

Д Э В И Д К О У Л Т Е Р

# АНАТОМИЯ ХАТХА-ЙОГИ

Руководство для студентов, преподавателей  
и практикующих врачей

*Продано более  
100 000 экземпляров*



*Лауреат премии  
Бенджамина  
Франклина*



Обновленное издание  
международного бестселлера

Атлас человека: профессионально-популярное издание

Дэвид Коултер

**Анатомия хатха-йоги**

«Издательство АСТ»

2001

УДК 796.41  
ББК 75.6

**Коултер Д.**

Анатомия хатха-йоги / Д. Коултер — «Издательство АСТ»,  
2001 — (Атлас человека: профессионально-популярное издание)

«Йога – это не физические упражнения и не религия, но настоящая наука». Перед вами всеобъемлющее, дополненное полноцветными иллюстрациями издание, в котором подняты две важнейшие темы: описание поз хатха-йоги (асан) с помощью анатомической терминологии и согласование с данными медицинской науки результатов воздействия асан на работу организма. Книга будет полезна всем тем, кто серьезно относится к изучению или преподаванию йоги, и станет бесценным ресурсом для любого, кто связан с физической подготовкой.

УДК 796.41

ББК 75.6

© Коултер Д., 2001  
© Издательство АСТ, 2001

## Содержание

Предисловие	6
Введение	8
Обоснование	10
Глава первая. Движение и поза	13
Нервно-скелетно-мышечная система	14
Нервная система	20
Рефлексы	28
Вестибулярный аппарат, зрение и осязание	38
Соединительнотканнные ограничители	42
Растяжение	50
Три позы	52
Подведение итогов	56
Глава вторая. Дыхание	57
Анатомия дыхательной системы	58
Конец ознакомительного фрагмента.	59

# Дэвид Коултер

## Анатомия хатха-йоги

H. DAVID COULTER

ANATOMY OF HATHA YOGA:

A MANUAL FOR STUDENTS, TEACHERS, AND PRACTITIONERS

First published by Body & Breath, Inc.

Печатается с разрешения издательства Body & Breath, Inc. и литературных агентств Sylvia Hayse Literary Agency LLC, [www.sylviahayseliterary.com](http://www.sylviahayseliterary.com) и Nova Littera SIA.

Все права защищены. Ни одна часть данного издания не может быть воспроизведена или использована в какой-либо форме, включая электронную, фотокопирование, магнитную запись или иные способы хранения и воспроизведения информации, без предварительного письменного разрешения правообладателя.

© 2001 by H. David Coulter

© 2001 by Timothy McCall

© ООО «Издательство АСТ», 2020

\* \* \*

## Предисловие

Приверженцы хатха-йоги убеждены в ее целительных возможностях, в ее эффективности при множестве заболеваний – от боли в позвоночнике и туннельного синдрома до рассеянного склероза и синдрома приобретенного иммунодефицита.

Несмотря на всплеск популярности йоги, ученые и врачи не спешат раскрыть ей свои объятия. Для научного и медицинского сообщества йога остается мистическим и почти религиозным учением, не имеющим никакой естественно-научной опоры.

Однако по мере того, как Запад все больше поворачивается лицом к Востоку, усиливается и интерес к эмпирическим методам традиционной восточной медицины. Но западная медицина неумолимо требует объективных доказательств и описания механизмов действия.

Прорыв начался в девяностых годах, когда кардиолог Дин Орниш показал, что занятия йогой и соблюдение определенной диеты способствует устранению блокады коронарных артерий (что прежде считалось невозможным), а Мариан Гарфинкель и его коллеги доказали эффективность хатха-йоги в лечении синдрома карпального канала, этого бича компьютерной эры.

Проведению масштабных рандомизированных и контролируемых исследований мешают несколько обстоятельств: недостаток финансирования, ибо в отличие от фармацевтической отрасли йога финансово не поддерживается мощными транснациональными корпорациями. Ждать таких исследований в ближайшие годы не приходится.

Однако неужели не стоит опробовать метод, который не причиняет вреда здоровью и – что феноменально – производит положительный побочный эффект?

Удивляет и еще одно обстоятельство: даже среди других методов альтернативной медицины йога занимает место нелюбимой падчерицы. Ее считают всего лишь «средством, снимающим стресс».

В этом контексте я, как йог и врач (имевший хорошую подготовку по анатомии, но почти все забывший, в чем сознаюсь очень неохотно даже самому себе), получу огромную пользу от книги Дэвида Коултера, которую вы сейчас держите в руках. В ней автор, преданный приверженец йоги и профессор анатомии, преподававший ее в двух именитых университетах, перекидывает мост от эмпирической йоги к современной биологической науке, находя естественно-научные объяснения целительной эффективности древней йоги. Неподготовленному читателю я советую не отчаиваться и не спешить, и тогда – как и в йоге – его усилия будут вознаграждены.

*Тимоти МакКолл,*

*Бостон, Массачусетс, январь 2001 года.*

Эта книга была задумана двадцать пять лет назад, когда я преподавал нейробиологию, гистологию и нормальную анатомию на кафедре клеточной биологии и нейроанатомии Миннесотского университета. В это же время я познакомился с йогой. Тогда в Миннесоте часто читал лекции Свами Рама, основатель Гималайского института. Именно он утверждал, что йога – это не физические упражнения и не религия, но настоящая наука, и он хотел, чтобы этот факт был подтвержден биомедицинскими научными исследованиями. Именно это было целью его частых визитов на Запад, и эта цель была отражена в названии основанного им учебного заведения – Гималайского международного института научной и философской йоги. Идея соединения йоги с современной наукой нашла в моей душе живейший отклик. Вскоре после того, как я сообщил о своем интересе Сваמידжи, он перезвонил мне, пригласил к себе с предложением поговорить о написании книги о связи анатомии и хатха-йоги. Так было положено – в 1976 году – начало этого проекта.

Попытки начать писать книгу я предпринимал неоднократно, но без особого успеха. Так оно и шло, ни шатко, ни валко, с лета 1976 по 1995 год, когда после многих мягких (и не очень мягких) увещаний Свамиджи поставил вопрос ребром: я должен, не уклоняясь от своего долга, закончить книгу. Если я попытаюсь бежать, предостерег меня учитель, то он найдет меня и на краю Земли, и страшно представить, что он тогда со мной сделает. По счастью, он успел увидеть сырую, но законченную книгу за год до своей кончины в ноябре 1996 года.

### Цветная маркировка тканей и анатомических структур

	Жир
	Кожа
	Мышцы
	Сухожилия, связки и хрящи
	Кости
	Внутренние органы
	Оксигенированная кровь
	Дезоксигенированная кровь
	Дыхательные пути
	Нервы
	Центральная нервная система

## Введение

Всеобъемлющее руководство по анатомии хатха-йоги следовало написать давно, но этого не случилось, и моя книга – попытка восполнить этот пробел. После размышлений, продолжавшихся двадцать пять лет, мне стало ясно, что такая работа должна связать воедино две темы: во-первых, описание поз хатха-йоги (асан) с помощью анатомической терминологии и, во-вторых, согласование с данными медицинской науки результатов воздействия асан на работу организма. В этом отношении основное внимание в книге уделено скелетно-мышечной, нервной, дыхательной и сердечно-сосудистой системам: скелетно-мышечной, потому что ее посредством выполняются упражнения, нервной, потому что именно она управляет всеми нашими произвольными мышечными движениями, дыхательной системе, потому что в йоге именно дыханию придается особое значение, сердечно-сосудистой системе, потому что неестественные позы невозможно оценить, не понимая динамику кровообращения. Большинство утверждений основано на практике – на экспериментах, наблюдениях за работой собственного тела и анализе этих ощущений и наблюдений.

Книга предназначена для преподавателей йоги, медицинских специалистов и всех, кто интересуется структурными и функциональными аспектами хатха-йоги. Эта книга будет также полезна сторонникам альтернативной медицины, так как научит их полноценно общаться с поборниками строго научной современной медицины. Для того чтобы эффективно помочь всем этим людям, я включил в книгу только тот материал, который признан в современной биомедицинской науке, избегая упоминания таких, не относящихся к научной физике понятий, как прана, надис и чакры, подтвердить наличие которых в настоящее время невозможно научными методами, поскольку у этих понятий нет очевидных параллелей в биологической науке рубежа третьего тысячелетия.

Книга начинается с обсуждения некоторых основных предпосылок, задающих работе философскую тональность и предполагающих вдумчивый и физически обоснованный подход к позам. После вступления следуют десять глав, три из которых составляют необходимый фундамент для понимания остальных семи. В первой главе изложены основные принципы анатомии и физиологии хатха-йоги. Вторая глава посвящена дыханию, так как способ его очень важен для правильного выполнения движений и поз. За описанием дыхания, в третьей главе, обсуждаются упражнения для тазовой области и живота, и этому есть три причины: во многих из этих упражнений используются специализированные способы дыхания, эти упражнения разогревают мышцы и готовят организм к выполнению поз, а кроме того, надо помнить, что таз и живот – это основа и фундамент человеческого тела. В четвертой главе рассматриваются стоячие позы, так как именно они очень важны для начинающих учеников и служат подготовительным этапом для овладения разгибательными, наклонными и вращательными позами, которые детально рассмотрены в главах 5, 6 и 7. Положение головы и плеч, включая сведения по работе сердечно-сосудистой системы, обсуждается в главах 9 и 10. Позы для релаксации и медитации рассматриваются последними, в главе 10.

Будет полезно поэкспериментировать с каждой позой, предпочтительно в том порядке, в каком они приведены в книге. Такой подход поможет лучше усвоить анатомию костно-мышечной системы во всем ее богатстве, привнесет вкус науки в вашу жизнь, а также позволит понять строение тела и научиться безопасно им пользоваться. Если некоторые разделы покажутся вам неподъемными, то вы всегда сможете легко выйти из положения – просто переверните страницу или несколько страниц. Переходите непосредственно к описаниям поз, и тогда большую часть обсуждения вы поймете из контекста. Однако все время помните, что знание – это сила, и для того, чтобы с пользой общаться с любителями, у которых возникают чисто технические

вопросы, или с медиками, у которых вы, возможно, захотите спросить совета, вам все же придется освоить наиболее трудные разделы этой книги – этого потребует сама жизнь. Тем же, для кого чтение этих разделов не представит особого труда, я рекомендую заглянуть в книгу Альтера «Наука гибкости», а также и в другие источники, приведенные в конце книги.

## Обоснование

Во второй половине двадцатого века школы хатха-йоги пустили корни на Западе. Некоторые из этих школ основывались на аутентичной устной традиции йоги. Некоторые были модифицированы, так как их руководители стремились идти навстречу современным требованиям, но их учителя не порывали при этом с древним искусством, наукой и философией йоги. Были, правда, и такие учителя, которые разработали современные модификации хатха-йоги, на которые традиционалисты смотрели не без некоторого подозрения. Представьте себе, например, такую рекламу в книжном магазине: «Станьте богатыми, молодыми и красивыми с помощью хатха-йоги!» Я бы, пожалуй, купил книгу...

Многие школы хатха-йоги по-разному подходят к умению учеников выполнять позы и упражнения (это умение зависит от тренированности, возраста и состояния здоровья). Собственно говоря, эта разница не столь уж важна, потому что главное в хатха-йоге – это не овладение сложными позами и не достижение сказочной гибкости, а осознание: осознание собственного тела, осознание дыхания, а для тех, кто читает эту книгу, – осознание анатомических принципов, лежащих в основе каждой позы. Из осознания вытекает умение владеть собственным телом, а уже из него возникают грация и красота. Даже неумелое выполнение поз начинающими учениками несет в себе зародыш равновесия и элегантности.

Как достичь такого совершенства – это уже другой вопрос, и поэтому приведенные ниже указания не следует воспринимать как заповеди, высеченные в камне; их цель – создание системы отсчета, опираясь на которую можно обсуждать анатомию хатха-йоги.

### Сосредоточение внимания

Сосредоточьте внимание на собственном теле. Можно сосредоточиться на дыхании, тканях, которые в данный момент подвергаются растяжению, на суставах, скорости движений или взаимоотношении дыхания и растяжения. Можно сконцентрироваться также на принятии позы и выходе из нее. Полная сосредоточенность на всем происходящем в организме доступна лишь опытным практикам; рассеянное внимание характерно для начинающих и не зависит от трудности позы. Хатха-йога тренирует не только тело, но и сознание, разум, поэтому все время, делая упражнения, максимально фокусируйте внимание.

### Осознание дыхания

В главах 2–7 мы увидим, что вдох помогает овладеть многими позами, придавая устойчивость грудной клетке и туловищу. Например, если вы ляжете ничком на пол и попытаетесь выполнить позу кобры (см. рис. 2.10), то заметите, что это легче сделать на вдохе. С другой стороны, есть позы, которые легче принимать на выдохе. Если вы попробуете сесть и наклониться вперед, то увидите, что на выдохе легче приблизить грудную клетку к бедрам (см. рис. 6.13). В любом случае вы получите двойное преимущество: брюшное дыхание (с участием диафрагмы) способствует растяжению тканей, а осознание этих эффектов помогает доводить позу до совершенства, исправляя мелкие погрешности.

Принимая позы, следите за тем, чтобы дыхательные пути были открыты, дышите через нос, спокойно, ровно и плавно. Никогда не задерживайте дыхание и не сопровождайте дыхание звуками, если только этого не требуют правила выполнения некоторых практик.

## **Создание прочной основы**

При выполнении каждой асаны проанализируйте ее архитектуру и выделите основные мышцы, которые ее поддерживают: при выполнении стоячих поз – это мышцы-разгибатели нижних конечностей; мышцы плечевого пояса, шеи и позвоночника, а также мышцы туловища в стойке на плечах; все мышцы тела при выполнении позы павлина. Обращайте внимание и на анатомию заинтересованной области тела – для того, чтобы избежать травм и лучше понять суть позы.

Есть и еще одна основа тела – соединительная ткань, пронизывающая все тело, в особенности та соединительная ткань, которая связывает в единое целое опорно-двигательную систему. Соединительная ткань напоминает арматуру, которая усиливает конструкции из бетона; она не видна, но соединяет части в единое целое и не дает им рассыпаться. Для того чтобы укрепить эту ткань, готовясь к выполнению самых трудных поз, сосредоточьтесь прежде всего на суставных капсулах, сухожилиях, связках и соединительнотканых футлярах, одевающих мышцы. Практический метод достижения этой цели заключается в тренировке силы мышц в последовательности изнутри наружу, начиная с центральных мышц туловища и заканчивая мышцами конечностей. Если вы начнете с мышц конечностей, то рискуете получить боль в суставах, так как они окажутся не подготовленными к нагрузке. Если вы не штангист, то растяжение и гибкость представляют для вас не самую главную проблему. Только по мере овладения мастерством можно обращать все большее внимание увеличению амплитуды движений в суставах.

## **Принятие позы и выход из нее**

Приняв позу, вы на некоторое время застываете в состоянии покоя. Это успокаивающее ощущение, но наслаждаться этим состоянием можно только при условии, если вы полностью осознаете, как приняли позу и как будете из нее выходить. Если вы будете рывками переходить от одной позы к другой, то не сможете насладиться этим путешествием, а оно само не менее важно, чем его цель. Поэтому принимать позу и выходить из нее надо медленно и осознанно. Двигаясь, наблюдайте за своим телом: следите за кистями, запястьями, предплечьями, локтями, плечами и плечевым поясом; за стопами, голеностопными суставами, голенями, коленями, бедрами и тазобедренными суставами; за тазом, животом, грудной клеткой, шейей и головой. Очень скоро у вас появится осознание работы тела, вы почувствуете, что организм функционирует как единое целое, а это поможет вам выявить недостатки практики и устранить их. Когда вы научитесь двигаться более грациозно, вам станет легче выполнять позы.

## **Не игнорируйте боль**

Прислушиваетесь ли вы к боли и ее сигналам? Если у вас болит спина, то меняете ли вы позу, чтобы уменьшить боль? Трепетно ли вы относитесь к своему телу, или вас так захватывают упражнения, что вы готовы забыть о боли? Если вы не прислушиваетесь к голосу тела, то вы – первый кандидат на растяжение мышц, тендинит, ущемления нервов и травмы межпозвоночных дисков. Для того чтобы избежать связанных с хатха-йогой травм, нужно уважительно относиться к собственному организму.

Занимаясь хатха-йогой, надо всеми силами избегать боли. Если у вас за плечами нет многолетних тренировок, то игнорирование боли не только приведет к травме, но породит страх; ваша нервная система сохранит это ощущение и каждый раз будет мешать повторить

позу. Боль – это дар; она говорит нам, что в организме возникли какие-то неприятности. Проанализируйте их природу; не спешите, и, руководствуясь самоощущениями и наставлениями компетентного учителя, вы сможете сделать другое упражнение, которое позволит преодолеть трудность без ненужной боли.

### **Приучите себя к регулярности и осторожности**

Старайтесь заниматься каждый день в одно и то же время. Такая привычка поможет легче анализировать прогресс. Самое лучшее время для занятий – это утренние часы – скованность во всем теле подсказывает, что в занятиях надо соблюдать меру и проявлять и осторожность. Позже, в течение дня, эта чувствительность утрачивается, и, соответственно, повышается риск травм. Воспитывайте в себе радостное отношение к занятиям, станьте энтузиастом, преодолейте утреннюю скованность, а по вечерам проявляйте осторожность, чтобы не причинить себе травму. В любой момент, когда вы вдруг почувствовали себя необычно сильным, гибким и живым, берегитесь. Именно в такие моменты вы рискуете зайти слишком далеко.

### **Берите на себя ответственность**

Заниматься следует со знающим учителем, но в то же время необходимо уметь брать на себя ответственность за свои действия и решения. Инструктор может оказаться энергичным человеком и подгонять вас к спешке, но вы должны сами судить, на что способны в данный момент. Многие позы хатха-йоги далеки от естественных поз человеческого тела и высвечивают слабые места в теле, поэтому вам следует самим решать, как делать то или иное упражнение и стоит ли его вообще делать. Один из критериев правильной тактики – хорошее самочувствие не только в течение часа после занятия, но и в течение суток. К тому же учитывайте противопоказания к каждой позе и к каждой группе поз: если сомневаетесь, посоветуйтесь с врачом, знакомым с хатха-йогой.

### **Воспитывайте в себе терпение**

Учитесь у черепахи. Воспитывайте в себе терпение; продвигайтесь вперед медленно, но неуклонно, пусть даже прогресс кажется вам недостаточно быстрым. Помните, что цель хатха-йоги – не только наращивание силы и гибкости; если вы преследуете только эти цели, то вас может постигнуть разочарование. Для того чтобы добиться хороших результатов, необходимо терпение и еще раз терпение. Самое опасное – это думать, будто можно достичь замечательных результатов, не прикладывая к этому никаких усилий. Такой подход чреват двумя неблагоприятными эффектами: во-первых, это отвлекает ваше внимание от предстоящей работы и внушает ложные представления о ней; а во-вторых, он делает невозможным усвоение того, что происходит в данную минуту. Поэтому вы должны преисполниться решимости практиковать йогу, ощущая свои действия каждой клеточкой тела, радуясь действию, независимо от результатов, и избавившись от пустых ожиданий.

## Глава первая. Движение и поза

Главный организующий принцип, лежащий в основе движений и поз человека, – поле тяготения. Наглядный пример – невесомость в космическом корабле, где астронавты безвольно болтаются в пространстве кабины, если не пристегнуты к месту, а вне корабля могут перемещаться только с помощью ранцевых ракетных двигателей, переносящих их с одного рабочего места на другое. Для того чтобы выполнять упражнения, препятствующие вымыванию кальция из костей в условиях невесомости, им приходится работать на специальных тренажерах, накрепко привинченных к полу. Астронавты не могут делать трех самых обычных земных вещей: ходить, бегать и поднимать тяжести. Если бы они попытались заняться спаррингом, то просто нелепо отшвыривали бы друг друга в разные стороны.

