. Экспериментальные исследования показали, например, что поврежденная скелетномышечная ткань подвергается дедифференцировке — в мышечных волокнах исчезают сократимые волокна, посредством которых осуществляется работа мышц, протоплазма набухает и ядра размножаются путем деления. Дедифференцировке подвергаются при повреждении секреторные клетки желез, гладкомышечные клетки и другие тканевые элементы.

За последние годы значительные успехи достигнуты в исследовании восстановительных свойств скелетной мускулатуры.

С конца прошлого столетия и до последних лет скелетномышечную ткань относили к числу «вечных» тканей, утративших свойство самообновления своих элементов и в связи с этим обладающих крайне ограниченными восстановительными свойствами. На месте повреждения мышц возникает

¹ Органоиды — части клеток, выполняющие ее основные функции.

соединительнотканый рубец — так утверждала теория и практика восстановительной хирургии.

Сомнения в этой твердо установившейся точке зрения не прекращались, однако, на всем протяжении истекших десятилетий. Экспериментальное исследование неизменно открывало в поврежденной мышце животных признаки восстановительных процессов — размножение ядер, развитие выростов от поврежденных мышечных волокон и даже образование клеток — миобластов (мышцеобразовательных клеток), из которых развиваются мышечные волокна. Создавалось впечатление, что регенерация поврежденных мышц возможна, только ей не достает каких-то особых условий в месте повреждения, или, наоборот, здесь создаются условия, препятствующие регенерации. Это впечатление особенно усилилось в результате работ советских гистологов А. А. Заварзина, Л. Н. Жинкина и английского исследователя Ле Грос-Кларка. Это же подтвердили и наши работы.

Более чем десятилетний опыт исследования регенерации скелетных мышц в нашей лаборатории убедил нас в том, что регенерация мышц, даже после очень сильных повреждений, возможна, более того, она вполне доступна управлению с помощью определенных условий.

Удача наших первых опытов определилась выбором объектов.

Нужно сказать, что на протяжении многих лет опыты по регенерации мышц ставились на довольно ограниченном ряде объектов. Это были главным образом земноводные — лягушка, жаба, тритон и некоторые другие наиболее доступные представители этого класса, и некоторые млекопитающие, преимущественно мелкие лабораторные животные — мышь, морская свинка, кролик, а также собака и кошка.

Мы начали исследования на птицах, которые служили главным объектом наших предыдущих опытов с восстановлением целых костей после поднадкостничного вылушения.

Первые же эксперименты на молодых петушках дали совершенно поразительный результат. Мы не просто нанесли повреждение. Мы вырезали большой кусок — среднюю треть одного брюшка двуглавой мышцы плеча. Через месяц после операции зияющая рана заросла нормальной мышечной тканью. Тогда мы вырезали среднюю треть всей мышцы — разрез прошел через оба брюшка мышцы. Результат — полное восстановление. Наконец, мы удалили среднюю треть всех мышц плеча — сгибателей и разгибателей, так что кость в средней части совершенно обнажилась. Все мышцы через месяц полностью восстановились. Высокий уровень регенерационных свойств скелетной мускулатуры был обнаружен также у голубя. Из этих опытов стало ясно, что птицы обладают каким-то преимуществом перед другими животными в отно-

шении восстановления мышц. Этим преимуществом, с нашей точки зрения, могло быть только одно условие — высокий уровень обмена веществ, высокая жизненная активность, определяющая высокую интенсивность физиологической регенерации, и, как ее проявление в условиях повреждения, интенсивная репаративная регенерация.

Среди млекопитающих объектом наших исследований на протяжении многих лет была белая крыса — животное, почему-то не привлекавшее внимания ученых как объект опытов по регенерации. Между тем это животное также обладает высокой жизненной активностью, интенсивным обменом веществ, который определяется энергичной деятельностью щитовидной железы. Организм крысы, по данным советского физиолога А. Д. Слонима, потребляет кислорода на один килограмм веса тела впятеро больше, чем, например, организм собаки.

При исследовании восстановительных свойств скелетной мускулатуры у крыс выяснилось, что полный поперечный разрез икроножной мышцы зарастает в течение месяца типичной мышечной тканью. Затем мы начали удалять целые сегменты мышц, постепенно увеличивая их длину. Оказалось, что у крыс может замещаться типичной мышечной тканью дефект, достигающий одной трети длины мышцы.

