

Оглавление

Предисловие 7 | Введение 9

Глава 1 Опорно-двигательная система 15

Кости 15
Суставы 17
Мышцы 18
Хрящи 21
Сухожилия, связки и апоневрозы 24
Фасции 24
Наука о растяжке и гибкости 30
Травмы и заболевания опорно-двигательного аппарата 37

Глава 2 Нервная система 51

Клетки нервной системы 51
Центральная нервная система 54
Периферическая нервная система 58
Заболевания нервной системы 66

Глава 3 Дыхательная система 73

Анатомия и физиология дыхательной системы 73
Биомеханика тихого дыхания 75
Все дело в диафрагме 77
Форсированные вдох и выдох 79
Атмосферный воздух и воздух, вышедший из легких 80
Жизнительный кислород? 81
Дыхание уджайи 85
Носовое и ротовое дыхание 87
Психологическое и физиологическое влияние пранаямы и медленного дыхания 88
Заболевания дыхательной системы 90

Глава 4 Сердечно-сосудистая система 97

Кровь 97
Сердце 98
Кровообращение 100
Роль сердечно-сосудистой системы в поддержании гомеостаза 102
Частота сердечных сокращений в покое и минутный объем кровообращения 104
Вариабельность сердечного ритма 105

Артериальное давление 105
Заболевания сердечно-сосудистой системы 107

Глава 5 Лимфатическая и иммунная системы 115

Лимфатическая система 115
Заболевания лимфатической системы 121
Иммунная система 122
Заболевания иммунной системы 131

Глава 6 Эндокринная система 135

Что такое гормоны? 135
Кортизол: главный гормон 136
Инсулин 138
Гормоны щитовидной железы 139
Эндорфины: морфин нашего тела 139
Дофамин 141
Заболевания эндокринной системы 142

Глава 7 Репродуктивная система 151

Анатомия женской репродуктивной системы 151
Физиология женской репродуктивной системы 154
Мужская репродуктивная система 163
Заболевания репродуктивной системы 164

Глава 8 Пищеварительная система 169

Анатомия и физиология пищеварительной системы 169
Питание и пищеварительная система 180
Заболевания пищеварительной системы 185

Глава 9 Уверенная практика 189

Сильная, динамичная практика 189
Медленная хатха-практика 201
Йога на стуле 212
Практика восстановительной йоги 223

Ссылки на использованную литературу 228 |

Алфавитный указатель 253 |

Предисловие

Эндрю и Мэтт почитают йогу и ее традиции, но при этом скептически относятся к заявлениям, которые делают многие преподаватели. Они поняли, что некоторым из них не хватает знаний на тему анатомии, и написали эту книгу, чтобы помочь людям развить критическое мышление. В книге «Физиология йоги» сочетаются исследования, опытный подход, истории из жизни, юмор и страсть, благодаря чему она является ценным дополнением библиотеки любого преподавателя.

Школы йоги, проводящие обучение на различных уровнях, могут использовать эту книгу в рамках учебного плана. Способ, использованный здесь для представления анатомических и физиологических терминов, придется по душе любым преподавателям: авторы постарались избежать как чрезмерной медикализации, так и излишнего упрощения. Именно поэтому эта книга несомненно привлечет энтузиастов, интересующихся практикой йоги и желающих рассказывать своим ученикам о пользе и рисках занятий.

Как человек, который много лет преподает анатомию и биомеханику инструкторам по йоге, я считаю наше сообщество довольно закрытым. Мы склонны учиться друг у друга, делиться информацией о специфических техниках и доверять словам своих учителей. Это способствует созданию увлеченного своим делом сообщества, но при этом часто приводит к циркуляции ложной информации. К счастью, ситуация начинает меняться благодаря социальным сетям и многочисленным книгам, написанным специалистами, которые не боялись выйти из зоны комфорта и продолжили обучение в других сферах. Высокий уровень образования этих людей способствует изменению дискурса и порождает неопределенность среди преподавателей йоги. Как ни парадоксально, отсутствие уверенности ведет к повышению уровня преподавателей и доверия к ним. То же самое происходит и в науке.

В «Физиологии йоги» рассказывается о главных системах организма и распространенных заболеваниях, которые йога способна излечить. Текст книги поразительно современный, и в нем отражено популярное мнение представителей фитнес- и велнес-культуры. Кроме того, авторы описывают важные исследования, развеивают мифы и намекают: «Если что-то работает, оно работает, и если вы чувствуете себя лучше, то вам действительно лучше» (а авторитетные западные врачи часто игнорируют эту связь). Эндрю и Мэтт напоминают вам о том, что одного случая из практики недостаточно, чтобы делать уверенные заявления, но при этом рассказывают о своем опыте и дают вам возможность попробовать что-то самостоятельно. В финальной главе представлены упражнения для людей разного уровня подготовки, описанные в удивительно классической манере. Авторы книги доказывают, что преподаватель имеет право сказать, когда сделать вдох и как правильно поставить ногу, и мне это нравится. Часто утверждение о том, что правила расположения тела не являются универсальными, приводит к путанице и смущению, потому что преподаватели не знают, что говорить на занятии. Приведенные авторами инструкции позволят подойти к асанам с интересом и без назидания, но при этом не нарушить сценарий. Лично я одобряю «Физиологию йоги».

Джулс Митчелл,
преподаватель йоги, исследователь и преподаватель Университета
штата Аризона, автор книги «Биомеханика йоги:
новый взгляд на растяжку»¹ www.JulesMitchell.com

¹ Jules Mitchell. Yoga Biomechanics: Stretching Redefined. Handspring Publishing, 2017. На русском языке не выходила.

Введение

Мы, авторы этой книги, уже более 20 лет изучаем анатомию и физиологию в разных формах и до сих пор регулярно задумываемся о том, насколько удивительно человеческое тело. Эта книга стала для нас идеальной возможностью разделить с вами свою страсть к йоге.

В последнее время мы увлеклись изучением различных заблуждений, которые распространяются по йога-сообществу, словно лесной пожар. Действительно ли стойка на голове (Ширшасана) стимулирует работу шишковидного тела? Может ли йога облегчить тревожность? Правда ли, что повороты туловища способствуют процессу детоксикации в печени? Хотя не все в этом мире должно быть доказанным, мы считаем важным отделить домыслы от фактов (или хотя бы попытаться). Однако наша главная цель — вдохновить людей ценить свое тело и любить занятия йогой. В конце концов, йога и движение имеют бесчисленное количество преимуществ. Мы надеемся, что эта книга вдохновит преподавателей йоги увереннее работать с телами людей, а учеников — обзавестись знаниями, которые помогут им в практике. Йога не только дарит нам хорошую растяжку, но и позволяет познать себя. Мы очень хотим, чтобы благодаря этой книге вы узнали себя чуточку лучше.

