

Ольга Прилепова

БИОМЕХАНИКА

ног и таза в асанах

ЙОГИ



Для преподавателей йоги
фитнес-инструкторов
спортивных тренеров

16+

Анатомия и биомеханика йоги

Ольга Прилепова

**Биомеханика ног и
таза в асанах йоги**

«Автор»

2020

Прилепова О.

Биомеханика ног и таза в асанах йоги / О. Прилепова — «Автор», 2020 — (Анатомия и биомеханика йоги)

В нашем теле все части связаны между собой. Движение в одном суставе отзывается движениями во всем теле, а напряжение или расслабление одной мышцы вызывает изменение тонуса других. Зная, как работает наше тело, мы можем сознательно влиять на эти процессы. Практикуя йогу, мы можем с помощью одного незначительного, но приложенного в нужном месте, усилия существенно повлиять на всю асану, сделав ее более устойчивой и гармоничной. Книга рассказывает о строении, функционировании и законах движения ног и таза, о том, как эти движения отражаются на всем теле. Изучение биомеханики человека принесет удивительные открытия, даст возможность посмотреть на практику другими глазами, сделать ее более осмысленной, полезной и гармоничной. Книга адресована преподавателям йоги, пилатеса, фитнес-инструкторам, спортивным тренерам. Администрация сайта ЛитРес не несет ответственности за представленную информацию. Могут иметься медицинские противопоказания, необходима консультация специалиста.

© Прилепова О., 2020

© Автор, 2020

Содержание

Предисловие	5
Основные понятия	7
Исходное положение тела	8
Плоскости тела	9
Оси тела	11
Движения по плоскостям	12
Другие стереотипные движения	14
Соединения костей	16
Суставы	17
Анатомическая классификация суставов	18
Биомеханическая классификация суставов	19
Одноосные суставы	20
Двуосные суставы	21
Трехосные или многоосные суставы	21
Симфизы	21
Физиология мышечной деятельности	22
Свойства и функции мышц	22
Строение мышечного волокна	22
Типы мышечных волокон	24
Режимы мышечного сокращения	25
Координация движений	26
Кинематические цепи	27
Общая анатомия ног и таза	29
Строение таза	30
Бедренная кость	34
Кости голени	36
Кости стопы	39
Суставы ног	42
Тазобедренный сустав	42
Коленный сустав	43
Голеностопный сустав	44
Конец ознакомительного фрагмента.	46

Ольга Прилепова

Биомеханика ног и таза в асанах йоги

Предисловие

Наше тело устроено таким образом, что все его части, мышцы, суставы тесно связаны между собой. Поэтому движение в одном суставе, отзывается движениями во всем теле. Напряжение или расслабление одной мышцы вызывает изменение тонуса других. Например, когда мы поднимаем руку вверх, у нас происходит боковое сгибание позвоночника. Когда мы сгибаем руку в локтевом суставе, происходит разгибание в плечевом. Когда сгибаем тазобедренные суставы, разгибаются голеностопные. Мы не замечаем эти движения, но они, тем не менее, происходят.

В практике асан такие побочные движения тоже всегда есть. Часть из них совершаются вследствие взаимодействия анатомически или функционально связанных мышц, часть – в результате перемещения центра тяжести. Все эти движения совершенно естественные, но, к сожалению, не все они полезны, а многие и вредны. Такие побочные движения могут приводить к опущению свода стопы, деформации коленного сустава, напряжению в области поясничного отдела позвоночника. Мы зачастую их не замечаем просто потому, что не знаем об их существовании и не обращаем на них внимание. Но возникающие раз за разом, день за днем, год за годом они могут полностью нивелировать оздоровительный эффект йоги.

Зная о том, как работает наше тело, какие его части включаются в ответ на то или иное действие или движение, мы можем сознательно влиять на эти процессы и устранять или компенсировать волевым усилием те из них, которые для нас нежелательны.

С другой стороны, благодаря все тем же взаимосвязям, иногда мы можем с помощью одного незначительного движения, одного незначительного, но приложенного в нужном месте, усилия существенно повлиять на всю асану в целом, сделав ее более правильной, более устойчивой, более гармоничной.

Поэтому знание законов движения человеческого тела для преподавателя йоги бесценно. Оно позволяет вывести личную и преподавательскую практику на совершенно новый уровень. Изучение этих законов позволяет посмотреть на тело человека и понять его по-новому и приносит множество неожиданных и удивительных открытий.

Эта книга рассказывает о строении, функционировании и законах движения ног и таза, о взаимодействии мышц и суставов в этой области, а также о том, как эти движения отражаются на всем теле. Таз – это настоящий «фундамент», опора нашего тела, а ноги – «ключ», позволяющий этой опорой управлять. При этом пояс нижних конечностей включает огромное количество разнообразных суставов, обеспечивающих широчайший диапазон возможных движений. Любое, даже самое незначительное движение в этой области, например, разворот стоп, влияет на все тело в целом, заставляя его двигаться, изменяться, адаптироваться. Поэтому анатомию и биомеханику ног и таза изучать не только полезно, но и очень интересно. Многочисленные суставы ног и взаимоотношения между ними скрывают немало тайн, а изучение законов их функционирования принесет удивительные открытия. Изложенный здесь материал даст возможность посмотреть на практику другими глазами, сделать ее более осмысленной, базирующейся на фундаментальных теоретических знаниях и понимании механики человеческого тела.

В книге изложены все основные и необходимые сведения о строении и функционировании пояса нижних конечностей – таза и ног. Книга написана доступным языком, материал

четко структурирован, наиболее важная информация сведена в таблицы, текст сопровождается иллюстрациями, снабженными необходимыми пояснениями.

Книга адресована преподавателям йоги и серьезным практикам. Она поможет разобраться понять механику наших движений и физиологические возможности, исключить травмоопасные движения и положения, минимизировать риски и максимально использовать терапевтический потенциал йоги.

Основные понятия

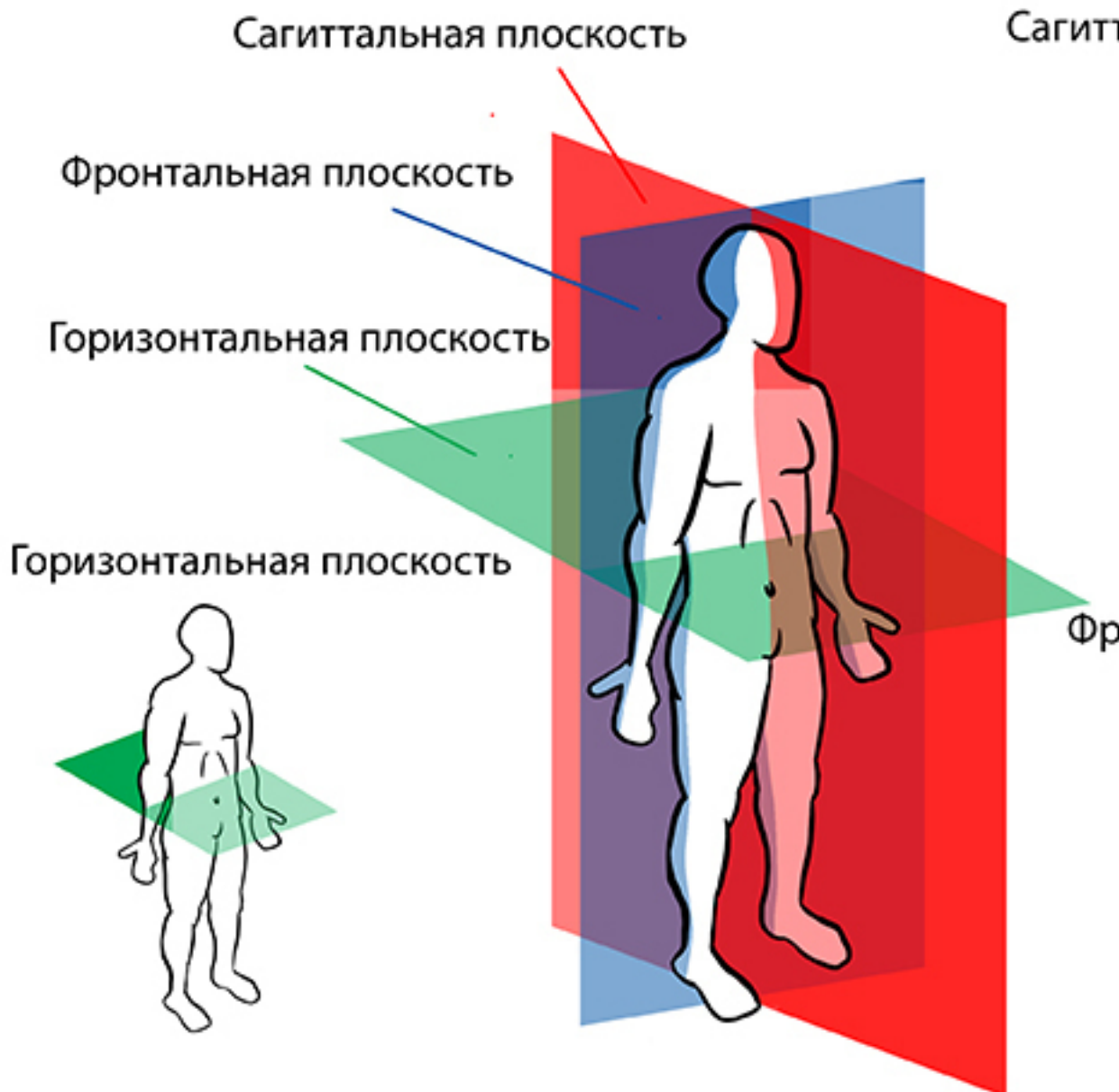
Для описания и обсуждения движений человека используется ряд специальных понятий: оси и плоскости тела, исходное положение, а также названия определенных движений. Движения и положения частей тела, принятых в результате этих движений, описываются относительно исходного положения тела.

Исходное положение тела

Под исходным положением тела подразумевается положение, когда человек стоит, равномерно опираясь на обе ноги. Голова и туловище расположены прямо, позвоночник сохраняет свои физиологические изгибы, таз находится в нейтральном положении, колени выпрямлены, но не переразогнуты, стопы развернуты – пятки вместе, носки разведены на $65 - 70^{\circ}$, угол между голенью и стопой равен 90° , руки свободно висят, плечи несколько отведены назад, а ладони развернуты вперед.

Плоскости тела

Оси и плоскости тела – это не какие-то реально существующие образования или части тела. Это воображаемые плоскости и линии, помогающие нам описывать человеческое тело и его движения. Для описания движений человеческого тела используются три плоскости: фронтальная, сагиттальная и горизонтальная; и три оси: фронтальная, сагиттальная и вертикальная.



Плоскости тела.

Фронтальная плоскость – это плоскость, в которой мы видим человека, если смотрим на него лицом к лицу. Она расположена вертикально параллельно плоскости лба и делит тело человека на переднюю и заднюю части.

Сагиттальная плоскость – это плоскость, в которой мы видим человека в профиль. Сагиттальная плоскость также расположена вертикально, проходит спереди назад и делит тело на правую и левую сторону.

Горизонтальная плоскость – это плоскость, в которой мы могли бы увидеть человека, если бы смогли посмотреть на него сверху. Она, как понятно из названия, расположена горизонтально, перпендикулярно двум предыдущим – фронтальной и сагиттальной.

Глядя на рисунок горизонтальной плоскости, легко догадаться, что она может быть проведена не только в области середины тела, но и выше или ниже. Например, если мы обсуждаем движения тазобедренных суставов, мы проведем горизонтальную плоскость в области этих суставов. А если обсуждаем движения шеи, например, мы проведем горизонтальную плоскость в области шеи. Точно также и другие плоскости могут быть проведены через любую точку тела. При этом фронтальная плоскость может смещаться больше вперед или назад, а сагиттальная плоскость больше вправо или влево. Т.е. плоскостей может быть сколь угодно много. Но среди них выделяют одну срединную плоскость тела. Это сагиттальная плоскость, проходящая точно по середине тела спереди назад и делящая его на правую и левую части. Срединная плоскость может быть только одна.

Оси тела

При изучении движений в суставах, кроме плоскостей, условно проводят оси, вокруг которых эти движения осуществляются. Их тоже три: фронтальная, сагиттальная и вертикальная.

Фронтальная ось проходит во фронтальной плоскости слева направо (или справа налево). Движения вокруг фронтальной оси совершаются в сагиттальной плоскости.