Но вернемся на Землю и задумаемся над тем, как сила тяжести влияет на занятия хатха-йогой. Мы часто забываем, что сила тяжести буквально приковывает нас к земле. Когда мы входим в позу кобры, или саранчи, или в позу лука, мы приподнимаем над полом части тела, преодолевая силу тяжести. В стойке на плечах сила тяжести придавливает их к полу. В положении стоя мы бы упали, если бы не напрягли антигравитационные мышцы, поддерживающие суставы в разогнутом положении. Даже в положении лежа на спине, когда нет необходимости удерживать равновесие или активировать антигравитационные мышцы, мы все равно используем силу тяжести, когда, захватывая колени, приближаем их к груди или перемещаем из стороны в сторону, а вес тела при этом массирует мышцы спины, прижимая их к полу.

Помня, что гравитационное поле Земли влияет на каждое наше движение, мы в следующих частях этой главы обратим внимание на механизмы, которые делают возможными движение и выполнение поз. Сначала мы разберемся, как скелетные мышцы приводят тело в движение, далее обсудим вопрос, как нервная система управляет работой скелетных мышц, а потом посмотрим, как соединительная ткань ограничивает эти движения. Если мы поймем, как эти три элемента взаимодействуют между собой в поле тяжести, мы поймем и некоторые принципы хатха-йоги. Потом мы рассмотрим это взаимодействие на примере трех поз. Начнем с роли скелетных мышц.

## Нервно-скелетно-мышечная система

Каждому подготовленному наблюдателю ясно, что скелетно-мышечная (она же опорно-двигательная) система выполняет все волевые акты, служит для выражения всех осознанных и бессознательных привычек, отвечает за вдохи, помогает осуществлять артикуляцию при произнесении слов, а также служит средством невербального общения. В практике хатха-йоги именно опорно-двигательная система позволяет добиться равновесия, сгибаться, наклоняться, становиться на голову, застыть на месте или двигаться и выполнять дыхательные упражнения. Тем не менее мы ошибемся, если решим, что это вся история. Видя танцующих и поющих человечков в «Волшебнике из страны Оз», мы не понимаем, что они не самостоятельны, до самого конца сказки. Так и здесь, надо понимать, что мышцы, как и человечки, не функционируют сами по себе. Как Дороти обнаружила, что волшебник накидывал аркан на каждого пришельца, так и мы увидим, что абсолютной властью над мышцами обладает нервная система.

Для того чтобы проиллюстрировать, как нервная система управляет позами, рассмотрим конкретный пример: скажем, вы стоите и решили сесть. Сначала нервная система отдает команду мышцам-сгибателям (мышцам, которые сгибают конечности и наклоняют вперед позвоночник) переместить верхнюю часть туловища вперед и начать сгибание в тазобедренных, коленных и голеностопных суставах. Спустя краткое мгновение после начала этого движения на первый план выходит действие силы тяжести, которая уже сама направляет тело в положение сидя. В это же самое время, сопровождая действие силы тяжести, нервная система отдает команду, активирующую мышцы-разгибатели (препятствующие сгибанию конечностей), чтобы вы не упали на стул, как мешок. Наконец, после того как мы надежно усядемся, нервная система отдает приказ мышцам-разгибателям и всему телу расслабиться.

Опорно-двигательная система не только осуществляет движения, она также служит подвижным вместилищем для внутренних органов. Как робот прикрывает и защищает свои рабочие элементы (батарею, интегральные схемы, программируемые компьютеры и источники энергии, позволяющие роботу функционировать в течение длительного времени), так и опорно-двигательная система прикрывает и защищает нежные и уязвимые внутренние органы. Позы хатха-йоги учат нас одновременно управлять мышцами, приводящими в движение конечности, и мышцами, образующими вместилище для внутренних органов.

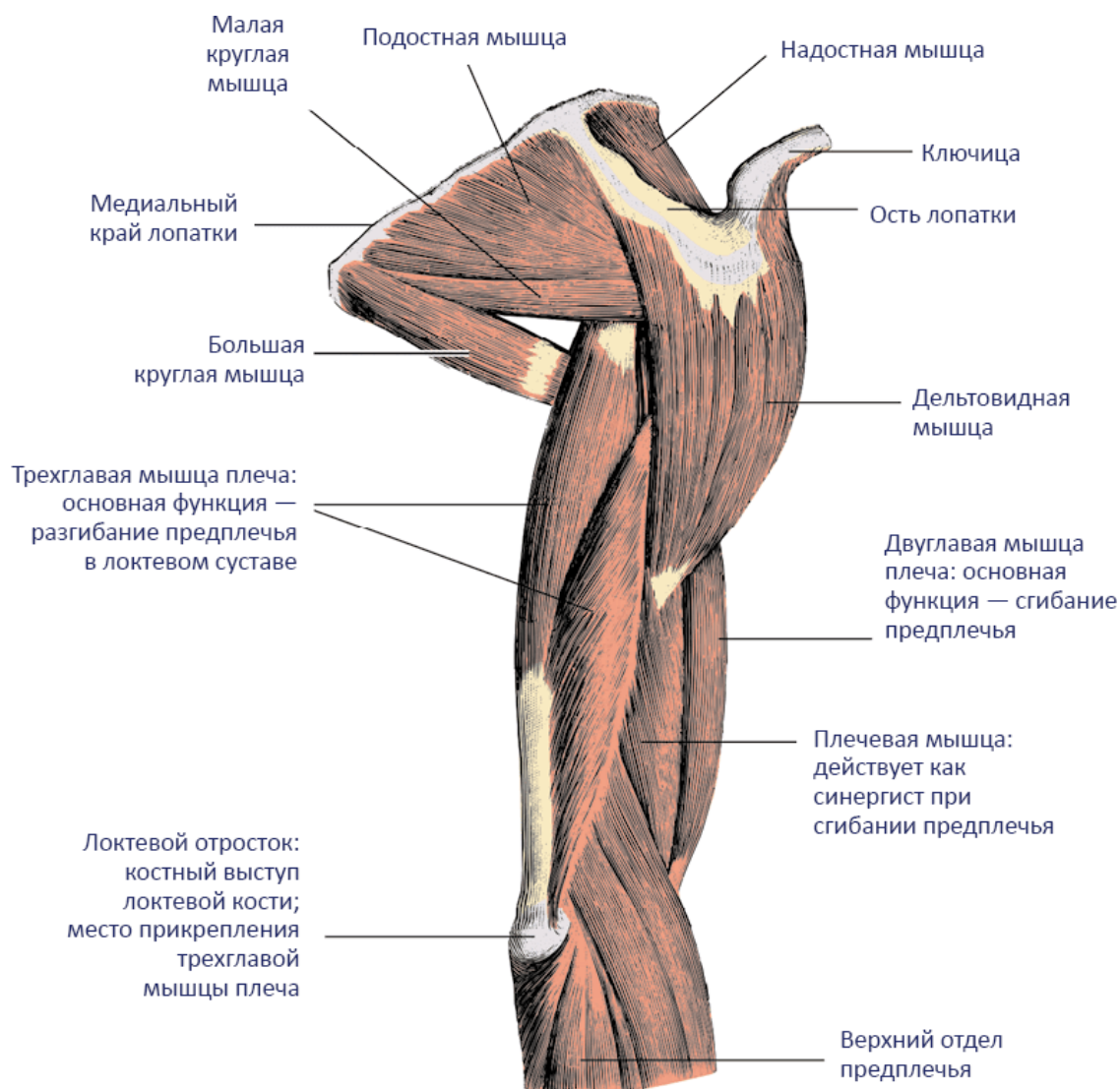
### Скелетная мышца

Говоря о скелетной «мышце», имеют в виду как ее главную, мясистую часть, *брюшко*, так и ее сухожилия. Брюшко мышцы состоит из пучка индивидуальных *мышечных волокон* (мышечных клеток), которые окружены соединительнотканными волокнами, которые затем, сливаясь, образуют сухожилие. *Сухожилие*, в свою очередь, соединяет брюшко мышцы с костью.

В норме мышечные клетки *сокращаются*, или укорачиваются, только после получения соответствующего *нервного импульса*, который вызывает сокращение мышцы. Если за одну секунду к мышечным клеткам поступает множество импульсов, то мышца сокращается и сильно натягивает сухожилие; если импульсов мало, то сокращаются лишь немногочисленные волокна и натяжение сухожилия существенно слабее; если же импульсы отсутствуют, то мышца находится в состоянии полного расслабления.

Мышца, как правило, воздействует на *сустав* (шарнирный или шаровой), и когда мышца сокращается, напряжение воздействует на кости, расположенные по обе стороны от оси сустава. В случае шарнирного сустава, например локтевого, который может открываться на 180°, любая мышца, расположенная над лицевой поверхностью сустава, при сокращении вызо-

вет уменьшение этого угла, а сокращение любой мышцы, расположенной позади сустава, раскрывает его из положения полного или частичного сгибания. Например, двуглавая мышца плеча находится над передней поверхностью суставного шарнира, поэтому сокращение ее приводит к сгибанию предплечья (области верхней конечности, расположенной между запястьем и локтем), в ходе которого кисть подтягивается к плечу. Трехглавая мышца плеча находится кзади от суставного шарнира, на задней поверхности плеча (части верхней конечности между локтем и лопаткой), и, таким образом, сокращение этой мышцы приводит к разгибанию в локтевом суставе, то есть к раскрытию шарнира (рис. 1.1).



**Рис. 1.1.** Правая лопатка, плечо и верхний отдел предплечья; вид сзади и сбоку (Sarrey)

### Начало и прикрепление

Мы используем слова «начало» и «прикрепление» для того, чтобы указать, к каким местам костей прикрепляется мышца, отвечающая за движение в данном суставе. Началом мышцы считают место ее соединения с относительно неподвижной костью, а прикреплением – место на кости, которая при сокращении смещается. Здесь хорошим примером снова будет сгибание в локтевом суставе. Так как в этой ситуации плечо относительно неподвижно, мы

говорим, что двуглавая мышца плеча начинается на плече, а прикрепляется к предплечью (см. рис. 1.1).

Функционально начало и прикрепление мышцы могут меняться местами. Если широчайшая мышца спины (см. рис. 8.9–8.10) тянет руку вниз и назад во время гребка при плавании, то, согласно учебникам, местом ее прикрепления служит плечевая кость. Но если мы подтягиваемся на перекладине, то плечо относительно неподвижно, и местом прикрепления становится тазовая кость, а действие мышцы заключается в поднятии всего тела. В следующих главах мы увидим много примеров того, как меняются местами точки начала и прикрепления разных мышц.

### **Мышцы-агонисты и антагонисты**

Мышцы, окружающие один сустав, взаимодействуют, но при этом одна из них, *агонист*, служит первичным движителем, действию которого способствуют другие, вспомогательные мышцы, называемые *синергистами*. Агонисты и синергисты действуют по одну сторону от сустава, а мышцы, расположенные по другую сторону сустава, действуют как *антагонисты*. Как явствует из самого названия, антагонисты сглаживают, контролируют и даже тормозят главное движение. Например, при сокращении двуглавой мышцы плеча и плечевой мышцы (агониста и синергиста) происходит сгибание локтя, но трехглавая мышца плеча (расположенная по другую сторону сустава), действуя как антагонист, сопротивляется сгибанию, удерживая элементы сустава в правильном взаимном расположении (см. рис. 1.1).

Мышцы работают во взаимодействии с силой тяжести. В нижних конечностях мышцы-разгибатели являются антигравитационными мышцами, позволяющими удерживать тело в вертикальном положении. Примеры: четырехглавая мышца бедра (рис. 1.2, 3.9 и 8.11), расположенная на передней поверхности бедра (участок нижней конечности между тазобедренным суставом и коленным суставом), выпрямляет коленный сустав, когда вы встаете на возвышение, а икроножные мышцы разгибают голеностопный сустав, чтобы вы могли приподняться на цыпочках и дотянуться до высокой полки. Мышцы-сгибатели являются антагонистами мышц-разгибателей. Они могут действовать двумя способами. Иногда они помогают силе тяжести, например, если вы наклоняетесь вперед из положения стоя, а затем быстро приседаете, согнув ноги в тазобедренных суставах с помощью мышцы-сгибателя – подвздошно-поясничной мышцы (см. рис. 2.8, 3.7, 3.9 и 8.13). Но мышцы-сгибатели могут действовать и как антигравитационные мышцы: если вы захотите бежать на месте, то подвздошно-поясничные мышцы, сокращаясь, будут поднимать бедро, приближая колени к груди. Если же вы захотите пнуть себя по ягодице, то подколенные сухожилия сгибающей бедренной мышцы (см. рис. 3.8, 3.10, 8.10 и 8.12) при ее сокращении оторвут голень (часть нижней конечности между коленом и голеностопным суставом) от земли и притянут ее к бедру. Но даже с учетом этих моментов мышцы-сгибатели нижних конечностей не считаются антигравитационными мышцами, потому что в обычных условиях они представляют собой антагонисты мышц, поддерживающих тело в вертикальном положении.

В верхних конечностях ситуация иная, потому что если вы не делаете что-то необычное, например не идете на руках со слегка согнутыми локтями (что требует активного участия трехглавой мышцы плеча), то мышцы-разгибатели не поддерживают вес тела. В большинстве обыденных ситуаций в качестве антигравитационных мышц выступают как раз сгибатели, а не разгибатели, например, когда вы поднимаете груз или подтягиваетесь на перекладине.

## **Концентрическое сокращение и эксцентрическое удлинение**

Для того чтобы понять, как работает скелетно-мышечная система в хатха-йоге, надо разобраться, какой вклад вносят мышцы в целостную работу организма. Самая простая ситуация – это концентрическое сокращение, или «*концентрическое укорочение*», в ходе которого мышечные волокна подвергаются воздействию множества нервных импульсов, и мышца целиком отвечает сокращением, как, например, происходит с двуглавой мышцей плеча, когда сокращается при поднимании книги со стола.

Гораздо сложнее дело обстоит, когда мы кладем книгу на стол. Обычно мы не бросаем предмет, а аккуратно кладем его на место, разгибая руку в локтевом суставе, при этом мышца в целом становится длиннее, хотя некоторые ее волокна находятся в состоянии сокращения. В каждом случае, когда это происходит – когда мышца удлиняется, находясь в напряженном состоянии из-за сопротивления силе тяжести, – движение называют «*эксцентрическим удлинением*».

Мы наблюдаем концентрическое сокращение и эксцентрическое удлинение в большинстве случаев нашей обыденной деятельности. Когда вы поднимаетесь вверх по лестнице, мышцы, поднимающие тело на очередную ступеньку, сокращаются концентрично; когда же вы спускаетесь по лестнице, те же мышцы эксцентрично удлиняются, чтобы сделать спуск более плавным. Если вы взбираетесь вверх по канату, поочередно захватывая его руками, то мышцы верхних конечностей сокращаются концентрично; если же вы спускаетесь по канату вниз, то те же мышцы эксцентрично удлиняются.

В хатха-йоге мы наблюдаем концентрическое сокращение и эксцентрическое удлинение в сотнях ситуаций. Простейшая из них: какая-то мышца или группа мышц сопротивляется силе тяжести, как, например, мышцы спины, которые концентрично сокращаются для того, чтобы поднять туловище из положения наклона в положение стоя. Когда же вы начинаете наклоняться, мышцы спины сопротивляются силе тяжести, которая тянет тело вниз, эксцентрично удлиняясь, чтобы сделать движение плавным.

## **Изотоническая и изометрическая мышечная активность**

Думаю, что большинство читателей уже знакомы с терминами «*изотонический*» и «*изометрический*». Строго говоря, термином «изотоническое сокращение» описывают работу мышцы в условиях постоянной нагрузки, но в реальности такая ситуация практически не встречается, если не считать движений с чрезвычайно малой амплитудой. Со временем, однако, термин стали употреблять, имея в виду упражнения, в ходе которых мышцы сокращаются, преодолевая умеренное сопротивление. С другой стороны, термин «изометрическое упражнение» используется с большей точностью – для обозначения застывшей позы, часто в условиях существенного сопротивления. Например, ритмичное поднимание книги со стола и укладывание ее на место – это изотоническое упражнение для двуглавой мышцы плеча и ее синергистов, а удерживание книги на весу в одном положении – изометрическое упражнение для тех же мышц. В спорте в основном выполняются изотонические упражнения, так как они предусматривают совершение движений. Очевидное исключение составляет японская борьба сумо, в которой соперники захватывают друг друга и застывают в неподвижности. Изометрические сокращения характерны для всех без исключения поз хатха-йоги, предусматривающих сохранение позы.

## **Расслабление, растяжение и подвижность**

Если на мышечные волокна действуют редкие нервные импульсы или они вообще на них не действуют, то мышца расслаблена, как, например, в тот момент, когда вы находитесь в позе покойника (см. рис. 1.14). Ситуация, однако, усложняется, если покоящиеся мышцы растянуты. Это становится очевидным при работе с партнером. Если вы ляжете на спину, закинете за голову выпрямленные руки и попросите партнера потянуть вас за запястья, то заметите, что очень легко переносите растяжение, если обладаете достаточной гибкостью. Но если партнер потянет слишком сильно или вы ощутите боль, то нервная система покончит с релаксацией и вызовет сокращающее напряжение растягиваемых мышц. Наконец, если вы потерпите эту боль, то через некоторое время мышцы снова обретут способность к растяжению, что немедленно почувствует и партнер, который сможет теперь тянуть сильнее.

Многие из этих реакций станут очевидными, если вы будете выполнять упражнения на растяжение самостоятельно, например оперевшись ладонями выпрямленных и заведенных за голову рук в стену и начав растягивать мышцы передней поверхности предплечий. Это требует куда большей сосредоточенности, чем пассивное растяжение с помощью партнера, потому что вам придется сосредоточиться на двух задачах одновременно: создать условия, необходимые для растяжения, и при этом следить за расслаблением. Но и здесь действует то же самое правило. Если вы зашли слишком далеко или поспешили, то организм отреагирует болью в растягиваемых мышцах, что испортит все упражнение.

## **Мышечная активность и позы выпада**

Для того чтобы понять, как работают скелетные мышцы в хатха-йоге, попробуйте принять позу воина (поза воина I): ноги широко разведены, руки подняты над головой, ладони сомкнуты (рис. 1.2 и 7.20). Прочувствуйте, что вы испытываете, когда медленно поднимаете руки вверх и опускаете туловище вниз. Для того чтобы поднять руки вверх и сместить их кзади, мышцы, находящиеся на задней поверхности верхних конечностей, должны находиться в состоянии концентрического сокращения, в то время как мышцы-антагонисты, находящиеся на передней поверхности, пассивно сопротивляются растяжению и завершению позы. По мере опускания тела книзу четырехглавая мышца бедра на передней поверхности согнутой нижней конечности сопротивляется действию силы тяжести и эксцентрично удлиняется. Наконец, когда вы застываете в этой позе, мышцы всего тела переходят в состояние изометрического сокращения.