Прежде чем изучить, как йога влияет на физиологию каждой системы организма, следует уточнить, что мы подразумеваем под йогой и физиологией, а также то, как критическое мышление может пойти на пользу каждому из нас.

ЧТО ТАКОЕ ЙОГА?

Йога — это философская практика или дисциплина, зародившаяся в Южной Азии. Слово «йога» происходит от санскритского корня *yui*, означающего «присоединять», «соединять» и «объединять». Практика йоги напоминает нам о связи не только тела и разума, но и о неразрывности индивидуального сознания с универсальным. Восемь ступеней йоги, описанные в «Йога-сутрах» Патанджали, представляют собой этические принципы, которые касаются наших отношений с другими людьми и окружающим миром (*яма*), внутренних дисциплин (*нияма*), физической практики поз (*асана*), дыхательных упражнений (*пранаяма*), отвлечения от чувств (*пратьяхара*), сосредоточенности (*дхарана*), медитации (*дхьяна*) и неопишуемой радости (*самадхи*). Эти ступени сами по себе не являются йогой, но представляют собой вспомогательные практики, сопровождающие ее. Хотя основное внимание в этой книге уделено физическим аспектам, мы признаем, что йога — это нечто гораздо большее.

ЧТО ТАКОЕ ФИЗИОЛОГИЯ?

Физиология — это, по сути, наука о жизни. Область биологии, цель которой заключается в том, чтобы понять механизмы живых существ, начиная с основ клеточного функционирования и заканчивая слаженной работой всего организма и влиянием на него окружающей среды. Физиология как наука постоянно совершенствуется, поскольку новые исследования расширяют наши знания о контролирующих и регулирующих механизмах. Кроме того, исследования необходимы для понимания причин заболеваний, а также для разработки новых методов лечения болезней и поддержания здоровья.

КРИТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

В мире, полном неопределенности, желание получить конкретные ответы на свои вопросы постоянно растет: мы хотим найти универсальный способ занятий йогой, подходящую всем диету, один правильный способ жить. Тем не менее благодаря тому, что любой человек может опубликовать что угодно, очень легко встретить противоречивые мнения касательно своих вопросов.

В этом разделе мы поговорим о критическом мышлении и способах ориентироваться в неоднозначных взглядах и мнениях, распространенных в мире йоги.

Нам хочется думать, что мы мыслим логически, разумно и беспристрастно, но это не всегда так. Согласно философам-преподавателям Ричарду Полу и Линде Элдер, важным фигурам в развитии критического мышления, «наше мышление в значительной степени пристрастно, искажено, неинформированно или откровенно необъективно, однако качество нашей жизни и всего, что мы производим, делаем или строим, напрямую зависит от качества нашего мышления». Они утверждают, что адекватное, логическое и непредвзятое мышление необходимо систематически культивировать.

Пол и Элдер определяют критическое мышление как «способность анализировать и оценивать мышление с намерением улучшить его». Оно основано на интеллектуальных ценностях, которые большинство из нас хотят развить: ясность, точность, последовательность, существенность, обоснованность, аргументированность, глубина, широта и справедливость. Чтобы мыслить критически, необходимо задать себе следующие вопросы: *«Что я думаю об этой теме? На какую информацию я полагаюсь, чтобы сделать вывод? Какие предположения привели меня к этому выводу? С какой точки зрения я рассматриваю эту проблему? Достаточно ли доказательств, чтобы прийти к такому выводу? Существуют ли доказательства, опровергающие мою гипотезу?»*

Последний вопрос особенно важен. Все мы время от времени склонны к предвзятости подтверждения, когнитивному искажению, при котором обращаем внимание только на факты, подтверждающие нашу точку зрения. Тем не менее критическое мышление подразумевает поиск в том числе и фактов, которые противоречат нашим взглядам и выдвинутой нами гипотезе.

Такой подход помогает отфильтровать противоречивую информацию на любую тему. В одном месяце могут быть опубликованы результаты исследования, показавшие, что вино полезно для здоровья, а в другом — выйти научная статья о вреде потребления алкоголя в любом количестве. В йога-сообществе один преподаватель может утверждать, что седалищные кости должны быть прижаты к полу во время наклона вперед в положении сидя, а другой — рекомендовать ученикам приподнять их.

Рисунок 1 может стать вашим гидом по критическому мышлению при чтении любой научной статьи.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА И ИССЛЕДОВАНИЯ

Доказательства — это доступные факты или информация, указывающие на то, что утверждение или предположение верно или ценно. Хотя большинство учеников на занятии и не думают о доказательствах во время Приветствия солнцу, многие преподаватели заявляют о физиологических аспектах йоги, правдивость которых не подтверждена. Подобным часто делятся на семинарах для преподавателей, в велнес-блогах и книгах о йоге. В качестве примеров можно привести утверждения о том, что стойка на плечах (Сарвангасана) стимулирует работу щитовидной железы, а повороты туловища способствуют процессу детоксикации

