

**НОВОЕ  
В ЖИЗНИ,  
НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ**

**СЕРИЯ  
МЕДИЦИНА**

# **А.И.Мирлис**

## **СОЗИДАЮЩАЯ ХИРУРГИЯ**

*Библиотека Ладовед.*  
*SCAN. Юрий Войкин 2011г.*



НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

Серия  
«Медицина»  
№ 5, 1980 г.

# **СОЗИДАЮЩАЯ ХИРУРГИЯ**

Издается  
ежемесячно  
с 1967 г.

Издательство  
«Знание»  
Москва  
1980

ББК54.54

М63

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Что такое восстановительная хирургия . . . . .	4
Чудеса гомопластики . . . . .	10
Конструкторы человеческого организма . . . . .	19
Укрошение коллагена . . . . . »	39
Металл, управляемый мыслью . . . . . >	51

Мирлис А. И.

М63 Созидающая хирургия. М.: Знание, 1980.— 64 с.— (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Медицина», 5.)

11 к.

Основная цель пластической хирургии — восстановить нормальную деятельность органов. Читатель познакомится с историей пластической хирургии, достижениями советских исследователей последних лет, с интересными и многообещающими решениями некоторых жизненно важных для миллионов людей проблем, которые предлагают сегодня наши медики в содружестве с физиками, химиками, инженерами.

Издание рассчитано на широкий круг читателей.

51101

ББК54.54  
617.02

ПРЕДИСЛОВИЕ

В небольшой по объему книжке практически невозможно последовательно изложить обширную историю пластической хирургии, коснуться всех, кто работал или работает в этой области медицины. Да и не в том заключалась задача автора, чтобы дать полный обзор проблемы, указав досконально, кто участвовал в ее разработке.

Книга «Созидающая хирургия» популярно излагает ряд важных хирургических и общебиологических проблем. Одни из них в той или иной мере представляются решенными, большинство же находится в стадии экспериментального поиска, хотя и с весьма заманчивой перспективой. Читателю предлагаются лишь немногие страницы из истории восстановительной хирургии, некоторые из решаемых ею сложнейших, жизненно важных для человечества вопросов. Естественно, о чем-то пришлось сказать тезисно, о чем-то — просто упомянуть, акцентировать порой внимание на каком-то этапе или даже начале исследования.

Надо полагать, книга будет с интересом встречена широким кругом читателей.

*академик АМН СССР,  
заслуженный деятель науки РСФСР,  
Герой Социалистического Труда,  
лауреат Ленинской и Государственной  
премий СССР,  
профессор*

*В. И. Стручков*

## **ЧТО ТАКОЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ХИРУРГИЯ?**

Как восполнить потерю. Многие хирургические операции влекут за собой потерю или ущерб для участков тела. Как восстановить утраченное, сделав это физиологично, по возможности меньше травмируя большой организм, щадя его, изыскивая наиболее удачные условия доступа к поврежденным органам?

В 1865 году в России вышла книга «Операции на поверхности человеческого тела» — первая русская книга, посвященная пластической хирургии. Ее автор киевский хирург профессор Ю. Шимановский выполнил ряд оригинальных пластических операций на лице и теле, обобщил известные ему виды операций, создал стройную систему и дал простейшие схемы оперативных вмешательств. Ему принадлежала и первая в России операция по восстановлению больному полностью отсутствующего носа. Шимановский взял у него лоскуты кожи не со лба, как было принято, а со щек: один лоскут он использовал для внутренней выстилки, другой — для наружной. Это упрощало технику операции и сохраняло кожу лба.

Опыт биологии и общей хирургии обогатил пластическую хирургию методами заимствования тканей, в частности, кожи и кости, с последующей свободной их пересадкой. Новую эру в истории восстановительной хирургии открыло гениальное по своей простоте предложение академика В. П. Филатова: использовать в качестве пластического материала круглый кожный стебель. Новый метод в большинстве случаев позволял устранить дефект практически любого размера, расположенный в любом месте лица или тела. И не только на поверхности.

Со времени выхода книги Ю. Шимановского прошло более века. Чем же обогатилась с тех пор хирургическая пластика?

За сравнительно короткий срок нашим ученым удалось решить многие сложнейшие вопросы восстановления функций таких важнейших органов, как легкие, почки, пищевод, сердце.

Второе дыхание. Когда на заседании Московского хирургического общества кто-то из медиков поинтересовался, свободно ли дышится юноше, который стоял возле кафедры, тот улыбнулся и пожал плечами, как бы недоумевая: «Нормально!» Ваня К., 18-летний грузчик из Белоруссии, легко взбежал по лестнице на шестой этаж, говорил после этого без усилий и чувствовал себя совершенно здоровым. Все неприятности были уже позади, и хотелось поскорее забыть, что произошло в тот весенний день и длилось потом еще около трех месяцев, вплоть до того момента, когда заведующий отделением хирургии легких и средостения научно-исследовательского института клинической и экспериментальной хирургии (НИИКиЭХ) профессор М. И. Перельман и кандидат медицинских наук Н. С. Королева решились на необычную операцию.

...Это случилось во время работы. Юношу придавило к стене строящегося дома ковшем землечерпалки. «Скорая помощь» доставила его в больницу без сознания, с обширными переломами левых и правых ребер. Кровяное давление резко упало, пульс едва прощупывался. Рентген показал, что трахея почти полностью разорвана.

Пострадавшему срочно наладили искусственное дыхание: трахею вскрыли, ввели в нее резиновую трубку, которую соединили с наркозным аппаратом. Семь дней Ваня находился на грани жизни и смерти. Наконец состояние больного улучшилось настолько, что врачи сочли возможным прекратить искусственную легочную вентиляцию. Юноша стал дышать самостоятельно. Казалось бы, все волнения позади. Но неожиданно появилась и стала нарастать одышка. Вскоре удалось установить ее причину: дыхательное горло настолько сузилось, что нормально дышать было невозможно.

В Минской отоларингологической клинике пациента пытались лечить бужированием: вводили в дыхательное горло специальные трубки разного диаметра, искусственно расширяя его. Но проходило три-четыре дня — и снова одышка, снова резкое, судорожное дыхание...

Полумеры не помогли. Так Ваня появился в московской клинике.

Рубцовые изменения уже сузили трахею до двух миллиметров, почти в десять раз уменьшили канал, по которому кислород поступает в легкие. Нарушение дыхания начинало сказываться на жизнедеятельности всего организма. Участки легких теряли свою воздушность, электрокардиограмма свидетельствовала об изменениях в сердечной мышце...

Диагноз — посттравматическое рубцовое сужение верхнегрудного отдела трахеи — предполагал лишь одно решение — операцию. Такая операция сопряжена с колоссальным риском. Хирург взвешивает все: трудности стягивания отрезков трахеи, опасность расхождения швов, возможность инфекционных осложнений, кровотечения... Но на другой чаше весов — неминуемая гибель больного от удушья...

Когда грудной отдел трахеи выделили из обширных рубцов, оказалось, что они сузили просвет на протяжении двух сантиметров. Этот участок внешне походил на песочные часы, словно два конуса обращались друг к другу своими вершинами. Изуродованную трахею пересекли ниже места сужения, в просвет ввели трахеотомическую трубку с надувной манжетой. С помощью наркотического аппарата наладили искусственное дыхание. Участок сужения был удален, отрезки трахеи соединены узловыми лавсановыми швами. Убедившись, что соединение герметично и натяжения в области швов нет, хирург сшил края грудины серебряной проволокой.

Послеоперационный период прошел без осложнений. Сразу же после операции у больного значительно улучшились показатели внешнего дыхания, увеличился резерв легочной вентиляции. Рентгенологическое исследование показало, что легкие вновь стали прозрачными, а просвет трахеи — свободным.

Опыт операций на грудном отделе трахеи во всем мире пока невелик. Предпринять столь сложное хирургическое вмешательство решаются, если трахея поражена опухолью или, когда после какой-то травмы рубцы суживают дыхательную трубку.

Вторгаться в эту заповедную зону хирургии не отваживались почти до середины нашего столетия. В 80-х годах прошлого века немецкие хирурги Т. Глюк и А. Целлер в эксперименте на собаках пытались удалять

небольшие участки дыхательной трубки и затем соединять отрезки. Примерно к тому же времени относится и первая успешная клиническая операция, позволившая восстановить нарушенную функцию трахеи. Ее автор хирург Кустер удалил у больного, получившего травму, суженный участок дыхательного горла. Эти работы вызвали у медиков большой интерес, но продолжены не были.

Большой вклад в дальнейшее развитие этой проблемы внесли сотрудники НИИКиЭХ. Отделение хирургии легких и средостения одним из первых в Советском Союзе начало разрабатывать труднейшие реконструктивные и пластические операции на крупных бронхах и трахее. Сейчас хирурги могут оперировать практически на всех отделах дыхательной трубки. Удаление рубцов, образовавшихся в грудном отделе дыхательного горла после травмы, требует высокого мастерства, блестящей хирургической техники.

Или, например, операции на развилке (бифуркации) трахеи. Раньше, если раковая опухоль поражала верхний долевого бронх справа и переходила на боковую стенку трахеи, хирург удалял все легкое и часть трахеи. В отделении воспользовались новой методикой. Теперь удаляют лишь пораженную часть бронха и верхнюю долю легкого, сохраняя две другие доли. Экспериментально эту операцию разработали в 1965 году и сейчас успешно применяют в клинике.

Еще одна большая проблема — лечение бронхиальных свищей. Они иногда образуются после удаления легкого из-за недостаточности швов. Трахея при этом начинает сообщаться не только с единственным легким, но и с полостью, оставшейся на месте удаленного легкого. Полость нагнаивается, становится источником инфекции. Бронхиальный свищ — одно из самых грозных осложнений после таких операций. Ликвидация его сопряжена с различными операциями типа торакопластики, когда удаляют ребра, а свищ ушивают с помощью мышц.

Процент успеха, к сожалению, не очень велик. Главная причина неудач заключается прежде всего в том, что в пластической хирургии вмешательства, сопровождающиеся проникновением инфекции, весьма рискованны. А именно так и обстоит дело при операциях на грудной клетке после полного удаления легкого. В кли-

нике эта операция впервые была выполнена профессором М. И. Перельманом. Хирург воспользовался продольным чрезгрудинным доступом: он подходил к культуре главного бронха через средостение, раздвигал и смешал в сторону аорту, верхнюю полую вену и другие крупные сосуды, которые отходят от сердца, затем выделяя культуру, отсекал ее от трахеи и образовавшиеся отверстия ушивал. Свищ, таким образом, ликвидировался.

Результаты продольного чрезгрудинного доступа оказались удовлетворительными. Но у этого метода обнаружилось свои недостатки: с одной стороны, сложная техника операции, с другой — послеоперационные осложнения (а они нередко случались), которые протекали крайне тяжело. Все это заставило хирургов предпринять новые поиски.

В конце 1965 года в отделение поступила учительница Г. из Тулы. Когда-то ей удалили левое легкое, пораженное туберкулезным процессом. Спустя некоторое время после операции у больной развился бронхиальный свищ. Она страдала уже много лет, но медики ничего не могли сделать; восемь новых хирургических вмешательств лишь осложнили течение болезни.

Тогда и родилось решение подойти к свищу с противоположной стороны — через здоровую правую плевральную полость. Технически оперировать было намного легче, чем из продольного чрезгрудинного доступа. Практически в один этап хирург может ликвидировать оба свища. Больная поправилась и сейчас здорова. Теперь доступ к левому главному бронху с противоположной стороны, то есть справа налево, осуществлен уже у многих больных.

В 1974 г. М. И. Перельман, Н. С. Королева и другие советские хирурги, принимавшие участие в создании новой отрасли медицины — хирургии трахеи и бронхов — были удостоены Государственной премии СССР.

Но работа интенсивно продолжалась. Привлекли внимание малоизвестные болезни трахеи, которые заключались в потере нормального тонуса ее стенки. У таких больных возникали состояния, очень напоминавшие бронхиальную астму. Однако все методы лечения, помогавшие при астме, не снимали угрожающие приступы удушья. На помощь пришла эффективная операция — укрепление расслабленной стенки трахеи

костными пластинками. А затем — следующий шаг вперед. Оказалось, что в условиях операционной-барокамеры, открываются новые возможности для таких операций на трахее, которые требуют полного прекращения вентиляции легких на 10—12 минут...

**Сложнейшая операция.** Хирургия пищевода считается одной из труднейших глав медицинской науки. Одна из центральных проблем отделения хирургии пищевода и желудка — восстановительные операции. Здесь широко разрабатываются вопросы создания искусственного пищевода; с этой целью используют отделы желудка или кишечника с наиболее благоприятной системой кровоснабжения. Помимо известных методов пластики уже несколько лет в клинике успешно применяется так называемая сегментарная пластика пищевода при коротких Рубцовых сужениях. В таких случаях для пластики использовали обычно значительный отрезок кишки, заменяя им весь пищевод. По новой методике короткий участок кишки на сосудистой ножке перемещают в плевральную полость и подшивают к пищеводу выше и ниже сужения; большую часть пищевода, таким образом, больному сохраняют.

Последнее время наши хирурги изучают очень редкую патологию — грыжи пищеводного отдела диафрагмы. При этом часть кардиального отдела желудка (там, где он переходит в пищевод) выходит в средостение. Заметить это отклонение трудно даже в патологоанатомических исследованиях; вот почему удавалось диагностировать только гигантские формы грыж.

Сейчас уже накоплен опыт диагностики и лечения не только этой патологии, но и такого тяжелого ее осложнения, как пептическая стриктура. Оно развивается в тех случаях, когда содержимое желудка забрасывается обратно в пищевод. Собственный желудочный сок переваривает слизистую пищевода, в нем образуются рубцы, которые постепенно суживают просвет вплоть до его полного закрытия. Больных по поводу этого патологического состояния лечили по такой же методике, какую применяли для раковых или тяжелых ожоговых заболеланий. Реконструктивная операция позволяет воссоздать клапанный механизм кардии и полностью восстановить проходимость пищи.

## ЧУДЕСА ГОМОПЛАСТИКИ

**Штаб травматологов на улице Дунтес.** Совершенствуя методы лечения травматических и ортопедических больных, принимая действенные меры предупреждения детского, спортивного, производственного травматизма, медицинская наука, а за ней и практика шаг за шагом приближаются к решению этих насущных проблем.

В последнее десятилетие учение о травмах получило дальнейшее развитие, в частности в работах Рижского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии (РИТО).

РИТО — один из крупнейших лечебных центров страны. Институт пользуется заслуженной славой далеко за пределами Латвии. Среди пациентов РИТО — больные с Украины, из Грузии, Молдавии, Узбекистана, РСФСР. Сюда приезжают обмениваться опытом специалисты из Падуи и Венеции, Будапешта и Парижа, Берлина и Стокгольма. В свою очередь, сотрудники института регулярно выступают с научными докладами за рубежом. О некоторых операциях, произведенных в стенах института, хотелось бы здесь рассказать.