Сагиттальная ось проходит в сагиттальной плоскости – спереди назад, а движения вокруг этой оси совершаются во фронтальной плоскости.

Вертикальная ось проходит вертикально сверху вниз, перпендикулярно горизонтальной плоскости. Движения вокруг этой оси совершаются в горизонтальной плоскости.

Движения по плоскостям

Во фронтальной плоскости мы совершаем движения отведения и приведения. На латыни – абдукция и аддукция, поэтому мышцы, отвечающие за эти движения, называют абдукторами – отводящими мышцами и аддукторами – приводящими мышцами. Отведением называется движение, при котором часть тела удаляется от его срединной плоскости. Приведением – движение, при котором часть тела приближается к срединной плоскости.

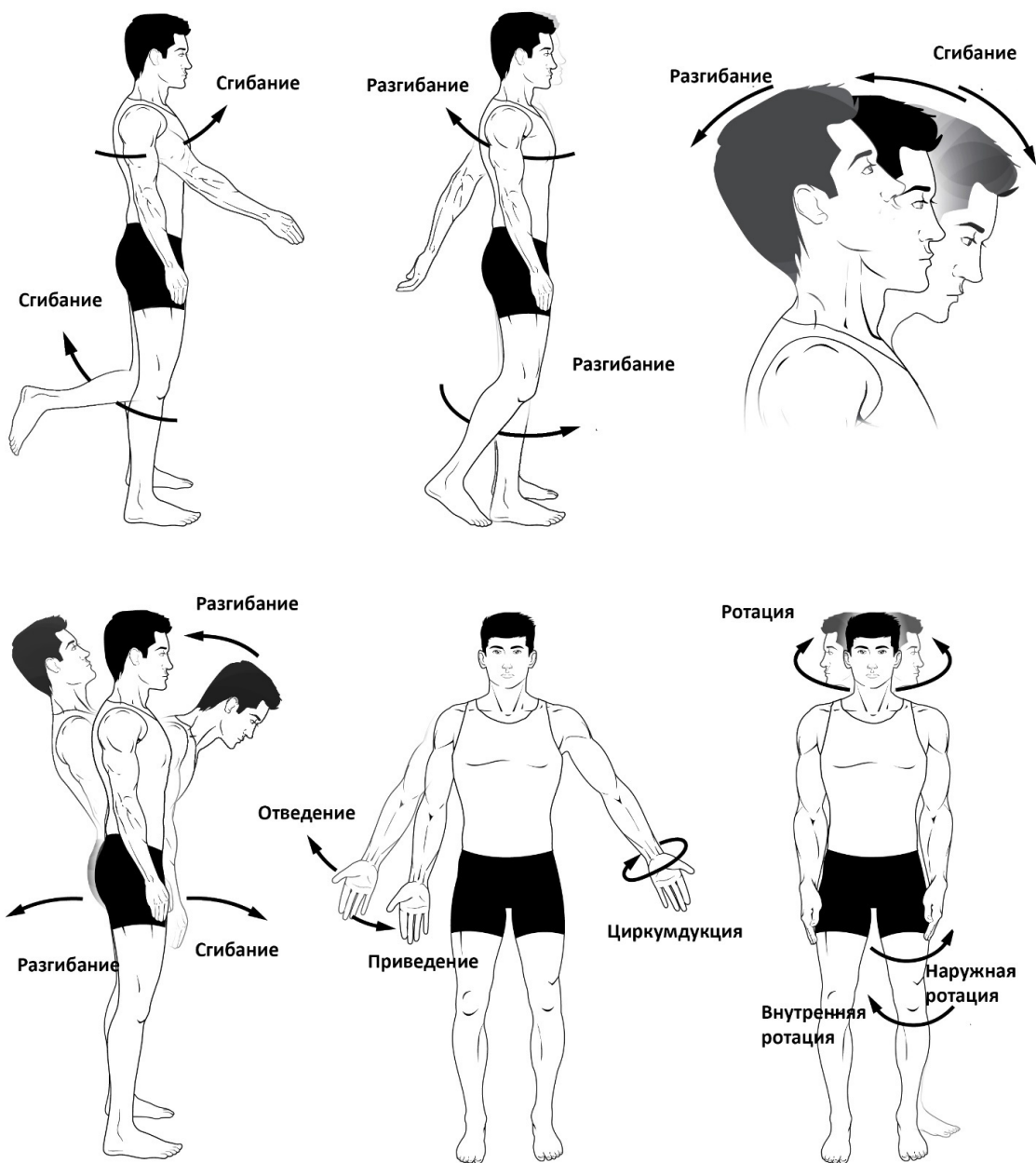
Отведение и приведение совершаются вокруг сагиттальной оси.

В сагиттальной плоскости мы совершаем сгибание – флексию и разгибание – экстензию. Мышцы, выполняющие такие движения, называют флексорами – сгибателями или экстензорами – разгибателями. Сгибание – это движение в суставе, при котором угол между сочленяющимися в этом суставе костями уменьшается. При разгибании – увеличивается. Сгибание и разгибание совершаются вокруг фронтальной оси.

В горизонтальной плоскости и вокруг вертикальной оси совершается вращение – ротация, которое может быть внутренним, если направлено к центру тела, и наружным, если направлено от центра тела. Вращение к центру тела называется пронацией, от центра – супинацией. Соответственно, мышцы, выполняющие вращательные движения, называют внешними (наружными) и внутренними ротаторами или супинаторами и пронаторами.

Чтобы легче было запомнить, где пронация, а где супинация, используется так называемая мнемоническая фраза: «суп несу – супинация, суп пролил – пронация». Когда мы несем тарелку с супом, наши руки находятся в положении супинации. Если же мы проливаем суп, суп прольется.

Это основные движения человеческого тела. Но мы совершаем и ряд других стереотипных движений, у которых есть собственные названия.



Источник openstax.org лицензия ССА

Основные движения.

Другие стереотипные движения

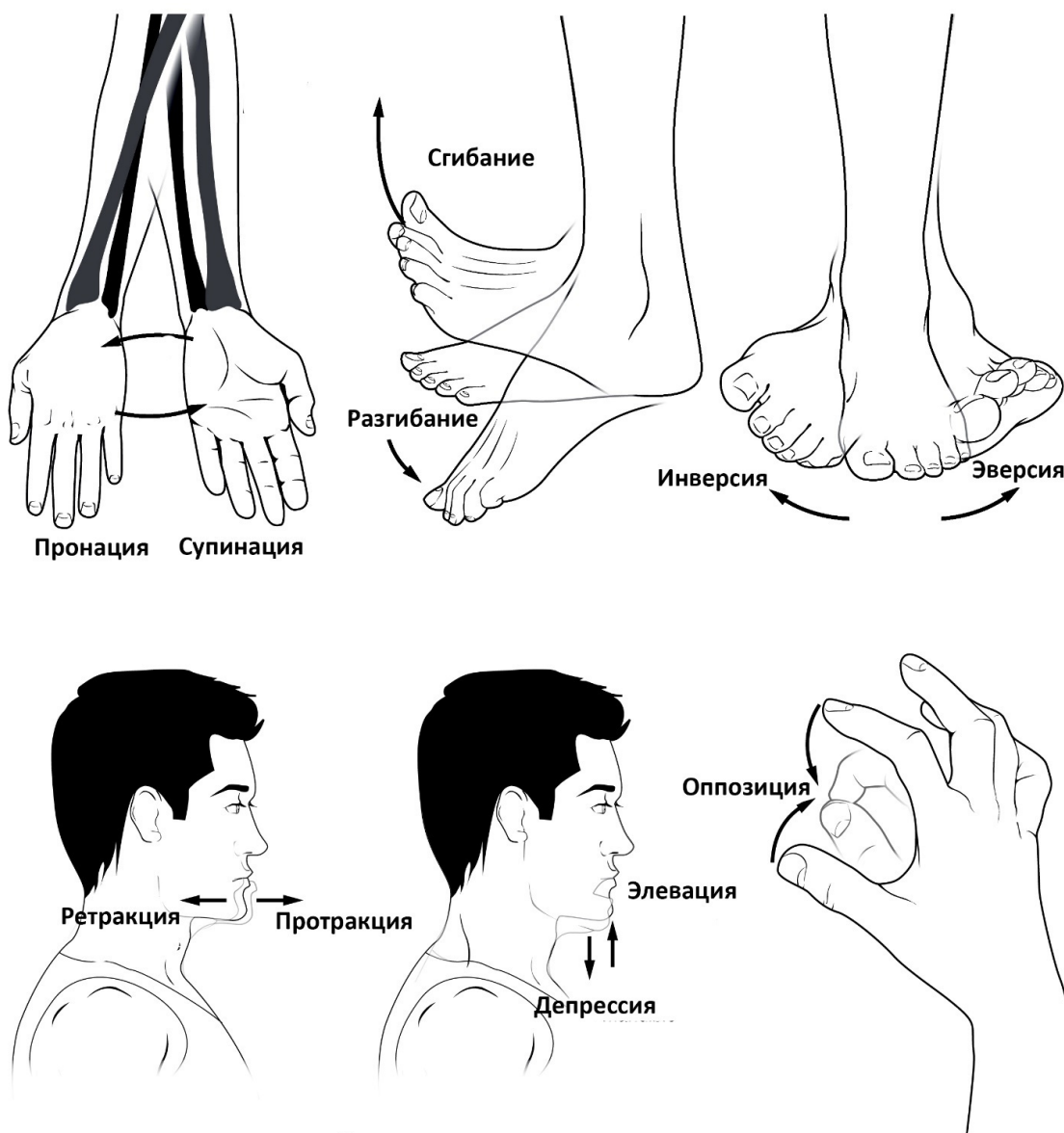
Эверсия и инверсия. Для обозначения движений стопы используются также термины инверсия и эверсия. Эверсия – это поворот внутреннего края стопы в подошвенном направлении. Эверсия – это комплексное движение, одновременно сочетающее сгибание и поворот подошвы наружу. Инверсия – подъем внутреннего края стопы в тыльном направлении – является сочетанием разгибания и поворота подошвы внутрь.

Протракция и ретракция. Протракция – движение части тела вперед, ретракция – движение назад. Эти термины применяют при описании движений лопатки или нижней челюсти.

Депрессия и элевация. Для обозначения движений этих же частей тела также используются термины элевация – движение вверх и депрессия – движение вниз.

Отдельный термин существует для описания движений большого пальца руки – оппозиция – противопоставление большого пальца другим пальцам руки.

И наконец, круговое движение части тела, при котором она описывает круг, называется циркумдукция. Циркумдукция – это последовательное движение вокруг всех осей.



Источник openstax.org лицензия ССА

Отдельные виды движений.

Для описания движений или расположения части тела используются некоторые специальные термины:

Латеральный – «боковой», расположенный дальше от середины тела, ближе к боку.

Медиальный – расположенный ближе к середине тела. Например, медиальная и латеральная лодыжки: медиальная расположена на внутренней стороне ноги, латеральная – на наружной.

Проксимальный – верхний, расположенный ближе к голове по вертикальной оси.

Дистальный – нижний, расположенный дальше головы по вертикальной оси.

Вентральный – передний, обращенный к передней стороне тела.

Дорзальный – задний, обращенный к задней стороне тела.

Соединения костей

Кости в нашем теле соединяются по-разному. Эти соединения бывают непрерывные, прерывные – суставы, и промежуточные – полусуставы или симфизы.

Непрерывные соединения подразумевают, что между соединяющимися костями нет никакой полости или щели, а лишь небольшое количество фиброзной или хрящевой ткани. Движение в таких соединениях практически отсутствует. Непрерывными являются, например, соединения костей черепа с помощью тонких волокнистых прослоек соединительной ткани. Эти соединения называются швами.

Непрерывные соединения костей с помощью связок, срастающихся с надкостницей, называются синдесмозами. Синдесмозом, например, соединены большая и малая берцовая кости в нижней части. Синдесмозы обеспечивают небольшую подвижность.

Если кости соединены прослойкой хрящевой ткани, такие соединения называются синхондрозами. Синхондрозы малоподвижны. В качестве примера можно привести соединение мечевидного отростка грудины.