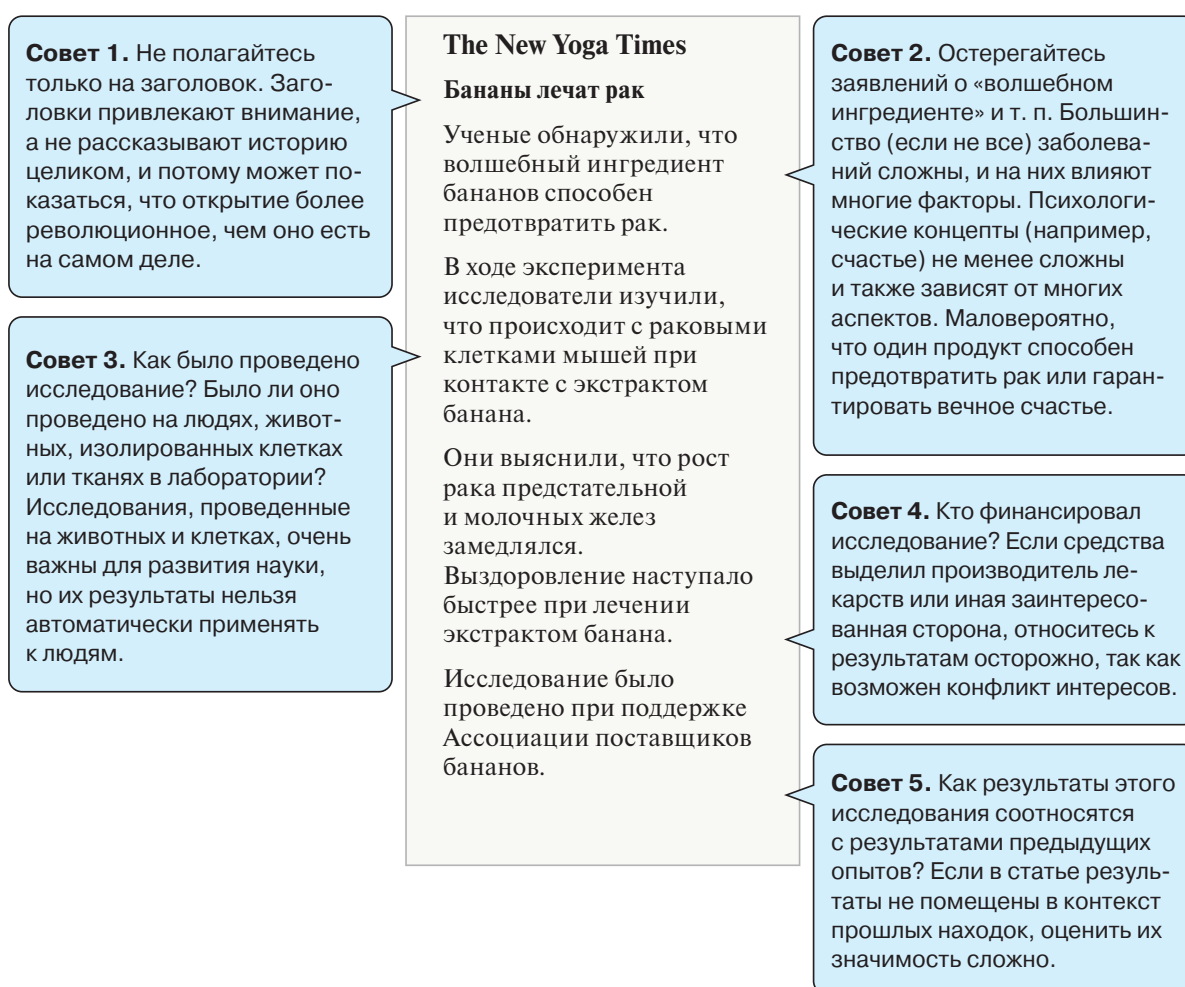


РИСУНОК 1 Важные вопросы, которые необходимо задать при чтении статьи о научном открытии

в печени. Они оба основаны на догадках, и их правдивость не подтверждается результатами каких-либо исследований.

Так или иначе, из-за частоты, с которой транслируют подобные утверждения, многие йоги и инструкторы считают их правдивость доказанной. Философ-академик Бертран Рассел сказал: «Факт широкой распространенности мнения не является гарантом того, что это мнение не абсурдно».

Рассел также прибег к аналогии с чайником, иллюстрируя тот факт, что ответственность за поиск доказательств лежит на человеке, делающем необоснованные заявления, а не на людях, их воспринимающих. Если бы он безосновательно заявил, что крошечный чайник, не видимый даже с помощью микроскопа, вращается вокруг Солнца в пространстве между Землей и Марсом, то не стал бы ждать, что все поверят ему лишь на основании того, что несостоятельность его заявления невозможно доказать. То же самое касается и заблуждений о йоге.

Итак, доказательства — это данные, полученные в ходе наблюдения и экспериментов. Лучшие выводы следуют из исследований, проведенных систематическим и тщательным

образом — другими словами, по-научному. Одно дело — заявлять, что йога лечит рак, и совсем другое — провести качественное исследование влияния йоги на состояние онкологических пациентов.

В этой книге рассмотрены популярные заявления о йоге, в том числе и о ее пользе для людей, больных раком, и мы ссылаемся на новейшие исследования, чтобы определить, соответствуют ли подобные заявления действительности.

ИЕРАРХИЯ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ

Для оценки качества исследования ученые пользуются иерархией доказательств (рисунок 2). Ее часто изображают в виде пирамиды, которая является визуальным отражением как качества, так и количества доступных доказательств. Верхний ярус пирамиды занимают систематические обзоры, и это значит, что они представляют собой лучшие и наименее распространенные доказательства. Чем ниже вы спускаетесь, тем больше количество доказательств и тем хуже их качество, а риск предвзятости повышается.

1. *Систематические обзоры.* Обзоры доказательств, имеющих по четко сформулированному вопросу. Ученые используют систематические и эксплицитные методы, чтобы идентифицировать, отобрать и критически оценить результаты первичного исследования. Систематические обзоры часто, но не всегда содержат метаанализ числовых данных исследований. Методы, использованные в обзорах, должны быть воспроизводимыми и прозрачными.