...Разведчик латышской дивизии Григорий Л. во время Отечественной войны получил тяжелое ранение. Пуля раздробила правое плечо; в кости образовался огромный, почти двадцатисантиметровый изъян. Были поражены мягкие ткани, начали атрофироваться мышцы. Рука повисла плетью, из помощницы превратилась в обузу. Врачи называют такой порок «болтающейся конечностью». Никто не брался его устранить.

Шли годы. И вдруг — возможность операции! Можно понять изумление однополчан, почти два десятка лет не видевших своего боевого товарища: перед ними стоял совершенно здоровый человек. Григорий Л. стал работать инкассатором. Получил шоферские права, водит машину...

...Представьте себе: художник без руки. Почти классический случай человеческой трагедии. Именно так сложилась жизнь Юрия Александровича С. Ранение, сразу после войны — неудачная операция. Повторять ее С. не захотел. Прошло более двадцати лет. Его случайно увидел один из бывших пациентов РИТО, который и посоветовал ему обратиться сюда. После операции художник С. возвратился к любимому труду.

Исцеление этих и многих других больных стало возможным благодаря успешно разработанной в институте оперативной методике гомопластики (использования консервированных костей, сухожилий, кожи, взятых у трупа).

Лаборатория консервации тканей открылась в РИТО в 1960 году. Раньше здесь широко применяли пластику тканями самого больного, взятыми с другой части тела (аутопластика), пластмассами, лавсаном, металлом (аллопластика). Теперь права гражданства получила гомопластика, открывшая перед пластической хирургией новые замечательные возможности.

В ряде случаев гомопластика — единственный способ сохранить жизнь больного (например, при обширных пересадках кожи после тяжелых ожогов). Замороженные при температуре  $-75^{\circ}\text{C}$  и сохраняемые в специальных холодильниках гомокости и гомосухожилия применяются в тех случаях, когда требуется устранить крупные дефекты костей и сухожилий.

Новые способы восстановления связок коленного сустава консервированными сухожилиями и фасциями вернули на беговую дорожку десятки спортсменов, на сцену — балерин, на цирковую арену — прыгунов и эквилибристов. Артисты цирка, спортсмены нередко повреждают ахиллово сухожилие, которое соединяет икроножную мышцу с пяточной костью. Нарушение этого связующего звена полностью выводит стопу из строя. Гомопластика позволяет устранить нарушение. Известен случай, когда после операции пластики ахиллова сухожилия цирковой артист снова смог исполнять самый сложный номер — тройное сальто на ходулях.

Впервые в мировой практике профессор В. К- Калнберз создал оригинальную методику гомопластики для восстановления пальцев рук.

Повреждение этой части тела у больного протекает по-особому. Не случайно для обозначения совокупности физических и психических страданий, вызываемых повреждением кисти, появился даже термин «синдром кисти». Рука — одно из ценнейших завоеваний эволюции, и даже небольшое нарушение ее функций вызывает у пострадавшего психические страдания. Порой самые тяжелые внутренние заболевания, отсутствие одной почки или половины легкого не действуют так на психику больного, как отсутствие конечности, кисти руки или

даже пальца. В последнее время медики обратили на это особое внимание; на конференциях, съездах, симпозиумах все чаще говорят не только с хирургической, но и социально-гигиенической стороне проблемы восстановительных операций у больных с последствиями травм кисти. Сознание своей беспомощности в результате частичной или стойкой потери трудоспособности, постоянное ощущение, что они обращают на себя внимание окружающих, нередко приводят к полной изоляции больных от общества. Они перестают появляться в общественных местах, начинают избегать друзей и даже родных; тяжело переживая свое увечье, многие из них, особенно женщины, доходят порой до крайнего отчаяния.

Для восстановления пальцев В. К. Калнберз применил разработанную им методику: он сформировал на животе у больного филатовский стебель (кожную «трубку» из ткани больного) и поместил туда «гомопалец». Когда палец приживается на новом месте, постепенно, по этапам, его пересаживают на кисть.

Позднее хирург начал пересаживать «гомопалец» с сухожилиями — сгибателями и разгибателями пальцев кисти. Соединенные с остатками сухожилий культы утраченного пальца, гомосухожилия позволяли придать вновь созданному пальцу подвижность. При этом концы сухожилий «гомопальца» проводятся через «туннели», созданные хирургом в тканях кисти, и соединяются с остатками сухожилий больного; затем «гомопалец» погружается в филатовский стебель. Когда кровеносные сосуды полностью прорастут и новый палец приживется к кисти, его отделяют от брюшной стенки.

Такая операция, в частности, была сделана Тамаре З. Большой палец у девушки отсутствовал уже несколько лет, и она научилась писать левой рукой. После операции Тамара написала письмо домой правой рукой. Родители не могли этому поверить; убедило их только сличение почерка в старых школьных тетрадках дочери.

Иногда пострадавшие сами приносят свои пальцы, оторванные в результате несчастного случая. Их обрабатывают в антисептическом растворе и приживляют по уже описанной методике. Но часто пациенты приходят слишком поздно, когда в оторванных пальцах уже начались необратимые процессы. В таком случае по-

мочь пострадавшему можно, только применив гомопластику.

В Советском Союзе подобные восстановительные операции делались до сих пор с использованием тканей больного, взятых с других участков тела, что связано с дополнительной оперативной травмой. Методика, предложенная В. К. Калнберзом, позволяет уменьшить объем и травматичность хирургического вмешательства. Такие операции — новость в хирургической практике не только нашей страны, но и Европы. Нет сведений о подобных пластиках и в мировой литературе.

**Как избавиться от костылей?** Вначале об одном из больных, пациенте РИТО. Юношу этого зовут Антон С. Детство его прошло под знаком тяжелого физического уродства. Правая нога мальчика от рождения была короче левой; к шести годам разница составляла четверть метра. Ходить невозможно — на такую ногу не наступить! Ребенок был обречен всю жизнь пользоваться ортопедическим аппаратом, носить специальную тяжелую и неудобную обувь, как бы удлиняющую ногу на 25—30 сантиметров. Мало того, в дальнейшем Антона подстерегали неизменные спутники врожденного дефекта; искривление позвоночника, перекос таза, атрофия мышц, деформации суставов. Изменения, которые могли стать необратимыми. Начиная с шести лет мальчика неоднократно и безуспешно оперировали в разных клиниках. При врожденном укорочении конечности, если оно значительное, хирурги до недавнего времени допускали даже ампутацию, с тем чтобы в дальнейшем заменить ее протезом. Страшная, калечащая операция, но другого выхода никто не видел.

После трех лет безрезультатного лечения в различных лечебных учреждениях Антон попал в Рижский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии. К тому времени в институте открылась лаборатория консервации тканей, и на ее базе хирург И. С. Вассерштейн начал разрабатывать оригинальную методику удлинения конечностей у детей и подростков. Идея методики родилась в 1962 году, когда хирург оперировал четырехлетнего Федю С. У Феде в результате доброкачественной костной опухоли образовался патологический перелом плечевой кости. Опухоль хирург удалил, а дефект длиной в 7 сантиметров заполнил трубчатой костью, взятой от трупа. Отличный резуль-

тат навел на мысль о возможности использования консервированного костного трубчатого гомотрансплантата для удлинения укороченной ноги (в результате перенесенного ранее полиомиелита, туберкулеза или остеомиелита, врожденного недоразвития или последствия травмы).

Существует несколько методов удлинения ног. Они известны уже давно и в основном сводятся к тому, что рассеченная (косо, в виде буквы «зет» или другим способом) кость вытягивается с помощью груза, вес которого постепенно увеличивают.

В России «зет»-образное рассечение кости для удлинения бедра десятилетнему мальчику впервые применил в 1891 году врач А. С. Дмитриев. А еще раньше (в 1852 году) великий русский хирург Николай Иванович Пирогов блестяще осуществил свои операции «костно-пластического удлинения костей голени при вылушении стопы», предварительно анатомически их обосновав.

В первой половине прошлого века с появлением наружных фиксирующих аппаратов, прочно скреплявших и сдавливавших костные отломки, получил широкое распространение метод компрессионного остеосинтеза. Медики обратили внимание на то, что сломанная кость лучше срастается, если между отломками создать компрессию — взаимное давление. В разных странах начали применять особые устройства для лечения несросшихся переломов костей. Англичанин Эмесбери в 1831 году рекомендовал сдавливать отломки специальным наружным аппаратом с винтовым устройством; спустя два десятилетия французский хирург Ж. Мальгень изобрел аппарат, с помощью которого концы сломанной кости сдавливались между собой. Современник Мальгенья немец Лангенбек для ускорения сращения сломанной кости также предлагал сжимать ее концы. В 1857 году врач Энгельгарт в Первой рижской городской больнице применил с этой целью изготовленное им наружное устройство. К сожалению, у большого образовались пролежни, поэтому в дальнейшем аппарат Энгельгарта больше не использовали.

На протяжении последнего столетия метод компрессионного остеосинтеза продолжал совершенствоваться. Появлялись все новые и новые приспособления — вначале для компрессии, а затем и для **дистракции** (растяжения) кости.

Советские медики предложили ряд оригинальных аппаратов, получивших мировое признание; они работают по принципу либо растяжения кости, либо одновременного растяжения и сжатия. Дистракционно-компрессионные аппараты конструкции О. Н. Гудушаури, Г. А. Илизарова, С. Д. Дзахова, Я. Г. Дуброва, К. М. Сиваша и других авторов позволили значительно улучшить методику и технику операций; их широко применяют в клиниках Советского Союза и за рубежом.

Впервые в нашей стране такими аппаратами воспользовались для удлинения конечностей московские хирурги В. Д. Дедова и Е. К. Никифорова, ленинградец С. Д. Дзахов и хирург из города Кургана Г. А. Илизаров, который успешно применил аппарат собственной конструкции.

Советскими хирургами разработана методика, в которой сочетаются растяжение и сжатие с пересадкой консервированной трупной кости. В результате этой операции дефект замещается не собственной, а консервированной костной тканью, которая стимулирует процессы сращения. Главное, применение костной **гомопла\***стики позволяет устранять очень значительные дефекты.

Операциям на человеке предшествовала большая экспериментальная работа. Опыты на животных показали, что только многоэтапность операции позволяет максимально удлинить ногу. В тех случаях, когда прибегали к одномоментной операции, эффект был иной. Когда у кроликов рассекали бедренную кость, а в промежутки между ее концами вставляли консервированную трубчатую гомокость, в последующие дни нарушалась функция оперированной конечности, терялась чувствительность, частично переставали работать мышцы. Исследование под микроскопом показало, что одномоментное удлинение конечности вызывает в ней изменения, свидетельствующие о болезненной перестройке мышц, нервов, сосудов. Поэтому такая методика вызывает сомнения.

По отечественной методике можно удлинить короткую ногу до 30 сантиметров. Многие наши специалисты — сторонники ранних оперативных вмешательств при врожденном укорочении ноги. Они считают, что подобные операции нужно делать детям с четырех-пятилетнего возраста **и** повторять операцию в процессе

роста ребенка, причем на разных участках конечности— бедре, голени.

Антон С. перенес четыре операции: одну на бедре и три на голени.

Как уже говорилось, при этой операции хирург прибегает к костному трубчатому гомотрансплантату. Трупная кость — временный гость в организме больного. Проходит год-полтора, она постепенно рассасывается, а на ее место вырастает новая кость. Процесс растяжения идет повседневно (примерно по два миллиметра в день). Затем наступает месячный перерыв, во время которого растяжение заменяется сжатием. После этого аппарат снимают. Теперь больной полностью может опираться на оперированную ногу. Затем он проходит комплексный курс физиотерапии и лечебной гимнастики. Это способствует хорошему сращению, улучшает и обмен веществ в конечности, ускоряется процесс перестройки пересаженной кости, восстанавливаются мышечный тонус и функции суставов. К тому времени когда процессы замещения и перестройки пересаженной кости после операции завершаются, на контрольных рентгенограммах ее невозможно отличить от здоровой кости больного.

Но всегда ли неравную длину конечностей можно исправлять именно таким образом? Каждый ли больной сможет ходить после подобной операции? Ведь причин укорочения конечности очень много. Это не только врожденное неправильное развитие, хотя такие деформации занимают первое место. Особая осторожность требуется от хирурга, если он сталкивается с последствиями полиомиелита. Ведь в данном случае не только укорочена конечность. Парализуются и «отмирают» также мышцы. Поэтому в первую очередь следует добиваться по возможности полного или хотя бы частичного их восстановления.

Тазобедренный или коленный суставы могут быть поражены туберкулезом, остеомиелитом (воспалительным процессом в кости). В таких случаях необходимо устранить первопричину укорочения — воспалительные процессы. Случается, что на укороченном участке конечности имеется рубцовое перерождение мягких тканей — в множественных обширных рубцах дремлет инфекция, а это означает, что хирургическое вмешатель-

ство тогда спровоцирует опасную вспышку. Поэтому для операции надо использовать здоровый участок.

Характер заболевания, его давность, величина укорочения, возраст больного, состояние мягких тканей, их кровоснабжение, связь с центральной нервной системой — все следует принимать в расчет. Одно из основных показаний — возраст. Дети, подростки, юноши, вероятно, в данных ситуациях—основной контингент больных. Мягкие ткани у детей податливы, кость пластична, она активно развивается, усиленно снабжается кровью, и это, конечно, серьезный залог успеха.

У Иры К. из Ферганы от рождения правая нога была укорочена на 25 сантиметров. Она поступила в клинику в четырехлетнем возрасте, за три года ей три раза удлинляли укороченную голень: дважды с использованием аппарата О. Н. Гудушаури и один раз с помощью аппарата Г. А. Илизарова. Операция прошла успешно.

Далия Ч. из литовского города Кедайне в детстве перенесла остеомиелит бедра. Правая нога осталась укороченной на 7 сантиметров. В институте девочке сделали операцию. Достигнута полная коррекция длины ног. Регимантас Ю. к пятнадцати годам уже на протяжении восьми лет находился под наблюдением хирургов детской клиники института. Его правая голень от рождения была недоразвита и укорочена на 25 сантиметров. За это время он перенес четыре операции; трижды ему удлинляли голень, применив аппараты Гудушаури и Илизарова, и один раз укорачивали здоровое бедро. Кстати, в институте это единственный случай, когда больному с целью полной коррекции укорачивают здоровый участок кости.

Новая оригинальная методика удлинения конечности, предложенная в РИТО, уже применяется в лечебных учреждениях многих союзных республик. Ею пользуются хирурги Москвы, Харькова, Свердловска, Горького, Новосибирска, Новокузнецка, Читы и других городов Советского Союза.

