

ГЛАВА 9

КОЛЕННЫЙ СУСТАВ

Цели главы

- Определить на скелете человека костные особенности коленного сустава.
- Оценить и пояснить роль хрящевых и связочных структур в обеспечении стабильности коленного сустава.
- Нарисовать и подписать на рисунке скелета мышцы и связки коленного сустава.
- Пропальпировать на живом человеке поверхностные структуры и мышцы коленного сустава.
- Продемонстрировать и пропальпировать с другими студентами все движения в коленном суставе, перечислить соответствующие плоскости движений и оси вращения.
- Указать и объяснить действия и значимость четырехглавой мышцы бедра и мышц задней поверхности бедра.
- Перечислить и упорядочить мышцы, принимающие участие в движениях коленного сустава, перечислить их антагонистов.
- Изучить и усвоить иннервацию мышц коленного сустава.
- Путем анализа определить, какие движения и мышцы задействованы в определенных навыках и упражнениях.

Коленный сустав — очень сложный и самый крупный истинный сустав человеческого тела. Он относится к мышечковым суставам.

Совместное влияние веса тела и движения налагают на коленный сустав существенную нагрузку в виде растяжения, сжатия и скручивания. Сильные сгибатели и разгибатели коленного сустава вместе с прочными связочными структурами обеспечивают мощную функцию сустава в большинстве случаев.

Кости Рис. 9.1

Расширенные мышечки бедра двигаются на расширенных мышечках большеберцовой кости в практически горизонтальной плоскости. В связи с тем, что бедренная кость опускается вниз под острым углом к срединной линии, ее медиальный мыщелок немного больше, чем латеральный.

Верхушки медиального и латерального большеберцового мыщелков, известные как медиальное и латеральное плато, служат резервуарами для мыщелков бедра. Большеберцовая кость является медиальной костью голени и на нее приходится большая нагрузка, чем на малоберцовую кость. Малоберцовая кость служит местом прикрепления некоторых особо важных структур коленного сустава, однако она не соединена с бедренной костью или надколенником и не является частью коленного сустава.

Надколенник — это сесамовидная (плавающая) кость, заключенная в сухожилиях четырехглавой мышцы бедра и надколенника. Его расположение позволяет ему служить в каче-

стве блока для четырехглавой мышцы, увеличивая угол ее тяги. Это создает механическое превосходство во время разгибания колена.

Основные костные ориентиры включают в себя верхний и нижний полюсы надколенника, бугристость большеберцовой кости, бугорок Жерди, медиальный и латеральный мыщелки бедра, передний край медиального плато большеберцовой и головку малоберцовой кости. Три широкие мышцы квадрицепса начинаются в проксимальной части бедра и вместе с прямой мышцей бедра прикрепляются к верхнему полюсу надколенника. Особенности их прикрепления к надколеннику различаются. Медиальная и латеральная широкие мышцы прикрепляются к верхнемедиальному и верхнелатеральному углам над-

коленника соответственно. Поверхностная прямая мышца и промежуточная широкая мышца, лежащая прямо под ней, прикрепляются к надколеннику непосредственно сверху. Отсюда посредством крупного сухожилия надколенника они крепятся к большеберцовой бугристости. Бугорок Жерди расположен на переднелатеральной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости и является местом прикрепления подвздошно-большеберцового тракта напрягателя широкой фасции бедра

Переднемедиальная поверхность большеберцовой кости, прямо под медиальным мыщелком, служит местом прикрепления портняжной, тонкой и полусухожильной мышц. Полуперепончатая мышца прикрепляется