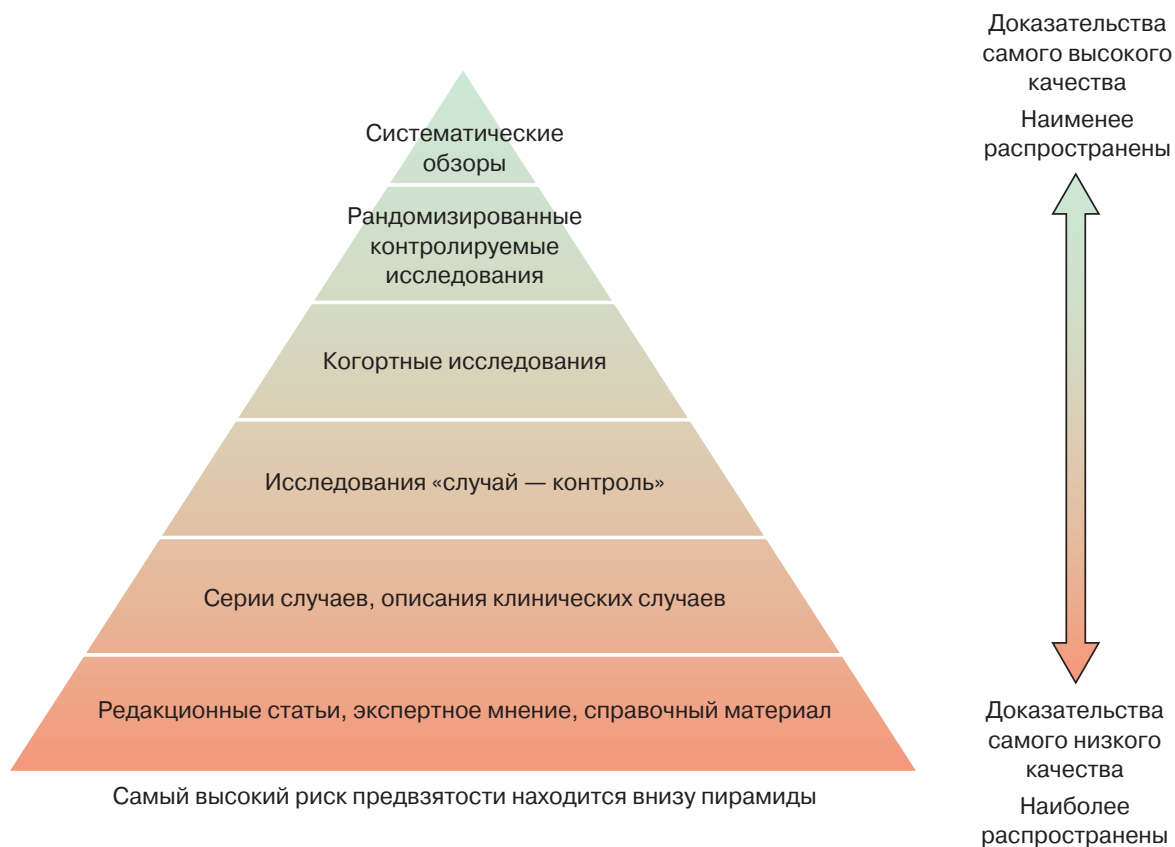


РИСУНОК 2 Иерархия доказательств в виде пирамиды

2. *Рандомизированные контролируемые исследования.* Исследования, участники которых были случайным образом распределены по экспериментальным и контрольным группам. Участники контрольной группы часто получают плацебо, чтобы у анализа появилась точка для сравнения. Ученые наблюдают за обеими группами и следят за различными переменными.
3. *Когортные исследования.* Ученые наблюдают за двумя группами (когортами) участников, одна из которых подвергается определенному воздействию, а другая — нет.
4. *Исследования «случай — контроль».* Обсервационные исследования, в которых две исследуемые группы, различающиеся по полученному результату, идентифицируются и сравниваются на основании предполагаемого влияющего фактора.
5. *Серии случаев, описания клинических случаев.* Описание клинического случая — это подробный отчет о симптомах, признаках, диагностике и лечении конкретного случая заболевания, а также о последующем наблюдении за пациентом. Описания клинических случаев могут содержать демографический профиль пациента, но обычно они касаются только необычных или новых явлений. Серия случаев — это тип исследования, при котором ученые наблюдают за несколькими людьми, подвергающимися одному воздействию, например одинаковому лечению заболевания. Исследователи также могут изучить их медицинские карты на предмет предыдущих воздействий и их исхода.
6. *Редакционные статьи, экспертное мнение, справочный материал.* Этот уровень доказательств включает газетные статьи и другие публикации, отражающие мнение автора, а также справочный материал, например учебники, в котором проводится общий обзор темы с выборочным анализом научной литературы.

Хотя эта пирамида является полезным подспорьем для оценки качества доказательств, у нее определенно есть и слабые стороны. Рандомизированные контролируемые исследования (РКИ) имеют самый высокий статус среди всех экспериментов, поскольку по своему замыслу они наименее предвзяты и имеют самый низкий риск систематических ошибок. РКИ хорошо подходят для исследования лекарственных препаратов, потому что плацебо легко замаскировать под действующее вещество. Тем не менее РКИ не подходят для изучения такой практики, как йога. Невозможно скрыть от участника исследования, что он занимается йогой, или использовать плацебо. Пирамида также не учитывает качественные исследования, которые не являются экспериментальными по своему замыслу. В них используются нечисловые данные (тексты, видеозаписи, аудиозаписи и т. п.) для понимания концепций, мнений и опыта. Они могут показать, например, как йога влияет на самочувствие или качество жизни человека, но пирамида не охватывает этот тип исследований.

В данной книге рассмотрены в основном систематические исследования, которые считаются исследованиями высокого уровня. Хотя мы и искали в научных базах данных исследования о влиянии йоги на физиологию, эта книга носит описательный характер и представляет собой лишь обзор отобранной научной литературы. Как и любой другой обзор, представленный текст имеет свои ограничения.

В каждой хорошей книге должны быть ссылки на использованную литературу, поэтому вы найдете цитаты со ссылками на авторов в тексте и список литературы в конце. Читатель должен иметь доступ к той же информации, что и автор.

И еще кое-что: периодически мы будем использовать сокращение «и др.», что является стандартной практикой в научной литературе, поскольку включать фамилии всех авторов исследования не принято.

Теперь, когда мы дали определение *йоге, физиологии и критическому мышлению*, мы готовы к путешествию по телу. Давайте начнем с опорно-двигательной системы.

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Опорно-двигательная система, которую еще называют *скелетно-мышечной*, дает нам возможность свободно двигать телом, а также обеспечивает поддержку и стабильность. Она состоит не только из мышц и скелета, но и из хрящей, сухожилий, связок, суставов и других соединительных тканей, которые поддерживают и связывают ткани и органы.

Многие люди начинают заниматься йогой именно ради улучшения опорно-двигательной системы, и происходит это по разным причинам: кого-то беспокоит постоянная скованность в теле, а кто-то просто следует рекомендации своего физиотерапевта. Мы слышим много привлекательных заявлений о том, что йога и растяжка в целом улучшают состояние опорно-двигательной системы, и тема фасций стала очень популярной в йога-сообществе в последнее время. Иногда нам бывает трудно понять, что из популярных суждений правдиво, а что нет. Воздействует ли инь-йога на фасции тела? Может ли йога изнашивать мышечно-скелетные ткани? Какой тип растяжки считается лучшим? Как улучшить выносливость и снизить риск травм? То, как йога на самом деле влияет на опорно-двигательную систему, может вас удивить. Но для начала будет полезно привести немного дополнительной информации о том, как эта система устроена.