Это было началом наших опытов по управлению восстановительными процессами в скелетной мускулатуре. Из этих опытов мы сделали вывод, что высокий уровень обмена веществ, по-видимому, благоприятствует регенерации мышц.

Для нас было совершенно очевидно, что по способу физиологической регенерации, хотя он был нам неизвестен, скелетная мускулатура существенно отличается от эпидермиса и костной ткани. В скелетной мышечной ткани клеток нет. Основу ее строения составляют мышечные волокна — длинные, тонкие тяжи с множеством ядер, содержащие сократимый аппарат — тонкие волокна, называемые миофибриллами.

Однако повреждение вызывает в мышце весьма существенные изменения структуры. Набухают волокна. Размножаются простым делением ядра. Расплываются и исчезают миофибриллы. На концах поврежденных волокон возникают выросты — мышечные почки. И, наконец, во множестве образуются путем отделения ядер, окруженных цитоплазмой, клетки — миобласты, которые начинают бурно размножаться. Это и есть пластическое состояние мышечной ткани.

Вскоре выяснилось, что глубина пластического состояния находится в полном соответствии с силой повреждения. Чем больше повреждение, тем глубже пластическое состояние, тем интенсивнее развитие образовательной ткани. Тогда-то у нас и возникла мысль об использовании этой закономерности для

замещения крупных дефектов в мышечной ткани и восстановления целых мышц.

Разработанная нами методика заключалась в следующем. Удалялась полностью небольшая мышца — двуглавая мышца плеча у цыпленка или икроножная у крысы. Часть этой мышцы подвергалась глубокой травме — путем измельчения пожницами до состояния полужидкой кашицы. Измельченная мышечная ткань размазывалась тонким слоем на месте удаленной мышцы.

Трудно поверить, что в результате этой операции из пересаженной измельченной ткани в течение каких-нибудь пяти-семи дней возникает модель, по внешней форме напоминающая удаленную мышцу. Но это действительно так. Пересаженная измельченная мышечная ткань в результате развития и размножения миобластов становится источником регенерации целого мышечного органа, связанного сухожилиями с соответствующими точками скелета и уже через три недели начинающего проявлять признаки сократительной активности. Такова сила пластического состояния, вызванного глубокой травмой.

Соединительная ткань (тонкие волокна опорного белка — коллагена и соединительнотканые клетки) составляет основу, стromу мышцы. Она же является стromой регенерата. Развитие соединительной ткани в регенерате обеспечивает опору размножающимся миобластам и возникающим из них мышечным волокнам, а также развитие сухожилий.

Нервная связь составляет второе важнейшее условие роста и дифференцировки регенерирующей мышечной ткани. Отведите нерв — и регенерация задержится на первом этапе развития — на стадии образования модели мышцы из миобластов. Роста и дифференцировки не будет. Подведите к регенерату нерв — результатом будет усиление роста и дифференцировка. И это не функциональное воздействие — подведенный нерв оказывает влияние на рост и дифференцировку регенерата задолго до появления первых признаков сокращения. Регенерирующая мышца еще не работает, а нерв оказывает влияние на ее развитие. Это влияние носит, по-видимому, трофический (от слова трофе — пища) характер.

Таковы основные особенности восстановительной функции при репаративной регенерации. Исследования в этой области имеют принципиальное значение, так как они открывают перспективы воздействия на восстановительные свойства в группе тканей, обладающих специализированным строением и лишенных способности к размножению клеток.

Некоторые итоги

Опыт исследования восстановительной функции позволяет нам различать среди тканей нашего организма три группы,

характеризующиеся тремя различными способами роста и развития.