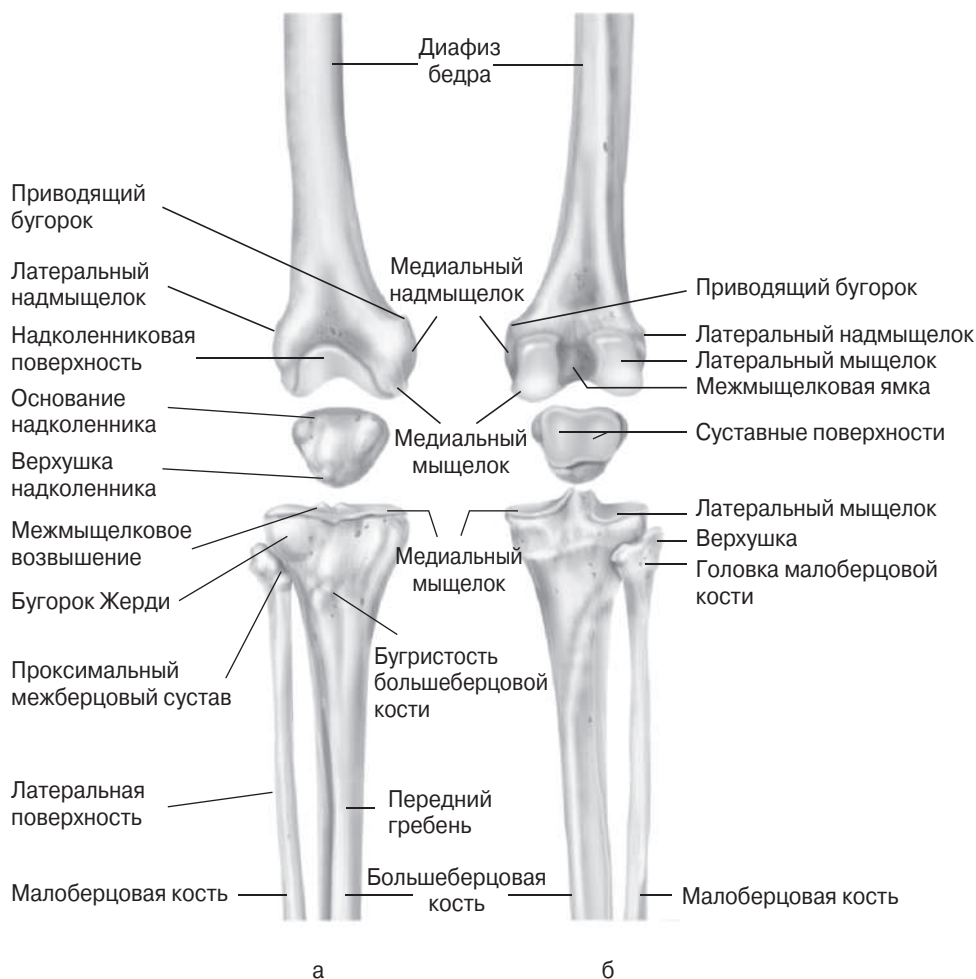


Рис. 9.1. Кости правого коленного сустава — бедренная, большеберцовая, малоберцовая, надколенник: *а* — вид спереди; *б* — вид сзади

к заднемедиальной поверхности медиального мыщелка большеберцовой кости. Головка малоберцовой кости является основным местом прикрепления двуглавой мышцы бедра, однако некоторые его волокна доходят до латерального мыщелка большеберцовой кости. Подколенная мышца начинается на латеральной поверхности латерального мыщелка бедра.

Кроме того, большеберцовая коллатеральная связка отходит от верхнемедиальной поверхности медиального мыщелка бедра и прикрепляется к большеберцовой кости с медиальной стороны. С латеральной стороны расположена более короткая малоберцовая коллатеральная связка. Она начинается на латеральном мыщелке бедра рядом с местом отхождения подколенной мышцы и прикрепляется к головке малоберцовой кости.

Суставы Рис. 9.2, 9.3

Собственно коленный сустав, или бедренно-большеберцовый сустав, принято считать блоковидным, из-за его функции, напоминающей шарнир. В нем предусмотрены сгибание и разгибание без боковых отклонений голени в приведение или отведение. Однако в связи с вращательными движениями, возникающими во время сгибания, иногда его классифицируют как блоковидно-цилиндрический сустав. Некоторые ученые настаивают на том, чтобы отнести его к эллипсоидным или двойным эллипсоидным суставам из-за его двухмыщелковой структуры. Бедренно-надколенниковый сустав относится к плоским суставам в связи со скользящим характером движений надколенника на мыщелках бедра.

Связки обеспечивают статическую стабильность коленного сустава, а взаимное противодействие четырехглавой мышцы и мышц задней группы бедра обеспечивает динамическую стабильность. Поверхности между бедренной и большеберцовой костью защищены суставным хрящом, свойственным всем плоским суставам. В дополнение к суставным хрящам, покрывающим концы костей, специализированные хрящи, мениски (рис. 9.2), формируют бортики между костями. Эти мениски крепятся к большеберцовой кости

и углубляются в большеберцовое плато, увеличивая тем самым стабильность сустава.