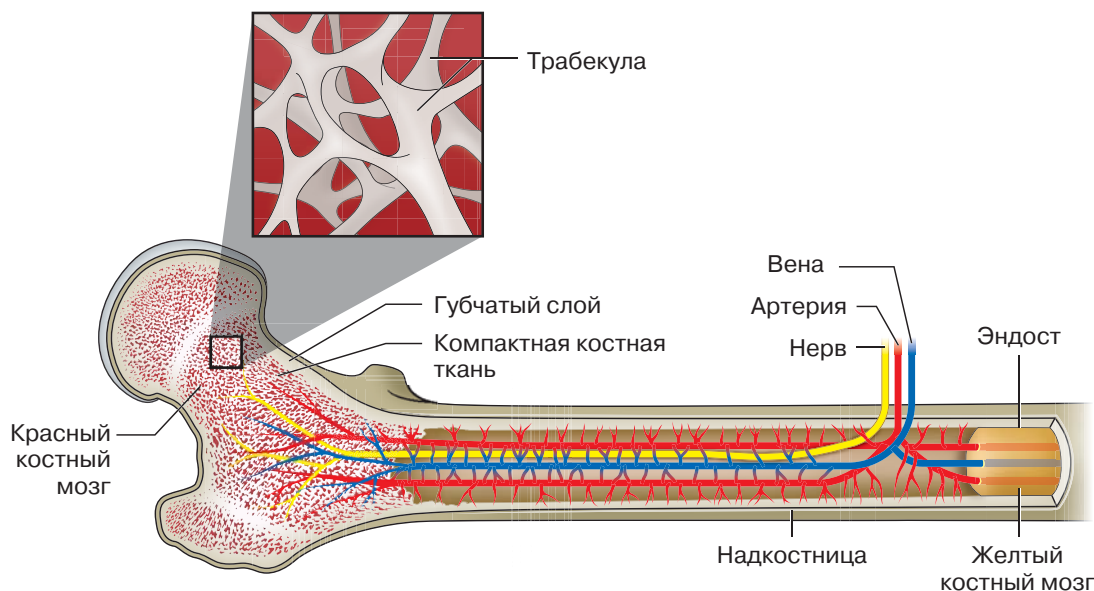
КОСТИ

Хотя кости могут показаться твердыми и инертными, словно пластиковые скелеты в кабинете врача или останки, представленные в витринах музеев, кости человеческого организма живые, и они выполняют множество важных функций. Более того, они приспосабливаются к предъявляемым к ним требованиям.

Структура костей

Хотя кости могут быть разных форм, все они имеют одинаковую структуру (рисунок 1.1). Поверхностный слой кости представляет собой тонкий слой соединительной ткани и называется *надкостницей*. Она содержит нервы, которые чувствуют давление. Благодаря им вы понимаете, что ударились обо что-то. Кровь поступает в кости из кровеносных сосудов, проходящих через надкостницу.

Под надкостницей находится твердый *кортикальный (компактный) слой*, который в основном состоит из белков, например коллагена, и гидроксиапатита — встречающегося

**РИСУНОК 1.1** Структура кости

ся в природе минерала, основным компонентом которого является кальций. Гидроксиапатит, составляющий до 70% веса кости, отвечает за ее прочность и плотность. На кости приходится 98% кальция всего организма (38), который является важнейшим компонентом мышечного сокращения. Кость высвобождает кальций по мере необходимости, а затем реабсорбирует его.

Следующий слой, *губчатая костная ткань* (трабекулярное вещество), более мягкий и менее плотный, однако вносит существенный вклад в прочность кости. Снижение качества и объема трабекулярного вещества повышает риск переломов. Наконец, пространства в трабекулах заполнены костным мозгом. Красный костный мозг содержит специализированные клетки, вырабатывающие эритроциты (переносят кислород по телу), лейкоциты (борются с инфекцией) и тромбоциты (необходимы для свертывания крови), а желтый предназначен для хранения жира. Кровеносные сосуды снабжают кости кровью и получают клетки, только что образовавшиеся в костном мозге.

Будучи жесткими структурами, кости поддерживают форму тела и защищают внутренние органы, а также создают основу для движения. Любые произвольные движения, включая выполняемые во время занятий йогой, происходят в суставах, где сочленяются две кости¹. Нагрузки, которым кости подвергаются при выполнении асан и силовых упражнений, очень важны для их здоровья.

Как кости адаптируются

Хотя вы этого не замечаете, ваши кости адаптируются каждый день. Вы, возможно, не думаете и о гравитации, которая притягивает вас к центру Земли со скоростью 9,8 м/с², но ваш скелет постоянно к ней приспосабливается. При отсутствии гравитации, как это бывает у космонавтов в полете, происходят значительные потери костной массы — в сред-

¹ У нас есть суставы и из трех костей (локтевой, коленной), поэтому правильнее будет не «две кости», а «две или более кости».

нем 1–2% в месяц. Это явление даже называли «остеопения космонавтов». Основные потери приходится на нижние конечности и поясничный отдел позвоночника, при этом проксимальный отдел бедренной кости теряет около 10% своей плотности за каждые шесть месяцев в космосе. Это происходит даже несмотря на то, что космонавты тренируются по 2,5 часа в день, шесть дней в неделю, используя специальные пружины и вакуумные баллоны для сопротивления.

Для поддержания плотности и прочности костей нашему организму требуется достаточное количество кальция и других минералов, а также витамина D. В то же время должна быть налажена работа эндокринной системы: важна выработка гормонов, например паратиреоидного гормона, гормона роста, кальцитонина, эстрогена и тестостерона (больше информации о гормонах вы найдете в главе 6, посвященной эндокринной системе). Еще одно требование — адекватная механическая нагрузка, способствующая ремоделированию костей.

В 1892 году, задолго до начала полетов в космос, Юлиус Вольф первым предположил, что кость адаптируется к нагрузкам, которым подвергается, и эта концепция стала известна как *закон Вольфа*. В 1964 году Гарольд Фрост уточнил, что кости представляют собой не прямые, а слегка изогнутые структуры, в результате чего родилась модель механостата. При нагрузке на тело механический стимул преобразуется в электрохимическую активность — этот процесс называли «механотрансдукция». Сигналы передаются в центральную нервную систему, которая в ответ инструктирует кость построить более прочный и плотный каркас для соответствия новым требованиям. Остеобласты¹ — это клетки костной ткани, которые изначально находятся снаружи кости, а затем превращаются в остециты и внедряются в кость. Тем временем остеокласты разрушают старые, поврежденные или нездоровые костные ткани, чтобы материалы, из которых они состоят, могли реабсорбироваться для образования новой кости.

Иными словами, наша нервная система чувствует, какая прочность костей необходима, и адаптируется. Этот процесс происходит так часто, что каждая кость в теле полностью реформируется примерно каждые 10 лет. При наличии физической активности, а также адекватного количества гормонов, витаминов и минералов, губчатая костная ткань развивается в сложную решетчатую структуру — легкую, но прочную. В дополнение к внешнему воздействию, оказываемому гравитацией, внутреннее воздействие, обеспечиваемое мышечными сокращениями, является стимулом к адаптации кости. Сокращаясь, мышцы тянут кости, и этого может быть достаточно для увеличения прочности костей. В разделе об остеопорозе на странице 37 мы рассмотрим, может ли йога обеспечить достаточные стимулы для укрепления костей.