«С головы до пят». В институте проводятся разнообразные восстановительные и ортопедические операции. Область хирургического вмешательства многогранна: кривошея, высокое стояние лопаток (болезнь Шпренгеля), деформация грудины, грудных желез, косялапость, операции практически на всех участках те-

ла, как говорили древние медики, «а капите ад кальцем» — «с головы до пят» — от реконструкции кусочков черепа при сложнейших нейрохирургических тразмах, восстановления плечевого и тазобедренного суставов, пересадки коленного полусустава до поистине ювелирной работы по реконструкции кисти и пальцев. Все они служат единой цели: восстановить форму и функцию человеческого тела.

У больного — травматический дефект ушной раковины. Дефект, казалось бы, незначительный: отсутствует край раковины, он словно «выеден». Но такие дефекты нередко привлекают внимание окружающих и наносят человеку психологическую травму. Молодой человек тяжело переживал свой недостаток, и хирург согласился на операцию. По соседству, над ухом, он выкроил маленький филиатовский стебель: сделал два параллельных разреза, края свернул в трубочку, а рану зашил (в этом месте остается потом едва заметный шрам).

Постепенно кровеносные сосуды прорастают в стебель, и хирург может отсечь одну его ножку и подшить к краю уха. Еще через некоторое время он рассекает вдоль стебель, немного распластывает его и подшивает к краям дефекта.

«Отремонтированное» таким образом ухо способно удовлетворить самого взыскательного пациента.

...Молодая женщина в результате скальпированной раны лба утратила почти всю бровь; остался лишь небольшой кусочек, и это доставляло ей много страданий. Хирург рискнул заместить поврежденный участок свободным лоскутом **кожи** с волосистой части головы. Благодаря искусному сближению краев ранки швами это место на голове пострадавшей даже нельзя обнаружить. Оголенный участок брови заменен; волосы в этом месте начали расти, даже чересчур интенсивно, но женщину это совсем не беспокоит — она очень довольна результатами операции.

Страдая, от тяжелой инвалидности, нуждаясь в косметической «доводке», обращаясь за советом, больной приходит в РИТО с обидным чувством собственной неполноценности. И врач, добываясь лечебного эффекта, постоянно имеет в виду и эту психологическую грань своей работы. Ведь ортопедия тела — это и ортопедия души. Человек, у которого, например, восстановлены

пальцы, исправлены недостатки лица, воскресает и душевно. И совершенствуя технику восстановительной операции, добываясь физиологического- эффекта, врач всегда учитывает эту особенность своей работы — ликвидирует ли он больному горб или выравнивает ему изуродованное ухо.

## КОНСТРУКТОРЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

Биомеханик — союзник хирурга. Такой специальности — биомеханик — в медицинских учреждениях пока не существует, хотя необходимость ее для практической медицины очевидна. Нелегко дать четкое определение. Кто он такой, биомеханик? Врач не врач, инженер не инженер. Да и науку, возникшую на стыке биологии, медицины, механики, химии, математики, электроники, — к какому разделу ее отнести? Сделать это попытались участники I Всесоюзной конференции по медицинской и инженерной биомеханике, проходившей в 1975 году в Риге. К единому мнению прийти так и не удалось. Биологи сочили новую науку биологической дисциплиной. Инженеры полагали, что «новоявленная химера» — та же механика, только изучает она биологический материал.

Вряд ли разногласия по поводу формулировки на практике создают какое-либо препятствие. Все отлично понимают: врачу не обойтись без инженера, а инженеру — без врача.

...Молодой человек поступил в отделение неотложной хирургии с тяжелой травмой правой руки. Четыре пальца пришлось ампутировать сразу. Единственная надежда — на гомопластическую операцию. Пересадка искусственных пальцев восстановит утраченную возможность нормально пользоваться рукой. Но медиков волнует вопрос: есть ли функциональная необходимость создавать больному все пальцы одновременно. Консультация с биомеханиками. Проведены необходимые расчеты. И сразу становится ясно: максимально увеличить хват кисти способны два пальца — второй и четвертый. Их-то наиболее целесообразно восстанавливать в первую очередь.

При восстановительной операции должно быть очень многое предусмотрено заранее. Сложнейших расчетов требует даже выбор обычного металлического фиксатора, в хирургическом просторечии — «гвоздя», с помощью которого скрепляют костные отломки. Правильно расположить пересаживаемый трансплантат — новая проблема. Или, например, усилие мышц, сила кровотока — как они влияют на пересадку? Как перестраиваются в оперированной конечности биологические процессы? От чего зависят сроки приживания трансплантата и в конечном итоге успех реконструктивной операции?

Здание не построить без архитектурного плана. Чертеж необходим для создания любой машины. Без строгих расчетов не взлетит ни один самолет, не вылетит в поле комбайн. А исход серьезнейших операций всегда зависел от искусства и интуиции хирурга.

Чтобы обеспечить хирурга соответствующими «рецептами», потребовалось изучить множество факторов, сравнить их, «задокументировать». Потребовалась наука, способная объединить многие направления и отрасли, нередко очень далекие друг от друга. Наряду с безукоризненным знанием физиологии и хирургии она предполагала в качестве неперемennого условия определенные навыки технического мышления, владение математическими методами исследований.

Конечно, не на пустом месте выросал фундамент медицинской биомеханики.

В широком понимании (как наука, изучающая механические свойства и явления в живых тканях и органах) биомеханика связана с именами замечательных естествоиспытателей прошлого.

Как сконструирован человеческий организм? Каким законом подчиняются его функции? Этот вопрос волнует человечество еще со времен Аристотеля.

В начале XVII века англичанин Вильям Гарвей, будущий основоположник научной физиологии, а пока всего лишь юный практикант знаменитого итальянского медика Фабрициуса Аквапенденте, перетянув себе руку жгутом, исследовал движение крови в организме.

Строение человеческого тела, его движения с позиций анатомии и механики особенно интересовали великого итальянского мыслителя эпохи Возрождения Леонардо да Винчи. Ему принадлежит описание механики

тела при переходе от сидения к стоянию, при прыжках, ходьбе вверх и вниз и, видимо, первое описание человеческой походки. Немалый вклад в биомеханику внес соотечественник Леонардо натуралист Дж. Борелли, который пытался рассматривать живой организм как машину: дыхание, движение крови, работа мышц занимали его прежде всего с позиций механики.

Появление моментальной фотографии помогло объективно увидеть движение последовательно, в деталях: как ходит человек, как скачет лошадь...

Со второй половины XIX века, ответив на многие «как», ученые пытались ответить на другой вопрос — «почему».

Расширялись границы исследований. Начало XX века ознаменовано выходом в свет работ П. Ф. Лесгафта, И. М. Сеченова, И. П. Павлова. В первую мировую войну получило развитие протезирование. А вскоре после Великой Октябрьской социалистической революции в Ленинграде создается Институт протезирования. В эти же годы в нашей стране интенсивно развивается биомеханика труда, организуется первый в мире институт, где начинают изучать трудовые движения: Центральный институт труда (ЦИТ).

Послевоенные годы отмечены бурным ростом спортивной биомеханики. Позже созданием математических моделей ходьбы, стояния, бега — сложных процессов, включающих множество разных параметров, занялась кибернетическая биомеханика.

Последние 10—15 лет биомеханика бурно развивается по отдельным руслам, иногда они идут параллельно, иногда соприкасаются, но в общем связаны между собой мало. Контакт с травматологами и ортопедами все эти специалисты практически не имеют, поскольку пока, как это ни странно, задачи их не совпадают.

Специфика исследований в биомеханике диктуется профилем тех учреждений, при которых эти исследования ведутся. Например, биореология — изучение особенностей тока крови, лимфы и других биологических жидкостей — предмет изысканий, сотрудников гидродинамической лаборатории Института механики МГУ. В институтах физкультуры анализируют движения здорового человека. Здесь измерения связаны с большими скоростями и ускорениями, большими физическими усилиями, большой затратой энергии.

Врач, как правило, наблюдает больных и, значит, ослабленных людей. Предмет внимания и забот травматолога и ортопеда — участки тела, изуродованные травмой или болезнью, ушибы, разрывы, вывихи, ожоги, всевозможные деформации. Как скрепить кость, обеспечить заживление перелома, устранить изъятия костного аппарата, восстановить нарушенную осанку? Движения больного человека маломощны, замедленны, энергии ему приходится затрачивать много, но расходуется она неэкономно и неоправданно.

В спорте биомеханик постоянно изыскивает резервы для увеличения энергетических ресурсов. В медицине — иной поиск: добиться наименьших энергозатрат, необоснованно, впустую израсходованных сил.

Проблема огромная. Научная, техническая, нравственная. Речь идет о помощи инвалидам, страдающим от различных недостатков опорно-двигательной системы, нуждающимся в неотложном оперативном вмешательстве, в ускорении реабилитационного периода.

Живое взглядом инженера. Врачу не обойтись без инженера, а инженеру — без врача.

И они нашли друг друга — инженеры из Института механики полимеров Академии наук Латвийской ССР и врачи РИТО.

Основное направление исследований Института механики полимеров — механические свойства материалов, процессы их деформации и разрушения. Четкий курс на биологические системы отнюдь не был случайностью. Рост биологической ткани, ее развитие, как и отклонения в развитии, подчиняются законам механики. Выявление закономерностей механических свойств биосистем, в частности, природного биополимера — кости, позволило максимально использовать «опыт» живой природы, накопленный миллионами лет эволюции, и все лучшее, что создано природой, воплотить в новых конструктивных материалах. Эту задачу ставят перед собой сотрудники биомеханической лаборатории, инженеры по профессии, физики и математики по специальности.

Механические методы (а кость изучали здесь прежде всего с позиций механики — как материал и конструктивный элемент) могли дать представление о том, что происходит в биологической ткани под действием сжатия, растяжения, изгиба, кручения и всех прочих

сил. Сил, которым живая ткань в той или иной мере постоянно подвержена и которые становятся основной причиной различных травм.

Благодаря энтузиазму и ясному пониманию важности нового дела созданы две крупнейшие в Советском Союзе (а может, и в мире) биомеханические лаборатории. Крупнейшие по оснащению, штатам, возможностям, перспективам. — А главное — по действительному КПД, теоретическому и практическому.

Государственная премия Латвийской ССР 1976 года за разработку операций на аорте и ее ветвях на основе биомеханических исследований и их внедрения в клиническую практику, премия ЦК комсомола Латвии за работы по исследованию возрастных закономерностей деформации кровеносных сосудов человека, Всесоюзная премия Ленинского комсомола, десятки авторских свидетельств...

Таковы первые итоги...

На подступах к искусственной кости. «Жесткая несущая конструкция» — скажет о костях и суставах инженер.

Медик назовет эти ткани опорными, подразумевая под этим их способность соединять организм, поддерживать, словно каркас, обеспечивая его целостность, и причислит сюда также кожу, сосуды, сухожилия, хрящи.

А истина — в комплексе этих понятий. Ведь речь идет о биологических живых системах, которые должны быть познаны и как механические конструкции, и как сложные организмы.

Что вроде бы общего имеет процесс заживления костного перелома с информационными системами общего назначения или уравнениями математической физики? Оказывается, связь самая прямая.

Постижение законов «чужих» наук дает врачу неограниченную возможность овладевать навыками технического мышления — ведь впереди разработка принципиально новых видов операций, поиск оптимальных вариантов соединения биологических тканей, новых полноценных материалов для этих целей. Отсюда неременное сотрудничество со специалистами достаточно отдаленных областей знания. С химиками (они помогают изучить особенности тканевых структур), с математиками (они разрабатывают математические модели раз-

ных видов движения), разумеется, и с физиками. Кроме того, решение некоторых проблем тесно связано с эргономикой, психофизиологией, бионикой, теорией информации.

В итоге же предстояло оказать самую скорую, самую неотложную помощь хирургу. Помощь требовалась всесторонняя — от диагностики заболеваний и оценки пригодности способов лечения до определения степени заживления перелома, возможных отклонений после восстановительной операции. С этой целью прежде всего и начали исследовать в биомеханической лаборатории механические свойства «жесткой несущей конструкции».

Был у биомехаников и другой, далеко идущий прицел: создать искусственную кость, искусственную кожу, искусственные сухожилия, искусственные мышцы...

Проблема искусственной кости привлекает внимание ученых с незапамятных времен. Обширное повреждение костной ткани чаще всего вынуждает хирурга на крайнюю меру — ампутацию. Крупный дефект издавна пытались заместить всевозможными искусственными материалами. В ход шли дерево, металл, керамика, а позднее, уже в наши дни, пластмасса и гомокость — законсервированная в определенных условиях костная ткань человека.

Искусственная кость — проблема огромной важности и сложности, над ней работают крупнейшие лаборатории мира. Сложность же в том, что, как это ни удивительно, но и в наши дни еще недостаточно изучены особенности костной ткани.

Плохо известно, например, как воспринимает кость многообразные внешние влияния, как приспособливается к ним, как ведет себя в критические моменты — при большой перегрузке, во время травмы и т. д. И уж совсем смутное представление имеется о том, что происходит в больной или травмированной кости.

Но работы последних лет, факт за фактом, наблюдение за наблюдением, в общем, уже подготовили научные основы познания кости. Теперь можно сказать: теоретические основы для создания искусственной кости разработаны. Организована научная группа, имеются принципы конструирования такого материала, необходимые расчеты его внутренней структуры, методика.

О спиральной структуре, внутренних напряжениях, каналах-пустотах и других непонятных явлениях. В клинике приходится сталкиваться с удивительными случаями. Прохожий споткнулся на скользкой улице, сломал голень. Чувствует он себя, в общем, удовлетворительно, и через месяц у него все "пройдет".

Врачи квалифицируют такой перелом как «обычный». А его соседа (тоже поскользнулся на тротуаре) привезли в травматологическое отделение с множественными оскольчатыми переломами. Положение серьезное. Но ведь эти люди «упали» с высоты своего роста.

А вот девушка сорвалась с пятого этажа, но только сломала пяточную кость — от прямого удара. Почему? Успела во время падения интуитивно к нему подготиться или сработали какие-то особенности костей, еще не понятные нам? Чем объяснить эти, по официальной медицинской терминологии, «счастливые падения с высоты» (кстати, не столь уж и редкие)?

Кость не всегда ломается даже под колесами машины. Вспомним йогов, способных выдержать тяжесть грузовика. Видимо, приходят в действие какие-то охранительные силы. Но какие?

Оказывается, в кости имеются внутренние и наружные механизмы, которые позволяют ей приспособиваться к повышенным нагрузкам. Само наличие таких приспособительных механизмов в кости вносит существенные коррективы в представление о ее способностях.

Большие нагрузки резко меняют физические свойства кости. Она становится гибче, податливее, словно размягчается. Мышцы же, напротив, обретают почти десятикратную жесткость.

Можно было предположить, что при опоре кость становится основным несущим звеном (не единственным, конечно, поскольку ей эффективно помогают в том мышцы). Приняв такое допущение, наши специалисты пришли к интересным результатам. Они получили их окольным путем, но и косвенное свидетельство позволяло делать далеко идущие выводы.