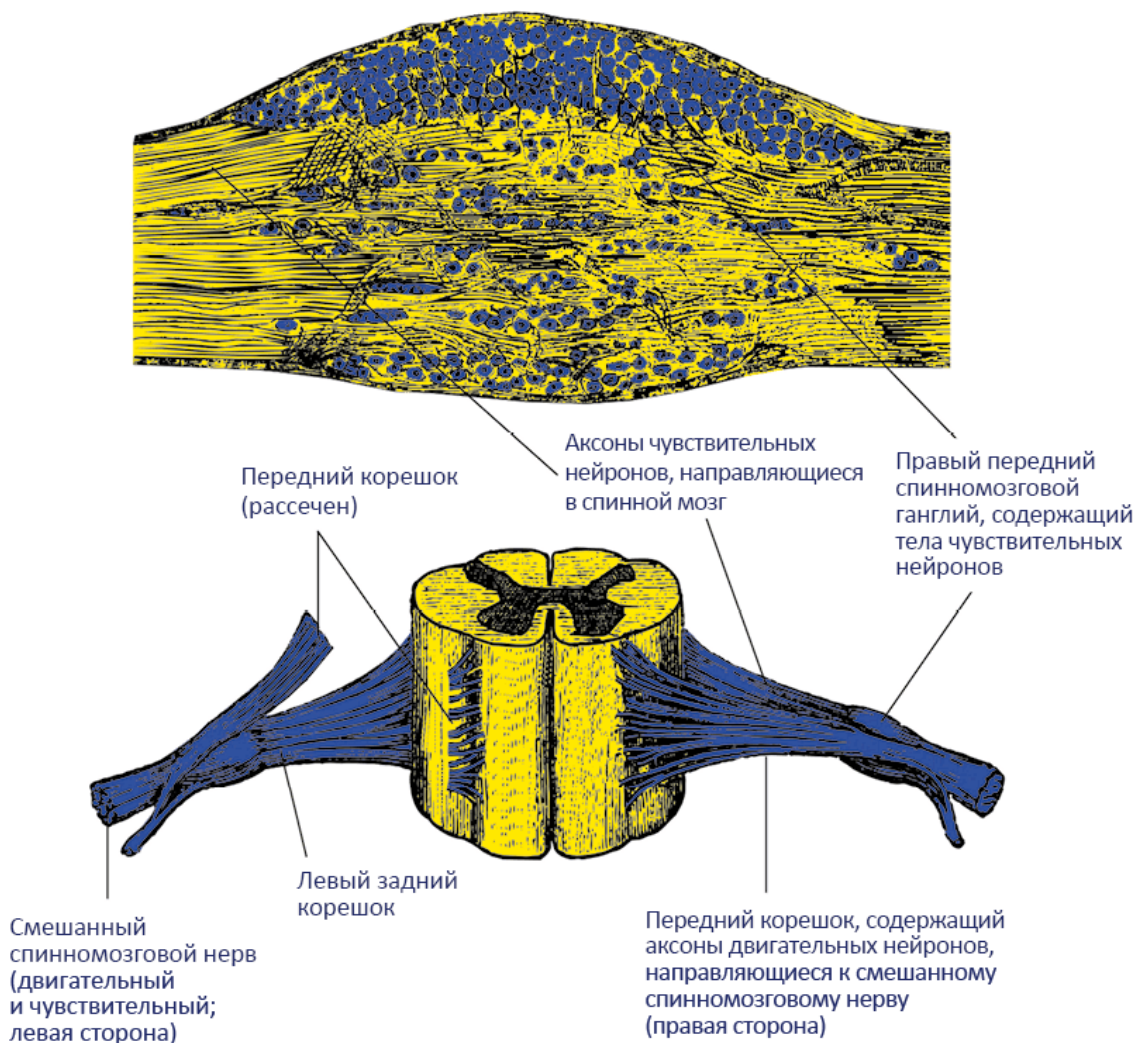
Мы не сможем понять принципы работы скелетно-мышечной системы, если не познакомимся с нервной системой и соединительной тканью. Пока же важно понять, что вся мышечная активность, будь то сокращение отдельных мышечных клеток, выполнение изотонического или изометрического упражнения, деятельность агонистов и антагонистов, концентрическое сокращение или эксцентрическое удлинение, происходит под контролем нервной системы.



**Рис. 1.2.** Поза воина I

## Нервная система

Мы ощущаем все происходящее в материальном мире посредством специализированных клеток, называемых *нейронами*, сто миллиардов которых находятся в одном только головном мозге; эти клетки направляют потоки информации по всему телу и внутри *центральной нервной системы* (головного и спинного мозга). Вся передача информации осуществляется всего лишь тремя типами клеток: *чувствительными нейронами*, которые переносят поток ощущений от *периферической нервной системы* (по определению, это все части нервной системы, находящиеся вне головного и спинного мозга) в центральную нервную систему и в сознание; *двигательными нейронами*, которые передают из головного и спинного мозга инструкции, предназначенные для периферической нервной системы; и *вставочными*, или *ассоциативными нейронами*, которые находятся между чувствительными и двигательными нейронами, – эти нейроны передают сигналы нашей воли и желаний двигательным нейронам. Сенсорная (чувствительная) информация поступает в *задние рога* спинного мозга через *задние корешки*, а двигательная информация выносится из *передних рогов* спинного мозга в *передние корешки*. Задние и передние корешки сливаются, образуя смешанные (двигательные и чувствительные) *спинномозговые нервы*, которые, в свою очередь, иннервируют все структуры организма (рис. 1.3–1.9).



**Рис. 1.3.** Микроскопический срез заднего спинномозгового ганглия (вверху) и трехмерное изображение первого поясничного сегмента (L1) спинного мозга, на котором показаны парные передние и задние корешки и смешанные (двигательные и чувствительные) спинномозговые нервы (Quain)

Вернемся, однако, к предмету нашего рассмотрения; ясно, что нейроны передают наши осознанные намерения мышцам, но нам надо создать рабочее определение для понятий желания и воли. В этой книге я буду трактовать желание как процесс принятия решения, связанный с сознанием, а волю буду определять как реальную инициацию команд мозговой коры и других участков центральной нервной системы, которые отвечают за руководство нашими действиями. Таким образом, желание – это черный ящик, содержание которого в большой степени неизвестно и в лучшем случае лишь частично доступно экспериментатору. Напротив, природу и содержание воли можно исследовать надежными неврологическими методами.

## Нейроны

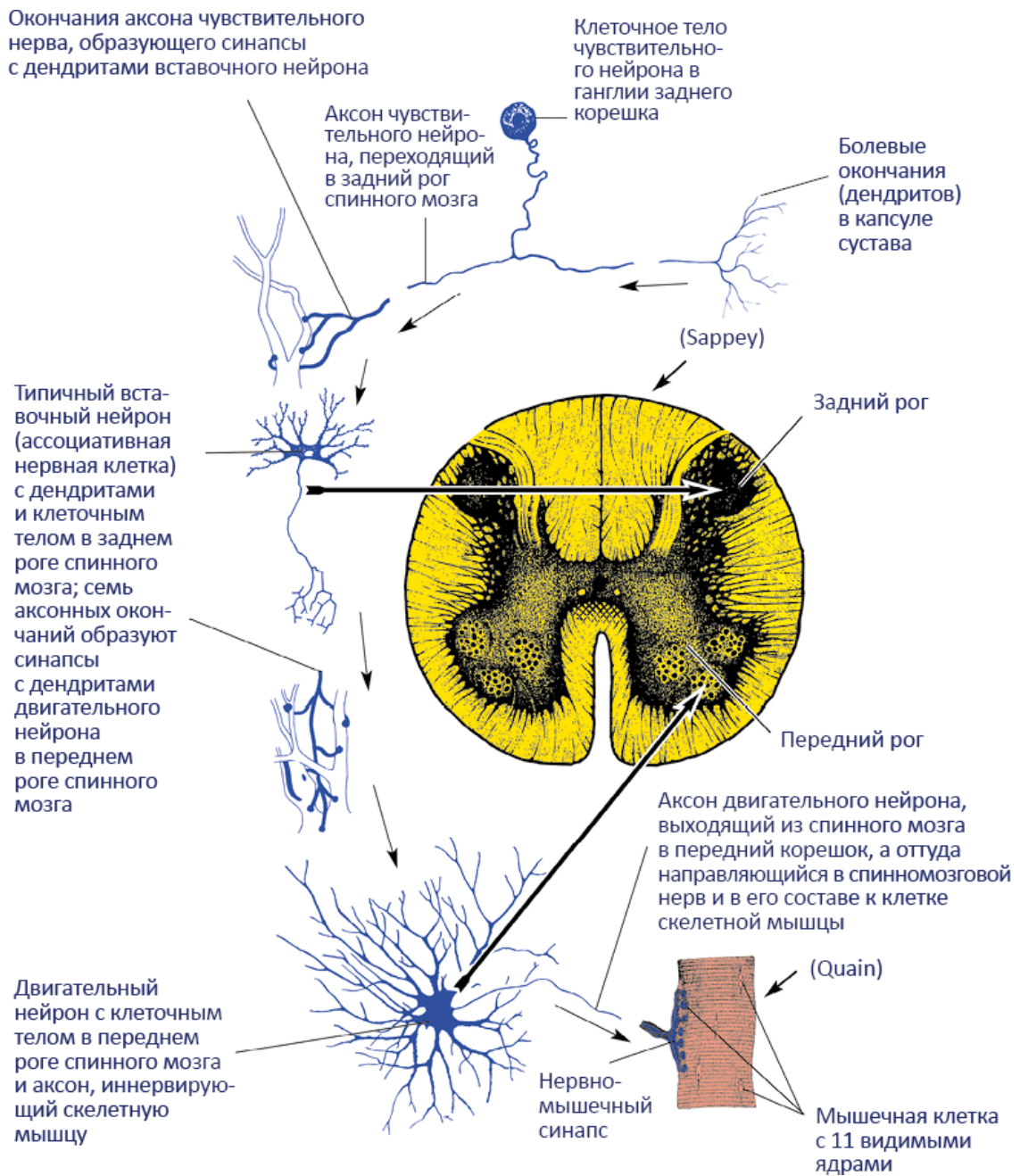
Нейрон – основная структурная и функциональная единица нервной системы. Несмотря на то что в нервной системе присутствуют клетки и других типов, а именно *нейроглия* или «глиальные нервные клетки», которые числом превосходят нейроны в десять раз, эти поддерживающие клетки не отвечают, в отличие от нейронов, за передачу информации между отделами нервной системы. Таким образом, объектом нашего интереса будет именно нейрон. Нейрон содержит несколько компонентов: тело клетки с ядром, которое отвечает за рост и развитие клетки, и клеточные отростки, часть из которых достигают значительной длины; именно эти отростки принимают и передают информацию. Отростки нейрона бывают двух типов: *дендриты* и *аксоны*. Представьте себе пойманного на крючок осьминога; его восемь щупальцев – это дендриты, а леска, на которой он висит – это аксон. Типичный двигательный нейрон содержит множество дендритов, ответвляющихся от тела клетки. Единственный аксон – леска – может простираться от тела клетки на расстояния от долей сантиметра до 1,2 метра в случае, когда двигательный нейрон находится в спинном мозге, а конец аксона располагается в мышце стопы; длина аксона может достигать 4,5 метра, например, у жирафа. Аксон может иметь ответвления, отходящие от его главного ствола (*коллатерали аксона*), а все ветви, включая и главный ствол, активно ветвятся по мере приближения к мышце-эффектору.

Специализация дендритов – получение информации от окружающей среды или от других нейронов, а аксон передает информацию в виде нервных импульсов в другие части тела или другим нейронам. Дендриты чувствительных нейронов располагаются в коже, суставах, мышцах и внутренних органах; их клеточные тела находятся в *задних корешковых ганглиях*, которые располагаются вдоль позвоночного столба, а их аксоны несут сенсорную (чувствительную) информацию в спинной мозг (рис. 1.3–1.9). Дендриты двигательных нейронов расположены в центральной нервной системе, а их аксоны расходятся оттуда (в составе периферических нервов) к иннервируемым мышечным клеткам и железам по всему телу. Между чувствительными и двигательными нейронами расположены так называемые вставочные нейроны, дендриты которых получают информацию от чувствительных нейронов, а аксоны контактируют с другими вставочными нейронами или двигательными нейронами, которые иннервируют мышцы (рис. 1.4). Вставочные нейроны составляют большую часть расположенных в головном и спинном мозге нейронов, включая вторичные и третичные связующие нейроны, которые передают чувствительные сигналы в большой мозг; проекционные нейроны передают двигательные сигналы из большого мозга и мозжечка к промежуточным нейронам, которые контактируют с двигательными нейронами спинного мозга и комиссуральными нейронами, связывающими правое и левое полушарие головного мозга.

Вставочные нейроны согласуют работу всей этой сложной системы. Вы ощущаете стимул и действием реагируете на него, и эту реакцию обеспечивают вставочные нейроны. То есть между ощущением и действием есть дополнительное вставочное звено.

Для того чтобы управлять функциями всего организма, нейроны образуют сети, в которых контактируют друг с другом в точках, называемых *синапсами*. Синаптические окончания аксонов в этих точках соприкосновения выделяют химические транзиттерные вещества, которые оказывают действие на дендриты следующего нейрона в цепи (см. рис. 1.4). Первый нейрон называют пресинаптическим, а следующий нейрон – постсинаптическим. Окончание пресинаптического аксона передает информацию постсинаптическому дендриту, но ни в коем случае не наоборот.

В синапсах выделяются медиаторы двух типов: одни медиаторы облегчают активность постсинаптического нейрона; другие подавляют (ингибируют) ее. Тысячи аксонных окончаний могут образовывать синапсы на дендритах одного-единственного постсинаптического нейрона, и уровень активности последнего зависит от общего пресинаптического входа. Чем больше облегчающих медиаторов высвобождается в синапсах постсинаптического нейрона, тем выше будет его активность, что проявляется в повышении частоты нервных импульсов, которые будут переданы по его аксону; чем больше будет выделено в синапсе постсинаптического нейрона тормозных медиаторов, тем меньше будет активность этого нейрона. Например, пресинаптический вход ассоциативных нейронов, образующих синапсы с двигательными нейронами, либо облегчает активность двигательных нейронов, заставляя их посылать по аксону больше нервных импульсов в одну секунду, либо тормозит их активность, и тогда частота нервных импульсов уменьшается. Поза павлина (см. рис. 3.23 г) требует максимального облегчения и наименьшего торможения двигательных нейронов, иннервирующих мышцы живота, глубокие мышцы спины, мышцы, фиксирующие лопатку, и сгибатели предплечья. С другой стороны, мышечная релаксация в позе покойника (см. рис. 1.14) требует снижения интенсивности облегчения и возможного усиления торможения двигательных нейронов в центральной нервной системе (см. рис. 10.1, на котором представлены обобщенные представления о механизмах мышечного расслабления).



**Рис. 1.4.** Поперечный срез спинного мозга на уровне пятого поясничного сегмента (L5) с сенсорными входами от суставного рецептора, типичным вставочным нейроном и двигательным выходом в клетку скелетной мышцы. Маленькими стрелками указано направление хода нервных импульсов, а также отношение между пре- и постсинаптическими нейронами. Длинные толстые стрелки указывают местонахождение типичного вставочного нейрона в заднем роге спинного мозга и двигательного нейрона в переднем роге спинного мозга

### Волевой акт: пути осуществления произвольных движений

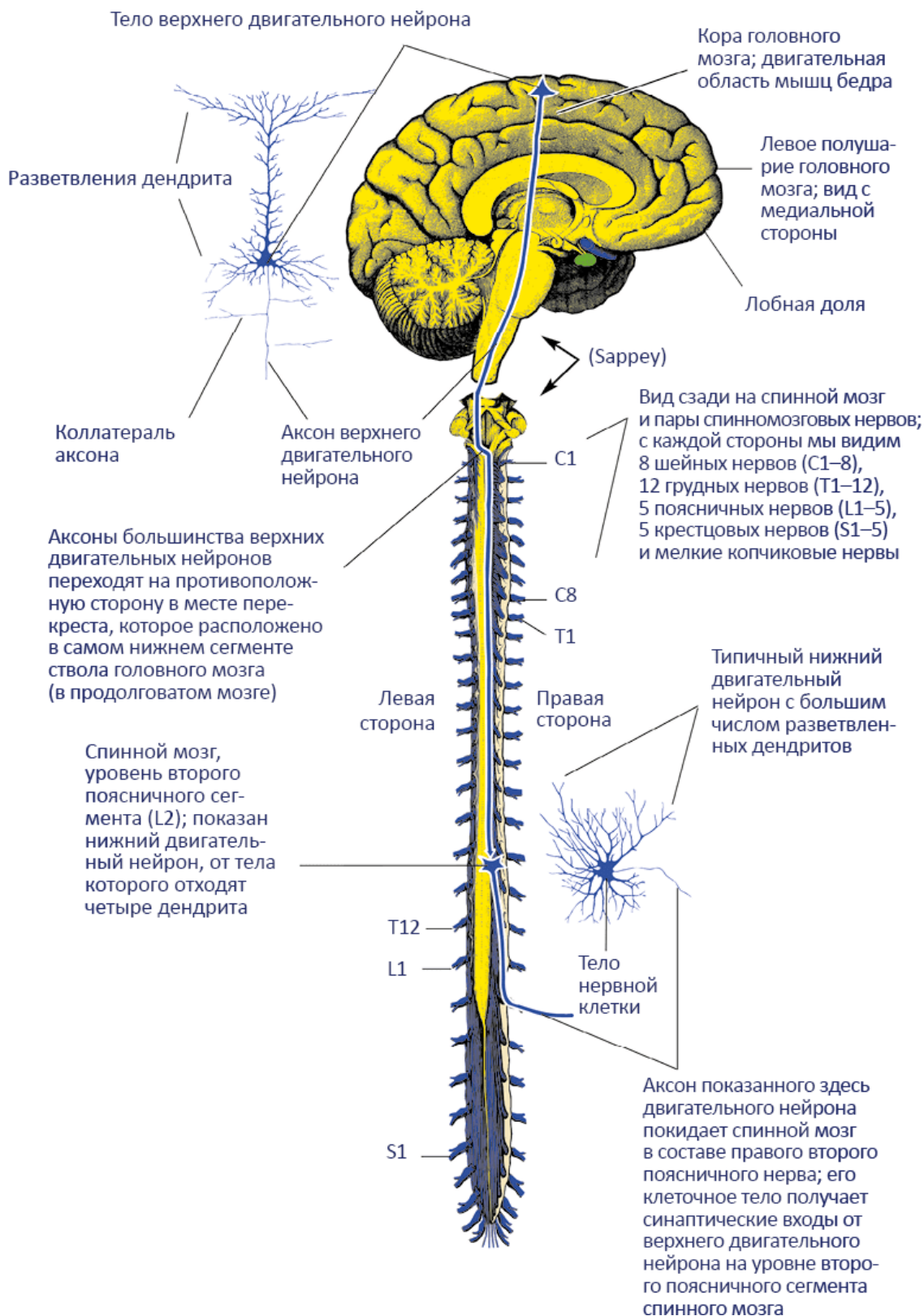
Волевые, произвольные движения реализуются за счет сетей нейронов, дендриты и клеточные тела которых находятся в головном мозге; аксоны этих клеток оканчиваются на двигательных нейронах. Нейроны, расположенные в *мозговой коре* и направляющие аксоны к двигательным нейронам спинного мозга, носят название «*верхние двигательные нейроны*», так как

они играют главную роль в осуществлении произвольной волевой деятельности. Эти клетки надо отличать от основной массы двигательных нейронов, *нижних двигательных нейронов*, клеточные тела которых находятся в спинном мозге. Собираательно нижние двигательные нейроны (мотонейроны) называют *конечным общим путем*, потому что именно их аксоны иннервируют скелетные мышцы. В обиходе под словами «двигательные нейроны» обычно подразумевают именно нижние двигательные нейроны (рис. 1.5).

### **Паралич нижних двигательных нейронов: вялый паралич**

Наилучший способ понять, как работают проводящие двигательные пути нервной системы, – это исследование неврологических синдромов, возникающих вследствие заболеваний или травм, оказывающих влияние на некоторые аспекты двигательной функции организма. Начнем мы с одного из самых известных заболеваний – полиомиелита, разрушающего нижние двигательные нейроны. Каждый, кто рос в сороковые и в начале пятидесятих годов, помнит эту страшную болезнь. В 1954 году появилась вакцина Солка, и с полиомиелитом было покончено.

Полиомиелит страшен тем, что разрушает нижние двигательные нейроны и лишает мышцы нервных импульсов, исходящих из спинного мозга, что приводит к параличу соответствующих мышц. Воля к произвольным движениям, возникающая в коре головного мозга, отрезана от путей исполнения этой воли, находящихся в спинном мозге, потому что оказывается разрушенным конечный общий путь. В самых тяжелых случаях мышцы становятся совершенно вялыми и расслабленными, и именно поэтому такой вид расстройства называют *вялым параличом*. То же самое, но в меньшем масштабе, случается, когда повреждается периферический нерв. Разрушение нижних двигательных нейронов или их аксонов в любом месте спинного мозга или повреждение периферических нервов вызывает паралич всех иннервируемых ими мышц. Становятся невозможными произвольные целенаправленные движения.