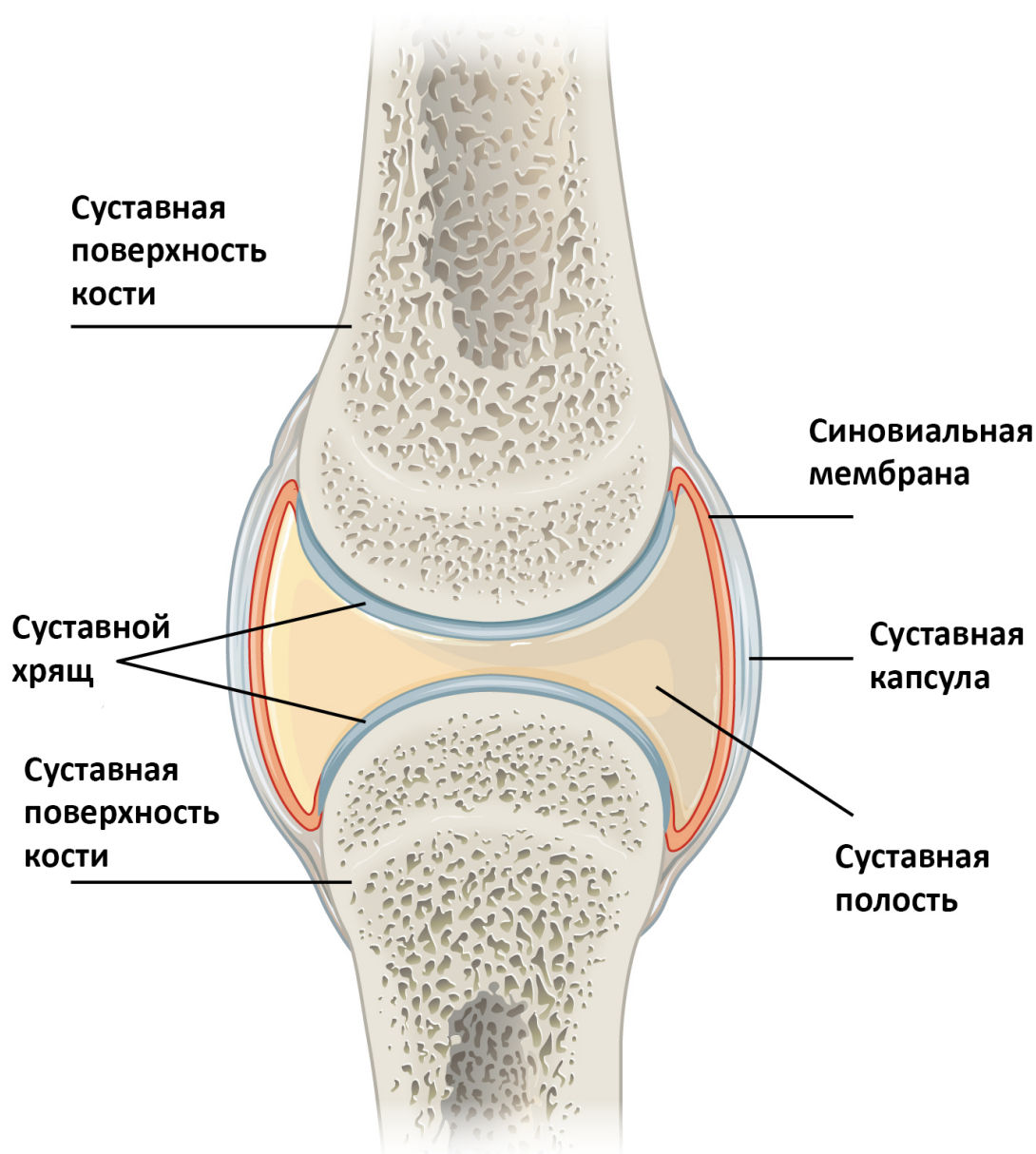
Если с возрастом синдесмозы или синхондрозы окостеневают, они превращаются в синостозы – сращение костей.

Промежуточным между прерывным и непрерывным соединением являются симфизы или, как их еще называют, полусуставы. Это соединения двух костей с помощью хрящевой ткани, внутри которой есть небольшая щель. Типичным примером является лобковый симфиз. Симфизы – малоподвижные соединения.

Суставы

Прерывные соединения костей – это суставы. Суставы являются центром любого движения. Именно они обеспечивают все разнообразие движений в нашем теле. Но почти все суставы разные. Они отличаются по форме и по строению, поэтому и возможности движения в разных суставах разные. Объем и амплитуда движения в суставах зависят от формы суставных поверхностей, а также от количества и расположения связок и растяжимости мышц, окружающих сустав.

Тем не менее, все суставы обладают общими качествами и похожим строением. Во всех суставах существуют суставные поверхности как минимум двух костей. Эти суставные поверхности покрыты гиалиновым хрящом. У всех суставов есть суставная капсула – плотная соединительно-тканная оболочка. Внутри всех суставов есть небольшая полость – суставная полость с небольшим количеством синовиальной жидкости, обеспечивающей скольжение костей относительно друг друга. В некоторых суставах есть также внутрисуставные хрящи, связки и другие элементы.



Типичное строение сустава.

Анатомическая классификация суставов

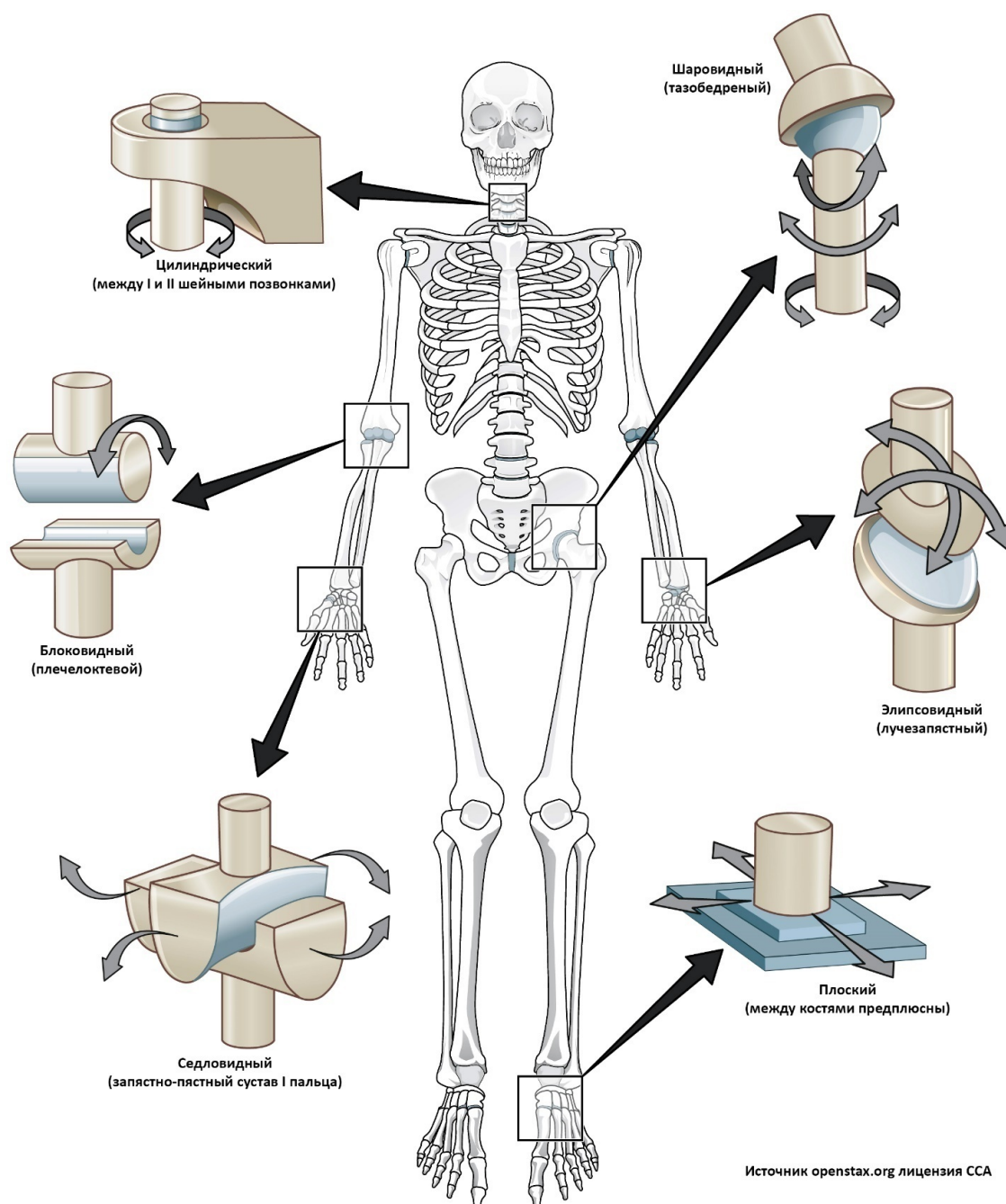
По строению суставы делятся на простые, сложные, комплексные и комбинированные.

Если в суставе соединяются только две суставные поверхности, такой сустав называют простым. Таковыми являются, например, межфаланговые суставы пальцев. Если в суставе соединяются три или более костей, он называется сложным. Сложным является локтевой сустав. Если внутри сустава находятся внутрисуставные диски или мениски, такой сустав называют комплексным. Например, коленный сустав. Если два расположенных отдельно друг от друга сустава функционируют совместно, их называют комбинированными. Например, височно-нижнечелюстной, соединяющий нижнюю челюсть с костями черепа.

Биомеханическая классификация суставов

Кроме этой, анатомической, существует также биомеханическая классификация суставов, в которой суставы классифицируются по функциональным возможностям. Наше тело потенциально может двигаться в трех плоскостях вокруг трех осей. Но в реальности большинство суставов в нашем теле могут двигаться только вокруг двух или даже только вокруг одной оси. Возможности движения зависят от формы суставов. Суставы, движения в которых возможны только вокруг одной оси, называются одноосными; вокруг двух – двуосными. Если форма сустава позволяет ему двигаться вокруг трех осей, он называется ... многоосным, потому что движение вокруг трех осей позволяет движение вокруг любых других осей, которых бесконечно много.

Возможность тех или иных движений в суставе определяется не только формой и строением самого сустава, но и мышцами, управляющими этими движениями. Например, пястно-фаланговые суставы кисти рук представляют собой типичные шаровидные суставы, образованные шаровидными суставными головками пястных костей и суставными впадинами первых фаланг пальцев. Потенциально они могли бы обеспечивать любые виды движений, но у нас нет мышц, которые бы позволяли осуществлять их вращение. Мы можем осуществлять только сгибание/разгибание и отведение/приведение в этих суставах, но не ротацию. Однако в этих суставах возможна циркумдукция – круговое движение.



Источник openstax.org лицензия ССА

Классификация суставов.

Одноосные суставы

Суставы, движения в которых возможны только вокруг одной оси называются одноосными. По форме и строению такие суставы похожи на блоки или цилиндрические соединения, используемые в технике.

В цилиндрическом суставе имеется цилиндрическая суставная поверхность. Если мы посмотрим на цилиндрический сустав, нетрудно понять, что движение в нем возможно только вокруг вертикальной оси, т.е. только вращение. Такими суставами в нашем теле являются атлanto-аксиальный сустав между I и II шейными позвонками и луче-локтевые суставы.

Если похожая конструкция расположена горизонтально во фронтальной плоскости, сустав называется блоковидным. Такой сустав тоже обеспечивает движение только вдоль одной

оси – сагиттальной, т.е. сгибание и разгибание. Такими суставами являются межфаланговые суставы пальцев.

В качестве разновидности блоковидного сустава рассматривается винтообразный сустав, каковым является локтевой сустав. Сгибание и разгибание в нем совершается с винтообразным смещением.

Двуосные суставы

Суставы, движения в которых возможны вокруг двух осей, называются двуосными. По форме такие суставы бывают эллипсовидными, седловидными и мыщелковыми.

В эллипсовидных суставах суставные поверхности имеют форму эллипса: одна выпуклая, другая вогнутая; и обеспечивают движения вокруг фронтальной и сагиттальной осей. Примером является лучезапястный сустав, в котором возможно сгибание/разгибание и отведение/приведение.

В седловидном суставе также одна суставная поверхность выпуклая, а другая вогнутая, но они теснее входят одна в другую. Примером является первый запястно-пястный сустав кисти. Движения также возможны в двух плоскостях: фронтальной и сагиттальной – сгибание/разгибание, отведение/приведение.