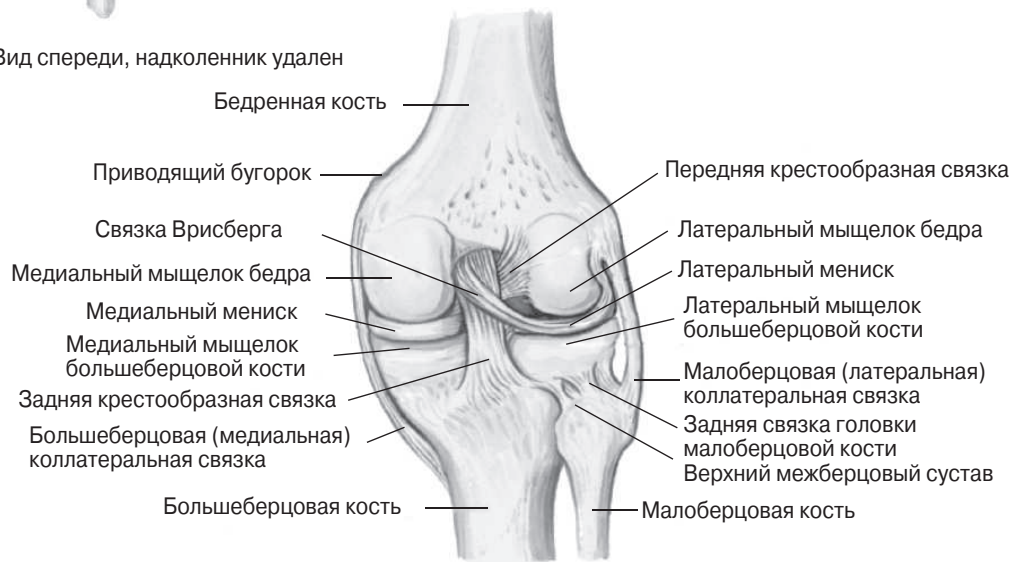
Медиальный полулунный хрящ, или медиальный мениск, расположен на медиальном большеберцовом плато и формирует резервуар для медиального мыщелка бедра. Латеральный полулунный хрящ (латеральный мениск) расположен на латеральном большеберцовом плато и вмещает в себя латеральный мыщелок бедра. Оба мениска имеют толстый наружный край, который клиновидно сужается до очень тонкого внутреннего края. Им свойственно незначительное скольжение, но они удерживаются на месте множеством мелких связок. Медиальный мениск по размеру больше, чем латеральный. Он имеет открытую С-образную форму, в отличие от практически замкнутого С-образного латерального мениска. Различные механизмы могут вызывать разрывы одного или обоих менисков в нескольких местах, которые приводят к повреждениям разной степени тяжести. Такие повреждения часто возникают вследствие значительного сжатия и сдвига, которые развиваются при сгибании и разгибании колена при быстрой смене направления во время бега.

Две важнейшие связки коленного сустава — это передняя и задняя крестообразные связки, получившие свои названия благодаря перекресту внутри коленного сустава, между бедренной и большеберцовой костями. Эти связки жизненно необходимы для обеспечения передней и задней стабильности коленного сустава соответственно, а также для вращательной стабильности (см. рис. 9.2).

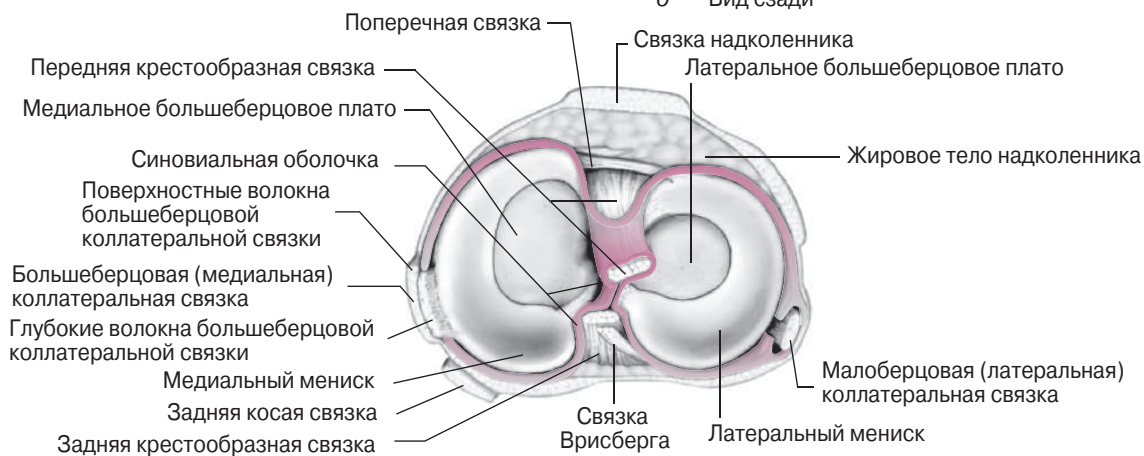
Разрыв передней крестообразной связки (ПКС) — одно из самых распространенных повреждений колена и наблюдается значительно чаще у женщин, чем у мужчин, занимающихся сходными видами спорта, такими как футбол или баскетбол. Механизм травмы часто включает бесконтактные вращательные действия, связанные с приседаниями, подкатами и приземлениями в вальгусном положении. Исследования также показали, что ПКС может быть разорвана при чрезмерном разгибании или даже при агрессивном сокращении четырехглавой мышцы, которая тянет большеберцовую кость вперед относительно