К первой следует отнести ткани, включающие непрерывно действующие ростковые, образовательные части — ростковый слой эпидермиса, костный мозг, образующий элементы крови и др. Ростковые части этих тканей всегда базофильны. Базофилия (что в переводе с греческого означает склонность к основному) — это свойство цитоплазмы окрашиваться красками щелочного, основного характера. Это свойство определяется тем, что базофильная цитоплазма содержит особые кислые белки. Кислые белки базофильной цитоплазмы содержат рибонуклеиновую кислоту, с которой, как показывают многочисленные биохимические исследования, связан важнейший жизненный процесс — синтез белков. Перечисленные выше ткани включают в себя клетки, богатые кислыми белками, которые и обеспечивают процессы роста и развития. Все части нашего тела, подвергающиеся наиболее сильному рабочему разрушению, построены из этих тканей — базофильных систем организма. Это покровы нашего тела — эпидермис и все его производные: ногти, волосы, сальные и потовые железы, покровная ткань роговицы глаза. Это интенсивно разрушающиеся при механической обработке пищи зубы, а также покровы слизистых оболочек ротовой полости и пищевода. Это выстилка кишечника и пищеварительные железы, подвергающиеся рабочему разрушению в результате выделения пищеварительных соков и слизи. Это система крови, включающая рабочую часть — кровоток с кровяными клетками. Во всех этих системах непрерывно или почти непрерывно идет рабочее разрушение, и с той же непрерывностью строятся новообразующиеся ткани. С поразительной быстротой совершается их восстановление после повреждения. Печень и другие пищеварительные железы, щитовидная железа, селезенка — все это органы, образованные из этой группы тканей.

Вторая группа тканей — небазофильные системы организма, ткани с ничтожным содержанием кислых белков, повышающие их количество лишь соответственно усилению разрушительных процессов в тканях в результате повышения рабочей нагрузки или в результате повреждения. К ним относятся: соединительная ткань, хрящ, кость, сухожилия, гладкие мышцы кишечника, легких, кровеносных сосудов, мочеполовых путей. Эти ткани состоят из клеток, способных к размножению путем деления. Но деления клеток редки, клетки живут долго, отмирают медленно. Сильное разрушение вызывает в этих тканях пластическое состояние, результатом которого могут быть такие восстановительные процессы, как регенерация кости после поднадкостничного вылушения. Небазофильные системы — это системы с восстановительной функцией замедленного действия.

И, наконец, третью группу тканей составляют системы, ли-

шенные типичного клеточного строения и состоящие из специализированных, высокодифференцированных элементов. Это скелетные мышцы, сердечная мышца и нервная ткань.

Уже давно отмечена особенность этих систем — постоянство состава. Каждая мышца нашего тела состоит из довольно определенного числа мышечных волокон, которое устанавливается вскоре после рождения и в течение жизни почти не изменяется. Менее изучена в этом отношении сердечная мышца. Она также состоит из волокон, похожих на скелетномышечные, только волокна здесь связаны в сеть. Как скелетная, так и сердечная мышечные ткани растут за счет утолщения и удлинения мышечных волокон.

Немало исследований посвящено подсчету числа элементов нервной ткани — нейронов. Считают, что орган нашего мышления — мозг включает в свой состав 14,5 миллиарда нейронов, которые образуются у плода в течение утробной жизни и служат затем организму бесценно до самой смерти. Нейроны похожи на клетки. Их часто называют нервными клетками. Они обладают одним ядром и органоидами, типичными для клеток. Но их отличает от обычных клеток наличие длинных отростков, измеряемых иногда десятками сантиметров. По этим отросткам, составляющим нервные волокна, проходит нервное возбуждение.

Стабилизированные системы — вот наиболее подходящее название для этих частей организма.

Они стабилизированы не только качественно — в смысле приспособления к какой-либо определенной функции организма, но и количественно — в смысле определенных количественных отношений с организмом. Подсчитано, например, что каждый нейрон спинного мозга, посылающий нервный импульс или как бы приказ о действии в мышцу, обслуживает определенное число мышечных волокон. И все же из факта стабилизированного строения отнюдь не вытекает, что элементы стабилизированных систем должны работать в течение всей нашей жизни бесценно.

Полученные нами факты, относящиеся к репаративной регенерации мышечной ткани, убеждают в полной возможности замещения частей стабилизированной системы новообразованными частями, более того, они свидетельствуют о возможности полного новообразования стабилизированной системы — целого мышечного органа.

Учитывая эти факты, трудно представить себе, что нормальная жизнедеятельность мышц не сопровождается замещением отдельных ее элементов — стареющих мышечных волокон — новообразованными.