Третья возможная форма двуосных суставов – мыщелковая: одна суставная поверхность выпуклая, округлой формы в виде выступающей головки – мыщелка (могут быть два мыщелка), другая – вогнутая в виде неглубокой ямки или плоская. В таких суставах возможны движения вокруг фронтальной и вертикальной осей: сгибание/разгибание и вращение. Примерами таких суставов являются коленный и височно-нижнечелюстной.

Трехосные или многоосные суставы

Суставы, обеспечивающие движения вокруг трех осей, могут обеспечивать движения в любых направлениях, т.е. вокруг любых возможных осей, поэтому их называют многоосными. У таких суставов одна суставная поверхность приближена к форме шара и представляет собой шаровидную головку кости, а другая суставная поверхность представляет вогнутую суставную впадину. Примером такого сустава является плечевой (плечелопаточный) сустав и тазобедренный сустав. Поскольку в тазобедренном суставе суставная впадина глубокая, его называют чашеобразным суставом.

К трехосным суставам относят и плоские суставы, в которых суставные поверхности совсем слабо изогнуты, почти плоские, что можно рассматривать, как участок поверхности шара с очень большим радиусом. Таковыми, например, являются соединения костей предплюсны.

Симфизы

Кроме истинных суставов, у нас еще есть полусуставы, которые называются симфизами. Симфиз – это соединение костей посредством хрящевой ткани, внутри которой есть небольшая щель. У симфизов нет суставной капсулы, а внутри щели нет синовиальной оболочки. В этих соединениях возможны небольшие смещения костей относительно друг друга. Примеры: лобковый симфиз, рукоятка грудины.

Физиология мышечной деятельности

Любое движение, которое мы совершаем, и даже поддержание неподвижной позы требует участия многих мышц. В любом двигательном акте мышцы работают слаженно и согласованно, последовательно включаясь в работу.

В данной книге под словом «мышцы» подразумевается поперечнополосатая скелетная мускулатура, т.е. мышцы скелета. При этом нужно отметить, что у нас есть и другой вид мышечной ткани – гладкие мышцы. Гладкие мышцы находятся в стенках внутренних органов, например, желудка, пищевода, в стенках протоков, в эндокринных железах и в стенках сосудов.

Мышцы составляют около 40% массы тела взрослого человека. Мышцы позволяют нам перемещаться в пространстве, поддерживать определенную позу и совершать разнообразные движения.

Действие мышцы проявляется в виде силы тяги, которая стремится сблизить концы мышцы – места ее прикрепления. Только несколько мышц в нашем теле, напрягаясь, не могут сблизить места своего прикрепления, например, диафрагма или поперечная мышца живота.

В описании функционирования мышц используются слова: напряжение, расслабление, сокращение и растяжение. Терминами «напряжение» и «расслабление» обозначается увеличение или уменьшение силы тяги мышцы. Термины «сокращение» и «растяжение» обозначают укорочение и удлинение мышцы. Сокращение мышцы не всегда сопровождается ее напряжением. Мышца напрягается в ответ на сопротивление; мышца, не встречающая сопротивления, не может быть напряжена. А растяжение мышцы не всегда сопровождается ее расслаблением.

Свойства и функции мышц

Функции, которые мышцы выполняют в нашем теле:

Поддержание тела и внутренних органов.

Движения тела в целом и его отдельных частей.

Терморегуляция – мышцы вырабатывают большое количество тепла. Можно вспомнить, например, как мы начинаем дрожать, когда нам холодно. Дрожь – это мышечные сокращения. Совершая их, мышцы вырабатывают тепло.

Гемодинамическая функция – сокращаясь, мышцы способствуют продвижению крови по венам.

Свойства мышц

Все мышцы в нашем теле обладают определенными свойствами.

Возбудимость – способность воспринимать нервный импульс и отвечать на него.

Сократимость – способность укорачиваться при получении соответствующего стимула.

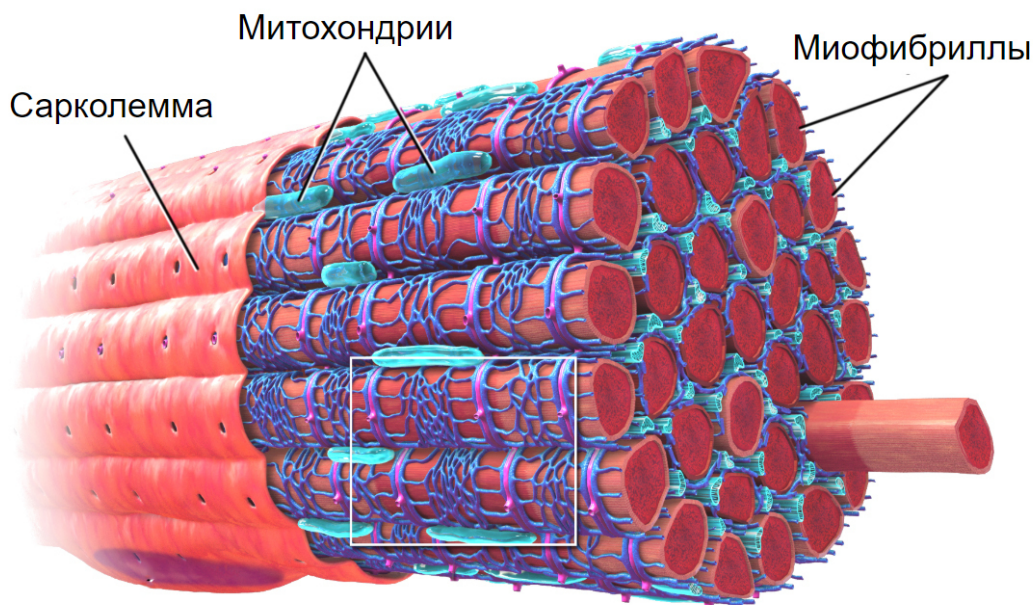
Растяжимость – способность удлиняться под воздействием внешней силы.

Эластичность – способность возвращаться к нормальной форме после сокращения или растяжения.

Тонус – мышцы постоянно находятся в состоянии некоторого сокращения, которое называется мышечным тонусом.

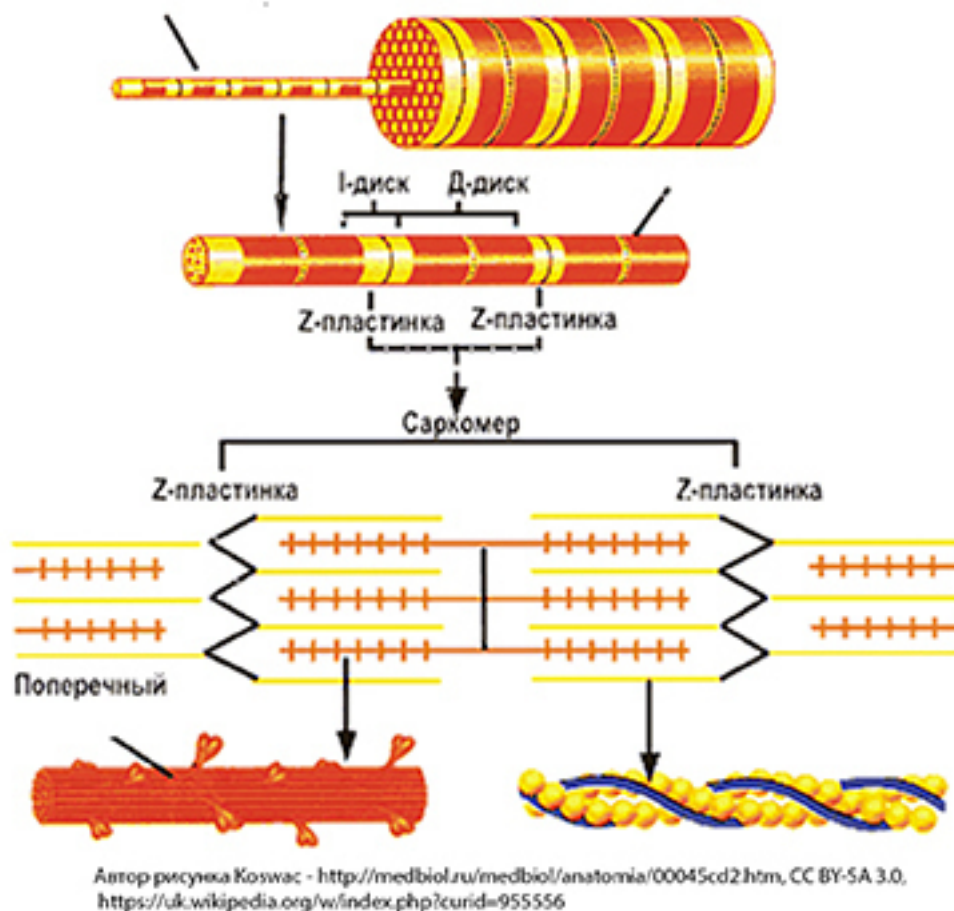
Строение мышечного волокна

Скелетные мышцы называют поперечно-полосатыми. Такое название они получили из-за того, как они выглядят в электронном микроскопе.



Строение мышечного волокна.

Однако даже без микроскопа, невооруженным глазом, видно, что мышца состоит из отдельных волокон. Под микроскопом видно, что эти волокна состоят из еще более тонких волокон – миофибрилл. Миофибриллы «построены» из «кирпичиков», которые называются саркомерами. Саркомеры отделены друг от друга Z-пластинами. Расположение саркомеров в миофибриллах совпадает, поэтому в электронном микроскопе создается картинка поперечной исчерченности, полосок, которые создают чередующиеся саркомеры и Z-пластины. Отсюда и название – поперечнополосатые мышцы.



Строение саркомера.

От Z-пластинок в обе стороны отходят нити, состоящие из белка актина – актиновые филаменты. Одним концом они прикреплены к пластине, а второй свободно расположен внутри саркомера. Между нитями актина располагаются нити белка миозина – миозиновые филаменты. На боковых сторонах миозиновых нитей располагаются выступы, которые называются поперечные мостики. Во время мышечного сокращения нити актина скользят вдоль нитей миозина. Длина саркомера уменьшается, как и длина всей мышцы в целом. При этом длина самих нитей актина и миозина не изменяется, только увеличивается площадь их перекрытия. Так происходит мышечное сокращение.

Мышца сокращается в ответ на нервный импульс, который поступает от нервной клетки – мотонейрона спинного мозга.

Типы мышечных волокон

В зависимости от задач, которые выполняют те или иные мышцы, их структура несколько отличается. Выделяют три типа мышечных волокон: белые, красные и промежуточные.

Красные волокна окружены обширной сетью капилляров, в них много митохондрий и окислительных ферментов, благодаря чему они могут выполнять работу в течение продолжительного времени. Эти волокна преобладают в мышцах, для которых основной является статическая нагрузка, например, поддержание вертикального положения тела. Эти волокна называют медленными.

Белые мышечные волокна содержат большое количество сократительных элементов, благодаря чему они способны развивать большую силу, но легко и быстро утомляются. Белые мышечные волокна называют быстрыми.

Наши мышцы содержат все виды волокон, но в разных соотношениях. Мышцы, обладающие способностью к быстрому сокращению, в которых преобладают белые волокна, называются фазическими. А мышцы, в которых преобладают красные волокна, называются тоническими; они обладают способностью к длительному сокращению и отвечают преимущественно за поддержание положения тела. В тонических мышцах миофибриллы работают асинхронно: часть из них находятся в состоянии напряжения, а другая – в состоянии расслабления, затем они меняются. Благодаря этому мышца в целом может поддерживать напряжение в течение длительного времени. Тонические мышцы поддерживают позу и работают против силы тяжести, поэтому их называют постуральными.

При мышечных дисфункциях фазические мышцы проявляют тенденцию к утомлению и перерастяжению, а тонические – к укорочению и гипертоничности.

Типы мышечных волокон

Мышечные волокна	Красные	Белые
Особенности строения	Обширная сеть капилляров, много митохондрий и окислительных ферментов	Большое количество сократительных элементов
Скорость сокращения	Медленные	Быстрые
Преобладающий режим сокращения	Тонический	Фазический
Преобладающая функция	Поддержание положения тела	Способность развивать большую силу
Мышечные дисфункции	Тенденция к укорочению и гипертоничности	Тенденция к утомлению и перерастяжению

Режимы мышечного сокращения

Мышцы могут работать в разных режимах: в режиме изометрического сокращения, концентрического сокращения и эксцентрического удлинения. Когда мы совершаем какое-то движение, мышцы, отвечающие за это движение, сокращаются концентрически, т.е. сокращение мышцы сопровождается ее укорочением. Мышца сокращается, укорачивается, места ее прикрепления сближаются, происходит движение. Например, когда мы сгибаем руку в локтевом суставе, бицепс плеча, ответственный за это движение, сокращается концентрически.