а Вид спереди, надколенник удален



б Вид сзади



в Вид сверху, бедренная кость удалена

Рис. 9.2. Связки и мениски правого колена: *а* — вид спереди; надколенник удален; *б* — вид сзади; *в* — вид сверху; бедренная кость удалена

бедр. Недавние исследования предполагают, что программы по предотвращению повреждений ПКС могут быть эффективными в снижении вероятности травм. Такие программы включают в себя упражнения на выносливость, а также техники для улучшения нейромышечной координации и контроля за квадрицепсом и мышцами задней поверхности бедра. Также внимание уделяется поддержанию правильного положения колена и внедрению техники безопасного приземления при падении.

К счастью, задняя крестообразная связка (ЗКС) повреждается нечасто. Обычно травмы ЗКС возникают при прямом контакте с оппонентом или игровой поверхностью. Большинство случившихся повреждений ЗКС — это частичные надрывы с минимальным вовлечением других структур колена. Во многих случаях даже при полных разрывах атлеты могут оставаться вполне конкурентоспособными после короткого курса консервативного лечения и программы реабилитации.

На медиальной поверхности колена расположена большеберцовая (медиальная) коллатеральная связка (МКС; см. рис. 9.2), кото-

рая обеспечивает медиальную стабильность, противодействуя вальгусным нагрузкам или предотвращая отведение в коленном суставе. Повреждения МКС случаются довольно часто, особенно в контактных видах спорта, когда партнер по команде или соперник падает на латеральную часть колена или ноги, вызывая расклинивание медиальной части сустава и/или наружное вращение, прилагая огромную нагрузку на медиальные связочные структуры. Ее глубокие волокна прикрепляются к медиальному мениску, который при повреждении связки также может быть поражен.

На латеральной стороне колена малоберцовая (латеральная) коллатеральная связка (ЛКС) соединяет малоберцовую и бедренную кости. Травмы этой связки случаются редко.

Кроме уже рассмотренных четырех больших связок, существует множество связок, большинство из которых изображено на рис. 9.2 и приведено в табл. 9.1. В целом это менее важные связки, которые обычно не повреждаются изолированно и которые в дальнейшем не будут рассмотрены.¹

Таблица 9.1. Большие связки коленного сустава

Сустав/структура	Связка	Проксимальное прикрепление	Дистальное прикрепление	Функциональная роль в стабильности сустава.
Бедренно-большеберцовый сустав	Большеберцовая (медиальная) коллатеральная связка (МКС)	Медиальный надмышцелок бедра, под приводящим бугорком	Медиальная поверхность медиального большеберцового надмышцелка под “гусиной лапкой”	Имеет глубокий и поверхностный слои, обеспечивает стабильность против вальгусной деформации и наружного вращения
	Малоберцовая (латеральная) коллатеральная связка (ЛКС)	Латеральный надмышцелок бедра	Головка малоберцовой кости	Внесуставная связка, не входит в состав фиброзной капсулы колена. Проходит поверхностью над сухожилием подколенной мышцы. Обеспечивает латеральную стабильность против варусной нагрузки
	Передняя крестообразная связка (ПКС)	Медиальная поверхность латерального мышцелка бедра	Передняя поверхность межмышцелкового возвышения большеберцовой кости	Ограничивает переднее смещение голени относительно бедра во всех положениях сустава и ограничивает вращательные движения

¹Подробную информацию о коленном суставе можно найти в учебниках по анатомии или руководствах для тренеров.