Расщепление волокон в развивающейся регенерирующей мышце — самое обычное явление. Волокно расщепляется надвое, подобно тому, как тяж из плотно упакованных нитей мо-

жет разделиться на два тяжа одинаковой или неравной величины. Это и есть способ новообразования мышечных волокон — видоизмененное деление клеток. Картины расщепления мышечных волокон в дальнейшем стали обнаруживать и в нормально развивающихся и работающих мышцах. Расщепление предшествует увеличению числа ядер в мышечном волокне путем деления.

Как же обстоит дело с другими стабилизированными системами — сердечномышечной и нервной тканями?

Вопрос о способе самообновления и регенерации тканей сердца и нервной системы имеет огромное теоретическое и практическое значение. Болезни сердца и нервной системы стоят на первом месте среди всех заболеваний, сокращающих жизнь человека. Выяснение способа, посредством которого происходит самообновление сердечномышечной и нервной тканей, и открытие способов управления этим процессом было бы блистательной победой в борьбе медицины с болезнями.

Еще совсем недавно казалось, что пути к этой победе наглухо закрыты.

В биологии и медицине прочно держалось представление о бессменной работе элементов сердца и нервной системы, так же как и элементов скелетных мышц — мышечных волокон, на протяжении всей нашей жизни. Никаких признаков самообновления в тканях сердца и нервной системы не обнаруживалось. Считалось, что специализированное устройство сердечной мышцы и нервной ткани несовместимо с какой-либо сменой элементов их строения — волокон сердечной мышцы и нейронов нервной ткани. Практика медицины подтверждала, что омертвление сердечномышечной или нервной ткани, происходящее при разрыве снабжающих эти ткани сосудов, никогда не возмещается новообразованием новых мышечных волокон сердца или нейронов. Инфаркт сердечной мышцы — омертвление, вызываемое разрывом сердечных сосудов, завершается развитием соединительнотканного рубца. Инсульт — кровоизлияние в мозг — также заключается в омертвлении нервной ткани, которая также замещается соединительнотканым рубцом.

Берегите сердце, берегите нервную систему — это единственный вывод, который могла сделать медицина на основании этих данных. Восстановить разрушенное, возместить утраченное в сердечномышечной ткани, в нервной системе организм не в состоянии.

Верно ли это? В настоящее время дать прямой ответ на этот вопрос не представляется возможным. Экспериментальных данных, доказывающих восстановление поврежденной или разрушенной ткани сердца или мозга, еще очень недостаточно. Однако данные, относящиеся к скелетномышечной ткани, кардинально изменившие наши представления о восстановительных свойствах стабилизированных систем организма, убеждают

нас в том, что специализация строения не может быть препятствием к осуществлению основной функции жизни, функции самообновления. Кроме того, разностороннее исследование сердечномышечной и нервной тканей, проводящееся в последнее время во многих лабораториях нашей страны и за рубежом, показывает, что, несмотря на очень специализированное строение, эти ткани обладают способностью к росту и развитию.

В нашей лаборатории довольно много внимания уделялось сердечномышечной ткани. Сердечная мышца приобретает типичную структуру на очень ранних этапах зародышевого развития, так как сердце начинает работать тотчас же после своего возникновения.

Однако если вполне сформированное сердце куриного зародыша подвергнуть глубокой травме путем измельчения и в таком виде пересадить на зародышевую оболочку другого куриного зародыша, сердечномышечная ткань будет развиваться, возникнет маленькая модель, которая сокращается, подобно сердечной мышце. Некоторые признаки развития сердечномышечной ткани проявляет при определенных условиях и во взрослом состоянии.

Еще более интересны факты, относящиеся к процессам роста и развития нервной ткани взрослого организма.

За последние годы получено много данных, характеризующих размножение нейронов путем клеточного деления. Деления нейронов обнаружены в различных отделах нервной системы. Особенно часто они наблюдаются в нервной ткани после повреждений, вызывающих восстановительные процессы. На кафедре гистологии 1-го Московского медицинского института, возглавляемой профессором В. Г. Елисеевым, аспирантка Сюй-Цзинь установила, что в высшем отделе центральной нервной системы — коре полушарий головного мозга — после повреждения обнаруживается деление нейронов. Особое значение для дальнейших исследований в области физиологической и репаративной регенерации нервной ткани имеют данные по развитию нейронов в питательной среде вне организма. Американская исследовательница Гейгер недавно показала, что нейроны, взятые из коры полушарий головного мозга свежего человеческого трупа, при определенных условиях культивирования в течение многих месяцев живут и размножаются в питательной среде.