**Рис. 1.5.** Верхний и нижний двигательные нейроны. Клеточное тело верхнего двигательного нейрона показано в верхней части рисунка, в коре левого полушария головного мозга, а мишень этого нейрона – клеточное тело двигательного нейрона, аксон которого иннервирует правую четырехглавую мышцу бедра, – находится на правой стороне спинного мозга

## Паралич верхних двигательных нейронов: спастический паралич

Когда повреждаются или разрушаются верхние двигательные нейроны, например, при черепно-мозговых травмах или инсультах, развивается поражение двигательной области коры головного мозга, и больные утрачивают произвольный контроль над движениями, осуществляемыми нижними двигательными нейронами. После такого поражения человек лишается способности к произвольным движениям. Окончательным результатом служит развитие не вялого, а *спастического паралича*, при котором мышцы становятся ригидными и совершают неконтролируемые судорожные движения. Некоторое подобие двигательной функции сохраняется, потому что другие части нервной системы, не затронутые поражением, тоже посылают аксоны к нижним двигательным нейронам и, таким образом, влияют на двигательную функцию. Проблема, однако, заключается в том, что эти входы не контролируются головным мозгом, и деятельность нижних нейронов растормаживается до такой степени, что скелетные мышцы, соответствующие пораженным участкам, могут находиться в состоянии спастического сокращения. Хотя в большинстве случаев ситуация не бывает столь тяжелой и не приводит к тотальной инвалидности, тяжелый спастический паралич лишь немногим лучше вялого паралича. Правда, в первом случае может сохраняться способность к некоторым активным целенаправленным движениям, но движения эти плохо координированы, особенно если они касаются дистальных мышц конечностей (рис. 1.6).

## Поражения спинного мозга

Если спинной мозг сильно поврежден на каком-то определенном уровне, то возникают расстройства двух основных типов. Во-первых, сенсорная информация, которая поступает в спинной мозг ниже уровня поражения, не может дойти до коры головного мозга, а следовательно, не ощущается на сознательном уровне. Пациент не чувствует прикосновений, давления и боли, также отсутствует температурная чувствительность в зоне поражения. Во-вторых, двигательные команды коры головного мозга не достигают нижних двигательных нейронов, расположенных ниже области поражения спинного мозга. Эта ситуация становится очевидной при сравнении поражений спинного мозга на разных уровнях: разрушение спинного уровня на уровне грудного сегмента приводит к *паралегии* – параличу и потере чувствительности в нижних конечностях; нарушение непрерывности спинного мозга на уровне нижней части шейного сегмента приводит к *тетрапарегии* – параличу и потере чувствительности в областях ниже шеи, включая и все четыре конечности (см. рис. 2.12).



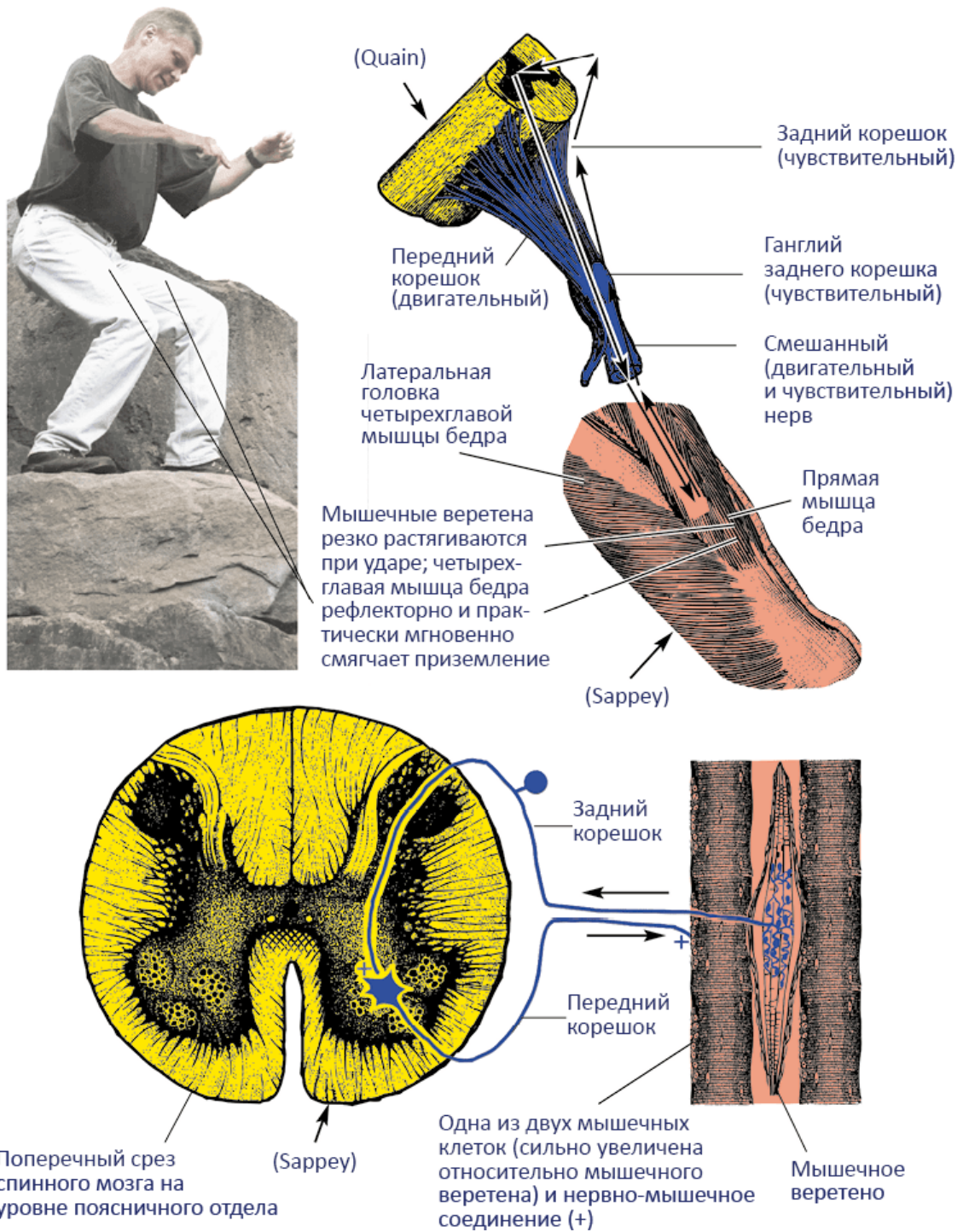
## Рефлексы

До сих пор мы обсуждали вертикальные нейронные связи, направленные сверху вниз – от намерения к мозговой коре, верхним двигательным нейронам, нижним двигательным нейронам и, наконец, к скелетным мышцам. Но, помимо этого, нам надо рассмотреть еще один, более элементарный феномен, позволяющий исключить из ответа на стимул сознательный выбор. Этот феномен называется *рефлексом*, неосознанным двигательным ответом на сенсорный стимул. В таком контексте рефлексы не имеют ничего общего с молниеносной реакцией, которая требуется для виртуозной игры на компьютере или при быстром рисовании. Рефлексы – это подсознательная реакция, осуществляемая на уровне спинного мозга.

Рефлексы просты. Именно поэтому они и называются рефлексами (отражениями). Любой рефлекс содержит четыре элемента: сенсорный нейрон, получающий стимулы и передающий нервный импульс в спинной мозг; интегративный центр спинного мозга; двигательный нейрон, который направляет импульс обратно, к скелетной мышце; мышечный ответ, замыкающий цепь рефлекса. Проще говоря, сенсорные нейроны передают нервные импульсы от мышцы, сухожилия, связки, сустава или кожи в интегративный центр спинного мозга. Этот интегративный центр может представлять собой обычный одиночный синапс между сенсорным и двигательным нейронами, но может включать в себя один или больше вставочных нейронов. Двигательный нейрон, в свою очередь, иннервирует мышечные клетки, что завершает действие рефлекса. По определению, рефлекс обходит высшие центры сознания. Осознание совершенного действия доходит до сознания постфактум и только благодаря тому, что информация о выполненном действии доходит до коры другими независимыми путями. Существуют десятки хорошо известных рефлексов. Мы обсудим три из них, так как они очень важны в хатха-йоге.

### Миотатический рефлекс растяжения

*Миотатический рефлекс растяжения*, известный каждому по коленному рефлексу, можно выявить в любой области тела, но особенно активен он в антигравитационных мышцах (рис. 1.7). Этот рефлекс можно продемонстрировать на себе. Закиньте ногу на ногу так, чтобы стопа свободно висела и ничто не мешало бы ей смещаться вверх и вниз. Нашупайте ребром ладони *сухожилие надколенника*, расположенное непосредственно под коленной чашечкой. Резко надавите на сухожилие. Если место нажатия или удара выбрано правильно, то передний отдел четырехглавой мышцы бедра рефлекторно сократится, и стопа подскочит вверх. При выполнении рефлекса надо сохранять полное спокойствие, потому что этот рефлекс можно подавить волевым усилием, и тогда стопа останется на месте.



**Рис. 1.7.** Миотатический рефлекс растяжения. Вертикальный прыжок с высоты около метра моментально растягивает мышечные веретена во всех мышцах-разгибателях (антигравитационных мышцах) нижних конечностей. Веретена обеспечивают прямой и практически мгновенный моносинаптический облегчающий вход (+ в переднем роге спинного мозга) в двигательные нейроны, иннервирующие разгибатели, и в результате происходит сильное рефлекторное сокращение отдельных мышц

Рецепторы миотатического рефлекса расположены в брюшке мышцы, где дендриты сенсорных нейронов контактируют с *мышечными веретенами* – специализированными рецепторами, которые настолько малы, что их можно лишь с большим трудом разглядеть невоору-

женным глазом. Эти структуры представляют собой специализированные мышечные волокна, снабженные сенсорными рецепторами (см. рис. 1.7).

Рефлекс работает следующим образом: когда вы ударяете по сухожилию надколенника, этот удар растягивает мышечные веретена в четырехглавой мышце. Растяжение происходит в течение доли секунды, но успевает активировать сенсорные нейроны, дендриты которых оплетают веретена, а аксоны оканчиваются на двигательных нейронах спинного мозга. Эти аксоны вызывают сильное облегчение в клеточных телах двигательных нейронов, аксоны которых активируют четырехглавую мышцу бедра. Мышца резко сокращается и подбрасывает вверх голень. Миотатический рефлекс растяжения специфичен в том отношении, что он действует только на те мышцы, в которых присутствуют мышечные веретена.

Подобно другим рефлексам, этот осуществляется в течение доли секунды, до того как успеете осознать это. Осознание приходит после завершения рефлекторного действия и происходит благодаря тому, что рецепторы тактильной чувствительности отправили в кору сообщение о том, что вы прикоснулись к коже в области сухожилия надколенника.

Миотатический рефлекс можно наблюдать, занимаясь многими видами спорта, в которых мышцы поглощают ударное воздействие. Например, когда вы едете на водных лыжах и уходите в сторону от фарватера лодки, которая вас тянет, мышечные веретена в разгибателях бедра растягиваются всякий раз, когда вы преодолеваете волну, и поглощение непрерывной череды этих столкновений неминуемо привело бы к падению, если бы не миотатический рефлекс растяжения. Вместо падения происходит следующее: каждое столкновение с волной активирует рефлекс четырехглавой мышцы в течение считанных миллисекунд, устойчиво сохраняя вертикальное положение тела. Вы можете ощутить действие этого рефлекса, когда штурмуете крутой склон, или бегом спускаетесь по уступам (см. рис. 1.7), или просто спрыгиваете со стула на пол – в общем, рефлекс реализуется во всех случаях, когда физическое воздействие приводит к растяжению мышечных веретен. Таким образом, этот рефлекс составляет главную часть взаимодействия с силой тяжести.

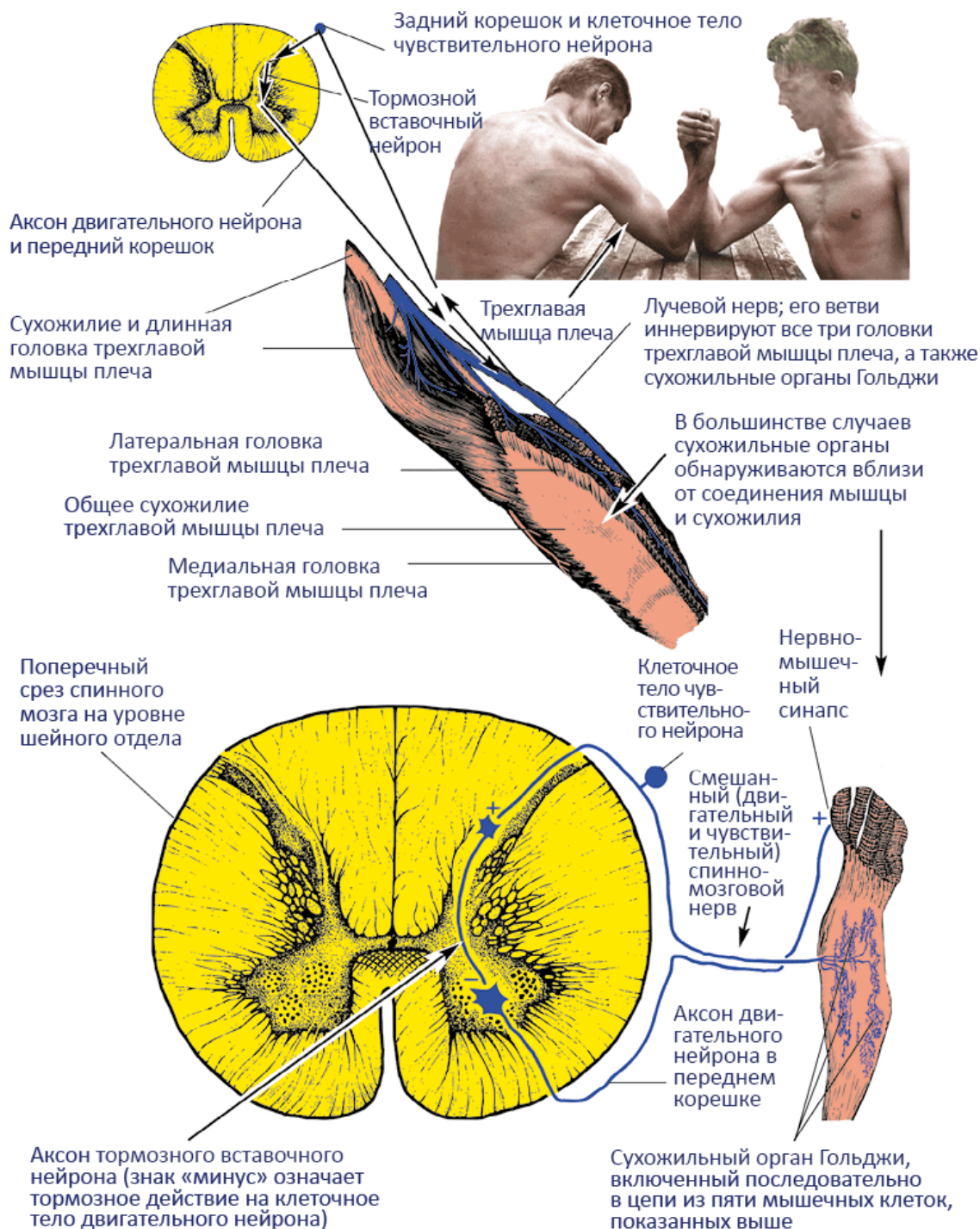
Стимуляция миотатического рефлекса растяжения много раз подряд приводит к повторному многократному сокращению мышц, повышая их ригидность. Особенно очевидно это во время бега трусцой, при котором рефлекс проявляется незначительно каждый раз, когда передняя нога ударяется о землю, но эта ситуация повторяется тысячи раз в течение получаса. Если вы слишком увлечетесь бегом, то это может привести к скованности в мышцах, и вам следует хорошенько растянуть мышцы после пробежки, чтобы предупредить скованность. С другой стороны, если мышцы, сухожилия и связки подвергаются слишком частому растяжению, то это может привести к разболтанности и неустойчивости суставов, что усугубляется недостатком повторных движений. В таких случаях лучшее, что можно сделать, – это возобновить интенсивные пробежки.

В хатха-йоге мы обычно стремимся минимизировать эффекты миотатического рефлекса растяжения, потому что даже умеренные движения будут оказывать непрерывное стимулирующее воздействие на рецепторы, стимулировать двигательные нейроны, вызывать сокращения мышц и, следовательно, уменьшать их растяжимость. Любое силовое движение в хатха-йоге: подпрыгивание в позе приветствия солнца, стремительный переход от одной позы к другой, переход в вертикальное положение и выход из него прыжком, а также упражнения для суставов и желез, выполненные в бросках, – активирует миотатический рефлекс. Все это здорово, особенно в качестве разогревающих упражнений, но если вы хотите удлинить мышцы и повысить гибкость суставов, то двигаться надо медленно.

### **Сухожильный рефлекс Гольджи (рефлекс складного ножа)**

Рефлекс Гольджи действует как лезвие карманного складного ножа, когда оно сначала сопротивляется закрытию, а затем стремительно складывается в закрытое положение. Этот рефлекс представляет собой еще одну разновидность рефлекса растяжения, но результатом его является не сокращение, а, наоборот, расслабление заинтересованной мышцы. Стимулом для рефлекса Гольджи служит не динамическое растяжение мышечного веретена, а сократительное напряжение сенсорного рецептора в сухожилии. Это напряжение рефлекторно вызывает снижение расслабления мышцы (рис. 1.8).

Сенсорным рецептором рефлекса является *сухожильный орган Гольджи*. Большая часть этих рецепторов на самом деле расположены в области соединения мышцы с ее сухожилием и связывают между собой небольшие пучки соединительной ткани с мышечными волокнами. Сухожильный орган Гольджи, следовательно, активируется сокращением мышечных клеток, которые соединены с рецептором последовательно. Недавние исследования позволили выяснить, что сухожильный орган относительно нечувствителен к пассивному растяжению, но начинает разряжаться нервными импульсами, направляющимися в спинной мозг, сразу после того, как мышца, сократившись, вызывает напряжение в сухожилии.



**Рис. 1.8.** Рефлекс складного ножа. Мышечное усилие стимулирует сухожильные органы Гольджи, сенсорный вход которых в спинной мозг активирует тормозные вставочные нейроны (+ в заднем роге); тормозные вставочные нейроны, в свою очередь, подавляют активность двигательных нейронов (- в переднем роге), что приводит к снижению частоты нервных импульсов за 1 секунду, направленных к клеткам скелетной мышцы (минимизируется + эффект на нервно-мышечном синапсе). Конечным результатом становится расслабление мышцы или, как в данном случае, проигрыш состязания (Saprey)

Что же происходит потом? Главная идея заключается в следующем: в отличие от миотатического рефлекса растяжения здесь входящий (афферентный) чувствительный аксон заканчивается не на двигательном нейроне непосредственно, но на *тормозных вставочных нейронах*, которые снижают активность двигательных нейронов и, таким образом, заставляют

мышцы расслабиться. При стимуляции рецептора возникающий рефлекс расслабляет мышцы (см. рис. 1.8). Это типичная петля отрицательной обратной связи, в которой сокращение мышечных волокон гасит их собственную активность. Эта петля работает приблизительно так же, как регулятор термостата, который выключает отопление, когда температура в помещении повышается выше какого-то определенного уровня. Отдельные сообщения о сверхъестественной силе, которая проявляется у некоторых людей в экстренных ситуациях, например рассказы о родителе, который приподнял автомобиль, под который попал его сын, вероятно, объяснены своим происхождением тотальному центральному подавлению этого рефлекса, подобно тому, как температура начнет неограниченно расти в случае поломки термостата. В обыденной жизни мы наблюдаем рефлекс Гольджи в довольно грубой форме, во время соревнований по армрестлингу, когда два неравных по силам соперника на несколько секунд застывают в напряженном единоборстве, а потом слабейший вдруг резко проигрывает (см. рис. 1.8).

Намеренно или нет, но мы все время пользуемся рефлексом складного ножа, практикуя хатха-йогу. Для того чтобы сделать это наблюдение наглядным, посмотрите, насколько глубоко вы можете наклониться вперед, сохраняя прямыми колени, – а это первое упражнение, которое вы делаете по утрам. Потом согните колени и сложитесь пополам, прижав туловище к бедрам. Сохраняйте некоторое время это положение, упираясь руками в бедра для создания надежной опоры для спины и сохранения ее положения относительно таза. Потом постарайтесь выпрямить колени, продолжая прижимать грудь к бедрам, и застыньте в этом положении, создавая изометрическое усилие в течение тридцати секунд. Это создает большую нагрузку на подколенные сухожилия четырехглавой мышцы бедра (см. рис. 1.16). Расслабьтесь и посмотрите, насколько ниже вы теперь можете наклониться вперед, удерживая выпрямленными колени. Эта разница и будет мерой того, насколько сильно сухожильный орган Гольджи «престимулировал» к расслаблению задние мышцы бедра посредством рефлекса складного ножа.