Сустав/ структура	Связка	Проксимальное прикрепление	Дистальное прикрепление	Функциональная роль в стабильности сустава
Бедренно- большеберцо- вый сустав	Задняя крестообразная связка (ЗКС)	Переднелатеральная поверхность медиального мыщелка бедра в межмыщелковой вырезке	Задняя часть большеберцовой кости, на 1 см ниже линии сустава	Ограничивает заднее смещение голени относительно бедра во всех положениях сустава
	Задняя косая связка	Приводящий бугорок бедра	Заднемедиальная поверхность большеберцовой кости и задняя часть капсулы сустава	Утолщение заднемедиальной капсульной связки, обеспечивающее заднемедиальную стабильность против вальгусных нагрузок. Предупреждает заднемедиальное смещение большеберцовой кости
	Передняя мениско-бедренная связка (связка Хамфри)	Задний рог латерального мениска	Латеральная поверхность медиального мыщелка бедра	Проходит спереди и медиальнее ЗКС; стабилизирует и защищает задний закруток колена и задний рог латерального мениска
	Задняя мениско-бедренная связка (связка Врисберга)	Задняя часть латерального мениска	Латеральная поверхность медиального мыщелка бедра	Следует наверх и медиально позади ЗКС; стабилизирует и защищает задний закруток колена и задний рог латерального мениска
	Дугообразная подколенная связка	Латеральный надмыщелок бедра и косая подколенная связка	Задняя часть головки малоберцовой кости	Имеет У-образную форму; стабилизирует заднелатеральный закруток колена, предохраняет от варусного переразгибания
	Поперечная связка (передняя мениско-менискальная связка)	Передний рог медиального мениска	Передний смежный край латерального мениска	Предотвращает переднее смещение медиального мениска
Бедренно-надколенный сустав	Медиальная бедренно-надколенная связка	Отходит от капсулярных волокон косой медиальной широкой мышцы и приводящего бугорка	Верхнемедиальный край надколенника	Удерживает надколенник в межмыщелковой выемке, предупреждает латеральный подвывих надколенника
Проксимальный межберцовый сустав	Передняя связка головки малоберцовой кости	Головка малоберцовой кости	Латеральный мыщелок большеберцовой кости	Широкая плоская связка, проходящая косо вниз от переднего края латерального мыщелка большеберцовой кости до головки малоберцовой кости; укрепляет проксимальный межберцовый сустав
	Задняя связка головки малоберцовой кости	Головка малоберцовой кости	Латеральный мыщелок большеберцовой кости	Толстая широкая связка, следует косо вниз и латерально от заднего края латерального большеберцового мыщелка до задней поверхности головки малоберцовой кости; усилена сухожилием подколенной мышцы. Укрепляет проксимальный межберцовый сустав



Рис. 9.3. Коленный сустав, сагиттальный срез

Коленный сустав (рис. 9.3) хорошо снабжен синовиальной жидкостью из синовиальной полости, расположенной под надколенником и между суставными поверхностями большеберцовой и бедренной костей. Часто синовиальную полость называют *капсулой сустава*. Позади собственной связки надколенника находится жировое тело надколенника, к которому часто прикрепляются синовиальные складки, так называемые **плики**. Плики — это анатомический вариант нормы у некоторых людей. Однако при травме или чрезмерной нагрузке на колено они могут раздражаться или воспаляться. Коленный сустав окружает более 10 синовиальных сумок, некоторые из них соединяются с полостью сустава. Сумки (их еще называют *бурсами*) расположены в местах, где они могут поглощать толчки или уменьшать трение.

Обычно колено способно разгибаться до 180°, или до прямой ноги, но в редких случаях возможно переразгибание в коленном суставе до 10° или более. Из положения максимального разгибания колено способно сгибаться

на 150°. При сгибании до 30° или более имеет место внутреннее вращение до 30° и наружное вращение до 45° (рис. 9.4).

В связи с формой медиального мыщелка бедра для полного разгибания колено должно

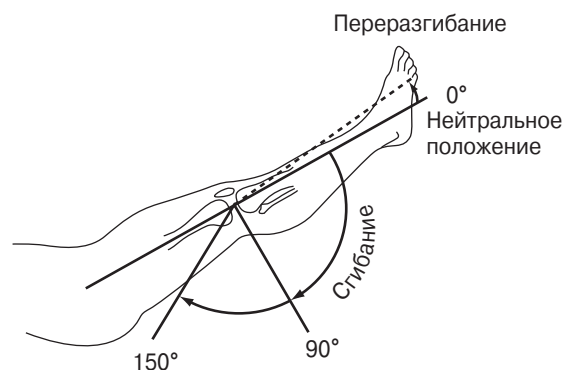


Рис. 9.4. Активные движения в коленном суставе. Сгибание измеряется в градусах от исходного положения, которым является разогнутая нога в положении субъекта лежа на спине или на животе. Переразгибание измеряется в градусах в противоположную сгибанию сторону