СУСТАВЫ

Сустав — это место, в котором сходятся две кости². В то время как кость представляет собой твердую структуру, сустав в некотором смысле структурой не является — лишь пространством между двумя костями и отношением между двумя структурами. Фиброзные суставы допускают лишь небольшое движение, чтобы защитить органы позади них. В качестве примера можно привести швы между костями черепа, которые практически не двигаются (исключение — процесс рождения), чтобы не повредить мозг. Синовиальные суставы, напротив, являются самосмазывающимися, обеспечивают движение почти без трения и вы-

¹ Они также ответственны за построение новой кости.

² Костей может быть и больше.

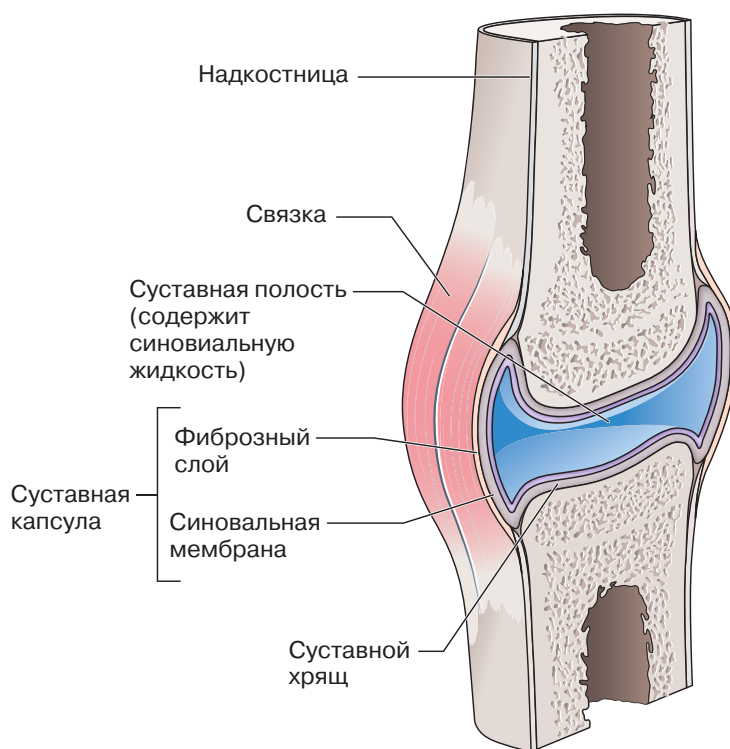


РИСУНОК 1.2 Синовиальный сустав имеет суставную капсулу, покрывающую суставной хрящ, который защищает концы костей и обеспечивает гладкую поверхность, а также синовиальные оболочки, выделяющие синовиальную жидкость — смазку для сустава.

держивают большие нагрузки. Именно такие суставы (локтевые, плечевые, бедренные и коленные) двигаются во время выполнения асан.

Все синовиальные суставы имеют суставную капсулу (состоит из фиброзной соединительной ткани, образующей контейнер сустава), синовиальную мембрану (выделяет синовиальную жидкость, смазку сустава) и суставной хрящ (защищает концы костей) (рисунок 1.2). Благодаря сочетанию гладкого суставного хряща и синовиальной жидкости получается поверхность, защищенная от чрезмерного трения. При движении густота синовиальной жидкости может меняться, как это бывает с неньютоновскими жидкостями, благодаря чему сустав становится более стабильным при движении.

МЫШЦЫ

Хотя все скелетное движение происходит в суставах, мышцы — это мотор движения. Они генерируют силу, которая позволяет нам поддерживать и менять положение тела, поднимать предметы, перемещаться в пространстве, а также непроизвольно переносить кровь по артериям и пищу по желудочно-кишечному тракту.

Есть три типа мышечной ткани: сердечная, гладкая и скелетная. Сердечная мышечная ткань образует стенки сердца и перекачивает кровь каждую минуту нашей жизни. Гладкие мышцы находятся в различных областях тела и выполняют такие функции, как сокращение артерий для контроля над артериальным давлением, подъем волосков на руках и перемеще-

ние жидкостей в органах. Гладкая мышечная ткань не сокращается и не расслабляется так же быстро, как скелетная или сердечная, но она гораздо более полезна для обеспечения постоянного эластичного напряжения. Сердечная и гладкие мышцы сокращаются без нашего осознанного контроля, поэтому их классифицируют как *непроизвольные*. Скелетные же (*поперечнополосатые*) мышцы, наоборот, действуют по команде и потому попадают в категорию *произвольных*. Благодаря скелетным мышцам мы можем двигаться, в том числе во время занятий йогой.

Как сокращаются мышцы

Чтобы двигаться, мышечная ткань нуждается в нервном импульсе. Сокращения сердечной и гладкой тканей осуществляются благодаря внутренним пейсмейкерным клеткам. В сердце стимулирующую функцию выполняет синоатриальный узел, а в кишечнике — энтеральная нервная система. В скелетные мышцы стимулы поступают из центральной нервной системы (ЦНС), состоящей из головного и спинного мозга, по двигательным нейронам. Хотя три типа мышечной ткани и имеют существенные различия, все они работают по одному принципу. Мышечные клетки содержат белковые нити актина и миозина, которые скользят друг по другу, создавая силу, способную менять длину и форму клетки. Эти белки образуют поперечные мостики и скользят друг относительно друга, сокращая мышцы в соответствии с теорией скольжения нитей, выдвинутой в 1954 году. Каждая отдельная мышечная клетка (мышечное волокно) содержит длинные миофибриллы, представляющие собой цепочку из десятков тысяч саркомеров (рисунок 1.3). Эти длинные цепи укорачивают мышечное волокно и вызывают сокращение. Хотя доказательства теории скольжения нитей весьма убедительны, процесс мышечного сокращения до сих пор полностью не изучен. Например, титин — необычайно длинный белок, похожий на пружину, — охватывает множество саркомеров и, по всей вероятности, связывается с актином, однако его функции все еще до конца не поняты. В настоящее время исследователи, разумеется, изучают роль титина, надеясь, что в будущем это поможет нам лучше понять механизмы мышечного сокращения.

Типы мышечных сокращений

Мышечные сокращения можно охарактеризовать, используя два понятия: сила и длина. Когда напряжение (сила, прилагаемая мышцей) меняется без соответствующих изменений в длине мышцы, сокращение является изометрическим (приставка «изо-» означает «то же самое», то есть «изометрический» — «той же длины»). Когда длина мышцы меняется, а напряжение остается прежним, сокращение называется изотоническим («с тем же напряжением»). В изотонической категории мышца либо укорачивается, вызывая концентрическое (направленное к центру) сокращение, либо удлиняется, вызывая эксцентрическое (направленное от центра) сокращение, и у некоторых людей это вызывает трудности: сложно понять явление эксцентрического сокращения, потому что само слово «сокращение» подразумевает укорачивание мышцы, а не удлинение. Чтобы избежать путаницы, иногда используют термин «усилие», и тогда вышеописанные движения называют *эксцентрическим усилием*, *концентрическим усилием* и даже *изометрическим усилием* (рисунок 1.4).