Сухожильные органы Гольджи реагируют на мануальную стимуляцию так же, как и на мышечное напряжение. Если вы энергично помассируете любое мышечно-сухожильное соединение, то орган Гольджи рефлекторно вызовет расслабление «своей» мышцы. Именно поэтому такое расслабляющее действие оказывает глубокий массаж, а массажисты, желающие уменьшить напряжение какой-либо мышцы, работают непосредственно с ее сухожилием. Это старый трюк мануальных терапевтов – мануальная стимуляция активизирует рефлекс складного ножа почти так же эффективно, как и мышечное напряжение. Удивительно, но этот эффект сохраняется до двух суток, то есть время, достаточное для того, чтобы клиент имел шанс скорректировать свои двигательные привычки и устранить избыточное напряжение.

Эффекты от ручной стимуляции сухожилий можно проверить в любой области тела, но мы поэкспериментируем на *приводящих мышцах* внутренней поверхности бедра, потому что скованность этих мышц больше, чем скованность любых других мышц, ограничивает возможность свободно сидеть в классической позе хатха-йоги. Сначала проверьте свою способность сидеть либо в удобной, либо в совершенной позе (см. рис. 10.11–10.14). Потом расслабьтесь и лягте, прочно уперевшись бедрами в стену, выпрямите колени и как можно сильнее разведите ноги в стороны, чтобы растянуть приводящие мышцы бедра. С помощью партнера удерживайте мышцы в растянутом состоянии, а потом попытайтесь, на фоне изометрического сокращения, свести бедра вместе, как можно сильнее напрягая приводящие мышцы, и одновременно стимулируйте орган Гольджи, энергично массируя начальный отдел сухожилия приводящих мышц. Некоторые сухожилия приводящих мышц отчетливо прощупываются в виде толстых тяжей в области гениталий. Другие сухожилия более плоские и расположены кзади от первых. Все эти сухожилия прикрепляются к нижним ветвям лобковых костей (см. рис. 1.12), образуя открытую кзади V-образную структуру, внутри которой располагаются гениталии.

Продолжая массировать приводящие мышцы в течение минуты – двух, на фоне их напряжения вы скоро почувствуете, как они расслабляются, позволяя дальше разводить бедра, то

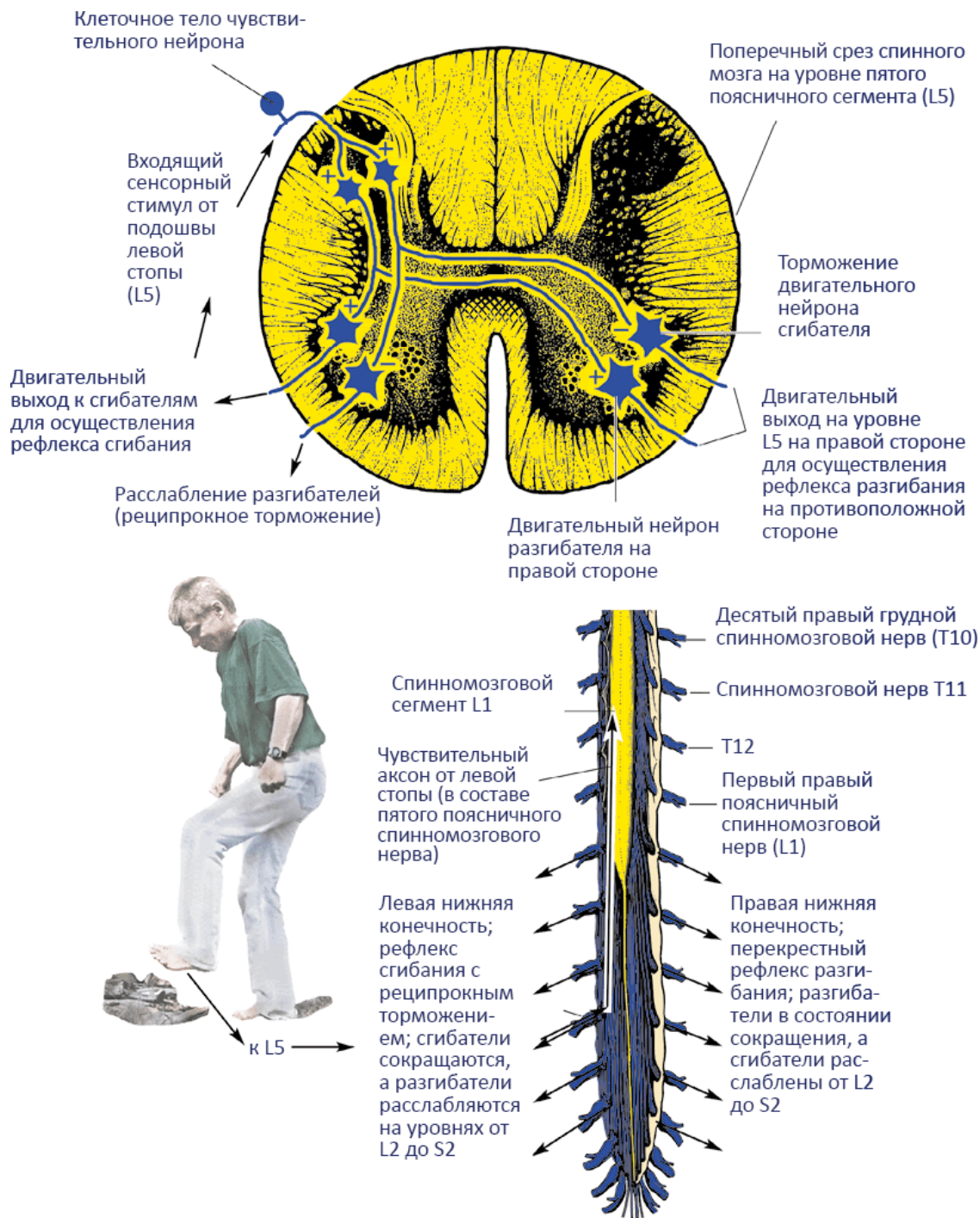
есть облегчая их отведение. После этого проверьте и убедитесь в улучшении вашей способности сидеть в классической позе хатха-йоги. Сочетание массажа сухожилий плюс изометрическое напряжение этих мышц мощно ингибирует двигательные нейроны, иннервирующие приводящие мышцы, а это позволяет им расслабиться, а вам сесть на пол прямо и чувствовать себя при этом более комфортно.

Растяжение задних частей четырехглавой мышцы бедра и массаж приводящих мышц дают наглядный пример того, как работает рефлекс складного ножа. В более мягкой форме он проявляется каждый раз, когда вам удается комфортно чувствовать себя в активной позе в течение 10–15 секунд, а такие упражнения мы в хатха-йоге выполняем очень часто. В этом случае никогда не подпрыгивайте, чтобы не спровоцировать миотатический рефлекс растяжения, и не принимайте позы, которые находятся для вас в зоне дискомфорта, если вы не готовы включить сгибательные рефлекс, о которых мы сейчас и поговорим.

## Рефлексы сгибания

Рефлексы сгибания (рис. 1.9) – это болевые рефлексы. Если вы случайно коснетесь горячей сковородки, то рефлекторно отдернете руку. Так же как в случаях других рефлексов, осознание происшедшего приходит позднее. Рефлексы сгибания сложнее рефлексов растяжения, но их легче понять, потому что боль является очевидной частью нашего повседневного опыта. Даже если это всего лишь ощущение растяжения, сигнализирующее, что вы слишком увлеклись работой в огороде, если это боль в колене или тазобедренном суставе, возникшая после утомительного похода, или проблемы с шеей, которых вы не замечали до тех пор, пока сильно не повернули голову в каком-то направлении. Во всех этих случаях – за редчайшим исключением – реакцией будет рефлекс сгибания. Вы едва ли полностью осознаете сам рефлекс, но отчетливо почувствуете страх и оцепенение, которые его сопровождают.

Сенсорные нейроны (включая их аксоны), воспринимающие ощущения болевой и температурной модальностей, проводят импульсы медленнее, чем нейроны, активирующие миотатический рефлекс растяжения. Однако, мало того, рефлексы сгибания – полисинаптические, то есть в их осуществлении принимают участие один или больше вставочных нейронов в дополнение к чувствительным и двигательным нейронам, а каждый синапс в цепи рефлекторной дуги замедляет скорость реакции. Можно оценить скорость проведения температурной чувствительности, облизнув палец и коснувшись кофейника, достаточно горячего для того, чтобы вызвать боль, но недостаточно для того, чтобы причинить ожог. Для того чтобы ощутить прикосновение к пальцу, потребуется около одной секунды; могу добавить, что ощущение прикосновения к кончику носа осознается быстрее – приблизительно за одну десятую долю секунды. Такая медленная передача совершенно недостаточна для осуществления миотатического рефлекса растяжения. Если бы этому рефлексу требовалась целая секунда для того, чтобы нервный импульс достиг спинного мозга, то у нас были бы серьезные неприятности от пустякового прыжка со стула на пол. Колени бы подогнулись, а коленные чашечки разлетелись вдребезги от удара об пол, прежде чем мышцы-разгибатели успели бы среагировать и предотвратить несчастье, удержав вес тела.



**Рис. 1.9.** Рефлекс сгибания слева и перекрестный рефлекс разгибания справа. Входящий сенсорный вход от подошвы левой стопы (L5) распространяется к нижним двигательным нейронам на уровнях от L2 до S2 с обеих сторон (Saprey)

Подобно рассмотренным нами двум рефлексам растяжения, рефлекс сгибания тоже является спинномозговым, а не церебральным. Поэтому даже если бы спинной мозг был отрезан от головного, то рефлекс все равно позволял бы отдернуть ногу после соприкосновения с вредоносным стимулом. Именно поэтому неврологов совершенно не радует тот факт, что больной с травмой позвоночника отдергивает ногу, если ущипнуть его за стопу.

## Реципрокное торможение

Рефлексы сгибания не только активируют мышцы-сгибатели, позволяющие отдернуть руку от огня, но и расслабляют мышцы-разгибатели, что облегчает осуществление сгибания. Это торможение происходит за счет тормозных вставочных нейронов. В то время как облегчающие вставочные нейроны стимулируют к сокращению двигательные нейроны, иннервирующие мышцы-сгибатели, тормозные вставочные нейроны воздействуют на двигательные нейроны, иннервирующие разгибатели, заставляя их расслабляться. Этот феномен известен под названием *реципрокного торможения* и составляет неотъемлемую часть рефлекса сгибания (см. рис. 1.9).

В отличие от рефлексов растяжения рефлексы сгибания проявляются не только в месте действия стимула. Мы, например, видим, что, когда медицинская сестра колет ребенку пальчик, чтобы взять кровь на анализ, ребенок реагирует сгибанием всей руки, а не только сгибанием одного пальца. Ребенок стремительным рывком отклоняется назад, а это говорит о том, что рефлекс сгибания облегчает возбудимость двигательных нейронов сгибателей и одновременно тормозит нейроны разгибателей всей верхней конечности.

## Перекрестный рефлекс разгибания

*Перекрестный рефлекс разгибания* добавляет еще один интересный момент рефлексам сгибания – поддержку противоположной стороны тела. Благодаря этому дополнительному рефлексу одновременно со сгибанием пораженной конечности происходит разгибание противоположной конечности. Такое, например, происходит, если человек наступает на горячие угли потухающего костра. Об осуществлении рефлекса задумываться не приходится: человек стремительно поднимает вверх обожженную ступню, для чего рефлекторно напрягает сгибатели и одновременно расслабляет разгибатели той же ноги, причем эта реакция захватывает все сгибатели и разгибатели ипсилатеральной стороны – от пальцев до мышц бедра и даже туловища. В то время как обожженная стопа отрывается от горячих углей, благодаря перекрестному рефлексу разгибания сокращаются разгибатели и расслабляются сгибатели противоположной конечности, что позволяет лучше сохранить равновесие и не дает упасть в костер (см. рис. 1.9).

Перекрестный рефлекс разгибания осуществляется за счет вставочных нейронов, аксоны которых переходят на противоположную сторону в спинном мозге и иннервируют двигательные нейроны в зеркальном порядке относительно стороны поражения, а именно – облегчается возбуждение двигательных нейронов разгибателей и тормозятся двигательные нейроны сгибателей.

Рефлексы сгибания выполняют и множество других защитных функций. Например, если вы сильно растянули сухожилие в голеностопном суставе, то нервные окончания болевых рецепторов становятся более чувствительными. Когда вы после растяжения начнете поворачивать ступню, высшие центры головного мозга, связанные с волевыми актами и осознанными действиями, растормаживают рефлекс сгибания, и нога безвольно подгибается до того, как вы успеете полностью опереться на поврежденный сустав. Точно так же в некоторых случаях подгибается поврежденное когда-то колено – механизм здесь простой: старая травма, внезапная физическая нагрузка, отключение высших центров и осуществление подсознательного рефлекса сгибания. Колено подвергается, избавляя вас от более серьезной травмы.

## Реципрокное торможение и скованность позвоночника

Так как рефлекс сгибания обычно ограничивают амплитуду движения, они негативно сказываются на умении выполнять позы хатха-йоги, но в определенных случаях рефлекс сгибания можно использовать и с пользой. Если утром вы испытываете скованность в спине и при этом не имеете ни малейшего желания делать наклоны вперед, то попробуйте сделать следующий эксперимент. Сначала, для сравнения, медленно наклонитесь вперед, вытянув пальцы рук. Заметьте, что медленный плавный наклон вызывает у вас сильные колебания и сомнения. Такое может случиться, даже если вы находитесь в отличной форме, но просто не разогрелись. Глубокие мышцы спины являются ее разгибателями; при наклоне они подвергаются эксцентричному удлинению, оказывая сопротивление направленному вперед движению, и оно происходит, что называется, с большим скрипом. Выпрямитесь. Немного согните руки в локтях и сожмите кулаки. Сохраняя это положение, наклонитесь вперед еще раз. Вы сразу же обнаружите, что теперь наклон дается вам существенно легче и вы выполняете его более плавно, чем тогда, когда локти и пальцы были разогнуты. Выпрямитесь и повторите упражнение еще раз, в полную силу.

Сжатие кистей в кулак вызывает реципрокное торможение двигательных нейронов, иннервирующих глубокие мышцы спины. Если вы в хорошей форме, то это просто поможет вам двигаться более плавно и уверенно, но если у вас скована спина из-за избыточного напряжения ее глубоких мышц, то вы будете приятно удивлены тем, насколько легче происходит наклон после выполнения простейшего упражнения – сжатия кулаков.

Почему, однако, спина становится скованной из-за повышения тонуса глубоких мышц? Обычно скованность – это результат боли, которая вызывает напряжение мышц, выступающих в этом случае в роли шины, ограничивающей нежелательные движения. На какое-то время после травмы эта реакция остается вполне оправданной, но потом становится контрпродуктивной и приводит, в свою очередь, к новым проблемам. При возникновении скованности и небольшой боли в спине тонус мышц спины действительно должен быть повышен, для того чтобы избежать повторного травмирования, но такая реакция не должна длиться месяцами. Реципрокное торможение, вызванное сгибанием пальцев кистей, помогает расслабить мышцы-разгибатели спины, что позволяет с большей легкостью выполнять наклоны вперед. Если у вас хроническая (но не острая!) боль в спине, то вы можете с большой пользой прибегать к этому простому упражнению несколько раз в день.

## Вестибулярный аппарат, зрение и осязание

Пока мы познакомились с тем, как двигательные нейроны управляют костно-мышечной системой, как ассоциативные нейроны передают нашу волю двигательным нейронам и как сенсорный вход от мышц, сухожилий и болевых рецепторов совместно с двигательными нейронами принимает участие в осуществлении простых рефлексов. Но это только начало. На двигательные функции оказывают влияние и другие источники сенсорных входов. Наиболее важными из них можно считать вестибулярное чувство, зрение и тактильную чувствительность.

### Вестибулярное чувство

Мы практически не осознаем наше *вестибулярное чувство*, даже несмотря на то, что это важнейшее чувство, позволяющее нам сохранять равновесие. Рецепторы вестибулярного аппарата находятся в непосредственной близости от органа слуха – *внутреннего уха*, а именно в крошечных округлых трубочках, называемых *полукружными каналами*, и в таком же крошечном резервуаре – *маточке*, а все эти структуры находятся в толще костной области черепа, располагающейся вблизи от наружного уха. Полукружные каналы и маточка участвуют в сохранении равновесия в пространстве, но они проявляют чувствительность и к другим стимулам: полукружные каналы – к ускорению вращательного движения, а маточка – к линейному ускорению и ориентации в поле тяготения. Кроме того, полукружные каналы и маточка участвуют в осуществлении разных рефлексов: полукружные каналы координируют движение глаз, а маточка отвечает за координацию движений различных участков тела для сохранения равновесия в пространстве.

Если не считать пилотов, танцоров, фигуристов и других людей, которым необходимо отчетливо осознавать равновесие, то большинство из нас относится к вестибулярному аппарату и его работе как к чему-то само собой разумеющемуся. Мы не замечаем его, потому что почти вся его деятельность осуществляется рефлекторно, а неосознаваемая информация непосредственно поступает в двигательные нейронные контуры, управляющие движениями глаз и тела.

Поскольку полукружные каналы чувствительны к вращательному ускорению, постольку их рецепторы включаются в те моменты, когда мы либо начинаем, либо прекращаем вращаться вокруг вертикальной оси. Одна из нескольких ролей полукружных каналов заключается в поддержании равновесия, так как вестибулярные рефлексы согласуют движения глаз с движениями головы. Вы сможете убедиться в этом, если сядете, скрестив ноги, на вращающийся стул, наклоните голову вперед приблизительно на 30°, а ваш помощник начнет вращать стул в быстром темпе в течение 30–40 секунд. Сохраняйте равновесие, сидите прямо и не отклоняйтесь в сторону, так как это может привести к падению на пол. Потом попросите помощника резко остановить вращение. Глаза ваши при этом совершат скачкообразные движения, называемые *нистагмом*, а вы почувствуете легкую дурноту и головокружение. Дети с удовольствием играют с этим рефлексом, когда кружатся на месте до тех пор, пока у них не закружится голова и они не упадут. Ощущение, которое описывают эти дети, – чувство, что мир «крутится» вокруг, – возникает благодаря нистагму. Это ощущение приводит к нарушению ориентации, но кружение постепенно замедляется, а потом проходит совсем.

Рецепторы полукружных каналов перестают посылать сигналы приблизительно через тридцать секунд вращения, и именно поэтому помощник должен вращать вас в течение этого времени. И, между прочим, именно поэтому реакция стихает и прекращается тоже в течение этого времени после внезапной остановки. Наблюдатель не сможет оценить наличие у вас нис-

тагма во время начального периода вращения. Но мы можем наблюдать нистагм после вращения, в частности после его внезапной остановки.

Неврологический механизм осуществления нистагма весьма чувствителен к действию алкоголя, и именно поэтому дорожная полиция при подозрении на опьянение водителя предлагает ему пройти по прямой. Если у подозреваемого имеет место алкогольный нистагм, то головокружение сделает выполнение задания практически невозможным. Спонтанный (то есть не вызванный наркотиками или алкоголем) нистагм может быть симптомом ряда заболеваний, например опухоли мозга или инсульта.

Иногда учащиеся, начавшие овладевать искусством йоги, испытывают головокружение при поворотах головы. Возможно, эта проблема у них с детства, или они просто не привыкли к тому факту, что при вращении шей возбуждаются рецепторы полукружных каналов. Головокружению могут оказаться подвержены и ученики, которые только что перенесли какое-либо заболевание с лихорадкой. Как бы то ни было, все, кто испытывает подобное головокружение, должны делать упражнения с вращением головы медленно.