Измеряя специальным устройством степень прогиба большеберцовой кости, ученые установили, что система кость—мышцы способна выдержать нагрузку в три-четыре раза большую, нежели одна только кость. Значит, с повышением параметров всей конструкции природе

дается возможность пользоваться системой кость—мышцы в сложных ситуациях, она как бы мобилизует заложенные в эту систему резервы прочности. В повседневной жизни острые ситуации, к сожалению, возникают значительно чаще, чем следовало бы.

Становятся понятными и некоторые поистине парадоксальные явления, когда одному достаточно поскользнуться буквально на ровном месте — и сломать себе руку или ногу, а другой остается цел и невредим, упав с вертолета.

Выражение «просто кость» уже не имеет права на существование. Живая кость очень сложна, неразрывно связана с другими опорными тканями и всем человеческим организмом. Но многое и сейчас не ясно...

Кость по механическим свойствам ортотропна. Если ее сжимать, она проявляет одни механические свойства, если растягивать — другие, при нагрузках на кость по периметру в ней обнаруживаются уже третьи свойства, а по радиусу — четвертые.

Раньше считалось, что кость несжимаема. Последние исследования опровергают это, казалось бы, фундаментальное положение. Причем и «сжимаемость» кости — тоже сложное явление, и проявляется оно по-разному.

Многочисленные измерения кости дали наши специалисты. Они скорее всего помогут создать наиболее подходящие модели искусственной кости.

Здание строят с фундамента. Без хорошего «фундамента» не обойтись и при лечении любого перелома. Для врача основной показатель сращения кости, надежный фундамент лечения — кальцинация, накопление в ней солей кальция.

Попробуем проследить за процессом сращения — образованием на месте перелома нового участка, костного регенерата. Начинается он не с кальцинации. Вначале создается своеобразный каркас из мягких тканей. Образование мягких тканей — главное и решающее условие сращения. Как рыболовная сеть, готовая поймать рыбу, каркас готов принять соли кальция. Сеть, разумеется, должна быть хорошей — тогда только можно рассчитывать на успех.

А как определить, что происходит в это время в кости? Станет ли наш каркас полноценным фундаментом?

Измерения механическими, разрушающими методами в таких случаях недопустимы. Требовались иные методы.

Выручил ультразвук. Биомеханики обратили внимание на то, что болезненным процессам в костной ткани всегда сопутствуют определенные изменения ее механических свойств. Поэтому в большой кости скорость распространения ультразвука совсем иная, чем в здоровой.

Кость сломана, еще не срослась, потеряла плотность — все эти изменения соответственно отражает ультразвук. Меняется скорость — меняются и физические характеристики. На их основании хирург может судить о состоянии костной ткани: не нарушая структуру кости, проследить зависимость полученных характеристик от вида заболевания, к тому же делать необходимые измерения в неограниченном количестве.

Акустический неразрушающий метод свободных колебаний в перспективе дает врачу уникальную возможность следить за восстановительными процессами не только в костях, но и в других опорных тканях — в коже, сухожилиях, связках.

**Надо учиться ходить...** Юноша надевает исследовательские тапочки и осторожно ступает одной ногой на странную, из часто натянутых струн дорожку.

Метроном создает темп ходьбы. В процессе тренировки темп ускоряется, и на экране осциллоскопа видно, как меняются параметры походки. Одновременно на экране возникает кривая эталона, она предназначена специально для пациента. При самообучении это очень убедительно.

Молодой пациент — спортсмен. На тренировке сломал лодыжку. Кость срослась. Но появилась хромота. А это спортсмену уж никак не годится...

Сейчас у нас в стране создана первая в мире установка, предназначенная для углубленного изучения процесса ходьбы и управления этим процессом. Установка (усовершенствованный ее, третий вариант) носит название «электроихнограф», сокращенно ЭКИГ-3. А дорожка — не что иное, как набор продольных металлических струн, соединенных последовательно специальными чуткими резисторами. В большом комплексе различных приборов установки имеется дорожка с четырь-

ма каналами регистрации. Это — основной датчик сигналов.

Существующие устройства обычно позволяют устанавливать только временные характеристики, определяющие цикл шага (время опоры стопы и ее переноса). С помощью ЭКИГ-3 наши ортопеды впервые в мировой практике получили возможность дополнительно определять разворот стопы во время ходьбы (угол, образуемый линией передвижения и продольной осью стопы), данные о расстоянии и точном положении пятки и носка, степень прогиба большеберцовой кости.

Можно регистрировать самые различные характеристики опоры и переката стопы, время переноса ноги при очередном шаге. Сигналы, идущие от дорожки, дают возможность судить о всех пространственных характеристиках ходьбы.

В новом варианте в конструкцию дорожки внесены существенные изменения. Теперь она не стационарная, а портативная. Вместо специальной контактной обуви — сандалий с поперечными медными контактами на подошве (такую контактную обувь непременно предусматривали прежние варианты устройства) — пациент **может** пользоваться любой обувью. Необходимые сведения о походке исследователь получает прямо с дорожки, в пре-иних же установках за больным тянулся провод, по которому информация поступала в электронное устройство.

Установка дает возможность вести наблюдения с точностью до плюс-минус четверти сантиметра. Но и это еще не все.

При помощи установки, созданной советскими учеными, изучается экономичность походки, записываются мгновенные значения координат опоры стопы. Отдельная система бесконтактных датчиков позволяет замерить мгновенные расстояния плечевого, тазового пояса, общего центра тяжести или центров тяжести отдельных участков конечностей, например, голени или стопы, от условно принимаемой плоскости.

Улучшена электронная схема. Легко работать с пультом управления...

В основу ЭКИГ-3 легли восемь изобретений, предложенных в разное время. Первое из них датируется еще 1969 годом. Главным же было установление того факта, что первостепенную роль в восстановлении нор-

мальной походки играют срочная информация о характере движений и дополнительная обратная связь.

Однако средства, которыми обычно пользовались для обучения простым видам движения, здесь оказались малоприспособными. Пришлось привлечь методы и понятия теории управления, математического моделирования, физиологии регуляции движений, прежде чем была создана, наконец, оптимальная система самообучения со срочным контролем результата движения и непрерывной коррекцией необходимых параметров.

**Алгоритм** ходьбы. Пятка—носок. Пятка—носок. Пятка—носок...

Если приглядеться на улице к прохожим, нельзя не обратить внимания, что все, за редким исключением, ставят ногу именно так. Таков закон ходьбы. Когда этот закон почему-либо нарушается (после долгого пребывания в гипсе, при длительном постельном режиме, в результате болезни), человек как бы разучивается ходить. Перекат стопы происходит тогда в обратной последовательности — с носка на пятку. Человек начинает хромать. Это значит, что временные и пространственные характеристики ходьбы между больной и здоровой ногой распределяются неправильно.

...Ивар С. пострадал во время спортивных тренировок.

Балерина Л. на репетиции сделала неверное движение.

Инженер К. утром спешил на работу, на улице поскользнулся, как говорят, на ровном месте...

Все они, спустя несколько месяцев после перелома, все еще продолжают хромать. Потеряна координация, нарушено взаимодействие ряда параметров. Что-то усилилось, что-то ослабилось, одни группы мышц взяли на себя в порядке компенсации большую нагрузку, другие — меньшую, вступил в силу защитный приспособительный физиологический механизм.

В результате двигательный стереотип изменен. Законы ходьбы нарушены.

Устранить эти нарушения нелегко. Можно, конечно, сказать больным: «тренируйтесь перед зеркалом», «следите за походкой». Указания, несомненно, будут прилежно выполнены. Но предсказать заранее желаемый эффект невозможно.

А если разложить движения на составляющие? И на

экране показать пациенту кривую: его собственную, и для сравнения эталонную или близкую к норме?

Хромота, по сути, — та же асимметрия, причем по многим признакам — асимметрия шага, асимметрия силы опоры (как прикасается пятка к земле, как отрывается от нее) и т. д.

Существуют, конечно, отличия и сугубо индивидуальные, и те, что вызваны приводящими обстоятельствами, скажем, вынужденной скоростью ходьбы. Но в общем врачи — ортопеды и травматологи — всегда учитывают лишь грубые нарушения, когда индивидуальные отличия уже не имеют значения и приходится говорить о патологии.

Задача ортопеда в таких случаях — приблизить показатели ходьбы к эталону, к симметрии. А эталоном, как правило, служат средние показатели здорового человека. Впрочем, здесь может быть много вариантов, они зависят от самых различных факторов, которые сейчас тщательно изучаются в наших лабораториях.

Около 150 эталонов временных, пространственных, динамических и некоторых других характеристик походки уже разработаны; они успешно применяются для лечения детей и взрослых, походка которых нарушена в результате травмы или болезни.

Происходит это по целому ряду причин. Например, в результате повреждения позвоночника или деформации межпозвоночных дисков, снижения чувствительности нервов нижних конечностей. Так, когда человек хромотает и его нога неестественно выпрямлена, эталоны ходьбы на основе пространственных характеристик позволяют выработать почти нормальный объем движения в суставе, если, конечно, этому не препятствуют серьезные анатомические нарушения.

Родители десятилетней Инги Б. обратились к врачам, когда походка девочки уже сильно изменилась. Инга появилась на свет с врожденным вывихом правого тазобедренного сустава. Вывих вправили в раннем детстве. В восьмилетнем возрасте девочке ошибочно диагностировали костный туберкулез. Десять месяцев постельного режима, потом два года на костылях в детском костно-туберкулезном санатории исказили ходьбу

Длительное пребывание в постели отразилось и на

состоянии мышечной системы — она стала одной из первых забот врачей-методистов. Многочасовые упражнения для тренировки определенных групп мышц, большая серия домашних заданий, ходьба на «дорожке», о которой уже шла речь, помогли достичь необходимой координации движений.

По совету врача Инга использовала для этой цели музыкальные этюды. Уже на третьем сеансе начал устанавливаться правильный перекал стопы — с пятки. Нормального перекала врач добился через десять сеансов. Оставались лишь небольшие отклонения длительности фаз, составляющих время опоры. Очень помогли врачу сила воли и упорство самой Инги, ее горячее желание научиться ходить правильно. И когда во время летних каникул, освоив за год два курса по десять занятий, девочка явилась на контрольное обследование, выяснилось, что ходит она без отклонений от нормы.

Проанализировав нормальный двигательный процесс человека, выявив определенные закономерности управления этим процессом, ученые РИТО на этой основе разработали алгоритмы обучения и методику их применения.

Весь процесс ходьбы они расчленили на элементарные двигательные задачи. При построении алгоритмов — программы обучения — учитываются прежде всего физиологические процессы, протекающие в организме. Таков, в частности, алгоритм последовательности устранения патологических признаков. Разработаны и конкретные алгоритмы, например, для коррекции различных отклонений при ходьбе: временные алгоритмы, пространственные (в том числе линейные — по ширине шага, развороту стопы) и некоторые другие.

Каждое элементарное движение контролируется. Если пациент выполняет его в пределах нормы, врачи назначают следующий шаг программы. В противном случае возвращаются к прежнему алгоритму либо ищут другие пути реализации необходимого движения. С помощью ЭКИГ-3 врачи дополнительно контролируют, насколько удалось улучшить ходьбу, приблизить ее к норме, закрепить вновь выработанные навыки.

Исходя из индивидуальных особенностей каждого пациента, за основу берут результаты обследования на электроихнографе и клинические данные (историю болезни, сведения о процессе лечения, биохимические

анализы). Например, пациенту с ослабленной мускулатурой прежде всего дают задание под руководством методиста по лечебной физкультуре укрепить вялые мышцы, и только потом — исправлять отдельные элементы ходьбы.

Немалое значение при этом имеет личность самого пациента — особенности его восприятия, реакция, быстрота усвоения алгоритма, даже интеллектуальные возможности: одному достаточно просто рассказать, другому нужно не только показать, но и повторить вместе с ним отдельные упражнения.

Некоторые больные (особенно с измененным динамическим стереотипом ходьбы) нуждаются в чисто психологических методах воздействия. Один из них попал в РИТО с переломом костей правой голени. Гипс сняли своевременно. Но почему так неуверенно чувствует себя молодой человек? Он сильно хромает, на правую ногу почти не опирается, несмотря на то, что врач настоятельно советует ему бросить костыли.

Новое рентгенологическое исследование подтвердило сращение перелома. Пациенту назначен курс самообучения на электроихнографе.

Юноше понадобилось лишь несколько сеансов, во время которых он тщательно соблюдал заданный ритм ходьбы и сам следил за своей «кривой», чтобы наконец убедиться: он может одинаково свободно опираться на обе ноги.

Таким образом, хотя кости голени действительно срослись, у многих пациентов сохраняется прежний динамический стереотип ходьбы, когда они еще не могут обходиться без костылей и боятся наступать на больную ногу.

Одно из изобретений наших ученых — «положение отдельных точек тела человека при ходьбе». Например, в процессе ходьбы наблюдается отклонение в плечевом поясе. В этом случае на уровне плечевого пояса укрепляют специальный датчик. Чрезмерное отклонение в ту или иную сторону регистрируется мгновенной подачей звукового сигнала. Датчик устанавливают на любом желаемом уровне, где требуется устранить дефект.

Электроихнографическая дорожка, гониометры, прогибомеры и ряд других приборов ЭКИГ-3 замыкают внешний контур обратной связи «человек—машина—человек». Они служат биомеханическими преобразова-

телями потока импульсов, идущих от многочисленных рецепторов, которые расположены в мышцах, сухожилиях, суставных сумках. Эта информация благодаря самоконтролю зрения, слуха, температурных и других ощущений и, конечно, прямое воздействие на вторую сигнальную систему путем словесного объяснения позволяют выработать у пациента навыки нормальной ходьбы.

Но роль ЭКИГ-3 этим не ограничивается.

ЭКИГ-3 ставит диагноз. «Это можно». «Это нельзя». Такие напутствия можно услышать от любого травматолога. Но и эти рекомендации больной получает не сразу. Для самого врача картина начинает проясняться только в тот период, когда в кости происходит кальцинация — откладываются соли кальция (они задерживают рентгеновские лучи). Бывает, процесс сращения затягивается до четырех—шести месяцев. Но поскольку основным показателем для врача служит рентгенограмма, он затрудняется что-либо советовать своему пациенту, пока не начнется **отложение** кальция.

Преимущество ЭКИГ-3 в том, что он раньше и более чутко реагирует на изменения кости в процессе сращения. Механическая диагностика позволяет уже спустя две недели делать предварительные прогнозы, оценивать, в какую сторону идет процесс.

Нормально ли происходит сращение? Достигает ли лечение необходимого эффекта? Какой вид ткани преобладает на месте перелома? Ведь новая костная ткань отличается от старой по ряду признаков.

Начинают вскрываться определенные закономерности восстановления костного регенерата — вновь образованного участка кости. Способен ли он нести нагрузку? Какую? Когда приближается стадия окончательного сращения? Когда она завершается?