Но мышца может напрягаться и без изменения своей длины. Такой режим работы называется изометрическим напряжением. Например, когда мы соединяем ладони и давим ими друг на друга, или когда мы «толкаем» стену. Мышцы напрягаются, но их длина не изменяется и движения не происходит. Это изометрическое напряжение.

Эксцентрическое удлинение мы наблюдаем, когда мышца сопротивляется силе тяжести. Например, в бхадрасане (баддха конасане): если наши колени не опускаются на пол, а остаются на весу, приводящие мышцы бедра находятся в состоянии эксцентрического удлинения, т.к. они сопротивляются силе тяжести. В этом режиме мышца напрягается, но не укорачивается, а наоборот, растягивается. Эксцентрическое удлинение мышц называют также работой в уступающем режиме.

Если направление движения противоположно силе тяжести, активная мышца сокращается концентрически, в противном случае мышца сокращается эксцентрически.

При "устранении" силы тяжести при движениях, выполняемых на опоре (на полу), каждая мышечная группа сокращается концентрически, производя нужное движение.

С точки зрения развития мышечной силы, самым эффективным режимом является режим эксцентрического удлинения. Затем следует изометрическая работа, и на последнем месте концентрическое сокращение.

Наиболее эффективно мышца сокращается, когда она находится в состоянии некоторого натяжения и напряжения одновременно. Такое состояние дает мышце возможность действовать мощнее и развивать большую силу за короткое время и скорее и точнее отвечать на управляющие импульсы нервной системы. Пассивно растянутая и расслабленная мышца функционирует плохо. Мышца также теряет свою силу и большую часть сократительного потенциала, когда места ее прикрепления сближены и она находится в положении относительного удлинения.

Координация движений

Все мышцы в нашем теле работают согласованно, напряжение одних вызывает сопутствующее изменение тонуса других: их напряжение или, наоборот, расслабление. Согласованная деятельность мышц всего тела в процессе двигательной активности называется координацией движений.

Агонисты

Когда мы совершаем какие-то движения, в работу вовлекается не одна, а сразу несколько мышц, способных выполнять данную функцию. Например, когда мы сгибаем бедро (приподнимает ногу), в этом движении принимают участие прямая мышца бедра, подвздошно-поясничная мышца, портняжная, а также им помогают мышцы, напрягающая широкую фасцию бедра и приводящие мышцы бедра. Мышца, в первую очередь ответственная за данное движение, называется агонистом. В движении она сокращается концентрически, укорачиваясь и сближая места прикрепления. Именно агонист определяет направление движения. В нашем примере со сгибанием бедра пояснично-подвздошная мышца является агонистом.

Синергисты

Мышцы, работающие совместно, имеющие одинаковую направленность с агонистом и помогающие агонисту, называются синергистами. Синергисты включаются в движение позднее агонистов также концентрическим сокращением. Чаще всего синергистами выступают двусуставные мышцы, т.е. те, которые пересекают два сустава и могут вызвать движения в каждом из них. Наличие мест прикрепления синергиста около 2-х суставов позволяет ему участвовать в движении каждого сустава. После исчерпания движения в одном суставе, около которого прикрепляется синергист, этот сустав становится местом фиксации для начала движения в другом суставе. Изменяя положение сначала одного места своего прикрепления, а затем – второго, синергист обеспечивает плавность перехода движения из одного сустава в другой. Например, экстензоры (разгибатели) бедра – седалищно-бедренные мышцы – обеспечивают плавность и последовательность перехода экстензии тазобедренного сустава во флексию (сгибание) коленного сустава.

Антагонисты

Мышцы с функцией, противоположной агонисту, называются антагонистами. Антагонисты включаются в движение позднее агонистов. Они могут не вовлекаться в движение, если нет сопротивления силе тяжести, например, когда движущиеся части тела расположены на полу. Если же сопротивление силе тяжести присутствует, антагонисты напрягаются эксцентрически, удаляя места своего прикрепления и обеспечивая плавность движения. Например, подвздошно-поясничная мышца выступает в роли антагониста при разгибании бедра (отведении ноги назад).

Фиксаторы

Поскольку движения в одном и том же суставе могут осуществляться в разных направлениях, работа мышц должна как-то отличаться. Например, сгибание тазобедренного сустава может поднять бедро, а может наклонить корпус вперед. Эту разницу обеспечивают мышцы фиксаторы, фиксирующие одно из мест прикрепления агониста. Фиксаторы активизируются раньше агонистов изометрическим типом сокращения, сохраняя места своего прикрепления неподвижными. Они также обеспечивают отсутствие добавочных движений в соседних регионах. Предварительное изометрическое напряжение фиксаторов играет большую роль в формировании преднастройки организма, его готовности к совершению движения.

Нейтрализаторы

И наконец, у нас есть мышцы нейтрализаторы, которые нейтрализуют ненужные в данном движении функции синергистов. Нейтрализаторы сокращаются изометрически или эксцентрически, сохраняя места своего прикрепления неподвижными или вызывая их взаимное удаление. Они обеспечивают однонаправленность движения и наиболее короткую траекторию. Например, при разгибании бедра агонистом выступает большая ягодичная мышца. Но она не только разгибает бедро, но и отводит его в сторону и поворачивает наружу. Поэтому, чтобы получить «чистое» отведение ноги назад, в движение включаются также аддукторы (приводящие мышцы) бедра, предупреждающие его отведение, и пронаторы, нейтрализующие его наружную ротацию.

Кинематические цепи

Две кости, соединенные суставом, образуют кинематическую пару. Несколько кинематических пар, соединенных последовательно, образуют кинематическую цепь. Например, нога содержит множество кинематических пар, образованных суставами, и представляет собой кинематическую цепь.

Кинематическая цепь может быть открытой или закрытой (замкнутой). В открытых кинематических цепях последнее (концевое) звено цепи свободно, оно соединено только с одним соседним звеном. В каждом суставе открытой цепи возможны движения, независимые от других суставов. Например, удерживая ногу на весу, мы можем сгибать и разгибать ее только в тазобедренном суставе или только в коленном или голеностопном, или во всех суставах одновременно.

В закрытой или замкнутой кинематической цепи нет свободного последнего звена. Типичным примером замкнутой цепи является грудная клетка, в которой ребра соединяются с позвонками и грудиной. В грудной клетке нет свободного звена. Открытая кинематическая цепь превращается в замкнутую, если последнее звено контактирует с опорой. Например, наши руки в обычном положении представляют собой две отдельные кинематические цепи. Но когда они становятся опорой, они превращаются в цепи замкнутые. Например, в висиштхасане (боковой планке) опорная рука становится закрытой кинематической цепью. А в обычной планке обе руки замыкаются в единую кинематическую цепь, т.к. они объединены общей опорой.

В замкнутых кинематических цепях суставы – кинематические пары – не могут двигаться изолированно, и движения одних звеньев вызывают движения других. Например, если в планке мы согнем локти или только один из них, это вызовет изменение положения плечевого и лучезапястного суставов, положения лопатки и т.д. То же самое произойдет, например, если мы согнем колено при переходе из паршваттанасаны в ашвасанчаласану: вслед за сгибанием колена все суставы изменят свои положения.

В естественных условиях мышцы проявляют свою силу не в изолированных суставах, а в кинематических цепях, в результате чего возникают движения, которые, на первый взгляд, никак не связаны с действием той или иной мышцы. Например, простое сгибание руки в локте-

вом суставе приводит к разгибанию плеча – из-за смещения общего центра тяжести руки плечо (верхняя часть руки) смещается назад. Еще более наглядный пример: когда мы наклоняемся вперед, сгибаясь в тазобедренных суставах, таз смещается назад. Это смещение происходит за счет разгибания голеностопных суставов. Получается, что мышцы – сгибатели тазобедренного сустава вызвали разгибание голеностопа, к которому они прямого отношения не имеют.

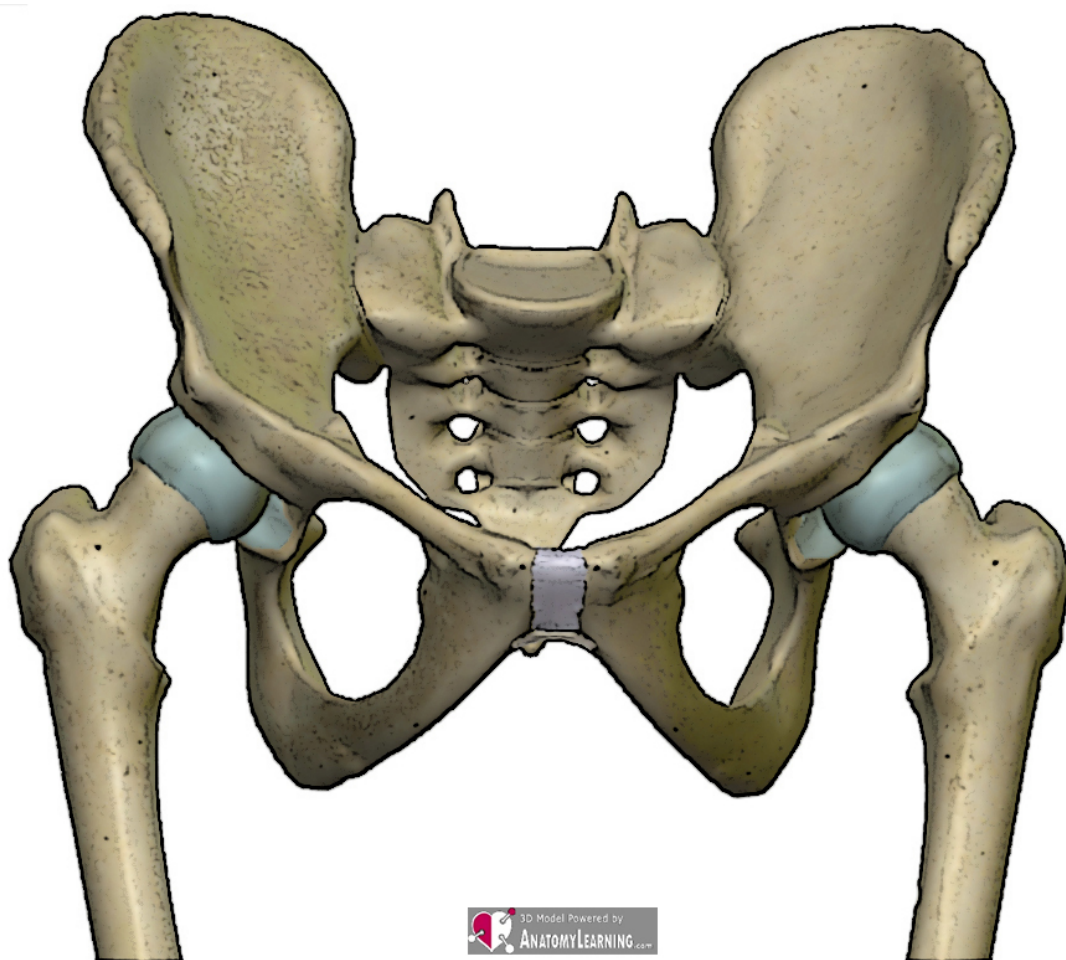
Общая анатомия ног и таза

В медицине ноги принято называть «нижними конечностями», а руки – «верхними конечностями». Это настолько привычно, что эти выражения просто сами буквально «прыгают» на язык. Но ум сопротивляется: не хочется называть руки и ноги конечностями. Поэтому постараемся обойтись без этих некрасивых, хотя и научных, выражений.

Итак. Наш скелет условно подразделяют на две части: основной скелет и добавочный. Основной – это позвоночник, грудная клетка и кости черепа, а добавочный – это кости плечевого пояса, рук, ног и таза. Таким образом, таз и кости ног относятся к добавочному скелету и крепятся к позвоночнику. Собственно, непосредственно к позвоночнику крепится только таз, а уже к нему крепятся кости ног.