Второй компонент вестибулярного органа, маточка, отвечает за детектирование двух модальностей: ускорения или замедления при прямолинейном движении, а также за восприятие статического положения головы в пространстве. В первом случае примером служит разгон или торможение автомобиля. Так же как и в случае полукружных каналов, стимуляция прекращается после достижения равновесия – она прекращается как в покое, так и при равномерном и прямолинейном движении со скоростью сто миль в час. Маточки реагируют так же на ориентацию головы в поле земного притяжения. Самая слабая стимуляция характерна для положения стоя, а самая сильная при стоянии на голове. Рецепторы маточки достаточно быстро адаптируются к стимулам при изменениях положения головы и тела, однако пилотам легкомоторных самолетов настоятельно рекомендуют ориентироваться по приборам при нарушении зрительной ориентации вследствие избыточной стимуляции маточки. Например, один мой друг, пилотируя легкий самолет, внезапно влетел в плотное облако. Он мгновенно потерял ориентацию, не имея навыка работы с приборами, он самонадеянно решил, что ему надо всего лишь медленно развернуть самолет на 180°, что он и сделал. Каков же был его ужас, когда, выйдя из облака, он увидел, что стремительно приближается к земле. К счастью, расстояние было достаточно велико, и мой друг сумел выровнять машину.

В обычных ситуациях, на земле, рецепторы маточки не только обеспечивают чувство ориентации головы в пространстве, но и запускают многие, затрагивающие все тело постуральные рефлексы, помогающие удерживать равновесие. Именно эти рефлексы позволяют правильно вписываться в повороты при беге или при езде на велосипеде. Кроме того, мы зависим от маточек и практикуя хатха-йогу, когда резко двигаем голову вперед, назад или в стороны. Любое смещение головы в пространстве запускает рефлексы, которые помогают сохранять позы хатха-йоги; нам самим эти рефлексы кажутся чем-то само собой разумеющимся.

Хорошо известный рефлекс выпрямления у кошек демонстрирует, каким образом вестибулярная система влияет на позы и у нас, людей. Если вы хотите посмотреть на этот рефлекс в действии, то поднимите свою любимую кошку над полом и отпустите ее в положении лапами кверху. Даже если до пола всего 15–20 см, кошка успеет извернуться в воздухе и приземлиться на все четыре лапы, даже с завязанными глазами. Проведенные исследования позволили установить последовательность событий в осуществлении рефлекса. Сначала маточка помогает определить, что тело находится в перевернутом состоянии, а затем улавливает ускоренное движение, направленное к полу. В ответ на это кошка автоматически поворачивает голову, что оказывает стимулирующее воздействие на мышцы шеи, а далее и на мышцы остального тела, что приводит к стремительному развороту тела вокруг продольной оси – и, вуаля! – кошка ловко приземляется на все четыре лапы. Все это чудо кошка совершает за ничтожную долю

секунды. Приблизительно такие же рефлекс есть и у людей, правда, до кошачьего совершенства они не дотягивают.

## Зрение

Двигаясь, мы сильно зависим от зрения, что может подтвердить каждый, кому случалось оступиться с бордюра тротуара или не заметить еще одну ступеньку лестницы при спуске. В некоторой степени зрение необходимо и тогда, когда мы спокойно стоим на месте. Если вы стоите прямо, сведя ступни, с открытыми глазами, то можете сколь угодно долго сохранять это положение, ощущая, что для сохранения его необходимы весьма незначительные мышечные движения в нижних конечностях, корригирующие положение тела и позволяющие сохранять равновесие. Но если вы закроете глаза, то почувствуете, что смещения тела, требующие коррекции, стали более выраженными. Для того чтобы опыт стал еще более убедительным, примите позу дерева или орла с открытыми глазами, сбалансируйте положение тела, а потом закройте глаза. Очень немногие смогут удержаться в этих позах с закрытыми глазами дольше нескольких секунд; подавляющее большинство людей пошатнутся или даже упадут.

Зрительный контроль особенно важен в процессе принятия поз хатха-йоги, но после того, как поза принята, в большинстве случаев можно закрыть глаза, и это никак не повлияет на устойчивость, если у вас все в порядке с вестибулярным аппаратом и суставным чувством. С другой стороны, если вы хотите объективно изучить соотношение частей вашего тела и оценить согласованность его движений, то вам не обойтись без зеркала. Очень легко обмануться, полагаясь только на мышечное и суставное чувство для того, чтобы сохранить равновесие, не отклоняясь ни вправо, ни влево.

## Тактильное чувство

Чувство осязания позволяет нам осознавать удовольствие от приятного растяжения, и поэтому тактильное чувство – это самый надежный контролер, способный точно сказать нам, не слишком ли далеко мы зашли в растяжке. Вестибулярные рефлекс и зрение помогают нам сохранять равновесие, боль говорит, что мы чрезмерно увлеклись, а тактильное чувство служит направляющим маяком.

Тактильная модальность, или осязание, включает три типа восприятия: *дискриминационное, восприятие глубокого давления и кинестетическое чувство*. Все три восприятия осознаются, так как достигают коры головного мозга и вместе с рефлексом растяжения, зрением и вестибулярным чувством обеспечивают нас способностью поддерживать баланс и сохранять равновесие. Дискриминационное чувство опосредуется расположенными в коже рецепторами, а ощущение глубокого давления возникает благодаря рецепторам, расположенным в фасциях и внутренних органах. Кинестетическое чувство – это способность ощущать расположение конечностей в пространстве, а также способность чувствовать, в каком состоянии (разогнутом, согнутом и т. д.) находятся суставы, испытывают ли они напряжение или им комфортно; рецепторы, опосредующие эти ощущения, локализованы в суставах. Если вы в позе лодки приподнимете над полом головной и ножной конец тела, опираясь только на живот, то ощутите все три аспекта тактильного чувства: контакт кожи с полом, глубокое давление на живот, а также чувство растяжения в спине и конечностях.

Тактильные рецепторы адаптируются к раздражению еще быстрее, чем рецепторы вестибулярного аппарата, а это означает, что они перестают посылать сигналы в центральную нервную систему уже через несколько секунд после того, как вы неподвижно застыли в какой-то позе. Именно поэтому затянувшееся рукопожатие может быстро наскучить – для удовольствия необходимо дополнительное сжатие или поглаживание. Без движения ощущение прикоснове-

ния исчезает. Быстрая адаптация к прикосновению очень важна в выполнении упражнений хатха-йоги, в релаксации и медитации. Если поза устойчива и стабильна, то тактильные рецепторы перестают посылать сигналы в центральную нервную систему, давая вам возможность сосредоточиться на внутреннем мире, но стоит вам пошевелиться, как сигналы возобновляются, отвлекая вас от сосредоточенности.

### **Тактильная чувствительность и воротная теория боли**

Если вы ударитесь голенью о твердый предмет, то потирание ушибленного места ладонью облегчает боль, а если у вас заболело колено от длительного пребывания в положении сидя со скрещенными ногами, то естественной реакцией будет массаж колена. Для такого облегчения существует неврологическое основание – *воротная теория боли*, согласно которой приложение сильного давления к больному месту перекрывает «ворота», через которые болевые импульсы поступают в спинной мозг. Несмотря на то что до сих пор отсутствуют надежные и достоверные объяснения этой теории, мы на собственном опыте знаем, что каким-то образом это все же работает. Итак, даже несмотря на то, что механизм действия массажа пока неясен, общая идея получила всеобщее признание как самоочевидная: где-то между спинным мозгом и корой головного мозга пути прикосновения и давления пересекаются с восходящими путями болевой чувствительности и блокируют их.

В хатха-йоге мы постоянно пользуемся этим принципом. Для иллюстрации сцепите за спиной руки и прижмите друг к другу ладони. Отведите сцепленные руки назад, чтобы они не соприкасались со спиной, и наклонитесь вперед. Если вы не разогрели мышцы, то, вероятно, испытаете дискомфорт от избыточного растяжения. Теперь плотно прижмите предплечья к спине и снова наклонитесь вперед. Контраст будет поразительным. Ощущение прикосновения и давления на мышцы спины устраняет неприятное ощущение.

Хорошо это или плохо? Это жизненно важный вопрос, и в хатха-йоге надо отчетливо понимать, насколько безопасно применение этого принципа. Если недооценить важность болевых сигналов и уменьшить боль искусственно, путем давления на место ее возникновения, то можно серьезно повредить суставы и мягкие ткани. Однако, с другой стороны, если вы будете вечно себя беречь, то не продвинетесь далеко в искусстве хатха-йоги. Ответ, к сожалению, не очень утешителен: только на следующее утро вы поймете, не зашли ли вы слишком далеко накануне. Если вы испытываете боль, то, значит, вы погорячились в суждениях о допустимых нагрузках.

## Соединительнотканые ограничители

Наши тела состоят из четырех первичных типов тканей: *эпителиальной, мышечной, нервной и соединительной*. Эпителиальная ткань образует покровы тела и выстилает изнутри внутренние органы. Мышцы отвечают за движения, а нервная ткань – за передачу сигналов. Соединительная ткань, как явствует из ее названия, соединяет все остальные ткани в единое целое. Если бы нам вдруг удалось удалить из организма всю соединительную ткань, то мы мгновенно рухнули бы на пол, как плоский блин. У нас не было бы ни костей, ни хрящей, ни жира, ни крови, а от кожи не осталось бы ничего, кроме эпидермиса, волос и потовых желез. Мышцы и нервы без соединительной ткани превратились бы в бесформенную массу, а внутренние органы просто развалились бы на мелкие куски.

Для того чтобы понять, что представляют собой эпителиальная, мышечная и нервная ткани, нам надо понять, что такое их клетки, потому что именно клетки отвечают за то, что делают в организме эти ткани. С соединительной тканью все обстоит иначе. За исключением жира, ткани, которая практически целиком состоит из клеток, уникальный характер соединительной ткани каждого отдельного типа придает *внеклеточное вещество*. Внеклеточный материал придает твердость костям, плотность хрящам, прочность сухожилиям и фасциям и текучесть крови. Однако внеклеточные компоненты соединительной ткани абсолютно пассивны. Попробовать расслабить связку или фасцию усилием воли – это то же самое, что попытаться усилием воли растянуть поясной ремень.

Можно ли считать соединительную ткань живой? Да и нет. Да, в том смысле, что клетки соединительной ткани продуцируют внеклеточные компоненты и придают определенную организацию ткани. Кроме того, внеклеточные компоненты соединительной ткани проявляют электрическую активность. Нет, в том отношении, что материал внеклеточного вещества не является живым. Более того, единственный способ воздействовать на внеклеточное вещество – это воздействовать на связанные с соединительной тканью клетки других тканей. Только посредством нервных клеток и их команд, направленных к мышцам, можно ослабить напряжение в сухожилии, нагрузить кости упражнениями, чтобы усилить приток в них солей кальция, а также стимулировать формирование дополнительных волокон соединительной ткани в сухожилиях или фасциях. Только с помощью клеток, происходящих из эпителия, можно осуществлять поглощение, синтез и удаление разных веществ, которые необходимы для поддержания существования всех без исключения тканей организма. В конечном счете, все это значит, что структурирование внеклеточных компонентов соединительной ткани может быть достигнуто лишь косвенными способами.

То, что различные виды соединительной ткани так не похожи друг на друга, служит отражением того факта, что в корне различны внеклеточные материалы, составляющие разные виды соединительной ткани. Кость содержит кристаллы солей; сухожилия, связки и фасции – плотные тяжёлые волокна; рыхлая соединительная ткань представлена теми же волокнами, но менее плотно упакованными; эластичные ткани содержат эластические волокна; а кровь – плазму. Итак, мы в принципе не можем жить без соединительной ткани; при этом каждый ее вид заслуживает своего особого отношения.

Соединительная ткань не только придает нашему телу определенную форму, она также ограничивает нашу активность. Кость, придя в контакт с другой костью, прекращает двигаться. Хрящи тоже ограничивают движение, хотя и не так жестко, как кости. Связки ограничивают движения в соответствии со своим строением и способом прикрепления к точкам вокруг суставов. Листки фасций, которые, по сути, представляют собой слои соединительной ткани, одевают и организуют мышцы и нервы, и иногда это ограничение может нам сильно мешать. И, наконец, рыхлая соединительная ткань помогает сохранять целостность организма, ограничи-

вая движения между фасциями и кожей, между прилежащими друг к другу мышцами и внутренними органами.

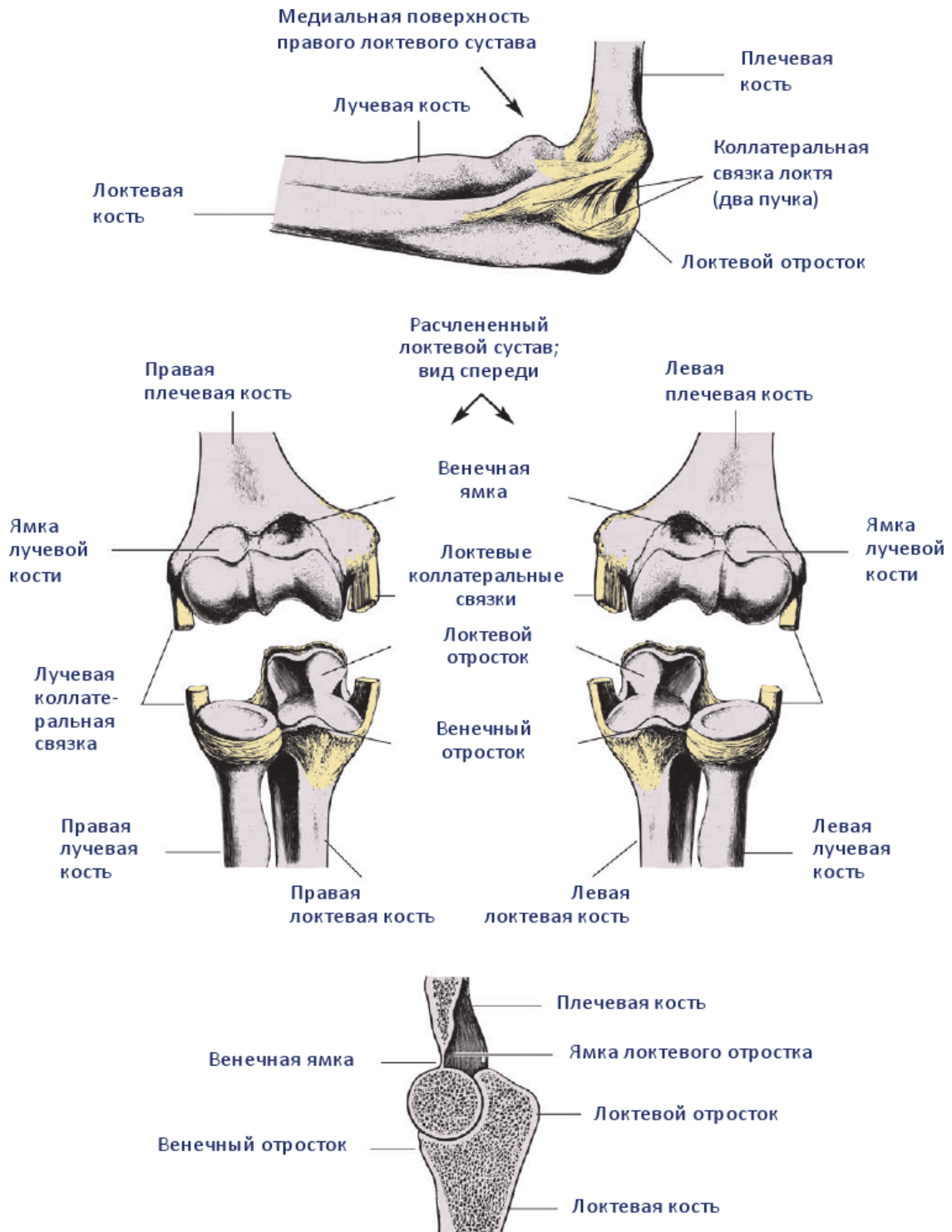
### Костные ограничители

Связки, мышцы и суставные капсулы сами по себе удерживают локтевой сустав, сохраняя его цельность, но по-настоящему ограничивают сгибание и разгибание в этом суставе костные ограничители. Сгибание ограничивается, когда *головка лучевой кости* и *венечный отросток локтевой кости* упираются в препятствие в лучевой и локтевой ямках нижнего конца плечевой кости, а разгибание ограничивается, когда загнутый верхний конец локтевой кости, ее *локтевой отросток* входит в ямку локтевого отростка плечевой кости. Даже несмотря на то, что тонкий слой хряща смягчает контакт между лучевой и локтевой костями с одной стороны и плечевой костью с другой, общий архитектурный план ограничивает движение так же надежно, как дверной косяк и порог ограничивают движение двери. Этот надежный стопор должен непременно существовать, и нельзя пытаться его обойти (рис. 1.10).

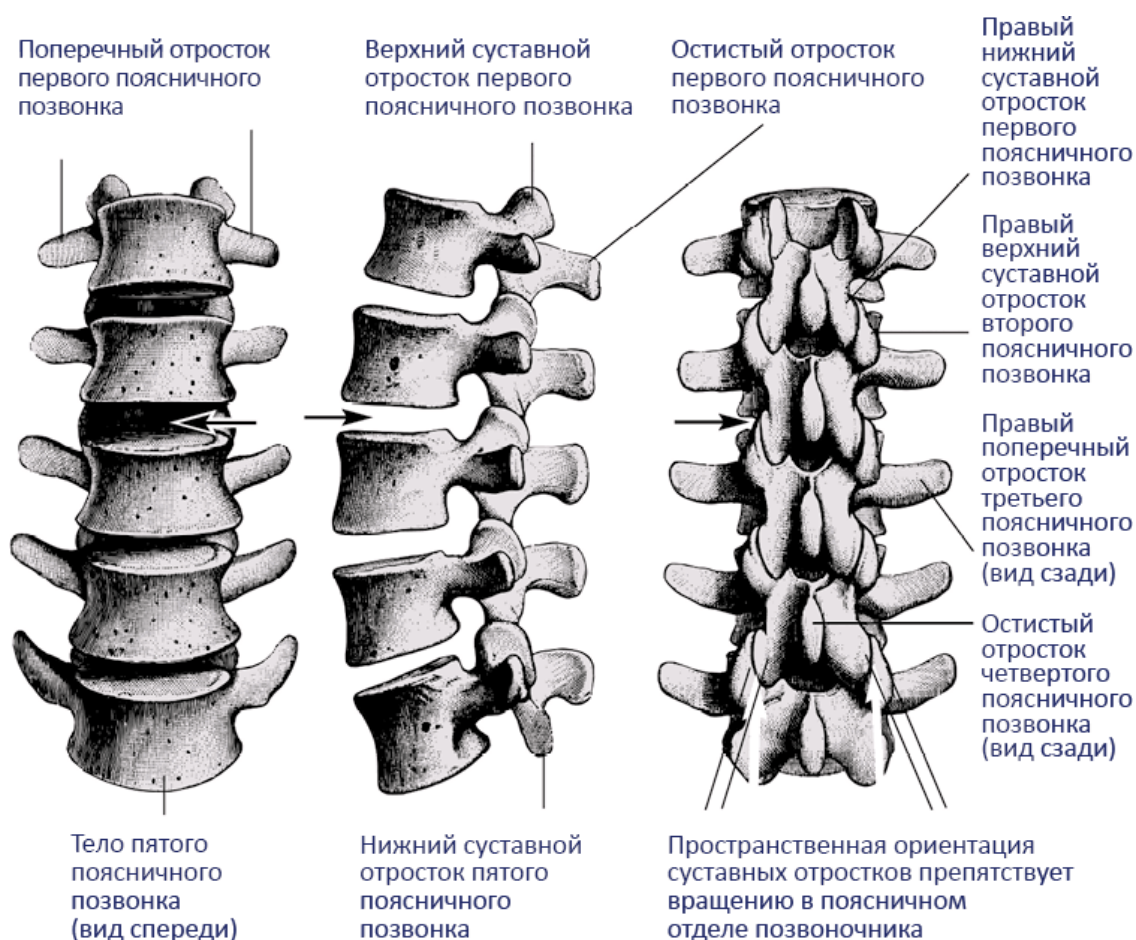
Позвоночник представляет собой еще один пример того, как кости, упираясь друг в друга, ограничивают подвижность всей структуры. В поясничном отделе возможно сгибание и разгибание, но суставные поверхности подвижных межпозвоночных суставов располагаются во фронтальной плоскости вертикально и, таким образом, сильно ограничивают вращательные движения вокруг вертикальной оси (рис. 1.11). Вследствие этого вращательные движения в позвоночнике осуществляются исключительно за счет шейного и грудного отделов, где межпозвоночные суставы в большей степени благоприятствуют вращательным движениям позвонков относительно друг друга (см. главы 4 и 7). Это очень удачная конструкция, и менять ее не надо, так же как не надо менять устройство локтевого сустава. Если бы поясничная область, расположенная между тазом и грудной клеткой, могла вращаться вокруг продольной оси так же свободно, как сгибаться и разгибаться, то поясничный отдел позвоночника стал бы безнадежно неустойчивым.