Для лучшего понимания можно провести аналогию с автомобилем. Представьте, что вы остановили машину на крутом холме. Когда вы отпустите педаль тормоза, возможны следующие варианты развития событий.

1. Если вы были на нейтральной передаче, вы свободно съедете с холма задом. Это то же самое, что поднять руку и резко опустить ее, не контролируя это движение.

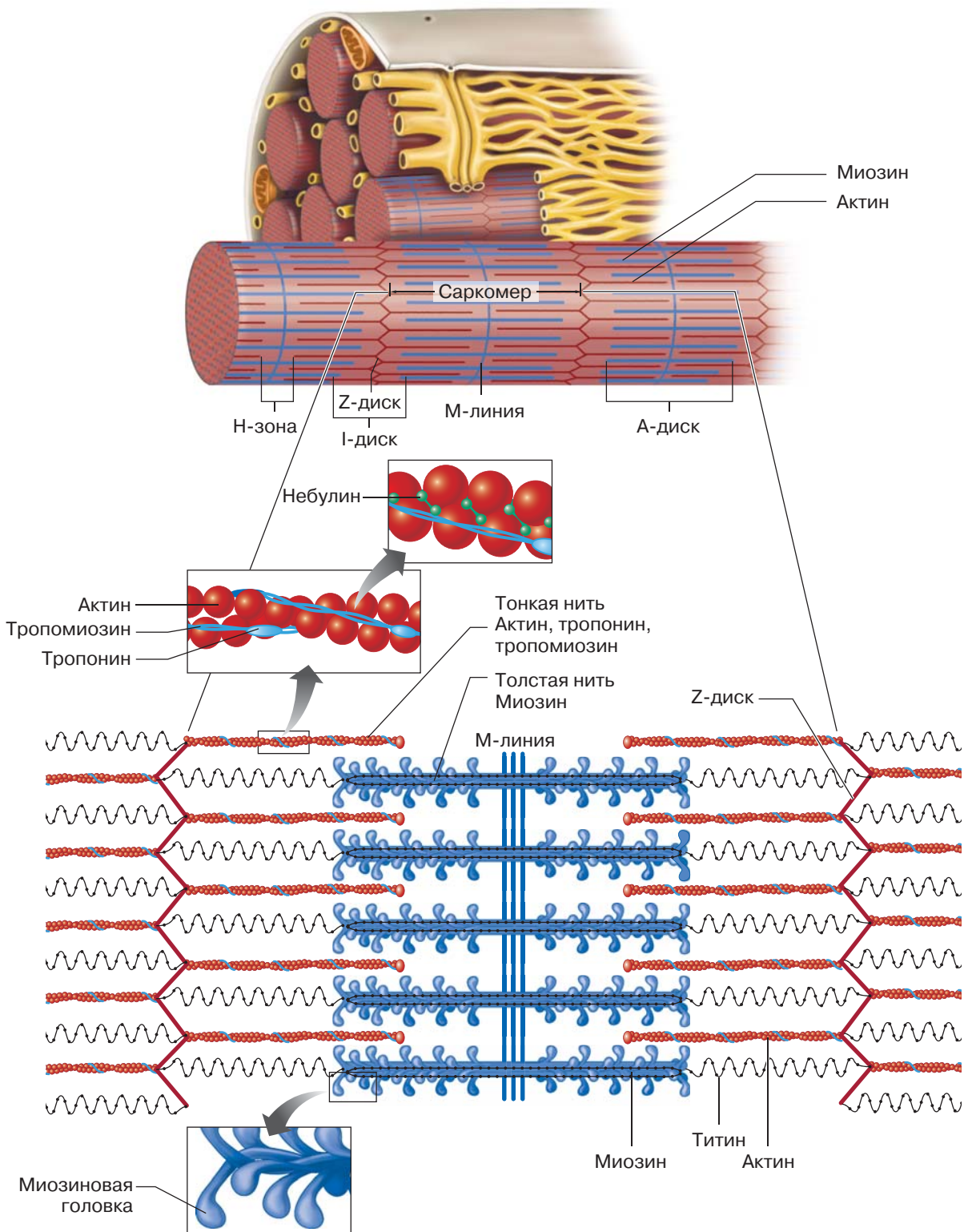


РИСУНОК 1.3 Саркомеры с актином, миозином и титином



РИСУНОК 1.4 Типы мышечных сокращений: эксцентрическое, концентрическое и изометрическое

2. Вы можете слегка прибавить газу, чтобы замедлить движение назад. В таком случае вы задействуете некоторое количество энергии, чтобы контролировать движение. Это сопоставимо с эксцентрическим сокращением мышц.
3. Вы можете прибавлять газ до тех пор, пока движение назад не прекратится и вы не остановитесь в определенной точке. Это изометрическое сокращение мышц.
4. Наконец, вы можете прибавить еще больше газу и начать двигаться вверх по холму, что служит визуализацией концентрического сокращения мышц.

Как вы наверняка уже поняли, йога подразумевает большое количество изометрических мышечных сокращений. Каждый раз, когда вы выполняете активную асану, ваши мышцы работают изометрически. Поддержание прямой осанки в течение дня — это тоже изометрическое усилие. Однако при переходе от одной асаны к другой происходят еще и концентрические сокращения различных мышц.

Эксцентрические сокращения представляют особый интерес для исследователей. Хотя теория скольжения нитей хорошо их объясняет, современные мышечные модели не могут объяснить их повышенную силу и меньшие энергетические затраты. Даже тот факт, что мышечные усилия называются сокращениями, свидетельствует о том, что исследователи исторически были сосредоточены на явлении сокращения мышц для генерации силы. Сегодня некоторые исследователи считают, что титин — тот самый длинный спиралевидный белок — может играть важную роль в эластичности мышц.