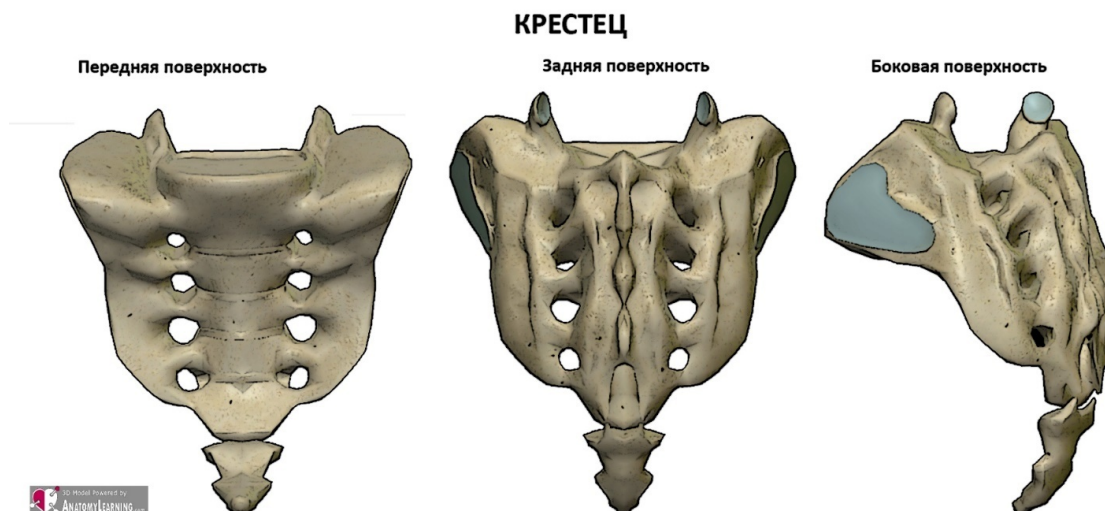
Строение таза

Таз – массивное костное образование, соединяющее ноги с позвоночником и формирующее полость для внутренних органов. В полости таза располагаются мочевой пузырь, прямая кишка и внутренние репродуктивные органы. Таз сформирован крестцом и двумя тазовыми костями. Вспомним, что крестец – это отдел (часть) позвоночного столба, в котором все пять крестцовых позвонков срослись в единую костную структуру. Верхняя часть крестца называется основанием. Основание соединяется с V – последним – поясничным позвонком. Кроме того, таз соединяется с позвоночником мощными пояснично-подвздошными связками, натягивающимися между поперечными отростками двух нижних поясничных позвонков и тазовыми костями.



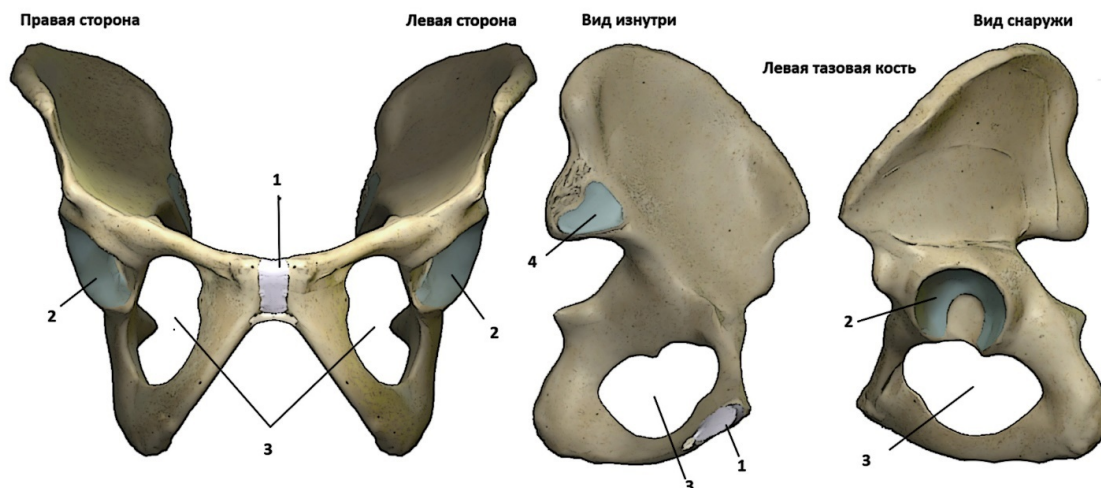
Таз сформирован крестцом и двумя тазовыми костями.

На боковых поверхностях крестца есть суставные поверхности, которыми он соединяется с тазовыми костями, образуя крестцово-подвздошные суставы – правый и левый. Это малоподвижные суставы, окруженные очень плотной суставной капсулой, которая срастается с надкостницей крестца и тазовых костей. Крестцово-подвздошные суставы укреплены прочными связками, поперечно расположенными на передней и задней поверхностях таза. По форме крестцово-подвздошные суставы относятся к плоским суставам.

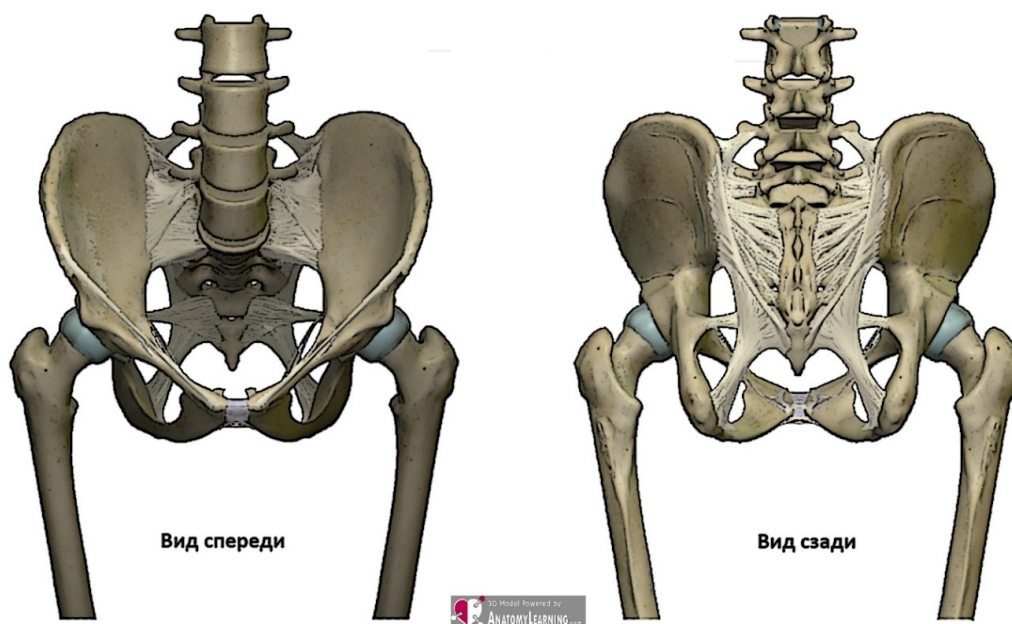


Крестец – это отдел позвоночного столба, в котором все пять крестцовых позвонков срослись в единую костную структуру. Верхняя часть крестца называется основанием. На боковых поверхностях крестца есть суставные поверхности, которыми он соединяется с тазовыми костями, образуя крестцово-подвздошные суставы.

Каждая тазовая кость, в свою очередь, формируется из трех срастающихся костей: подвздошной, седалищной и лобковой. Это сращение завершается вместе с половым созреванием. У взрослого человека места сращения этих костей неразличимы, мы не можем точно обозначить, где именно заканчивается одна кость и начинается другая, но все же в тазовых костях различают соответствующие части и употребляются выражения: седалищная кость, лобковая кость, подвздошная.



Верхний край тазовой кости называется подвздошным гребнем. Спереди подвздошный гребень оканчивается костным выступом, который называется верхней передней подвздошной остью. А сзади он оканчивается нижней задней подвздошной остью. И есть также нижняя передняя и верхняя задняя подвздошные ости. Аналогичный выступ есть и на седалищной



Соединение крестца и тазовых костей укреплено мощными внесуставными связками

Мужской и женский таз отличаются. Женский таз шире и короче, лобковые кости, соединяясь симфизом, образуют более широкий угол – 90° . Мужской таз уже, угол схождения лобковых костей более острый – $70 - 75^{\circ}$.

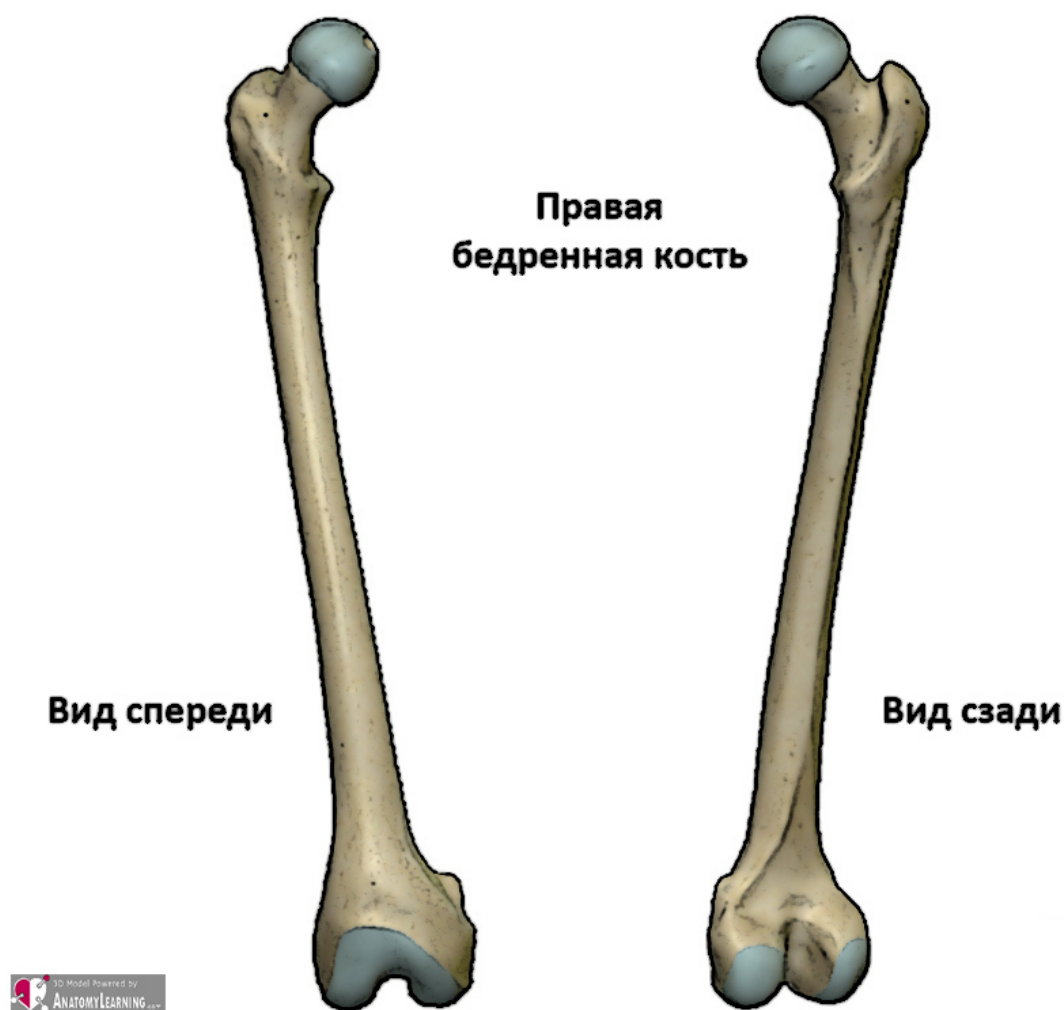
Таз делится на два отдела: верхний – большой таз и нижний – малый таз. Граница между ними проходит по мысу крестца, дугообразным линиям подвздошных костей и гребням лобковых костей. Полость большого таза является нижней частью брюшной полости (живота). Большой таз ограничен сзади V поясничным позвонком, с боков – крыльями подвздошных костей. Спереди большой таз костных стенок не имеет.

Малый таз начинается от обозначенной границы сверху, формируется передней поверхностью крестца и копчиком, крестцово-бугорными связками, седалищными буграми, ветвями седалищных и нижними ветвями лобковых костей. В области седалищных костей мы видим запирающие отверстия, заполненные запирающей мембраной. В этой мембране существуют отверстия, через которые проходят нервы и сосуды.