### Хрящевые ограничители

*Хрящ* имеет консистенцию вулканизированной резины или мягкой пластмассы. Хрящ придает форму носу и наружному уху, а также образует амортизирующие слои на концах длинных трубчатых костей. Правда, сейчас мы займемся не этими хрящами, а теми, которые образуют суставы, называемые сращениями или *симфизами*, а именно *межпозвоночными дисками*, разделяющими тела прилежащих друг к другу позвонков (см. рис. 1.11; 4.10, б; 4.11; 4.13б), а также *лобковым симфизом*, расположенным между двумя *лобковыми костями* (рис. 1.12 и 3.2). В этих местах сращения ограничивают подвижность, напоминая резиновые прокладки, которые допускают небольшое относительное смещение, но не допускают скольжения. Так, например, лобковый симфиз достаточно надежно связывает спереди две половины таза, но позволяет небольшие смещения лобковых костей относительно друг друга при изменениях позы; межпозвоночные диски связывают между собой прилежащие позвонки достаточно плотно, но тем не менее это не мешает позвоночнику, как единому целому, быть достаточно гибким для того, чтобы сгибаться, разгибаться и вращаться вокруг продольной оси.



**Рис. 1.10.** Костные стопоры для сгибания и разгибания в локтевом суставе, в верхней части рисунка изображена суставная капсула, ниже вид спереди на расчлененные правый и левый локтевые суставы – в центре рисунка; ниже изображен продольный распил через сустав и две из трех составляющих его костей. Разгибание прекращается, когда локтевой отросток входит в свою ямку, а сгибание прекращается, когда головка лучевой кости и венечный отросток входят в свои одноименные ямки – лучевую и венечную (Saprey)



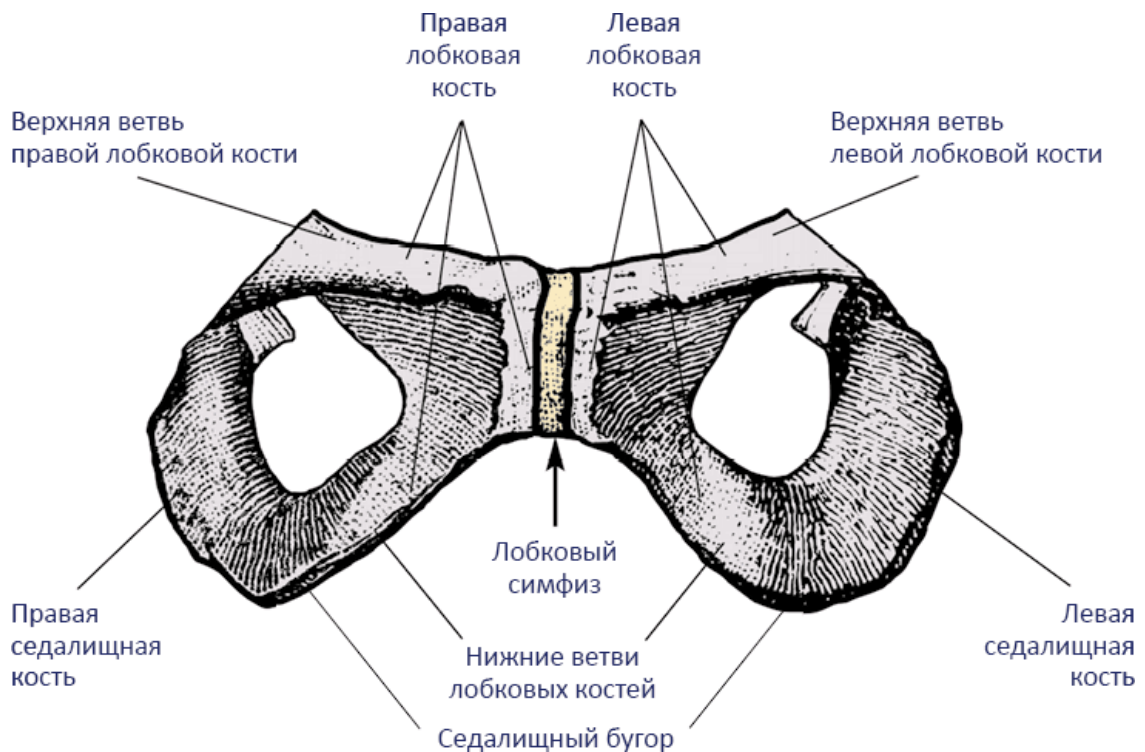
**Рис. 1.11.** Поясничные позвонки спереди, сбоку и сзади. Вертикальная, передне-задняя ориентация суставных отростков и их суставных поверхностей обеспечивает костный стопор, предупреждающий вращение вокруг продольной оси в этом отделе позвоночника. Пространства, в которых находится межпозвоночный диск, разделяющий второй и третий поясничные позвонки, указаны стрелками (Saprey)

## Сухожилия и связки

По определению, *сухожилия* соединяют мышцы и кости, а *связки* соединяют друг с другом кости. И сухожилия, и связки состоят из плотной, волокнистой, прочной и неэластичной соединительной ткани с немногочисленными клетками, рассеянными в толще волокон. Микроскопически сухожилия и связки почти неразличимы, хотя в связках волокна упакованы не так упорядоченно, как в сухожилиях. В сухожилии волокна распространяются от брюшка мышцы и врастают в вещество кости, сообщая всему комплексу непрерывность и прочность. Связки удерживают рядом сочленяющиеся кости во всех суставах тела, допускают небольшое смещение костей относительно друг друга и обычно туго натягиваются только на пределе амплитуды движения в соответствующем суставе.

Связки и сухожилия могут при натяжении растягиваться не более чем на 4 % их исходной длины, после чего происходит разрыв. Разрыв связок и сухожилий – это серьезная травма. Дело в том, что состояние состоящих из внеклеточного вещества волокон сухожилий и связок целиком зависит от немногочисленных, рассеянных по их толщине живых клеток, которые отвечают за репарацию и восстановление целостности ткани, а, кроме того, сухожилия и связки довольно скудно снабжаются кровью. Все это делает медленным заживление разрывов этих

структур. Самое частое заболевание такого рода – *тендинит*, вызываемый разрывом волокон в месте соединения сухожилия и кости. Если больной продолжает сверх меры нагружать сухожилие, печатая на компьютере, играя в теннис или интенсивно практикуя позы хатха-йоги, то процесс выздоровления может затянуться на год, а то и дольше.



**Рис. 1.12.** Показано место, где лобковый симфиз соединяет две половины таза. Это увеличенное изображение двух лобковых и седалищных костей (вид спереди) взято из рис. 3.2, на котором показан таз целиком (Saprey)

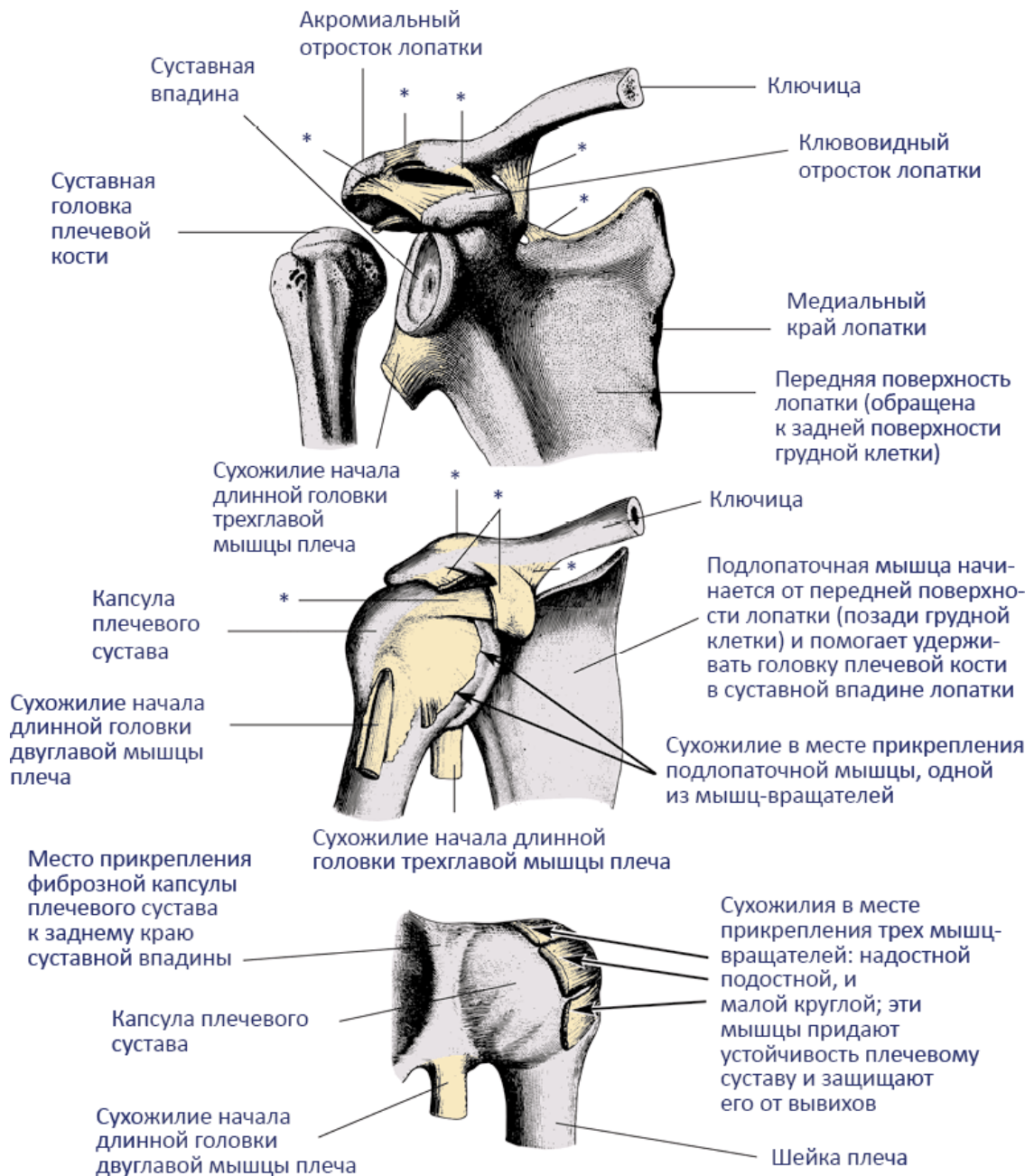
Главная задача связок – ограничение подвижности суставов, и это становится большой проблемой для практики хатха-йоги, когда практикующие хотят добиться максимальной растяжки. Можно подумать о том, чтобы растянуть связки, ослабить их, чтобы они не служили ограничителями при выполнении поз хатха-йоги. Но связки не пружинят и не сокращаются после растяжения и удлинения (по крайней мере, в пределах уже упомянутого четырехпроцентного максимума), и если мы будем упорствовать в попытках растянуть их больше, то, скорее, причиним себе вред, а не принесем пользу. Растянутая связка становится дряблой, суставы разбалтываются и становятся склонными к вывихам. Связки существуют в организме не просто так, и не мешайте им выполнять их функцию. Для того чтобы увеличить диапазон и амплитуду движений, надо прежде всего сосредоточиться на удлинении и растяжении мышц.

## Суставные капсулы

*Суставные капсулы* представляют собой соединительнотканые футляры, окружающие рабочие поверхности так называемых *синовиальных* суставов. К суставам этого класса относят шарнирные, цилиндрические и шаровидные суставы. Суставные капсулы синовиальных суставов играют несколько ролей: они обеспечивают герметичную емкость для *синовиальной жидкости*, которая смазывает трущиеся суставные поверхности костей; служат местами для синовиальной оболочки, которая продуцирует синовиальную жидкость; обеспечивают прочное прикрытие сустава, в которое врастают связки и сухожилия; особый интерес представляет еще

одна функция суставной капсулы – она и связанные с ней связки определяют почти половину силы, препятствующей подвижности суставов.

Превосходный пример суставной капсулы мы находим в плечевом суставе. Подобно тазобедренному, плечевой сустав является шаровидным – шар представлен головкой плечевой кости, входящей в суставную впадину лопатки (рис. 1.13). Весь этот комплекс одет суставной капсулой, содержащей сухожилия, которые проходят сквозь ее стенки или срастаются с суставной капсулой так же, как и связки, усиливающие сустав снаружи. Для того чтобы ощутить создаваемое капсулой сопротивление, поднимите руку над головой и попытайтесь отвести ее как можно дальше кзади: при этом вы сможете прощупать туго натянутую суставную капсулу и ее связки.



**Рис. 1.13.** Расчлененный правый плечевой сустав; вид спереди (верхнее изображение); правый плечевой сустав с его капсулой, также спереди (среднее изображение); и правый плечевой сустав с его капсулой, вид сзади (нижнее изображение). Представьте себе грудную клетку, помещенную впереди лопатки справа от наблюдателя на двух верхних изображениях (показан-

ная здесь поверхность лопатки обращена к задней стенке грудной клетки). На нижнем изображении представьте себе заднюю поверхность лопатки слева от наблюдателя; за исключением того, что на нижнем изображении представлено более глубокое рассечение, этот рисунок практически повторяет рис. 1.1. Звездочками указаны укрепляющие связки, а стрелками – мышца манжетки вращателей (Saprey)

## Растяжимые связки

*Растяжимые связки* на самом деле связками не являются; это скелетные мышцы, сохраняющие относительно постоянную длину благодаря двигательным нейронам, которые иннервируют эти мышцы и постоянно посылают к ним импульсы. Эти так называемые связки обладают большей эластичностью, чем истинные связки, потому что являются мышцами, но в остальном они функционируют как обычные связки. Единственное, чего они не делают, но чего мы ждем от них, как от всякой скелетной мышцы, – это осуществление движений. Эти мышцы не производят движений в суставах. Согласно общепринятому определению, растяжимые связки представляют собой преимущественно поздние мышцы туловища, но можно сказать, что для принятия устойчивой позы для медитации все мышцы (за исключением дыхательных) превращаются в растяжимые связки.

В отличие от соединительнотканых связок длина растяжимых связок может изменяться в зависимости от количества поступающих в них нервных импульсов. Так как каждая мышца, связанная с туловищем и позвоночным столбом, является парной и представлена с обеих сторон, каждый участник пары должен получать одинаковое число импульсов, по крайней мере для поддержания симметричной позы. Если же число импульсов не одинаково, то длина растяжимых связок с каждой стороны будет разной, а, значит, это повлияет на конфигурацию позвоночного столба. В хатха-йоге это особенно заметно, так как разная длина парных растяжимых связок служит главной причиной нарушения двустороннего равновесия.

Осевое нарушение равновесия можно обнаружить по положению туловища и форме позвоночного столба, но особенно заметно оно на шее, где крошечные *подзатылочные мышцы* функционируют как растяжимые связки, поддерживающие положение головы (см. рис. 8.20). Если голова хронически повернута в сторону или слегка наклонена к одному плечу, то это может означать, что длина мышц с обеих сторон не одинакова, причем в течение длительного периода времени. Двигательные нейроны привыкли к устоявшейся картине возбуждения, брюшки мышц на стороне избыточной импульсации стали укороченными, на противоположной стороне удлиненными, а соединительнотканые волокна, одевающие мышцы, адаптировались к изменившейся длине мышечных волокон. Для того чтобы корригировать такие нарушения, требуются годы неустанного труда: ни удлинить, ни укоротить брюшко мышцы или соединительнотканного футляра быстро невозможно.

## Фасции

*Фасциями* называют листки соединительной ткани, поддерживающие архитектуру тканей и органов всего тела; фасции, если можно так выразиться, обеспечивают инфраструктуру организма, удерживая органы и системы органов на их местах. Грубо говоря, фасции – это как кожаные перчатки, задающие границу рукам. Под кожей и подкожной соединительной тканью фасции организуют и объединяют группы мышц, отделяют индивидуальные мышцы и группы мышечных волокон внутри каждой мышцы. Фасции образуют плотные футляры вокруг всех полостей организма; фасции одевают сердце плотной фиброзной оболочкой – перикардом. Под кожей располагаются поверхностные фасции, а глубже располагаются фасции, одевающие

мышцы и группы мышц. Множественное и единственное число в отношении фасций практически взаимозаменяемо. Можно сказать глубокая фасция спины, фасция тела или фасции тела.

Если мы постоянно глубоко дышим, двигаемся и растягиваем мышцы, то фасции сохраняют гибкость и растяжимость, но если какая-то часть тела долго остается неподвижной, то фасции теряют гибкость, становятся ригидными и начинают ограничивать движения. Можно продолжить аналогию с перчатками: они могут быть такими тесными, что не позволяют согнуть пальцы.

### **Рыхлая соединительная ткань и основное вещество**

*Рыхлая соединительная ткань* состоит из *основного вещества*, рассеянных в его толще волокон и живых клеток. Рыхлая соединительная ткань заполняет пространства между тканями трех основных типов – мышечной, эпителиальной и нервной, – а также между всеми остальными соединительными тканями, включая кости и хрящи, кровь и лимфу, сухожилия и связки, суставы и суставные капсулы, фасции, жир и лимфоидную ткань. Однако рыхлая соединительная ткань не просто инертный наполнитель. Основное вещество, упрощая, можно сравнить с глицерином: оно служит смазкой и облегчает движение одних частей тела относительно других. Основное вещество позволяет органам и тканям скользить относительно друг друга, а также допускает скольжение отдельных волокон относительно друг друга в составе сухожилия и связок. Если бы не волокна соединительной ткани и их микроскопические сращения с мышечными волокнами, нервами и эпителием, основное вещество позволило бы всем тканям скользить друг относительно друга до полного разрушения структуры. Это было бы что-то вроде того, как если бы кто-нибудь разлил масло на обледенелой дороге.

В норме основное вещество представляет собой жидкость, но оно густеет и теряет влагу, если окружающие ткани перестают активно двигаться. Теряя влагу, основное вещество перестает играть роль смазки. Все тело цепенеет и становится ригидным и скованным. Сухожилия, связки, суставные капсулы становятся хрупкими, мышцы утрачивают большую часть своей эластичности и способности плавно сокращаться, а все ткани становятся чувствительными к травмам. Эти неблагоприятные эффекты служат причиной утренней скованности и поэтому являются весомыми аргументами в пользу ежедневной, неукоснительной утренней разминки или сеанса хатха-йоги. Для того чтобы наполнить влагой основное вещество, ленивая короткая разминка хуже, чем эффективная и длительная зарядка, но зато вы получаете то, за что платите. Вознаграждением становится хорошее самочувствие; ценой – упражнения на растяжение.

## Растяжение

Если вы спросите людей, что нужно для того, чтобы поднять штангу, то большинство ответит, что для этого нужны мышцы, кости и суставы. Если же вы спросите, что нужно для того, чтобы пробежать марафон, то вам ответят, что для этого нужны сердце, легкие и ноги. Если же вы спросите, что нужно для танцев или спортивной гимнастики, то вам скажут, что для этого нужны сила, грация и подвижность. Но если вы спросите, что нужно для развития гибкости, то вам, вероятно, ответят, что для этого нужна хатха-йога. Действительно, самое трудное в хатха-йоге – это улучшение гибкости. Даже самая простая поза вызывает затруднение, если человек скован, и именно поэтому инструкторы все время призывают посвящать много времени растяжке. Но что они на самом деле имеют в виду?

Теперь мы знаем, что, развивая гибкость, надо соблюдать осторожность в попытках воздействия на костные ограничители, на сопротивление хрящей, суставных капсул, сухожилий и связок. На самом деле, мы можем лишь увеличить длину нервов и мышц, двух растяжимых анатомических структур, которые расположены вдоль длинных осей конечностей и пересекают суставы.