Одна из интересных **особенностей** ЭКИГ-3 заключается в том, что тензометрический датчик легко и безболезненно крепится на голени пациента. Вообще же установка подобных датчиков — дело непростое. Так, ученые Новой Зеландии, изучая особенности бега лошадей, вживляли тензометрические датчики прямо в костную ткань животного. А скандинавские специалисты, проводя аналогичные исследования на людях, пользовались услугами добровольцев, которые соглашались на болезненную операцию вживления датчика в

большеберцовую кость. На ЭКИГ-3 проводить замеры очень просто, поэтому их можно делать в неограниченном количестве, обследовать пациента в динамике, в любые сроки.

Выяснив, нормально ли срастается кость, биомеханик передает эстафету лечащему врачу. Теперь рекомендации врача научно обоснованы, они строятся на точных показаниях приборов, риск вторичных осложнений при этом значительно снижается.

Сам процесс сращения кости благодаря ЭКИГ-3 становится управляемым. С помощью количественных методов биомеханик оценивает качество сращения перелома, помогая хирургу решить, можно ли снимать гипсовую повязку или это преждевременно, можно ли нагружать конечность, и если да, то как это сделать, чтобы стимулировать дальнейшее сращение и не повредить костный регенерат. Все это позволяет раньше снять гипс, раньше начинать движение и опираться на больную ногу. Сроки реабилитации с помощью новых методов сократились в среднем на месяц.

Диагностика степени сращения переломов, тренировка в период долечивания, обучение инвалидов после протезирования, оценка ходьбы в естественных условиях (в том числе и в новой модной обуви) — это еще не самый полный перечень возможностей ЭКИГ-3, заслужившего положительные отзывы швейцарских, английских и американских специалистов на Международной ярмарке в Ганновере. Установка может стать как бы базовым устройством для регистрации и обработки результатов исследований больных, проходящих через все травматологические клиники, отделения реабилитации, кабинеты лечебной физкультуры, санатории соответствующего профиля.

Многоликость кости. Долгое время оставалось загадкой, почему в одних случаях пересаженная консервированная кость срастается хорошо, а в других — при прочих равных условиях — неудачно. С этим необъяснимым и неприятным явлением приходилось, к сожалению, сталкиваться не только в эксперименте. Хирурги четко выполняли требования тканевой несовместимости, учитывали соответствие возраста донора и реципиента. И все же...

Несращенные наблюдали, как правило, в тех случаях, когда изъян кости на правой руке или ноге устранил-

ся консервированной костью левой конечности, и наоборот. Иногда это случалось, когда применяли разнотипные трансплантаты, скажем, дефект бедра замещали участком большеберцовой или плечевой кости.

Биомеханические исследования твердости кости выявили крайне важную ее особенность: равнотвердые образования спиральной структуры. Причем тип витка в контралатеральных костях был противоположным: правая кость имела спирали по тину правого витка, а левая — по типу левого. Это означало, что любой участок кости наиболее приспособлен к нагрузке только на своем месте, на соответствующей стороне тела, при совмещении одноименных зон поперечного сечения.

Спиральный характер строения кости нельзя не принимать во внимание при восстановительных операциях, особенно при пересадках гомокости.

В организме донора гомокость развивается в определенной среде и привыкает к определенным условиям. Она не всегда приспособляется к новому организму именно потому, что ее спиральные равнотвердые образования распределяются с учетом условий нагрузки, сложившихся годами и десятилетиями. Новое местожительство, к сожалению, не всегда отвечает этим условиям. Тут-то и возникает опасность отторжения. Правую спираль не превратишь в левую. Перестройка в собственную противоположность возможна только после рассасывания кости, а это уже совершенно иная ее внутренняя архитектура, иначе распределившиеся механические свойства.

Сейчас многие операции производятся с учетом этих закономерностей. Поврежденный участок ткани замещается костью, имеющей одинаковые с ним спиральные образования. Механическая совместимость донорской и собственной ткани оказалась не менее важной, чем совместимость биологическая.

Известно, что мышечная деятельность — необходимое условие нормального кровообращения. Ходьба укрепляет сердце — об этом мы стараемся по возможности не забывать. Но вот еще одна научная рекомендация: переменная нагрузка, и прежде всего регулярная ходьба, совершенно необходима для нормальной жизнедеятельности кости. Ходьба усиливает (и, следовательно, улучшает) кровоснабжение кости. О том, что нагрузка на конечность при этом должна быть не стати-

ческой (постоянной), а переменной, динамической, свидетельствуют последние работы биомехаников.

Пористые материалы, подобные кости, обычно меняют объем за счет пустот. В живой кости эти пустоты — многочисленные каналы и каналы — заполнены кровью или тканевой жидкостью. Когда человек ходит, кость деформируется — сжимается и растягивается. Соответственно меняется при этом объем костных каналов. Если в состоянии покоя через костное вещество большеберцовой кости за одну секунду проходит 0,1 кубического сантиметра крови, то при нормальной нагрузке (обычной ходьбе) объем костного вещества за один шаг увеличивается от 0,15 до 0,2 «кубика». Значит, процесс ходьбы существенно влияет на кровоток.

Биомеханическая трактовка физиологического явления позволила глубже понять болезненные процессы, происходящие в кости, задуматься о новых путях лечения переломов.

Любопытно, что параллельно с биомеханиками сходные данные получили зоологи, экспериментируя на нескольких группах лабораторных, домашних и диких животных. В Институте зоологии Академии наук УССР изучают проблему гипокинезии — ограниченной подвижности, ее влияние на механические свойства скелета конечностей. Ограничивая в разной степени подвижность подопытных животных, зоологи могли наблюдать, как это отражается на перестройке костной ткани, ее биомеханических характеристиках. При этом контрольные животные оставались в привычной для них обстановке: лабораторные (домашние кролики) — в обычных клетках, домашние (собаки, козы) — в вольерах, дикие (зайцы, дикие кролики) — на воле, в природных условиях. Подопытных животных лишали **нормальных** движений, поместив в специальные клетки. Как и предполагалось, костная ткань реагировала на изменившиеся условия резко отрицательно. Ограничение подвижности особенно сказалось на трубчатых костях: они стали менее прочными, не такими упругими, стенки их истончились.

Поэтому понятна биомеханическая рекомендация, важная для здоровых не меньше, чем для больных: избегать малоподвижности, больше двигаться. Гиподинамия делает кости хрупкими, они легче ломаются. Пе-

ременная нагрузка во время ходьбы, бега, прыжков укрепляет кости, интенсифицирует в конечном итоге все процессы жизнедеятельности.

...Плюс биохимия. На стыке биомеханики и биохимии сейчас возникла еще одна научная дисциплина — механохимия. Содержание понятия «химия сокращения мышц» привычно, но биомеханики вкладывают в него новый смысл. Они определяют, какие химические компоненты влияют на те или иные механические свойства тканей. Связи оказались довольно сложными.

Известно, к примеру, что прочность кости на сжатие зависит от содержания в ней кальция. Ломается же кость чаще всего от кручения — здесь одно из самых слабых ее звеньев. Наши ученые установили, что сопротивляемость кости кручению зависит, главным образом, от полисахарида. По объему это весьма незначительный компонент костной ткани. Это так называемое связующее вещество. Вместе с аморфным белком оно составляет всего один-полтора процента веса кости, и особого внимания ему до сих пор не уделяли (явно недооценивали, скажем, в условиях повышенной гравитации или невесомости). Исключительная важность полисахарида для прочности кости, так же как и другого ее мягкого компонента — белка, была позднее подтверждена совсем в другой области и другими методами — в геронтологии.

Пожилые и старые люди, как известно, ломают ноги чаще, чем молодые. Измерения между тем показывают: и у 80-летнего старца, и у 20-летнего юноши сопротивляемость кости на сжатие почти одинакова. Отличия, по крайней мере, незначительные.

В чем же дело?

Основную роль, оказывается, играют здесь упомянутые выше мягкие компоненты костной ткани, количественный состав которых в пожилом возрасте значительно меняется. Этот вывод геронтологов оказался для биохимиков очень кстати.

Когда выяснилось, что костная ткань по механическим свойствам весьма неоднородна, возник вопрос о причинах такой неоднородности. Ученые высказывали различные предположения. Одно из них казалось достаточно убедительным: механические свойства кости удастся понять, если сравнить их со свойствами комби-

нированных материалов, которые используют в промышленности и строительной технике.

Как известно, уникальные механические качества железобетона, сделавшие его одним из главных строительных материалов нашего века, получены благодаря удачно найденному сочетанию прочности двух компонентов: цемента — на сжатие и стали — на растяжение. Уже давно известны примеры отличной работы и комбинированных живых материалов. Вспомним великолепные самозатачивающиеся зубы бобра. «Фокус» их вечной остроты заключен в разной твердости костных слоев зуба.

Может быть, и костную ткань следует рассматривать как двухкомпонентный материал вроде железобетона? Аналогия «сталь—цемент» и «коллаген—минеральные соли» представлялась вполне оправданной...

Биохимики предложили исследовать это явление количественными методами. Они брали маленькие кусочки из разных отделов кости и математически связывали количественные различия с биомеханическими свойствами ткани—ее прочностью, твердостью, эластичностью и т. д.

О содержании основных биохимических компонентов костной ткани можно судить по концентрации веществ, которые легче поддаются количественному анализу. Так, аминокислота оксипролин практически содержится только в коллагене, и по ее количеству в ткани можно судить о содержании коллагена; количество фосфора характеризует содержание минеральных веществ в комплексе соединения гидроксиапатите и так далее.

Совместные исследования биохимиков и биомехаников вскрыли несостоятельность мнения о двухкомпонентности кости. Сопоставления оказались слишком упрощенными. Кость действительно была неоднородной — но с биохимической точки зрения совсем иначе, чем с механической. Обнаружилась некая межклеточная и межволоконистая субстанция, которая принимает участие в формировании биомеханических свойств кости. Состоит она в основном из связующего вещества — гликопротеидов. Хотя концентрация гликопротеидов в кости не превышает одного процента, они, как оказалось, существенно влияют на важные биомеханические параметры — удельную энергию деформации, сопротивляемость разрушению при продольном растяжении.

Напрашивался принципиально новый вывод: кость—трехкомпонентный материал. Вывод большой научной и практической ценности. Представление о кости как трехкомпонентном материале позволило теоретически воплотить давнюю мечту — создать искусственную кость.

В области механохимии сейчас наметился еще один интересный аспект. Ученые пытаются изменять механические свойства тканей, привлекая опять-таки биохимические методы, в частности, используют для этой цели латирогены. Эти новые синтетические вещества обладают замечательной способностью направленно воздействовать на молодую растущую ткань и, таким образом, тормозить либо усиливать многие жизненно важные процессы в соединительной ткани. О них и пойдет речь в следующей главе.

## УКРОЩЕНИЕ КОЛЛАГЕНА

«Добрый» белок? Соединительную ткань (а это практически вся наша опорно-двигательная система: кожа, хрящи, сухожилия, межпозвоночные диски, стенки кровеносных сосудов) сравнивают иногда с Шивой, одним из трех великих богов Индии. Как гласит индийское предание, многоликий и многорукий бог, олицетворяющий стихийные силы природы, появляется обычно в грозу, бурю, шторм — там, где присутствуют смерть и разрушения.

Есть, однако, у многоликого Шивы и другая ипостась: способность к постоянному возрождению. Не это ли созидательное, животворное начало имел в виду более века назад немецкий патолог Карл Вейгерт, образно уподобляя соединительную ткань индийскому божеству? Научная картина прояснится для медиков лишь спустя столетие, когда произойдет событие, которое биохимики по праву смогут назвать выдающимся: завершится наконец большая многолетняя работа по расшифровке химического строения одного из важнейших белков организма.

Коллаген... Этому белку придается сейчас особое значение. «Добрый» его назвал когда-то немецкий биохимик Грассманн. В 1973 году объединенными усилиями ученых разных стран установили последовательность составляющих «добрый» **коллаген** кирпичиков—амино-

кислот. Смысл грасманновского определения будет понятнее в сравнении.

Маленькая справка. Среди уже известных науке нескольких тысяч белков коллаген в организме человека и животных занимает первое место по весу, он значительно сложнее их по составу. Основное же преимущество коллагена — в той исключительно важной роли, которая поручена ему природой. Если от упругого, как резина, волокнистого белка эластина зависит эластичность соединительной ткани, то главный белок коллаген обладает и высокой прочностью, и жесткостью, и определенной гибкостью. Но дело не только в этом.

Соединительная ткань обладает чрезвычайно важной функцией, которую называют восстановительной, или, на языке специалистов, репаративно-пролиферативной: она начинает бурно развиваться в ответ на любое повреждение любой ткани организма. Клетки ее интенсивно вырабатывают новые коллагеновые волокна — они обеспечивают механическую прочность формирующегося рубца.

Восстановительную функцию соединительная ткань сохраняет на всю жизнь. И этим существенно отличается от большинства тканей взрослого организма, способность которого к размножению клеток весьма ограничена.

Интересно, что такая же репаративно-пролиферативная функция (то есть бурное размножение клеток и развитие на месте повреждения новой соединительной ткани) сопровождает разрушения в мозгу, печени, сердечных волокнах. Пострадавший организм в этих случаях получает возможность как-то приспособиться к условиям существования. Здесь-то и проявляется «доброта» коллагена. «Добрый» белок обеспечивает прочность, надежность образующейся на месте повреждения рубцовой ткани.

Способность соединительной ткани восстанавливать нарушенное, заживлять любую травму (конечно, если не затронуты жизненно важные центры) — ее главное отличительное свойство. Никакая другая ткань этим свойством не обладает.

**Как подобрать к стихии ключ?** Амбруаз Паре, один из основоположников хирургии, говорил: «Я перевязал рану, а бог ее вылечит».

С тех пор, как сказаны эти слова, прошло более че-

тыт>е\$,?т лет, но роль хирурга, по сути, мало изменилась: предупредить возможное инфицирование раны, избежать ее нагноения и в XVI веке, во времена выдающегося французского медика, и поныне остается одной из главных задач.

Возможностью загушать любые дефекты соединительная ткань обязана «лобrote» коллагена. Собственно, вся практическая деятельность хирурга строится пока в расчете на эту стихийную доброту. Причинены ли разрушения организму намеренно, в процессе операции, вызваны ли они случайно — внезапной травмой, — в любом случае (и на это втайне надеется каждый врач) рано или поздно на помощь ему придет могущественный союзник — интенсивная созидательная работа коллагена, а иначе говоря, репаративно-пролиферативная функция соединительной ткани.

К сожалению, эта жизненно важная для организма функция пока практически неуправляема.

Иногда без видимых причин процесс исцеления затягивается, протекает вяло, медленно. Долго рубцуются раны и порезы, плохо срастаются переломы.

Иногда, наоборот, соединительная ткань возникает без надобности. Вспомним, какие грубые, уродливые рубцы сопровождают подчас заживление травм и ожогов. Или спайки. Они образуются после операций или при различных воспалениях как защитная реакция против инфекции, и с ликвидацией воспаления должны бы рассосаться. Но вдруг обнаруживается их склонность к безудержному росту, когда в болезненный процесс вовлекаются окружающие ткани...