Этими данными не решается проблема нормальной физиологической регенерации нервной ткани, так как типичный клеточный процесс — размножение путем деления — вызывается в данных опытах сильными внешними воздействиями. Но сам факт клеточных делений в нервной ткани, так же как факт новообразования и деления миобластов в скелетномышечной ткани, свидетельствует о наличии восстановительных сил в стабилизированных системах, несмотря на приобретение ими спе-

циализированного строения. Нормальный способ физиологической регенерации нейронов, так же как и мышечных волокон в скелетной мускулатуре, по-видимому, заключается в расщеплении. Расщепляясь надвое по всей своей длине, нейрон сохраняет все свои связи с другими нейронами и рабочими системами, поддерживая всю сложную систему нервной регуляции без нарушений.

Исследование восстановительных свойств стабилизированных тканей и управление восстановительными процессами в этих сложных системах — одна из самых актуальных задач в разработке учения о восстановительных силах организма.

Взгляд в будущее

Восстановление поврежденных или больных органов путем замещения непригодных частей за счет здоровых тканей — давняя мечта клиницистов.

Человек болен. У него поражена кость. Она разрушается болезнью, которая называется остеомиелитом — воспалением костной ткани и костного мозга. Причины болезни неясны. Воспаление вызывается различными микробами, против которых организм человека довольно устойчив. Но при остеомиелите устойчивость понижена, костная ткань почему-то очень чувствительна к любой инфекции, и вот начинается разрушающее кость воспаление, которое может тянуться долгие годы.

Больной на операционном столе. Хирург обнажает больную кость, делает продольный разрез надкостницы, раздвигает ее края. Операция заключается в поднадкостничном вылушении больной кости.

Кость удаляется нацело. На месте остается только надкостница — источник образования здоровой кости. Хирург вкладывает на место удаленной кости длинный стержень из гипса, сшивает края надкостницы, зашивает рану... Операция кончена. Восстановление удаленной кости предоставляется восстановительным силам организма.

Такие операции уже делаются. Восстановительные силы организма завершают дело хирурга — удаленный больной орган замещается здоровым. Кость, удаленная по поводу остеомиелита, развивается заново из оставленной на месте надкостницы.

Может быть, в подобных операциях и заключается будущее нашей медицины? Может быть, удаление больных органов с последующим их новообразованием в результате определенных воздействий на восстановительные силы организма составляет самый перспективный путь лечения болезней?

Считать это единственным решением вопроса было бы, конечно, неправильно. Хирургия не может заменить всю современную медицину, даже при самом глубоком познании восстановительных сил организма. Но все данные, характеризующие

действие восстановительных сил организма, заставляют по-новому смотреть на пути и средства борьбы с болезнями.

На наших глазах победоносно завершается первый этап великой битвы с болезнями, начавшийся в последней трети прошлого столетия в результате открытий Л. Пастера, Р. Коха и И. И. Мечникова. Микробы и их невидимые родичи — вирусы — отступают по всему фронту этой великой битвы. Но в результате этой победы все более ясным становится, что наряду с болезнями микробного и вирусного происхождения перед фронтом современной медицины стоят иные, еще не побежденные болезни, вызываемые не биологическими, а физическими и химическими факторами внешней среды. Это болезни сердца и сосудов. Это болезни нервной системы. Лучевая болезнь. Злокачественное перерождение тканей — рак, саркома, лейкемия.

В чем сущность этих заболеваний? Для многих из них характерны изменения рабочих частей организма, в результате которых утрачивается их нормальная работоспособность, возникает возможность катастрофического разрушения органов. Меняются стенки кровеносных сосудов, приобретая несвойственную им хрупкость, вызывающую при повышении кровяного давления разрывы стенок и кровоизлияния. Меняется состояние нейронов, затрудняющее их нормальную деятельность. Нетрудно понять, что в основе этих изменений лежат нарушения восстановительной функции, вызывающие извращения процессов физиологической регенерации — самообновления. Вот почему изучение восстановительных сил организма и механизмов их регуляции становится актуальной проблемой биологии и медицины.