ХРЯЩИ

Хрящи представляют собой гладкую и эластичную соединительную ткань с твердой гелеобразной структурой. Хрящевой матрикс состоит из гликозаминогликанов, протеогликанов, коллагеновых волокон и иногда эластина. В теле человека есть три основных типа хрящевой ткани: гиалиновая, эластическая и волокнистая. Гиалиновая наиболее распространена, и она обеспечивает жесткую, но гибкую поддержку. В качестве примеров можно привести часть носовой перегородки и концы ребер в месте их сочленения с грудиной (жесткость этого типа ткани обеспечивает защиту сердца и легких, а гибкость — движение и расширение грудной клетки при дыхании). Также гиалиновая хрящевая ткань присутствует на концах других костей и называется *суставным хрящом*. Стеклообразный суставной хрящ с его гладкой поверхностью является идеальным покрытием кости. Хрящ, смазанный

Выполняйте эксцентрические упражнения себе на благо

Мы можем выдерживать большие эксцентрические нагрузки, нежели изометрические, и большие изометрические нагрузки, нежели концентрические. Хотя может показаться сложным, мы видим подтверждения данному принципу в реальной жизни.

Представьте, что вы выполняете сгибания рук с гантелями. Скажем, вы можете контролировать движение вниз 18-килограммовых гантелей от плеч к бедрам (разгибание локтя и эксцентрическое сокращение). Но если бы кто-то сказал вам остановиться на середине этого движения (изометрическое сокращение), то у вас, возможно, не получилось бы это сделать. Если бы вы взяли более легкие гантели весом 14 кг, то смогли бы не только контролировать их движение вниз, но и остановиться на середине этого движения. Однако, если бы кто-то попросил вас поднять гантели, этот вес мог бы оказаться для вас слишком большим. Взяв еще более легкие, 9-килограммовые гантели, вы бы смогли контролировать эксцентрические и изометрические сокращения, а не концентрическое сокращение.

Этот принцип применим к движениям с весом тела, которые встречаются в йоге. Представьте, что вы делаете стойку на голове (Ширшасана) или на руках (Адхо мукха врикшасана) через исходную позу для отжиманий, в ходе чего происходит концентрическое сокращение мышц (рисунок 1.5). Если вы пока не можете этого сделать, вам следует наращивать силу и ловкость с помощью эксцентрических упражнений. Примите стойку на голове или руках, как обычно это делаете, и попытайтесь медленно опустить стопы на пол, держа ноги прямыми. Возможно, в какой-то момент ваши ноги просто упадут на пол. Попробуйте изометрически удерживать ноги на весу, прежде чем они упадут. Когда после нескольких недель подобных эксцентрических и изометрических сокращений вы станете сильнее, вам будет проще выполнить это упражнение контролируемым образом. Поскольку мы можем выдерживать большие эксцентрические нагрузки, нежели концентрические, эксцентрические упражнения повышают максимальную мышечную силу быстрее, чем концентрические. Кроме того, они оптимизируют максимальное напряжение при большей степени растяжения. Если вы всегда хотели научиться подтягиваться на турнике, но не знаете, с чего начать, попробуйте ухватиться за турник и как можно медленнее опускаться.



РИСУНОК 1.5 Эксцентрическое упражнение. Если вы хотите научиться выполнять жим в стойке на руках, (а) встаньте в стойку на руках, как обычно, затем (б) опуститесь так же медленно, насколько это возможно. Старайтесь изометрически удерживать положение в разных точках во время спуска, пока недостаточно наловчились, чтобы концентрически выполнить жим согнувшись с пола. То же самое можно применить в стойке на голове.

синовиальной жидкостью, невероятно скользкий — гораздо более скользкий, чем ледовое покрытие катка. Благодаря этому снижается трение при движении сустава.

Эластическая хрящевая ткань содержит множество эластичных волокон и коллагена, из-за чего ее матрикс гораздо более гибкий, чем матрикс гиалиновой хрящевой ткани. Эластические хрящи обеспечивают поддержку, но при этом переносят деформацию без повреждений и легко возвращаются в исходную форму. Такой тип ткани встречается в ушной раковине, надгортаннике и гортани.

Волокнистая хрящевая ткань содержит толстые коллагеновые волокна и гликозаминогликаны — соединения, поглощающие воду. Этот тип хрящевой ткани жесткий и деформируемый, и он хорошо подходит для межпозвоночных дисков и мест прикрепления сухожилий к костям. Он противостоит сжатию, предотвращает контакт кости с костью и ограничивает чрезмерную подвижность. В теле человека эта ткань находится в мениске колена, между костями таза и между позвонками.

Мышечная ткань очень хорошо снабжается кровью, поэтому она легко восстанавливается после повреждений, независимо от того, чем эти повреждения вызваны: контролируемым стрессом физических нагрузок или травмой. Хрящи, однако, не имеют кровоснабжения, поэтому они плохо ремоделируются и восстанавливаются после повреждений. Считается, что неспособность хрящевой ткани к быстрому восстановлению приводит к остеоартриту — воспалению в суставе, которое вызывает боль и скованность.

Тем не менее недавние исследования показали, что человеческие хрящи все же обладают некоторой способностью к восстановлению. Изучив суставные хрящи, удаленные у пациентов во время хирургического вмешательства, Сюэ и коллеги обнаружили, что человеческая хрящевая ткань использует микроРНК в сложном молекулярном процессе, подобном тому, что позволяет саламандре отрастить новую конечность. Это исследование впервые показало, что суставной хрящ обладает потенциалом к восстановлению, однако это свойство по-разному проявляется в разных частях тела. У лодыжки отмечается самая большая способность к восстановлению, у колена — немного, а у бедра — самая низкая. Исследователи предположили, что это наблюдение частично объясняет, почему остеоартрит часто развивается в коленях и бедрах, но не в лодыжках. Ученые надеются, что это открытие позволит разработать новые способы лечения артрита.

Хотя результаты этого исследования оказались очень интересными, восстановление хрящевой ткани — это сложный, не до конца изученный вопрос. Например, раньше считалось, что внешняя треть коленного мениска (хрящ в форме полумесяца, который поглощает удары и распределяет вес) имеет потенциал к восстановлению, однако недавние исследования с использованием рентгенографии не выявили заметного ремоделирования.

Хотя у нас по-прежнему есть много вопросов о способности хрящевой ткани к восстановлению, две вещи мы знаем точно.

1. Движение необходимо. Поскольку хрящи практически не имеют кровоснабжения, особенно в суставной капсуле, хрящевые клетки под названием «хондроциты» полагаются на медленный процесс диффузии при перемещении питательных веществ в суставную капсулу и выведении из нее отходов. Этот процесс значительно ускоряется, когда сустав находится в движении. Возможно, это одна из причин, по которой люди, страдающие артритом, лучше себя чувствуют во время движения.
2. Хрящевая ткань нуждается в механической стимуляции, так как только при таком условии у них развивается, пусть и небольшая, способность к ремоделированию. Напряжение и расслабление, которые происходят во время йоги, занятий в тренажерном зале, ходьбы и бега, способствуют сохранению здоровья хрящевой ткани.