Обезображивающие утолщения на ногах при «слоновой болезни» обязаны своим происхождением ненормальному разрастанию соединительной ткани. Пребывание в загрязненной атмосфере, привычка к постоянному курению могут спровоцировать хроническое повреждение легких. Случается, целые участки легких прекращают из-за этого свою работу; усиленно развившаяся в ответ на повреждение соединительная ткань выключает их из акта дыхания. Аналогичный процесс происходит в печени, если на нее длительно действуют токсические факторы, в том числе алкоголь: активные печеночные клетки замещает инертная рубцовая ткань. Главная лаборатория организма вынуждена приостановить, а порой и прекращает свою деятельность.

Уродливые ожоговые келоиды, вызывающие боль, послеоперационные спайки, бездеятельный рубец, аа\*<sup>1</sup> местивший деятельные печеночные клетки, — *J>се* это тоже соединительная ткань, но лишняя, ненужная. И осложнения она вызывает, как мы видим, порой даже более тяжелые, чем те, следствием которых явилось ее избыточное развитие. При атом процесс не носит злокачественного характер;<sup>1</sup>. Во всех описанных нами случаях он начинается как естественная восстановительная реакция на повреждение. Но почему-то (наука пока бессильна сказать, почему именно) становится неуправляемым. Доброта загадочной и капризной ткани оборачивается своей противоположностью. Случаи эти — одна из трудных проблем медицины.

Провокатор — пища. Примерно четверть века назад ученые обратили внимание на особую форму экспериментальной патологии. Добавление в пищу подопытных животных душистого горошка вызывало в организме серьезные нарушения. Кровеносные сосуды утрачивали прочность, эластичность и разрывались. Ослаблялись сухожильные связки, образовывались грыжи. Что-то происходило с костями — они становились хрупкими и кривыми. Животные приобретали особую «утиную» походку, начинали проявлять повышенную чувствительность, когда к ним прикасалась рука экспериментатора, особенно в области суставов.

Симптомы, спровоцированные изменением пищевого режима, напоминали поражение соединительной ткани, причем не местное, локальное, — оно имело отношение к организму в целом. Ведь именно соединительная ткань формировала изуродованные кости, разорванные стенки кровеносных сосудов, ослабевшие сухожилия.

Поиски первопричины уводили в далекую древность. «В Аиносе женщины и мужчины, питавшиеся продолжительное время бобами, стали страдать слабостью ног, которая и впоследствии не проходила; также у тех, которые питались горохом, появились боли в коленях». Эти заметки принадлежат Гиппократу, жившему в V веке до нашей эры.

Сохранился документ XVII века: эдиктом от 1671 года герцог Вюртембергский запрещает примешивать при выпечке хлеба муку из семян «латирус»\*

Заболевание, которое развивалось у людей при употреблении в пищу большого количества различных вн-

дов гороха из рода «латирус», в разных странах называли по-разному. В 1873 году врач Кантани из Неаполя предложил термин «латиризм», как бы подчеркивая причинную связь болезни с растениями «латирус». Термин привился. В первых русских работах, которые появились в 90-х годах прошлого века, людей, страдающих этим заболеванием, называли «латириками».

Латиризм возникал при недостаточном питании, особенно в периоды народных бедствий. Он поражал нервную систему, вызывая паралич ног. Сообщения о случаях латиризма можно встретить в литературе на протяжении последнего столетия начиная с конца XIX века. Его очаги многократно возникали во Франции, Алжире, Италии, Индии, Испании, Сирии, Афганистане. Заболевали лица обоего пола, но чаще мужчины.

Патологоанатомические вскрытия обнаружили в шейном отделе спинного мозга и в мозжечке погибших от латиризма людей болезненно перерожденные нервные клетки. Потом оказалось, что латиризму подвержены не только люди. Непонятная болезнь поражала лошадей, овец, свиней... Пытались воспроизвести латиризм и экспериментально.

Белые крысы, посаженные на специальную диету, обнаруживали все признаки латиризма: у них был деформирован позвоночник, искривлены длинные трубчатые кости, повреждена аорта. Характерная триада возникает только при одном условии — если крысиные завтраки, обеды и ужины наполовину состоят из семян растений «латирус» определенной разновидности — душистого горошка.

Когда токсический фактор обнаружили в семенах гороха рода «латирус», удалось довольно скоро синтезировать препарат; он получил название «латироген», или «остеолатироген», поскольку при заболевании сразу бросался в глаза характерный признак — патология костей. Болезнь сумели вызвать экспериментально, вводя животным под кожу полученное вещество.

Еще одно открытие значительно облегчило работу экспериментаторов. В опытах с куриными эмбрионами биохимики вызвали латиризм с помощью химического реактива — семикарбазида. Латирогенное действие семикарбазида подтвердили эксперименты на крысах.

Первые наблюдения за странной патологией в эксперименте относятся к началу 50-х годов. Все последу-

ющее десятилетие — активный целенаправленный поиск веществ, способных вызвать остеолатиризм. Исследователи рассчитывали, что химическая структура этих соединений окажется близкой первым изученным латиригенам. Их расчет оправдался. Таких веществ найдено уже более двадцати. Как и предполагалось, у них, при всем их различии, есть один общий обязательный признак: молекулы завершает специфическая для белков и аминокислот аминная группа, своеобразная печать латиригенной активности. Если заместить ее другой группой, эта активность полностью утрачивается.

Внесем небольшое пояснение. Заболевание, которое развивается у людей при употреблении в пищу семян бобовых растений из рода «латирус» и вызывает параличи, ученые называют латиризмом (известный канадский физиолог Ганс Селье уточняет это название — «нейролатиризм», т. е. связанный с нервной системой). Остеолатиризм же (заболевание, вызванное введением **остеолатиригенов**) наблюдается, как правило, у экспериментальных животных.

Клинические признаки остеолатиризма появляются обычно спустя две-три недели после начала эксперимента. Подопытные животные начинают резко отставать в росте и весе от контрольных. Движения их становятся вялыми и замедленными, кожа истончается. Но вот что важно: при этом экспериментально вызванном заболевании деформируется скелет. Проблема, в которой кровно заинтересованы ортопеды.

Носители аминной группы давали ортопедам неоценимую возможность получать костные деформации опытным путем. Притом у собак — животных, наиболее удобных для экспериментальных хирургических воздействий.

Сегодня о механизме действия латиригенов на соединительную ткань известно уже довольно много. Выше уже говорилось об особой роли так называемых волокнистых, или межфибриллярных, белков — коллагена и эластина. От них зависит, будет ли соединительная ткань гибкой, эластичной, прочной. Такая их роль определена особенностями молекулярного строения. Остеолатиригены как раз препятствуют образованию соответствующей молекулярной структуры этих белков. Больше того. Как показали исследования, вещества аминной группы нарушают связь коллагена и эластина

с другими компонентами соединительной ткани. В результате искажается общая молекулярная архитектура ткани. Отсюда деформации скелета, разрывы сосудов, грыжи.

И снова, как и в самом начале экспериментов, исследователи на некоторое время оказались в тупике. Никак не удавалось вызвать аналогичные нарушения у взрослых животных. Но тут открылось еще одно существенное обстоятельство.

Оказывается, воздействию латиригенов — ив этом их особенность — подвергается только растущий организм. Взрослые особи воспринимают препарат без особого риска.

Такая избирательность позволяла делать далеко идущие выводы. Если во взрослом организме протекают те или иные процессы, от которых зависит образование новой соединительной ткани, латиригены, следовательно, будут действовать только на нее. Значит, с помощью латиригенов можно эти процессы регулировать?

Неужели открывалась, наконец, заветная возможность — направленно воздействовать на соединительную ткань, менять в заданном направлении течение некоторых жизненных процессов?

Остеолатиризм, заинтересовавший исследователей прежде всего как редкая форма пищевого отравления лабораторных животных, становится важнейшим методом экспериментального исследования соединительной ткани.

**Латиригены — регуляторы** жизненных процессов? Двойным действием, в общем, обладает почти каждое лекарство. И история латиригенов, как история почти любого лекарства, начиналась с установления их токсичного, вредного действия на организм. Но для них эта «вредоносность» стала серьезным тормозом, надолго задержав путь в клинику.

Остеолатиригены — не что иное, как биохимические регуляторы функции соединительной ткани. Эта мысль была впервые высказана сотрудниками РИТО. Ей требовалось, однако, веское экспериментальное подтверждение. Как вполне объективно оценить изменения, которые происходят в ткани под влиянием этих веществ?

Такая возможность представилась при изучении проблемы контрактур — тугоподвижности суставов.

Известно одно из условий успешного лечения переломов: нужно ограничить подвижность травмированной конечности, а в некоторых случаях обеспечить ей полный покой. Для этого на поврежденную руку или ногу накладывают различные шины, металлические фиксаторы, гипсовые повязки. Больной надолго лишается возможности двигать суставами. Контрактуры — неприятное последствие вынужденной длительной неподвижности.

Пожилые люди страдают иногда так называемой контрактурой Дюпюитрена. Кожа на кистях рук не в меру разрастается, стягивает пальцы, мешает им нормально разгибаться.

Устраняют тугоподвижность — в той или иной степени — только продолжительными специальными упражнениями. С помощью латирогенов в эксперименте этот срок сокращался почти вдвое.

Две группы кроликов — опытную и контрольную — длительное время лишали движений в суставах. На протяжении всего эксперимента подопытным животным первой группы вводили под кожу остеолатирогенные препараты. Контрольные животные препарата не получали.

Эксперимент завершен. Животные обеих групп обретают желанную свободу. И что характерно: движения в суставах подопытных первой группы разрабатываются в два, два с половиной раза быстрее по сравнению с контрольной. Значит, остеолатирогены влияют — и, судя по результатам, весьма активно — на восстановительные процессы.

Другая серия экспериментов — наблюдение за действием латирогенов на поврежденный нерв. Нормальному сращению перерезанного нерва обычно препятствует соединительная ткань — она начинает усиленно расти как раз в месте повреждения. Вмешательство латирогенов не дает возможности соединительной ткани разрастаться, ускоряет восстановление пересеченного нерва.

Еще не известно, окажется ли экспериментальная модель равнозначной тому, что даст хирургическая практика. Пока ясно одно — с применением латироген-

ных препаратов ткани становятся податливее, созидательные процессы в них ускоряются.

**Рука об руку с клиницистами.** У исследователя, работающего в клинической лаборатории, много неопределенных преимуществ перед чистым экспериментатором, и прежде всего — широкая возможность получать необходимые сведения «из первых рук», непосредственно изучать человеческую ткань.

Зная количество того или иного содержащегося в ткани вещества, можно выявлять норму и патологию, строить предположения о механизме различных происходящих в организме реакций. Взору исследователя предстает как бы серия слайдов: ряд картин на разных стадиях процесса.

Во многих исследованиях последних лет отчетливо просматривается связь количественных биохимических характеристик соединительной ткани и ее биомеханических свойств.

Практика дает много материала для научных обобщений. Именно клиническая база позволила биохимикам наблюдать течение коксартроза — тяжелого нарушения функции тазобедренного сустава, подробно изучить пораженную коксартрозом больную ткань.

Экспериментаторы сопоставили биохимический состав хрящей и сумки тазобедренного сустава здоровых людей и больных артрозом. Нормальные ткани брали в патологоанатомической лаборатории у трупов людей, не страдавших артрозом, болезненно измененные — в клинике. И экспериментаторы, и клиницисты сумели теперь точнее представить себе сущность недуга. Количественный анализ показал, что в ткани суставной сумки больного артрозом резко снижается содержание коллагена, отчего она становится менее прочной на растяжение. Одновременно в суставных хрящах, особенно на участках, которые несут основную нагрузку, уменьшается содержание основного вещества соединительной ткани — углеводов биополимеров гликозаминогликанов. Они связывают воду, и от них зависит прочность хряща на сжатие. Ухудшение работы сустава, появление болезненных ощущений — результат соответствующих биохимических нарушений.

Другое тяжелое заболевание — остеохондроз — и рижские биохимики исследовали совместно не только

со своими коллегами из клиники, но и с новокузнецкими хирургами, сотрудниками кафедры нейрохирургии Новокузнецкого института усовершенствования врачей.

Плодотворным оказалось содружество рижской лаборатории и с кафедрой химии высокомолекулярных соединений Белорусского государственного университета им. В. И. Ленина.

Основное направление исследований минчан — химия целлюлозы. Биохимиков заинтересовали их последние работы — они связаны с веществом, носящим длинное, труднопроизносимое название: монокарбоксилцеллюлоза.

Если любой целлюлозный материал (марлю, вату, бумагу)<sup>7</sup>, целлофановую пленку) окислить в определенных условиях, к молекуле целлюлозы присоединится карбоксильная группа COOH. Монокарбоксилцеллюлоза (МКЦ) и есть продукт такого окисления.

По своему внешнему виду и механическим свойствам МКЦ практически не отличается от исходного материала. Но подобное преобразование не проходит для обычной целлюлозы бесследно: вместе с карбоксильной группой МКЦ приобретает свойство растворяться в неагрессивной среде, иными словами, в такой среде, которая не меняет химические свойства помещенного в нее вещества. А это, между прочим, и некоторые биологические жидкости, и ткани живого организма.

И другое исключительно важное свойство привносит карбоксильная группа в обычную целлюлозу: она раздражает соединительную ткань, вызывает ее пролиферацию.

Оба эти свойства — растворимость и стимулирующий эффект — для хирурга поистине находка. К тому же, как выяснилось, они управляемы, поскольку прямо зависят от содержания в МКЦ карбоксильных групп.

Перед клиницистами открылись широкие горизонты. Взять хотя бы изготовление перевязочного и шовного материала. Салфетки из окисленной целлюлозы (МКЦ-марли, в которой содержалось 12% карбоксильных групп) накладывали на открытую рану, и они рассасывались в эксперименте на крысах уже через неделю. При этом нисколько не мешали нормальному развитию гранулем — зернышек новой соединительной ткани, образующихся на раневой поверхности. Более того, подса-

женные под кожу животного марлевые тампоны, комочки ваты, пучки нитей и прочие изделия из МКЦ стимулировали развитие этих гранулем...

Так профессор Л. И. Слущкий и его сотрудники из биохимической лаборатории РИТО открыли «метод МКЦ-гранулем». Значение его для биохимических исследований трудно переоценить. В руках исследователя оказывается модель важнейшей функции соединительной ткани — реакции пролиферации, в данном случае образования гранулем. Ученые получают возможность непосредственно наблюдать за реакцией. К тому же сам биологический материал особенно пригоден для экспериментальных целей — быстро освобождается от МКЦ, не содержит посторонних примесей.

Выше упоминалось, что свойства МКЦ прямо связаны с содержанием в ней карбоксильных групп COOH. Сочетая «метод МКЦ-гранулем» с количественными измерениями, биохимики установили: различные вариации COOH влияют не только на скорость рассасывания МКЦ в организме, от них зависит интенсивность развития соединительной ткани. Опыты свидетельствовали: чем выше содержание карбоксильных групп в подсаженном под кожу препарате МКЦ, тем больше волокон коллагена накапливается в ткани, да и сама гранулема увеличивается в размерах.