Среда, окружающая человека, в настоящее время, в связи с развитием новой техники, в частности ядерной техники, и особенно при бесконтрольном ее использовании, обогащается силами, действующими разрушающим образом на организм человека. В определенных пределах действие этих сил не составляет угрозы для здоровья человека. Действие всех внешних факторов — света, температуры, механических сил — на живой организм всегда включает разрушение вещества его тела, что в свою очередь вызывает действие восстановительных сил — в результате имеет место постоянное самообновление нашего тела. Но бесконтрольное повышение содержания разрушающих факторов в окружающей нас среде создает большую угрозу для человечества. На первом месте среди этих бесконтрольно используемых факторов стоит радиоактивность.

Проникающее излучение представляет собой разрушающую силу особого, специфического действия. Оно нарушает воспроизводительную и восстановительную функции организма, поражая наиболее уязвимые — базофильные системы. В результате лучевого поражения прежде всего нарушается кроветворение,

в связи с разрушением костного мозга и других кроветворных органов, нарушается функция покровов и пищеварительных органов вследствие поражения их базофильных систем. Отдаленным результатом лучевого поражения является извращение восстановительной функции — ткани начинают производить огромные количества клеток, не участвующих в рабочих процессах организма и живущих за счет здоровых тканей, начинается злокачественный рост. Не исключено, что одной из важных причин заболевания раком является поражение тканей лучистой энергией.

Назрело время для всестороннего изучения восстановительной функции человеческого организма. Не вызывает сомнения, что факторы, обеспечивающие постоянное самообновление нашего тела, составляют могучую силу, овладение которой открывает широкие перспективы перед современной медициной в ее борьбе с вековыми врагами человека — болезнями.

В нашей стране, приступившей к развернутому строительству коммунизма, созданы все условия для бурного развития медицинской науки, стоящей на страже здоровья советских людей. Глубокое изучение и использование восстановительных сил организма в борьбе с болезнями дает в руки советской медицины новое оружие, открывает новые пути к здоровью, красоте и долголетию человека.

ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ КНИГИ ПО ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЮ И КРИТИКЕ

- Ленин В. И.** — О литературе и искусстве. Гослитиздат. 1957 г. 688 стр. Ц. 11 руб. 80 коп.
- Ленин В. И.** — Статьи о Толстом. Гослитиздат. 1955 г. 48 стр. Ц. 45 коп.
- «А. Грибоедов в русской критике». Гослитиздат. 1958 г. 392 стр. Ц. 7 руб.
- Белинский В.** — Письмо к Гоголю. Гослитиздат. 1956 г. 28 стр. Ц. 35 коп.
- «Герцен в воспоминаниях современников». Гослитиздат. 1956 г. 424 стр. Ц. 12 руб.
- Добролюбов Н.** — Статьи об Островском. Гослитиздат. 1956 г. 270 стр. Ц. 3 руб. 75 коп.
- Добролюбов Н.** — Что такое обломовщина. Гослитиздат. 1956 г. 48 стр. Ц. 65 коп.
- «И. Гончаров в русской критике». Гослитиздат. 1958 г. 360 стр. Ц. 6 руб. 35 коп.
- Калинин М. И.** — Об искусстве и литературе. Статьи, речи, беседы. Гослитиздат. 1957 г. 300 стр. Ц. 5 руб. 75 коп.
- «Лермонтов в русской критике». Гослитиздат. 1955 г. 302 стр. Ц. 5 руб. 85 коп.
- Плеханов Г.** — Литература и эстетика, т. I. Теория искусства и история эстетической мысли. Гослитиздат. 1958 г. 641 стр. Ц. 12 руб. 35 коп.
- Плеханов Г.** — Литература и эстетика, т. II. История литературы и литературная критика. Гослитиздат. 1958 г. 670 стр. Ц. 11 руб. 90 коп.
- Толстой Л.** — «О литературе». Статьи, письма, дневники. Гослитиздат. 1955 г. 764 стр. Ц. 11 руб. 65 коп.
- Цеткин К.** — О литературе и искусстве. Гослитиздат. 1958 г. 132 стр. Ц. 2 руб. 75 коп.

Перечисленные книги требуют в магазинах книго-торга. При отсутствии книг в местных магазинах заказ можно направить по адресу: Москва, Ж-109, 2-я Фрезерная, дом 14. Ассортиментный отдел Центральной оптовой книжной базы.

Заказ будет выполнен «Книга — почтой» наложенным платежом.

СОЮЗКНИГА