## Брюшко мышцы

Для того чтобы значительно увеличить диапазон движений в суставе, надо лишь немного увеличить длину соответствующих мышц. Но если мы растягиваем мышцы и ждем от этого долгосрочных результатов, то что мы при этом делаем с отдельными мышечными волокнами и с встроенными в мышцу соединительнотканными волокнами? Индивидуальные мышечные волокна мышцы можно удлинить добавлением мелких сократительных единиц, называемых *саркомерами*. Мы знаем это из исследований мышц, которые долгое время находились в растянутом состоянии, когда конечность была зафиксирована гипсовой повязкой. Если на фоне ношения гипсовой повязки часть саркомеров утрачивается, то мышца становится короче.

Однако недостаточно просто увеличить длину мышечных волокон. Необходимо также соответствующее увеличение количества соединительной ткани внутри и снаружи мышцы, включая одевающую мышцу фасцию, соединительную ткань, окружающую пучки мышечных волокон, а также и отдельные волокна. Это, в свою очередь, происходит в результате регулярных растяжек. Соединительная ткань постепенно удлиняется вслед за мышечными волокнами, мышца в целом становится длиннее, и тем самым улучшается гибкость. Растяжки хатха-йоги – безопасный и эффективный способ достичь нужного результата. В отдельных случаях, когда мы хотим увеличить ригидность тела, единственное, что надо сделать, – это перестать усиленно растягивать мышцы и сосредоточиться на повторных, низкоамплитудных движениях. Мышечные волокна быстро станут короче, а за ними последует и соединительная ткань.

## Нервы

С периферическими нервами дело обстоит совсем иначе. Нервы весьма чувствительны к растяжению, но они недостаточно прочны для того, чтобы ему противостоять. Нервы приспособляются к растяжению только потому, что распространяются в тканях отнюдь не по прямым линиям и индивидуальные нервные волокна представляют собой весьма извилистые структуры, петляющие в составе соединительнотканых футляров, одевающих нервные волокна. При растягивании конечности путь самого нерва как целого в окружающих тканях выпрямляется первым, а затем выпрямляется и серпантин индивидуальных нервных волокон

внутри нерва. Даже после этого соединительнотканые влагалища обладают еще достаточной эластичностью, чтобы добавить еще 10–15 % длины без поражения нервных волокон.

Без своих соединительнотканых футляров нервы были бы чрезвычайно уязвимыми, и не только по отношению к растяжению, но и к травме и сдавлению со стороны окружающих мышц, костей и связок. Защита эта, однако, не стопроцентная, потому что в отдельных случаях соединительнотканые футляры могут растягиваться и за пределы безопасности нервов. Ранними предостерегающими сигналами повреждения нервов служат онемение, появление мурашек и ощущения покалывания, а если эти симптомы остаются без внимания, то развиваются сенсорные и двигательные нарушения. Лучшим средством профилактики является осознанное отношение и терпение – осознанное отношение заключается в понимании того, почему растяжение может вызвать травму нервов, а терпение в неторопливости. Если боль постоянно рецидивирует, то следует, не мешкая, обратиться к врачу.

### **По зрелому размышлению**

Научные исследования отчетливо показали, что длину мышечных волокон можно увеличить на фоне длительных и регулярных растяжек или уменьшить при постоянном сокращении мышц. Ясно также, что соединительнотканые футляры мышц и нервов могут растягиваться и чрезмерно. Но в этом уравнении есть и еще один фактор: нервная система играет решающую роль в расслаблении и сокращении мышц, и это либо допускает растяжение, либо ограничивает его. Так что же, активная роль нервной системы или пассивная роль соединительной ткани в конечном счете ограничивает движение? Поскольку нервные импульсы постоянно стимулируют мышечные клетки в ходе любой обыденной активности, есть только один способ это выяснить: проверить диапазон движений у человека, находящегося в состоянии общей анестезии, и когда нервная система не стимулирует скелетные мышцы, если не считать дыхательных мышц при самостоятельном дыхании пациента.

Эта проверка, без всякого умысла, регулярно проводится во время операций. Любая операционная сестра скажет вам, что у больного в состоянии общей анестезии все суставы настолько разболтаны, что конечность можно смещать практически в любом диапазоне, и приходится проявлять осторожность при перекладывании больного, чтобы не причинить ему вывих какого-нибудь сустава. Невероятная подвижность имеет место даже у тех больных, у которых в обыденной жизни суставы сильно скованы. Но почему тогда физиотерапевты не пользуются этой возможностью и не увеличивают диапазон движений конечностей в суставах в условиях общей анестезии? Ответ заключается в том, что, оставшись без контроля со стороны нервной системы, ткани рвутся – мышечные волокна, соединительнотканые волокна и нервы. Это и есть доказательство того, что даже несмотря на то, что соединительная ткань обеспечивает некоторые предельно допустимые границы движения, все же именно нервная система задает в обыденной жизни границы допустимых движений в суставах. Если мы достигаем этих пределов, нервная система подает нам болевой сигнал о том, что мы увлеклись и зашли слишком далеко, и самое главное, что это предостережение поступает до того, как произошел разрыв ткани.

## Три позы

Принципы движений, которые мы только что обсудили, можно наилучшим образом проиллюстрировать на примере трех поз. Они просты для анализа и изучения, потому что отличаются двусторонней симметрией, когда обе стороны тела принимают одно и то же положение и совершают идентичные движения. Каждая поза представляет свои особые трудности. Мы начнем с позы покойника.

### Поза покойника

Поза покойника позволяет выявить ряд общих проблем, которые возникают, когда люди пытаются расслабиться. Лягте спиной на мат с выпрямленными коленями, слегка раскинутыми в стороны ступнями, с руками, лежащими вдоль тела, но не прикасаясь к нему, ладонями вверх. Полностью расслабьтесь, позвольте силе тяжести полностью распластать тело по полу (рис. 1.14). Когда вы в первый раз укладываетесь на пол, большая часть двигательных нейронов продолжает посылать импульсы в иннервируемые ими мышцы, но дыхание постепенно становится ровным и спокойным, а число нервных импульсов, направляемых в мышцы за одну секунду, начинает уменьшаться. Если вы имеете большой опыт в расслаблении, то уже через одну-две минуты число импульсов двигательных нейронов кисти будет равно нулю. Еще через пять минут прекратится стимуляция мышц предплечий, плеч, голеней и бедер, достигнув практически нуля. Ритмичные движения дыхательной мышцы – *диафрагмы* – будут навевать еще большую релаксацию, и, наконец, резко уменьшится число импульсов, направляемых к мышцам туловища. Соединительная ткань не ограничивает вас. Вы не чувствуете боли ни в какой части тела. Поза абсолютно комфортна. Это идеальная релаксация, абсолютное расслабление.

Однако на ранних стадиях овладения практикой хатха-йоги достижению этого идеала могут мешать многие обстоятельства. Для начала допустим, что вы повредили правое плечо, играя в баскетбол утром того же дня. Напряжение в этой области все еще велико, и болезненность выглядит сильным контрастом на фоне остальных, расслабленных участков тела. Кроме того, вы когда-то перенесли травму позвоночника и мышцы позвоночника у вас тоже находятся в состоянии напряжения. Вы бы с удовольствием согнули колени, чтобы облегчить это напряжение, но боитесь показаться неспортивным. Таким образом, вам приходится подавлять импульсы сгибательных рефлексов и страдать от того, что вы лежите с выпрямленными коленями.



**Рис. 1.14.** Поза покойника; поза полной релаксации всего тела

Все проблемы организма становятся явными, и вы не можете расслабить собственное тело, потому что оно бунтует против этого. Вам не было бы так больно, если бы вы просто прошли вокруг квартала, потому что движение отвлекло бы вас от боли, но теперь, когда вы пытаетесь расслабиться, вы чувствуете только эту боль, и ничего больше. Поза начинает

сильно вас раздражать, и разум, вместо того чтобы успокоиться, мечется между осознанием дискомфорта и желанием его избежать. Если инструктор попытается удержать вас в этой позе еще пару минут, то вы ошиблись в выборе класса. Вы еще не готовы для этой работы. Вам надо поправиться, много двигаться и растягивать мышцы, а не лежать в позе покойника.

Те, кто чувствует себя некомфортно в такой позе, могут иногда немного подправить ситуацию, если примут немного согнутую позу – согнув колени, положив руки на грудь и подложив под голову подушку. Неудивительно, что для того, чтобы спокойно уснуть, большинство людей ложатся набок и свертываются калачиком.

## Поза перевернутой лодки

Поза перевернутой лодки демонстрирует простейший вид движения, противодействующего силе тяжести. Для того чтобы принять позу, лягте на пол лицом вниз. Вытяните руки по направлению к стопам, отведите их в стороны или поднимите над головой – как вам удобнее. Одним движением оторвите от пола руки, бедра и голову, держа выпрямленными колени и локти (рис. 1.15). Этот подъем осуществляется за счет напряжения мышц-разгибателей спины. Мышцы шеи, спины, задней поверхности бедер и голени сокращаются концентрично и отрывают эти части тела от пола, выгибая тело дугой.



**Рис. 1.15.** Поза перевернутой лодки. Когда вы поднимаетесь в эту позу, мышцы задней поверхности тела концентрично укорачиваются; по мере медленного расслабления и опускания поднятых частей тела вниз мышцы эксцентрично удлиняются. Напряжение растянутых мышц и соединительной ткани передней поверхности тела увеличивается при подъеме и уменьшается при опускании головы, рук и ног

Несмотря на то что по всем канонам йоги поза перевернутой лодки считается простой, особенно если руки прижаты к бедрам, она может представить трудность для людей, находящихся в плохой физической форме. Мышцы, которые участвуют в поддержании этой позы, редко используются в обыденной жизни, и если вы разогнете локти и колени, то рискуете не поднять руки и ноги на высоту больше 5 см. Сочетание отсутствия должной гибкости и новизны позы приводит к тому, что сокращаются не только и не столько мышцы спины, но и передние мышцы туловища, а это, в свою очередь, еще больше ограничивает подъем. Полное разгибание всего тела является сутью выполнения позы перевернутой лодки, но сила тяготения, отсутствие тренированности задних мышц тела, сопротивление передних мышц, активность сгибательных рефлексов и ограничения, накладываемые соединительной тканью позвоночника, – все это мешает вам правильно выполнить нужные движения. Для начинающих главным препятствием служит привычная активность нервной системы.

Для учеников среднего уровня главное препятствие – фасции. Нервная система отдает команду мышцам задней поверхности тела сильно сокращаться, а мышцам передней поверхности расслабиться, но соединительная ткань и строение суставов препятствуют полноцен-

ному разгибанию. Со временем, в результате упорной практики, мышцы передней поверхности тела учатся расслабляться и поддаваться полному растяжению. И, наконец, опытные ученики уверенно поднимают голову, руки и ноги до максимума, достигая пределов неврологического контроля движения, осознанно работают с ограничениями соединительной ткани и при этом сохраняют ровное и спокойное дыхание.

### Растяжение задних мышц бедра

Эта поза в положении наклона из положения стоя демонстрирует взаимодействие мышц-агонистов, их антагонистов, силы тяжести и рефлекс складного ножа. Встаньте. Ступни должны быть раздвинуты на расстояние около 40 см. Сгибая колени по необходимости, наклонитесь вперед и прижмите туловище к бедрам, что позволяет удерживать спину относительно прямой, не испытывая напряжения. Теперь, удерживая грудную клетку и живот на месте, попытайтесь выпрямить ноги в коленных суставах. Эту задачу выполняют передние мышцы бедра, а задние его мышцы будут этому движению сопротивляться, но вы можете снизить это сопротивление, активируя рефлекс складного ножа. Просто помассируйте места соединений задних мышц бедра с сухожилиями в подколенной ямке, когда пытаетесь выпрямить ноги (рис. 1.16).



**Рис. 1.16.** Растяжение четырехглавых и задних мышц бедра в положении стоя. Во-первых, надо плотно прижать туловище к бедрам, чтобы обезопасить поясницу. В этой ситуации попытка поднять бедра силой в сочетании с массажем сухожильных органов Гольджи в сухожилиях задних мышц бедра вызывает глубокую релаксацию и удлинение задних мышц бедра

В этот момент четырехглавые мышцы бедра совершают концентрическое сокращение, выпрямляя ноги в коленных суставах и приподнимая тело, противодействуя силе тяжести. В то же время задние мышцы бедра, являющиеся антагонистами четырехглавой мышцы, активно, хотя и подсознательно, противодействуют такому разгибанию. Если вы находитесь в хорошей

физической форме, то нервная система позволяет выжать из наклона вперед максимум возможного, но, если вы недавно повредили колено или растянули связки голеностопного сустава, ограничителем послужит реагирующий на боль рефлекс сгибания. Поднимая тело кверху, вы совершаете изотоническое движение. Если же вы достигли максимума возможностей, но продолжаете движение, то сокращение мышц становится изометрическим.

Если вы подпрыгнете, чего делать, в общем-то, не стоит, то растянете мышечные веретена силой и спровоцируете миотатический рефлекс растяжения. Если же вы будете двигаться медленно, то это приведет к стимуляции сухожильных органов Гольджи и спровоцирует рефлекс складного ножа, как в четырехглавых, так и в задних мышцах бедра. Несмотря на то что это приведет к расслаблению в обеих группах мышц, главным вашим осознанным стремлением останется разгибание колен, в высших центрах нервной системы рефлекс с четырехглавых мышц будет подавлен, но полностью проявится в задних мышцах бедра. Неврологические цепи реципрокной иннервации также, вероятно, будут тормозить активность двигательных нейронов, аксоны которых иннервируют задние мышцы бедра.

Основное сопротивление подъему вверх исходит от этих мышц. Если вы опытный ученик и не ощущаете боли в суставах, то можете попытаться расслабить задние мышцы и в большей степени выпрямить колени, сокращая четырехглавые мышцы настолько, насколько позволяют ваши силы и здоровье. Эта поза отличается от позы перевернутой лодки тем, что ваше внимание ограничено более узкими задачами. При выполнении позы перевернутой лодки вы пытаетесь расслабить все мышцы передней части тела; здесь же вы пытаетесь расслабить лишь задние мышцы бедра.

Если вы достаточно здоровы, то по достижении пределов возможностей нервной системы важную роль в ограничении ваших усилий выпрямить ноги в коленных суставах и приподнять бедра начинают играть фасции. Вы достигаете пункта, когда волокна соединительной ткани внутри задних мышц и в одевающих их футлярах не позволят вам продолжить движение. Единственный способ добиться дополнительного удлинения всей системы – это терпеливо удлинять мышцы и нервы в ходе длительных регулярных упражнений на растяжение.

## Подведение итогов

В этой главе мы рассмотрели довольно обширный материал, но тем самым заложили фундамент усвоения всего последующего изложения. Подытожим: сенсорные входы в головной мозг и сила воли в конечном счете оказывают решающее влияние на двигательные нейроны, которые, в свою очередь, отвечают за работу скелетно-мышечной системы. Рефлексы этих нейронов лежат в основе выполнения движений, хотя и не подчиняются осознанному контролю, но без них мы всякий раз оказывались бы в весьма затруднительном положении. Без рефлексов растяжения наши движения стали бы резкими и некоординированными, как движения чудовища Франкенштейна в одноименном фильме. Без болевых рецепторов и рефлексов сгибания мы очень скоро стали бы инвалидами от ожогов и травм. Без вестибулярных рефлексов мы не могли бы сохранять равновесие. Без осязания и глубокого чувства давления мы бы утратили массу сенсорных входов, доставляющих нам радость и удовольствие, а кроме того, и руководство к действиям. В конечном счете, именно нервная система управляет костно-мышечной системой, и вместе они поддерживают и лепят соединительнотканые структуры, которые, в свою очередь, пассивно ограничивают движения и позы. Все это происходит в условиях действия поля тяготения, а под контролем воли порождает практику хатха-йоги.

## Глава вторая. Дыхание

Йоги ничего не понимают в физиологии, во всяком случае, ничего, что могло бы помочь европейским ученым и врачам XVII–XVIII веков, но все же в течение долгого времени они, не переставая, твердили о важности изучения дыхания. Йоги, например, говорили, что дыхание – это связь между душой и телом и что если мы научимся управлять дыханием, то сможем овладеть всеми аспектами нашего бытия. Это, говорят нам они, конечная цель пути, который начинается простыми дыхательными упражнениями хатха-йоги. Каждый аспект нашего бытия? Это очень много, с какой бы мерой ни подходить к этому утверждению. Однако несмотря на то, что одно лишь такое утверждение может возбудить сильнейшее любопытство, его исследование мы оставим за рамками настоящей книги. Наша цель – разобраться в тех аспектах дыхания, которые можно исследовать объективно и экспериментально, а затем обсудить некоторые отношения между йогой и дыханием, которые можно соотнести с современными биомедицинскими знаниями: как разнообразные паттерны дыхания влияют на нас, почему это так и чему мы можем научиться из практики и наблюдений.

Дыхание обычно осуществляется на периферии нашего сознания, но мы всегда можем повлиять на дыхание усилием воли. Так же как мы можем выбрать, сколько раз совершить жевательные движения при употреблении того или иного блюда, или выбрать темп движения во время прогулки, мы можем выбрать и манеру дыхания. Большую часть времени, однако, мы дышим абсолютно «автоматически», позволяя сенсорным входам от внутренних органов задавать частоту и глубину дыхательных движений. Йога подчеркивает важность такого выбора. Йоги обнаружили пользу сознательной регуляции дыхания, ровного и спокойного дыхания, дыхания диафрагмального, пользу периодической целенаправленной гипервентиляции или задержки дыхания. Однако несмотря на то, что цели этих упражнений могут показаться вполне похвальными, читателям следует знать, что классическая литература по хатха-йоге, вообще-то, предостерегает от слишком усердных экспериментов с дыханием. В пятнадцатом стихе второй главы «Хатха-Йога Прадипика» есть вполне типичный пассаж на эту тему: «Как львов, слонов и тигров обуздывают постепенно, так и прану надо приручать практикой. В противном случае практикующий рискует причинить себе большой вред». К вопросу об умеренности мы вернемся в конце главы, после того как разберемся в анатомии и физиологии дыхания. Пока достаточно сказать, что основания для осторожности на самом деле есть.

Для того чтобы понять, в чем заключается польза контролируемого дыхания, нам надо шаг за шагом рассмотреть устройство и функционирование дыхательной системы, а затем разобраться, как скелетные мышцы способствуют засасыванию воздуха в легкие. Потом мы узнаем, как дыхание влияет на позы и, наоборот, как позы влияют на дыхание. После этого мы исследуем вопрос о том, как два главных отдела нервной системы – *соматический* и *автономный* (вегетативный) – взаимодействуют между собой в регуляции дыхания. Далее мы обратимся к физиологии дыхания и посмотрим, как изменяются при выполнении различных дыхательных упражнений легочные объемы и содержание газов крови. Потом мы займемся механизмами автоматической регуляции дыхания и узнаем, как мы можем по желанию преодолеть этот автоматизм. И, наконец, мы обсудим различные типы дыхания: грудное, парадоксальное, брюшное и диафрагмальное. В конце главы мы вернемся к вопросу об умеренности в выполнении дыхательных упражнений хатха-йоги.

## **Анатомия дыхательной системы**

Каждая клетка нашего тела нуждается в дыхании – в поглощении кислорода, сжигании топлива, производстве энергии и выделении двуокиси углерода. Этот процесс, известный под названием клеточного дыхания, зависит от обмена – кислород перемещается из атмосферы в легкие, оттуда в кровь, из крови в клетки, и одновременно из клеток в кровь поступает углекислый газ, который затем через легкие удаляется в атмосферу. Организм выполняет этот обмен в два этапа. Сначала мы засасываем воздух из атмосферы в легкие, где воздух приходит в соприкосновение с влажной поверхностью сотен миллионов мелких мешочков – альвеол, откуда кислород проникает в кровь и куда из крови поступает двуокись углерода. Кислород с кровью поступает в сердце, а оттуда во все ткани, органы и клетки тела. Двуокись углерода путешествует по кровеносному руслу в противоположном направлении: сначала из клеток в кровь большого круга, а затем из сердца в легкие в малый круг (то есть в круг легочного кровообращения) (рис. 2.1 и глава 8).

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.