Значит, речь идет уже не просто о стимулировании ткани. Видимо, можно рассчитывать на упорядочение протекающих в ней реакций. Иначе говоря, возможно управлять патологическими процессами.

Многообещающая перспектива, скажем, используя различные вариации COOH, создавать необходимые материалы для швов, тампонов, перевязок, прокладок. Такую прокладку не страшно забыть в ране — напротив, она даст более прочный рубец.

Открывается и другая, не менее заманчивая возможность. Конкретно она выглядит так. Больному, в соответствии с характером недуга, назначают шовный и перевязочный материал. Как могли бы назначить таблетки, микстуру, диету... Врач учтет и общее состояние пациента, и особенности его организма, будет принято в расчет даже настроение. Количество такого «лекарства», рекомендуемого именно данному больному, заранее точно рассчитано, строго дозировано. Рассасываясь в ор-

ганизме, оно ускорит исцеление травмы, приблизит окончательное выздоровление.

Но и это еще не все. Дело в том, что МКЦ легко подвергается различным химическим превращениям. К ее свободным карбоксильным группам (которые обычно заряжены отрицательно) сравнительно просто присоединяются разнообразные катионы — атомы того или иного вещества, несущие положительные электрические заряды. Образуется соль.

Таким образом, диапазон регулирующего влияния МКЦ на развитие соединительной ткани в нужном направлении расширяется. Химически преобразованные МКЦ представляют в этом отношении большой интерес. Некоторые их разновидности биохимики уже изучают в эксперименте.

И еще. Патологические процессы, вызывающие необходимость врачебного вмешательства, чаще всего носят локальный, местный характер. Заживление раны, например. Идеальный вариант — так же локально, узконаправленно воздействовать на этот процесс лекарственными средствами. Ведь общие воздействия, хотя бы и весьма эффективные (в частности, применение некоторых гормонов), неизбежно сказываются на состоянии всего организма. На локальное воздействие как раз и рассчитаны материалы из МКЦ.

В последнее время внимание биохимиков привлекла еще одна область, связанная с регулированием жизненных функций в организме, — магнитобиология. Ранения и переломы костей — нередкое явление у нейротравматологических больных. Вместе с нейротравматологами биохимики наблюдают, как постоянное магнитное поле (ПМП) действует на пролиферацию соединительной ткани, как оно влияет на заживление кожных ран и переломов. Экспериментально доказано: магнитные поля для этой цели не только безвредны, но при определенной величине способствуют исцелению травмы. Макромолекулы соединительной ткани, в частности коллагена, несут на себе электрические заряды. Роль электростатических взаимодействий молекул, в организации структуры ткани не вызывает сомнений. Можно предполагать, что магнитное поле воздействует на эти процессы. Окончательные выводы делать еще рано — идут эксперименты. Но уже сейчас складывается впечатление, что будут получены ощутимые результаты.

## МЕТАЛЛ, УПРАВЛЯЕМЫЙ МЫСЛЬЮ

**«Запчасти» организма.** О протезах мечтали еще античные механики. Почти две тысячи лет назад известный ученый и писатель древности Плиний Младший упоминал об одном римском воине, потерявшем правую руку. Римлянину изготовили легкий железный протез, с помощью которого он мог удерживать щит.

Дошли до нашего времени эскизы различных протезов эпохи Возрождения. Счастливый случай сохранил плотные картонные листы с подробными чертежами хитроумных протезов, придуманных замечательным русским ученым-самоучкой И. П. Кулибиным.

Вековая мечта помочь страждущему, дать ему если не эквивалент, то хоть какую-то приемлемую замену утраченной руки или ноги обретала реальность с трудом. Даже самые замысловатые протезы оставались в итоге непослушными, неуправляемыми, чужими для организма механическими придатками. Правда, были попытки использовать — чисто механически — остатки мышц для управления протезами.

В середине прошлого века распространение получили так называемые тяговые протезы рук. В них специальные гибкие тяги передавали усилие от сохранившихся мышц, приводя в действие исполнительные механизмы. Несмотря на то что тяговые протезы стали сегодня совершеннее, все это в конечном счете не привело к созданию действительно управляемых протезов.

Решение пришло на принципиально ином уровне. Группа советских ученых создала первые в истории протезы, управляемые биотоками мышц.

Появление в 1958 году сообщений о советских биопротезах вызвало в полном смысле этого слова мировую сенсацию. Известный советский популяризатор науки писатель Владимир Орлов, вспоминая о своей встрече с Норбертом Винером, привел высказывание из его посмертной книги «Бог и Голем», где основоположник кибернетики рассуждает о созданном в Советском Союзе биопротезе: «Представим себе, что человек лишился кисти руки. Он лишился некоторых мышц, которые позволяли ему сжимать и разжимать пальцы, однако большая часть мышц, обычно двигающих рукой, сохранилась в культе локтевой части руки. Эти мышцы хотя и не могут привести в движение кисть

и пальцы, которых нет, но они вызывают некоторые электрические эффекты, называемые потенциалами действия. Эти потенциалы могут восприниматься соответствующими электродами, а затем усиливаться и преобразовываться транзисторными схемами. Такие потенциалы можно использовать для управления движениями искусственной руки при помощи миниатюрных электродвигателей, которые питаются от батарей и аккумуляторов... Источником управляющих сигналов служит обычно центральная часть нервной системы... Подобные искусственные руки уже были изготовлены в России, и они даже позволили некоторым инвалидам вернуться к производительному труду».

Исключительно важная особенность биоэлектрических сигналов, о которой говорит Винер, заключается в том, что человек может ими управлять: произвольно, по своему усмотрению, усиливать или уменьшать величину сигнала. В этом и заключена сущность биопротезирования.

Несколько технических подробностей. Обычно технические устройства (радиоэлектронные, телеметрические и иные) управляются сигналами со строго заданными параметрами. В системах биоэлектрического управления таким сигналом являются биопотенциалы, снимаемые с мышц оператора (инвалида).

Основная сложность — связать биологический объект (инвалида в данном случае) с техникой: отвести его командные, управляющие сигналы. У разных операторов эти сигналы, естественно, различны — они слабее или сильнее. Существующие способы пока не позволяют снимать их так, чтобы условия отведения сохранялись постоянными, хотя бы на время работы управляемого протеза. Контакт между электродами и телом оператора так или иначе меняется — и от естественных различий отдельных операторов (например, индивидуальных особенностей кожи), и от условий окружающей среды. Так, при изменении температуры или влажности соответственно увеличивается или уменьшается потоотделение, а это влияет на надежность контакта. Контакт зависит также от многих психофизиологических факторов. Немедленно сказывается на активности мышц переутомление. Мешают контакту всевозможные стрессовые ситуации. Особенно снижается мышечная активность под влиянием алкоголя. Людям,

употребляющим алкоголь, биопротезы противопоказаны: у них очень трудно развить стойкие навыки управления, слишком много времени требуется для выработки автоматизма движений, рассеянное внимание ведет к неизбежным ошибкам.

Поиск надежного контакта связан с выбором материала, формы электродов, их взаимного расположения. На первых порах электроды в виде чашечки наполняли токопроводящей пастой — считалось, что этот способ наиболее надежный. Но паста высыхала. От нее отказались и перешли к более удобным металлическим электродам.

Самый обычный биопротез — «схват и раскрытие кисти» — на одну пару движений. Искусственная кисть, укрепленная на культе и повторяющая форму руки, позволяет ухватить предмет, удержать его и потом отпустить. Отсюда и термины — «схват», «раскрытие».

В норме движение конечностей происходит по двухканальной системе: сгибание—разгибание. Поэтому для управления схватом биопотенциалы отводят с мышц-сгибателей кисти, а для раскрытия кисти — с мышц-разгибателей.

Сокращением мышцы-сгибателя оператор посылает командный сигнал — совокупность импульсов с различными амплитудами. Сигнал очень слабый. Чтобы с его помощью можно было управлять исполнительным механизмом (например, искусственной кистью), его нужно усилить, и весьма значительно (в десятки и сотни тысяч раз), и при этом не исказить: сигнал на выходе усилителя должен повторять все изменения своей первоначальной формы. Но этого еще недостаточно. Для управления исполнительными механизмами электродвигателям нужен ток не менее одного ампера, тогда как электрическая активность мышцы в миллион раз меньше. Поэтому в дальнейшем сигнал необходимо усилить; перед усилением его сглаживают. Сглаженный сигнал подается на усилитель мощности. К выходу усилителя подключен электродвигатель исполнительного механизма. Последний начинает вращаться в нужном направлении, и искусственная кисть раскрывается.

Чтобы закрыть кисть, необходимо иметь второй такой же канал. Вновь подается команда, мышца сокращается, возникший биопотенциал отводится электродами. В результате аналогичной работы системы управ-

ления двигатель вращается в другую сторону. Кисть закрывается.

Амплитуда биоэлектрических сигналов зависит от степени сокращения мышц, что дает возможность осуществлять управление очень тонко — не только по принципу «да—нет», но менять также скорость движения протеза, силу схвата, то есть брать разнообразные предметы с определенной силой, в зависимости от того, какие они — тяжелые или легкие, объемные или миниатюрные, твердые и жесткие, или мягкие, хрупкие.

Чем выше ампутация, тем больше степеней свободы — возможных движений вокруг определенных осей — должен иметь протез. Но в этом случае меньше остается и мышц, которые можно использовать как источник командного сигнала.

У человеческой руки 27 степеней свободы. Создать аналогичный протез на сегодняшний день практически невозможно. Поэтому ученые и инженеры стремятся выявить наиболее важные движения, оптимальные условия протезирования, чтобы потеря функциональности была по возможности меньше. При ограниченном количестве мышц возникает необходимость создания многофункциональных систем управления протезом. Выявить потенциальные возможности протеза — главная задача специалистов — медиков, инженеров, физиологов.

Работа по созданию биопротезов началась осенью 1956 года. А в 1960 году на первом конгрессе Международной организации автоматического управления (ИФАК), где представляли ведущие страны по созданию систем управления разнообразными объектами, сотрудники Центрального научно-исследовательского института протезирования и протезостроения — ЦНИИППа — совместно с Институтом машиноведения докладывали о создании биоэлектрического протеза предплечья. Участники конгресса не только услышали впервые о новом начинании — они своими глазами увидели человека, пользовавшегося таким протезом. После доклада он подошел к доске и кистью искусственного предплечья написал приветствие участникам конгресса.

В мировой печати появились многочисленные сообщения: «Создан первый в мире биоэлектрический протез!» В Советский Союз начали приезжать зарубежные специалисты, первыми побывали в ЦНИИППе предста-

вители Италии, ФРГ, Австрии. Вскоре в Италии и Австрии уже серьезно занимались этой работой — вначале повторяя наш образец, затем несколько видоизменив конструкцию. Еще две страны — Англия и Канада — обратились к нашему правительству с просьбой продать им лицензии на право изготовления таких протезов. Их просьба была удовлетворена. Канада особенно активно воспользовалась полученной возможностью: в начале 60-х годов здесь уже довольно широко выпускали биоэлектрические протезы по советской лицензии.

Первоначально зарубежные фирмы закупали в СССР отдельные узлы протезов: кисти, системы управления, источники питания, остальное делали у себя сами. Впоследствии они изменили блоки питания и перестали пользоваться нашими «полуфабрикатами».

Наиболее инициативной оказалась Канада. К тому времени она уже имела солидный опыт протезирования. Ученые нашли новые синтетические материалы, разработали более совершенные конструкции. Появилась своеобразная комбинация советского биоэлектрического протеза с канадским. Это стимулировало разработку биопротезов в других развитых капиталистических странах — ФРГ, США, Франции. Над протезами собственной конструкции стали работать в Италии (Римский университет, Институт Риццоли). Их примеру последовала знаменитая фирма ОТО—БОК (ФРГ). Вскоре и австрийская фирма «Виенатон» начала поставлять на международный рынок полуфабрикаты для биоэлектрических протезов собственного образца. Конечно, все эти конструкции в той или иной мере дублировали советскую — во всяком случае, сохраняли принцип, заложенный первоначально в протезе, который был изготовлен в нашей стране. Сейчас биоэлектрические протезы на одну, две и три пары движений серийно выпускают итальянские фирмы; на одну-две пары движений — фирма ОТО—БОК, на одну пару движений — «Виенатон». Эти протезы получают многие европейские страны.

Выпуская серийные биоэлектрические протезы, большинство развитых стран (Япония, США, Швеция, Франция, Голландия, Италия) одновременно стремятся усовершенствовать системы управления — и самими протезами, и исполнительными механизмами. В частности, ведутся обширные разработки новых конструкций ис-

кусственной кисти. В некоторых странах (Япония, США) для этого даже используют мини-компьютеры. Цель подобных исследований — повысить функциональность протезов, их надежность, расширить контингент инвалидов, которые смогут ими пользоваться в зависимости от уровня ампутации, состояния культи.

Сегодня в области протезирования и протезостроения мы обмениваемся информацией с учеными многих стран, в том числе Англии, США, Франции, Италии, ведем широкие совместные исследования с протезистами ГДР. Представители ЦНИИППа — постоянные участники Международного симпозиума по применению внешних источников энергии в протезах конечностей. Каждые три года он проводится в югославском городе Дубровник.

**Резервы протезирования.** За последнее время ученые узнали много нового по принципиальному вопросу — о выработке биотоков мышцами, о возможности снятия этих биотоков, их усиления и сглаживания. Разработанные сейчас биопротезы с двумя и тремя парами движений значительно отличаются от первых биопротезов с одной парой движений. Исследования выявили: у разных людей электрическая активность мышц выражена по-разному, причем на различных мышцах она тоже имеет различную величину и, как показали последние работы, даже различную частотную характеристику. Что это значит?

Биоэлектрический сигнал, говоря инженерным языком, носит шумообразный характер, то есть включает в себе большое число частотных составляющих. При этом каждому больному свойствен специфический частотный максимум биоэлектрической активности от мышцы к мышце. У разных людей он проявляется на разных частотах: у одних приходится на более высокие, у других — на более низкие. В связи с этим совершенствовались не только системы управления протезами, но и физиологические методы тренировки электрической активности мышц.

Сигналы управления протезами стимулируют новейшими физиотерапевтическими средствами, в частности, вибромассажем и — особенно эффективно — электростимуляцией. В последнем случае мышца под влиянием электрического тока резко сокращается. Цикл таких тренировок увеличивает массу мышцы, соответственно

возрастает и ее электрическая активность. При этом улучшается общее состояние культи, усиливается кровообращение в ткани. Положительно действует на больного зрительная обратная связь, когда на экране осциллографа он наблюдает за возрастанием электрической активности собственных мышц. Как и постоянное пользование биопротезом, электростимуляция увеличивает биоэлектрическую активность мышц, позволяет поддерживать ее на определенном уровне. Конечно, биоэлектрическая активность не растет безгранично, но может достичь оптимальной для данного человека величины. Если эта активность у больного очень низка и практически не позволяет управлять протезом, с помощью электростимуляции обычно достигается достаточно сильный биоэлектрический сигнал.