На наружной поверхности тазовой кости находится суставная впадина тазобедренного сустава, которая называется вертлужной. В этом суставе бедренная кость соединяется с тазом. Нужно сказать, что вертлужная впадина не у всех людей расположена одинаково. Она может располагаться чуть больше впереди или чуть больше сбоку. Расположение вертлужной впадины является одним из факторов, влияющих на подвижность тазобедренного сустава.

Бедренная кость

Бедренная кость является самой большой и длинной в человеческом теле. На верхнем ее конце располагается головка бедренной кости, которой бедро соединяется с тазом в тазобедренном суставе. Головка соединена с телом кости шейкой, которая располагается под углом около 125° относительно тела (диафиза) кости. Но это средняя величина. На самом деле этот угол может быть больше или меньше. Также неодинакова у разных людей и длина шейки бедренной кости. Шейка может быть длинной или короткой. Чем длиннее шейка бедра и больше угол ее соединения с телом бедренной кости, тем больший объем движений возможен в тазобедренном суставе (ТБС). Кроме того, шейка бедра наклонена вперед относительно фронтальной плоскости. Этот угол может быть очень разным у разных людей: от 10° до 30° .



Бедренная кость является самой большой и длинной в человеческом теле.

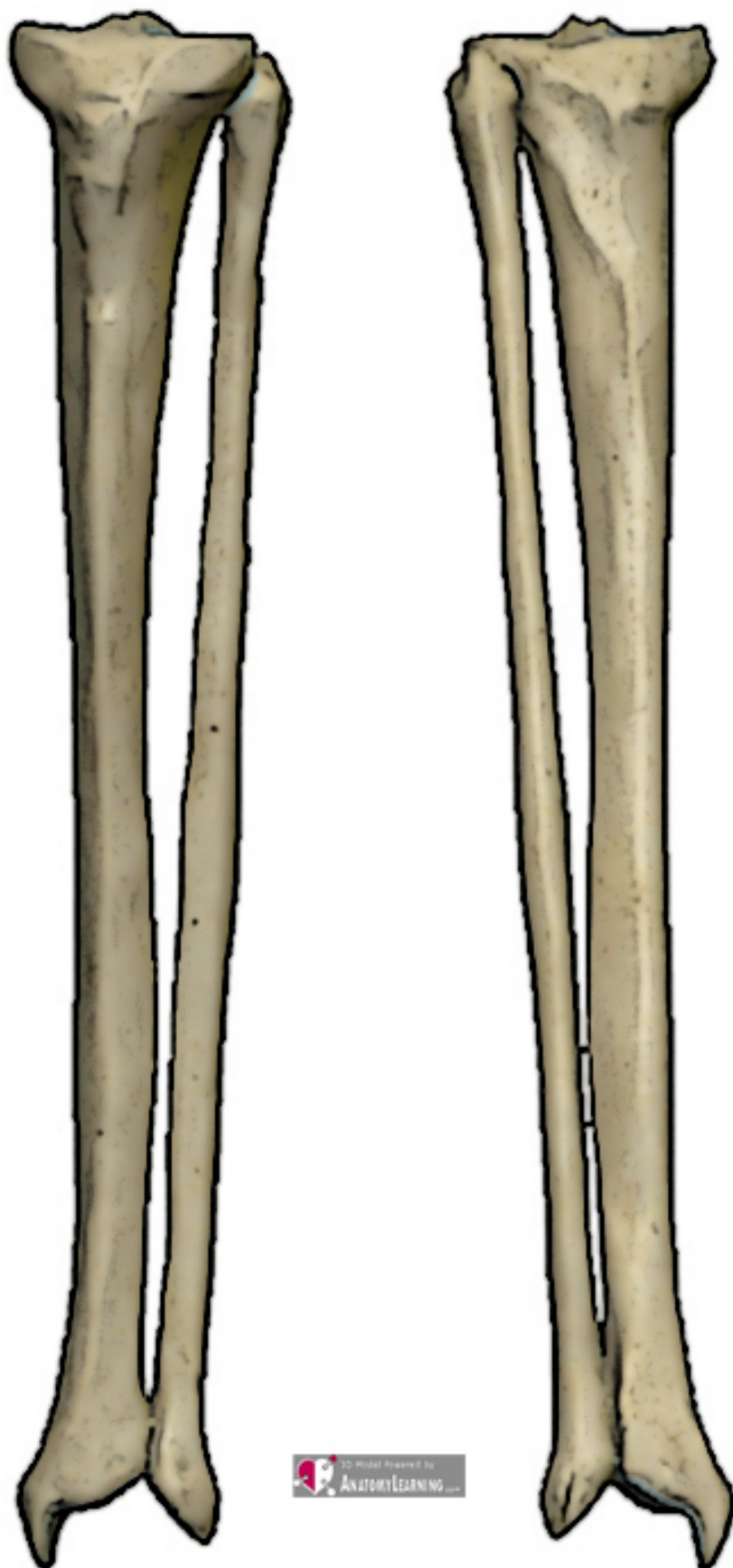
На границе шейки и тела (диафиза) бедренной кости расположены два мощных костных бугра, называемых вертелами: верхний латеральный – большой и нижний медиальный – малый. Бедренная кость в естественном положении наклонена так, что ее нижний конец находится ближе к срединной линии тела, чем верхний. Сзади на нижнем конце бедренной кости расположены два округлых мыщелка. Спереди эти мыщелки плавно соединяются и образуют

гладкую поверхность. Нижний конец бедренной кости – это суставная поверхность коленного сустава, в котором бедренная кость соединяется с большой берцовой костью голени (большеберцовой).

Кости голени

Голень состоит из двух костей: медиально расположенной большеберцовой и латерально – малоберцовой. Большеберцовая кость является второй по длине в нашем теле. Верхняя часть большеберцовой кости сильно утолщена и расширена и образует суставную поверхность, входящую в коленный сустав. Нижний конец тоже расширен и образует суставную поверхность для соединения с таранной костью стопы. Сбоку от него вниз отходит отросток – медиальная лодыжка, которую мы видим и можем легко пощупать. На внутренней стороне этой лодыжки есть суставная поверхность, которая также соединяется с таранной костью стопы.

Кости левой голени



Вид спереди

Вид сзади

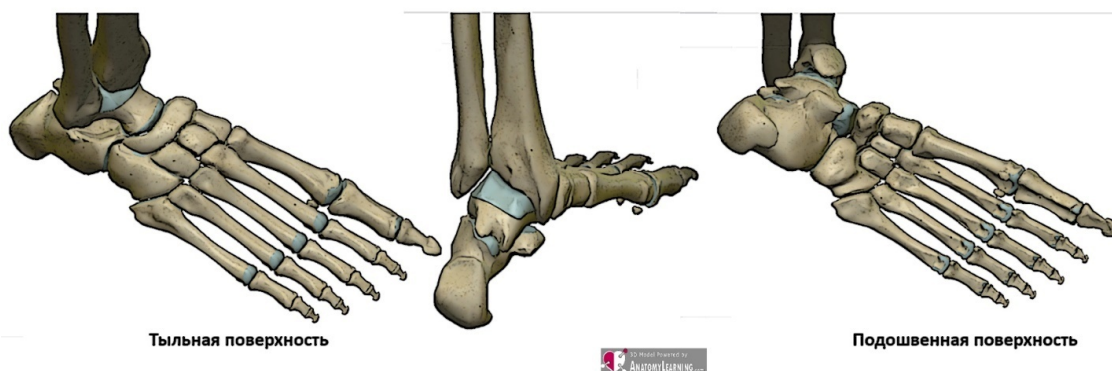
Кости голени.

Малоберцовая кость значительно тоньше. Вверху у нее есть головка, на которой находится суставная поверхность для соединения с большеберцовой костью в межберцовом суставе. Это плоский и малоподвижный сустав. Нижний конец утолщен и образует латеральную лодыжку, которая тоже хорошо видна. Внизу кости голени соединяются не суставом, а синдесмозом – непрерывным соединением, движение в котором практически отсутствует. Поскольку концы большой бедренной кости сильно расширены, кости голени на большем своем протяжении находятся на расстоянии друг от друга, образуя межберцовое пространство. В этом пространстве находится межкостная перегородка.

Кости стопы

Человеческая стопа – чрезвычайно сложная структура, включающая 28 костей: 7 костей предплюсны, 5 плюсневых костей, 14 фаланг пальцев (на большом пальце 2 фаланги, на остальных по 3) плюс 2 сесамовидных косточки (которые есть не у всех). Это столько же, сколько в позвоночнике! (В позвоночнике человека 7 шейных позвонков, 12 грудных, 5 поясничных, крестец и 3 – 5 копчиковых позвонков).

Кости стопы подразделяются на три группы: кости предплюсны, плюсны и пальцев. Кости предплюсны – это семь костей, пять из которых мелкие, а две крупные. Это пяточная и таранная кости.



Человеческая стопа – чрезвычайно сложная структура, включающая 28 костей.

Когда мы смотрим на ноги человека, кажется, что кости голени соединяются непосредственно с пяткой. На самом деле нет. Большая берцовая кость соединяется с таранной костью стопы, а уж та в свою очередь соединяется с пяточной костью.

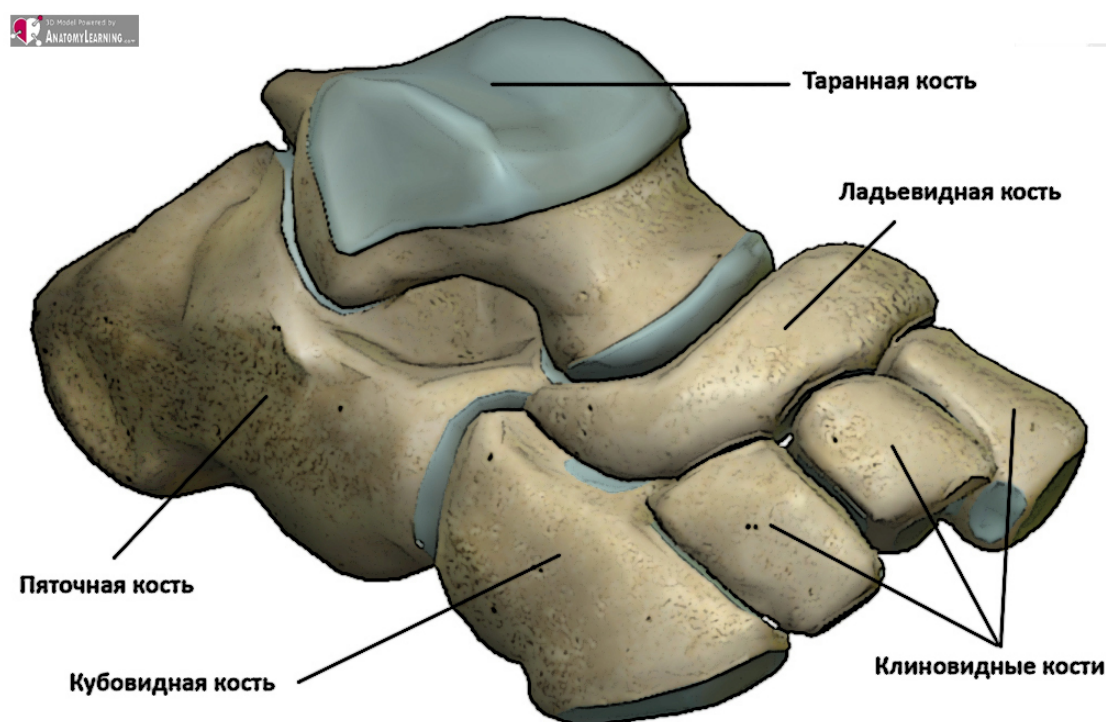
Таранная кость стопы уникальна и интересна тем, что при своих небольших размерах образует целых 3 сустава, которыми соединяется с 4-мя соседними костями: большой и малой берцовыми, пяточной и ладьевидной. Верхняя поверхность таранной кости является блоковидной и называется блоком таранной кости. Блок таранной кости является суставной поверхностью для соединения с большеберцовой костью. С обеих сторон от него есть еще две суставные поверхности для соединения с лодыжками – медиальной (большеберцовой) и латеральной (малоберцовой).

На нижней поверхности таранной кости есть еще 3 суставные поверхности для соединения с пяточной костью (передняя, средняя и задняя). А спереди расположена ладьевидная суставная поверхность для соединения с ладьевидной костью стопы.



Таранная кость.

Пяточная кость самая крупная кость стопы и располагается под таранной. Сзади на пяточной кости находится костный бугор, называемый пяточным бугром, а в просторечье – пятка. На верхней стороне пяточной кости расположены три суставные поверхности для соединения с таранной костью, а спереди – суставная поверхность для соединения с кубовидной костью.