Новая сложная задача возникла при подготовке к протезированию биоэлектрическими протезами детей. Обычные методы подготовки и тренировки мышц для управления протезами здесь оказались неприемлемыми. Дело в том, что в биоэлектрическом протезировании нуждаются в основном дети с врожденным недоразвитием конечностей. Здоровый ребенок не задумывается, как согнуть или разогнуть кисть. Для маленьких пациентов ЦНИИППа это серьезная проблема. Малыш не понимает, какое движение надо сделать, чтобы взять предмет, отпустить его, перенести с места на место. Задача заключалась в том, чтобы снять сигналы с мышц, которые в норме этими движениями никогда не управляли: ведь конечность отсутствовала от рождения. Необходимо было подобрать движения, соответствующие сгибанию и разгибанию кисти у здорового человека, и научить детей этим движениям. Важно было создать у них определенный эмоциональный настрой, интерес к тренировке. С этой целью попробовали применить игровые методы. Веселый повараенок, ловко переворачивающий на сковороде яичницу, привлекал ребенка, конечно, больше, чем непонятный, невыразительный аппарат. Приборы со световой или звуковой сигнализацией в виде привычных для детей игрушек управляются благодаря биоэлектрической активности мышц недоразвитой конечности. Стимулируя мышцу, удалось получить необходимую биоэлектрическую активность.

Дети, например, с помощью биопотенциалов через биоэлектрическую систему управления водят игрушеч-

ные электрические автомобильчики, наблюдают за их движениями. Вообще с этой целью можно использовать различные игры: интерес у малышек они вызывают большой, тренировка проходит легче и гораздо эффективнее, не вызывает утомления и других отрицательных реакций даже у самых маленьких детей (начиная с двухлетнего возраста).

Медики рекомендуют начинать протезирование как можно раньше: именно в раннем возрасте вырабатываются более устойчивые рефлекторные связи, не говоря уже о том, что ребенок легче привыкает к своему положению.

Несколько таких протезов уже изготовлено, сейчас готовится их серийное производство. Видимо, серийный образец с кистями самых малых, как здесь принято говорить, типоразмеров появится уже в ближайшее время, и тогда можно будет обеспечить биоэлектрическими протезами остро нуждающихся в них маленьких пациентов в возрасте от трех лет и выше.

Сложность создания этих протезов заключается не только в чисто физиологических методах подготовки детей и отведения сигналов. Здесь немало и технических трудностей, связанных прежде всего с микроминиатюризацией механизмов электронной части протеза. Такая микроминиатюризация касается, конечно, не только детских протезов — просто для детского возраста эти вопросы стоят особенно остро, ведь речь идет о крохотной кисти, где все необходимые механизмы должны быть размещены в пределах очень маленького по габаритам протеза.

Несколько слов об отведении биопотенциалов от мышц. До сих пор это делалось традиционно: биопотенциалы отводились поверхностно, через кожу. Электроды, с помощью которых отводят биопотенциалы, совершенствуются: изыскиваются оптимальная форма, расположение, материал. Представляют определенный интерес и возможности безэлектродного отведения биопотенциалов.

Представьте себе электронные устройства, которые при помощи электромагнитных волн смогут передавать на короткие расстояния преобразованный высокочастотный сигнал — изменение биопотенциала мышц. Сигнал будет восприниматься устройством, расположенным на

протезе. Имеется в виду имплантированный (вживленный) электрод.

Сравнивая биопротезы с двумя и тремя парами движений и первоначально разработанные протезы с одной парой движений, можно выявить несколько существенных различий. Главное: первоначальный вариант отличаются лишь активный хват и раскрытие кисти. В протезе с двумя парами движений возможно также вращательное движение с разворотом ладони вниз — так называемая супинация—пронация. А третья пара движений (для тех случаев, когда ампутация произведена выше локтя) допускает еще один активно управляемый биопотенциал: сгибание—разгибание в локтевом шарнире. Причем все разновидности протезов с двумя и тремя парами движений, которые уже внедряются в практику, предусматривают использование только одной пары мышц-антагонистов. В протезе плеча, например, для отведения сигналов служат двухглавая и трехглавая мышцы — бицепс и трицепс, они управляют всеми тремя приводами.

Возможности функционального использования протезов с двумя и тремя парами движений неизмеримо возросли. Сгибая и разгибая руку в локтевом шарнире, можно манипулировать предметом, придавать ему различную ориентацию. Это значительно облегчает возможность самообслуживания, особенно инвалиду без обеих рук. Например, при таком, казалось бы, нехитром занятии, как еда ложкой или вилкой. На самом деле функция эта довольно сложная, поскольку требует одновременного движения нескольких шарнирных соединений. Обогащение протеза активными сочленениями дает возможность выполнять достаточно сложные действия, которые просто неосуществимы, если протез рассчитан только на одну пару движений, особенно при ампутации выше локтя: человек может причесываться, бриться, выполнять другие бытовые движения, связанные с самообслуживанием.

Уже более трех лет группа инвалидов войны и труда успешно использует новые биопротезы с двумя и тремя парами движений. Новые протезы успешно помогают им в жизни и на производстве.

Протез-робот? Если раньше речь шла только о механизации протеза, то теперь настала пора его автоматизации. Новые биопротезы с двумя и тремя парами

движений, управляемые волевым методом при помощи биотоков мышц, будут сочетаться с автоматизированными системами управления. Уже разрабатывают программы для этих биопротезов. Органическое сочетание волевого управления благодаря собственным биотокам и введенных программ должно в итоге привести к тому, что автоматизированные программы станут для инвалида собственными рефлекторными программами.

В биопротезе с одновременными движениями в нескольких искусственных сочленениях осуществляется эргономический подход. Это значит, что в системе человек—машина—среда (в данном случае инвалид—протез) не должно быть чрезмерной психофизиологической утомляемости, уровень ее напряженности не должен превышать определенной величины.

Управлять многофункциональными протезами можно по-разному, например, по типу биоэлектрического образа. Суть такой системы в том, что двигательные программы, выработанные в центральной нервной системе, воспринимаются на уровне биопотенциалов нескольких мышц. Это требует применения компьютера, что для практических нужд не совсем удобно.

Самый простой способ — одновременное биопротезирование несколькими исполнительными механизмами. При этом число управляющих мышц (или пар мышц-антагонистов) соответствует числу исполнительных механизмов, то есть каждый реверсивный привод управляется независимо от соответствующей мышцы или пары мышц. Для многофункциональных протезов такой способ ближе всего к естественному, так как имеется принципиальная возможность управлять всеми движениями одновременно — последовательно или в любых комбинациях. Однако есть весьма серьезное препятствие, и оно связано уже не с техникой, а с физиологией. Дело в том, что число мышц, которые инвалид способен произвольно и независимо активизировать, с физиологической точки зрения существенно ограничено. Уже два-три одновременно управляемых исполнительных механизма, как правило, предъявляют оператору слишком высокие требования. Такой путь подготовки многофункциональных протезов неприемлем, так как связан с повышением психофизиологической напряженности инвалида. Он быстро утомляется, и как следствие неизбежно снижается эффективность управления. Этот не-

достаток становится особенно заметным при пропорциональном управлении, когда инвалиду необходимо независимо и тонко дозировать активность сразу нескольких мышц. Кроме того, с увеличением числа исполнительных механизмов (начиная с двух и более) резко возрастают трудности управления при высоких уровнях ампутации: оператору труднее обнаружить и практически использовать необходимое число пригодных для управления источников биопотенциалов мышц. Таким образом, в целом ряде случаев, в частности, как мы видим, для сложных координированных движений многофункционального протеза руки, способ независимого одновременного управления не очень эффективен. Слишком резко повышается допустимый уровень физиологической напряженности оператора-инвалида, слишком много энергии приходится ему тратить на необходимые движения. Ни специалистов, ни тем более пациентов такой протез устроить, конечно, не может.

Была поставлена задача повысить качество функционирования системы инвалид—протез, сделать ее высокоэффективной, добиться, чтобы сложные координированные действия с помощью биопротеза выполнялись эстетично, а главное, чтобы оператор-инвалид меньше утомлялся.

Эту задачу можно решить одновременной работой исполнительных механизмов (например, электроприводов), которые в каждый момент времени управляются лишь одним источником биопотенциалов. Для этого человек осуществляет биоэлектрическое управление от биопотенциалов только одной мышцы. Работа остальных приводов уже функционально зависит от работы первичного привода.

Сочетание волевого управления с элементами программирования, автоматизации снижает уровень психофизиологической напряженности. Выполняя то или иное движение, инвалид тратит на него меньше энергии, может работать, не утомляясь длительное время.

Но не превращается ли в таком случае система инвалид—протез в какую-то систему типа робота-манипулятора? Нет. При введении элементов автоматизации волевого сознательное управление остается за человеком. Пользуясь той или иной подпрограммой, инвалид в процессе выполнения сложного координированного движения может его определенным образом корректи-

ровать. Кроме того, он может прибегать к небольшим компенсациям за счет движений плечевого пояса, головы и т. д. Уже это говорит о том, что движения протеза не являются движениями автомата. Надо сказать, что введение элементов автоматизации в какой-то мере отвечает и бионическому принципу построения протезов, поскольку соответствует многоуровневому иерархическому способу управления центральной нервной системой, как это обычно происходит у здорового человека при координации сложных движений.

Кроме биопротезов рук наши специалисты работают над электростимуляцией мышц нижних конечностей при спастических параличах (парезах). Инженеры и врачи решают сложную проблему налаживания устойчивой походки у таких больных. В частности, стремятся скорректировать деятельность больной ноги с другой, здоровой.

В лаборатории средств биостимуляции, корсетов и аппаратов ЦНИИППа ведутся наблюдения за работой мышц нижних конечностей при сложных двигательных актах. В частности, изучают больных детским церебральным параличом. Причины заболевания и формы его проявления разнообразны. Иногда оно развивается с детства, но чаще бывает врожденным. Оно может быть вызвано неправильным течением беременности, различными отклонениями при родах, в период новорожденности и в самом раннем детском возрасте, когда дети особенно подвержены инфекции. При этом нарушения в работе нервной системы ведут к неправильно распределению мышечного тонуса и слабости мышц.

В самом общем виде происходит следующее. Одна группа мышц начинает преобладать над другой, нарушается согласованность в их работе, в результате развивается координация движений, меняется поза. Биомеханики установили, что энергия при ходьбе у таких больных увеличена по сравнению с нормой примерно вдвое. Почему меняется рисунок движения? В чем причина двигательных нарушений? Биомеханические исследования работы мышц ведутся в двух основных направлениях. Необходимо выявить, какова роль отдельных мышц при различных движениях, и установить, как регулирует работу мышц центральная нервная система.

Созданная в нашей стране новая схема портативного

электростимулятора — одно из возможных практических решений. Этот прибор, величиной немногим более табакерки, в процессе ходьбы стимулирует мышцу при неправильных движениях в соответствии с естественной программой ее действия в этом двигательном акте. Датчик, который согласовывает работу стимулятора с определенной фазой шага, устанавливается на коленный сустав. Под влиянием электрораздражения, безопасного и безвредного для организма, мышца в определенной фазе шага сокращается, что вызывает коррекцию движения. Сделано это должно быть тонко, чтобы получилась именно коррекция, а не «подножка». Такая коррекция не только улучшает рисунок движения при ходьбе, но и существенно снижает затраты энергии на те или иные движения. В настоящее время ведутся экспериментальные работы. Их цель — выявить возможности применения такой электростимуляции для исправления неправильной походки при различных формах поражения ног. >

Программа дальнейшего совершенствования разработки и выпуска новых протезов конечностей (в том числе протезов рук с биоэлектрическим управлением) рассчитана до 1990 года. Она действует с 70-х годов, когда практически закончилось освоение первых серийных протезов и началось их совершенствование. Таким образом, принцип программы — от простого к более сложному. Первый ее этап — разработка и внедрение в промышленность протезов с так называемым релейным системным управлением (включено—выключено) — завершился в 1977 году внедрением протезов с двумя и тремя парами движений. Но еще до его завершения началась работа над новыми протезами с пропорциональной системой управления. Их особенность? Управление исполнительными механизмами происходит плавно, за счет изменения величины биоэлектрической активности мышц, иначе говоря, величины отводимых от мышц биоэлектрических сигналов.

Предусмотрено расширить выпуск протезов в соответствии с уровнем ампутации, начиная от ампутации на уровне кисти, точнее, пястной кости, до вычленения в плечевом суставе.

Что касается путей совершенствования узлов исполнительных механизмов (имеются в виду прежде всего искусственная кисть, привод оотания и впадения ее,

а также механизм сгибания протеза в локтевом суставе), то это не только миниатюризация. Повышая их надежность, применяя усовершенствованную технологию изготовления, новейшие материалы, специалисты рассчитывают разработать исполнительный механизм вращательного движения в плече. Это позволит к 1990 году создать протез на четыре пары движений, то есть и на движение в плече.

Восстановить нарушенное, максимально сохранить полноценную, функционирующую ткань, сосуды вернуть кровоток, пищеводу — проходимость, трахее — дыхательную функцию, ноге — опорную... Мы видим, что решение этих проблем зависит не только от медиков и биологов. К работам подключаются представители многих наук, и в первую очередь математики, физики, химии, инженеры.

Лишь в самое последнее время накопленный опыт операций на легких, сердце, средостении, пищевод, современные методы обезболивания, новая хирургическая техника, достижения диагностики, биохимии, биомеханики позволили перейти к сложнейшим пластическим и восстановительным операциям.

Операции на сердце и сосудах, пересадка здоровой почки на место гибнущей, восстановление функций трахеи, легких, пищевода и другие сложнейшие хирургические вмешательства — свидетельство общего высокого уровня советской медицины. Именно эти достижения позволили сделать крупный принципиальный шаг к осуществлению многовековой мечты и цели медицины — найти эффективные пути борьбы с травмами, научно обоснованного эффективного протезирования самых разнообразных органов.

*Анна Ильинична Мирлис*  
СОЗИДАЮЩАЯ ХИРУРГИЯ

Заведующий естественнонаучной редакцией *А. Нелюбов*. Редактор *А. Поликарпов*. Мл. редактор *Л. Иваненко*. Художник *Л. Ромасенко*. Худож. редактор *М. Бабичева*. Техн. редактор *Т. Пичугина*. Корректор *Р. Колокольчикова*

ИБ № 2492

Сдано в набор 18.02.80 г. Подписано к печати 8.04.80 г. А 03871. Формат бумаги 84XЮ8/32. Бумага типографская №\*1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3753. Тираж 151480 эк. Заказ № 397. Цена 11 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 806205.

Типография Всесоюзного общества «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.