Кости предплюсны.

Помимо таранной и пяточной костей, к костям предплюсны относятся ладьевидная, кубовидная и три клиновидные кости. Далее расположены пять костей плюсны и кости пальцев. Первая, вторая и третья плюсневые кости соединяются с клиновидными костями предплюсны, а четвертая и пятая – с кубовидной костью. Каждый палец включает три отдельные косточки – фаланги, кроме первого (большого), у которого только две фаланги. Кроме того, под головкой первой плюсневой кости находятся еще две маленькие круглые косточки, кото-

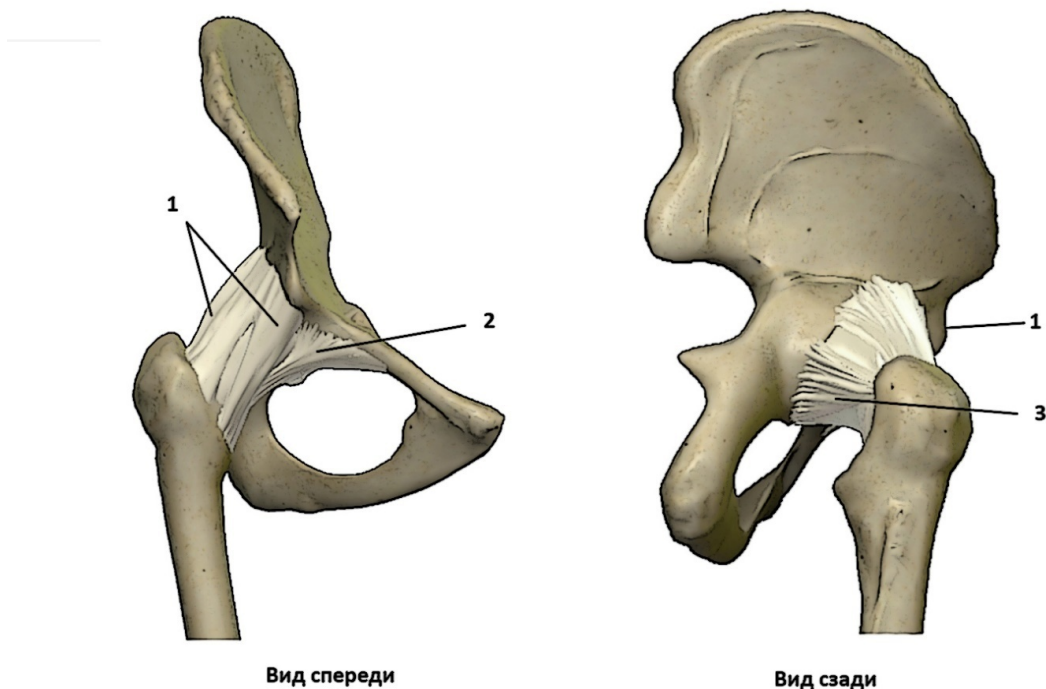
рые называются сесамовидными. Сесамовидные кости не соединяются с другими костями скелета никакими соединениями, а свободно располагаются в мягких тканях.

Суставы ног

Тазобедренный сустав

В ТБС бедренная кость соединяется с тазовой костью. Суставная поверхность бедренной кости находится на головке, а суставная поверхность таза – в вертлужной впадине. По краю вертлужной впадины расположена так называемая вертлужная губа – полоска суставного хряща, дополнительно углубляющая суставную впадину. Эта губа находится внутри полости сустава, образованной суставной капсулой. На тазовой кости суставная капсула прикрепляется по окружности вертлужной впадины. А на бедренной кости – примерно в месте соединения шейки бедренной кости с телом кости. Т.е. шейка бедра находится внутри суставной полости.

Связки тазобедренного сустава



1 - подвздошно-бедренная; 2 - лобково-бедренная; 3 - седалищно-бедренная.



ТБС укреплен мощными связками, расположенными на поверхности суставной капсулы.

По своей структуре ТБС является комплексным суставом, т.к. в нем есть маленькая внутрисуставная связка, соединяющая головку бедра и вертлужную впадину. В период формирования вертлужной впадины эта связка удерживает головку бедренной кости на своем месте, а потом, у взрослых людей, препятствует чрезмерному приведению и наружной ротации бедра.

По форме тазобедренный сустав является шаровидным чашеобразным суставом и допускает движения во всех трех плоскостях.

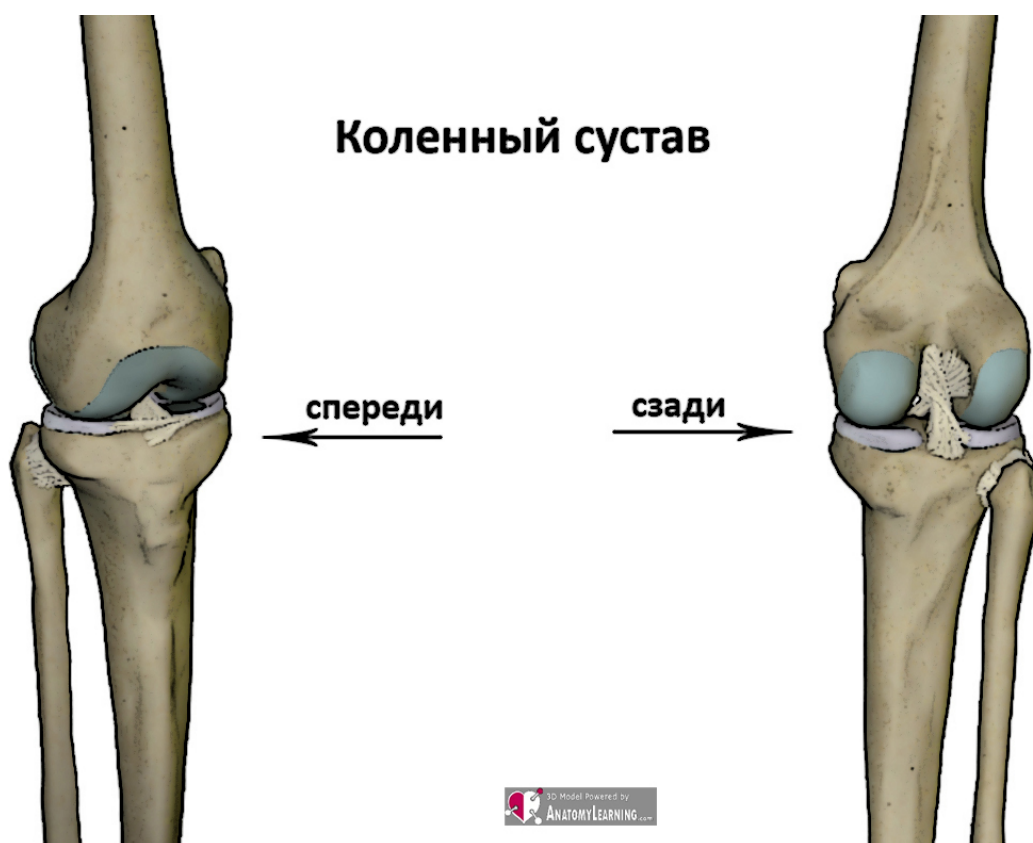
ТБС укреплен мощными связками, расположенными на поверхности суставной капсулы. Эти связки связывают бедренную кость со всеми тремя частями тазовой кости. Это подвздошно-бедренная связка, лобково-бедренная и седалищно-бедренная. Самая мощная из них

– подвздошно-бедренная, толщина которой достигает 1 см. Эта связка играет важную роль в поддержании вертикального положения тела, по сути, именно она не дает нам падать назад, когда мы находимся в вертикальном положении.

Коленный сустав

Коленный сустав – самый крупный и самый сложноустроенный сустав в теле человека. Он формируется тремя костями: бедренной, большеберцовой и надколенником.

Если посмотреть на суставные поверхности бедренной и большеберцовой костей, хорошо видно, что они не совсем соответствуют друг другу. Поэтому между ними внутри коленного сустава находятся дополнительные внутрисуставные хрящи полукруглой формы, которые называются менисками. Менисков 2: медиальный, расположенный ближе к середине тела у внутреннего края сустава, и латеральный – расположенный у внешнего края. Наружные края менисков более толстые и сращены с суставной капсулой, внутренние, находящиеся в полости сустава, тонкие. При движении в суставе мениски меняют свою форму и положение. При сгибании – разгибании колена по верхней поверхности менисков скользят мыщелки бедренной кости, а при вращении голени мениски вместе с бедренной костью скользят по поверхности большеберцовой кости.



Коленный сустав – сложный комплексный сустав, содержащий внутрисуставные хрящи – мениски и внутрисуставные связки.

Внутри коленного сустава также есть внутрисуставные связки, которые называются крестообразными: передняя и задняя. Передняя крестообразная связка начинается от латерального мыщелка бедренной кости и прикрепляется к суставной поверхности большеберцовой кости в ее передней части (межмыщелковое пространство). Передняя крестообразная связка

пучком фиброзных волокон связана с латеральным мениском. Задняя крестообразная связка начинается на медиальном мыщелке бедренной кости и идет назад, прикрепляясь к суставной поверхности большеберцовой кости в ее задней части.

	Начало	Прикрепление
Передняя крестообразная связка	Латеральный мыщелок бедренной кости	Передняя часть суставной поверхности большеберцовой кости
Задняя крестообразная связка	Медиальный мыщелок бедренной кости	Задняя часть суставной поверхности большеберцовой кости

Коленный сустав укреплен также внесуставными связками, которые находятся поверх суставной капсулы и называются коллатеральными. Капсула коленного сустава тонкая и очень обширная. Коленный сустав окружен большим количеством синовиальных сумок. Синовиальные сумки – это полости, отделенные от окружающих тканей капсулой, выстланные синовиальной мембраной и заполненные синовиальной жидкостью. Они выполняют защитную функцию и в нашем теле их довольно много в разных местах. На латыни «сумка» – «бурса». От этого названия произошло слово бурсит, которое, наверное, многим знакомо, – воспаление синовиальной сумки.

По своей форме коленный сустав является мыщелковым, соответственно движение в нем должно быть доступно в двух плоскостях: сагиттальной и горизонтальной. Коленный сустав может осуществлять сгибание в объеме $140 - 150^{\circ}$. При этом движении происходит расслабление боковых коллатеральных связок, в результате чего при согнутом колене освобождается пространство внутри суставной капсулы и становится возможно еще небольшое вращение – около 10° внутрь и $30 - 40^{\circ}$ наружу. По другим данным, этот объем составляет всего 15° в сумме в обе стороны при активном вращении и около 30° при пассивном. Возможность вращения внутрь меньше, чем наружу, потому что крестообразные связки, перекручиваясь при внутренней ротации, тормозят и препятствуют вращению внутрь, а при вращении наружу они расслабляются.

При разгибании коленного сустава бедро и голень находятся на одной линии. При этом крестообразные и коллатеральные связки натягиваются, а суставные поверхности плотно прижаты друг к другу.

Надколенник

Надколенник представляет собой так называемую сесамовидную, т.е. не связанную с другими костями, кость, залегающую внутри сухожилия четырехглавой мышцы бедра. Своей внутренней поверхностью он прилегает к бедренной кости, а наружную его поверхность легко прощупать под кожей. На внутренней поверхности надколенника находится тонкий продолговатый выступ, который называется гребнем надколенника. Во время движения гребень надколенника скользит по бороздке бедренной кости.

Голеностопный сустав

Типичный блоковидный, одноосный сустав, образованный суставными поверхностями лодыжек обеих костей голени, нижней суставной поверхностью большеберцовой кости и таранной костью стопы. Две лодыжки, как клещами, захватывают таранную кость. Таким образом, в

этом суставе соединяются три кости: большая и малая берцовая кости голени и таранная кость стопы, поэтому этот сустав является сложным.

Сустав укреплен прочными толстыми связками, расположенными на обеих боковых поверхностях сустава. В суставе возможно движение только в сагиттальной плоскости (вокруг фронтальной оси) – сгибание, когда стопа поворачивается носком вверх, и разгибание – носком вниз. Очень часто в литературе встречаются словосочетания «тыльное сгибание», под которым понимается сгибание, и «подошвенное сгибание», под которым понимается разгибание. Так говорить не совсем корректно и лучше этих словосочетаний избегать.

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.