быть вставлено на место. При достижении полного разгибания большеберцовая кость вращается наружу примерно на 10° , что необходимо для правильного соотношения мыщелков бедра и большеберцовой кости. В связи с тесной конгруэнтностью суставных поверхностей в положении полного разгибания колена вращательные движения в нем не наблюдаются. Во время начала сгибания из положения полного разгибания колено отмыкается путем внутреннего вращения большеберцовой кости до нейтрального положения, тем самым позволяя осуществить сгибание.

Движения Рис. 9.5



Сгибание колена



Разгибание колена



Наружное вращение колена



Внутреннее вращение колена

Сгибание и разгибание колена происходят в сагиттальной плоскости, а внутреннее и наружное вращение — в горизонтальной. Вращательные движения в колене невозможны, пока оно не будет согнуто до $20\text{--}30^\circ$ и более.

Сгибание: уменьшение угла между бедром и голенью; характеризуется движением пятки по направлению к ягодице.

Разгибание: выпрямление или увеличение угла между бедром и голенью.

Наружное вращение: вращательные движения ноги наружу от срединной линии.

Внутреннее вращение: вращательные движения ноги внутрь к срединной линии.

Фото Britt Jones



Сгибание
а

Разгибание
б

Внутреннее вращение
в

Наружное вращение
г

Рис. 9.5. Движения в правом коленном суставе

Мышцы Рис. 8.12

В связи с их участием в движениях тазобедренного и коленного суставов, некоторые мышцы коленного сустава были рассмотрены в главе 8.

Разгибатель колена: четырехглавая мышца бедра.

Сгибатели колена: портняжная, двуглавая, полуперепончатая, полусухожильная и тонкая мышцы.

Икроножная мышца, рассмотренная в главе 10, также принимает незначительное участие в сгибании колена.

Группа разгибателей колена расположена на передней поверхности бедра и известна как четырехглавая мышца бедра (квадрицепс). Она состоит из четырех мышц: прямая мышца, медиальная, промежуточная и латеральная широкие мышцы. Все четыре мышцы сообща тянут вверх надколенник, который благодаря прикреплению к большеберцовой бугристости посредством своего сухожилия вызывает разгибание ноги.

Центральный вектор тяги квадрицепса проходит от передней верхней подвздошной ости (ПВПО) до центра надколенника. Вектор тяги собственной связки надколенника идет от центра надколенника до центра большеберцовой бугристости. Угол, полученный пересече-

чением этих двух линий, называется **углом Q**, или *углом квадрицепса* (рис. 9.6). Обычно в анатомическом положении этот угол у мужчин равен 15° или менее, а у женщин — 20° или менее. У женщин угол выше в связи с более широким тазом. Динамический угол Q существенно меняется в зависимости от вида деятельности. Повышение угла Q в разной степени предрасполагает людей к множеству потенциальных проблем с коленями, среди которых подвывих и вывих надколенника, синдром сжатия надколенника, хондромалация и связочные повреждения.

Мышцы задней группы бедра расположены в заднем мышечно-фасциальном футляре бедра и отвечают за сгибание колена. Эта группа включает в себя три мышцы: полуперепончатую, полусухожильную и двуглавую мышцу бедра. Полуперепончатая и полусухожильная мышцы (медиальные) вместе с подколенной

мышцей способствуют внутреннему вращению колена, тогда как двуглавая мышца (латеральная) отвечает за его наружное вращение. Место прикрепления напрягателя широкой фасции бедра расположено на бугорке Жерди, который переносит его вектор тяги в переднемедиальном направлении, особенно в положении сгибания колена. Ввиду этого некоторые ученые предписывают ему незначительное участие в наружном вращении колена, но большинство анатомов не согласны с этим.

Двусуставные мышцы работают эффективнее всего, когда место начала или прикрепления фиксировано, для предотвращения обратного движения при сокращении. Кроме того, в растянутом состоянии мышцы способны создать большее напряжение, чем в сокращенном состоянии. Все мышцы задней группы бедра, а также четырехглавая, портняжная и тонкая мышцы являются двусуставными.

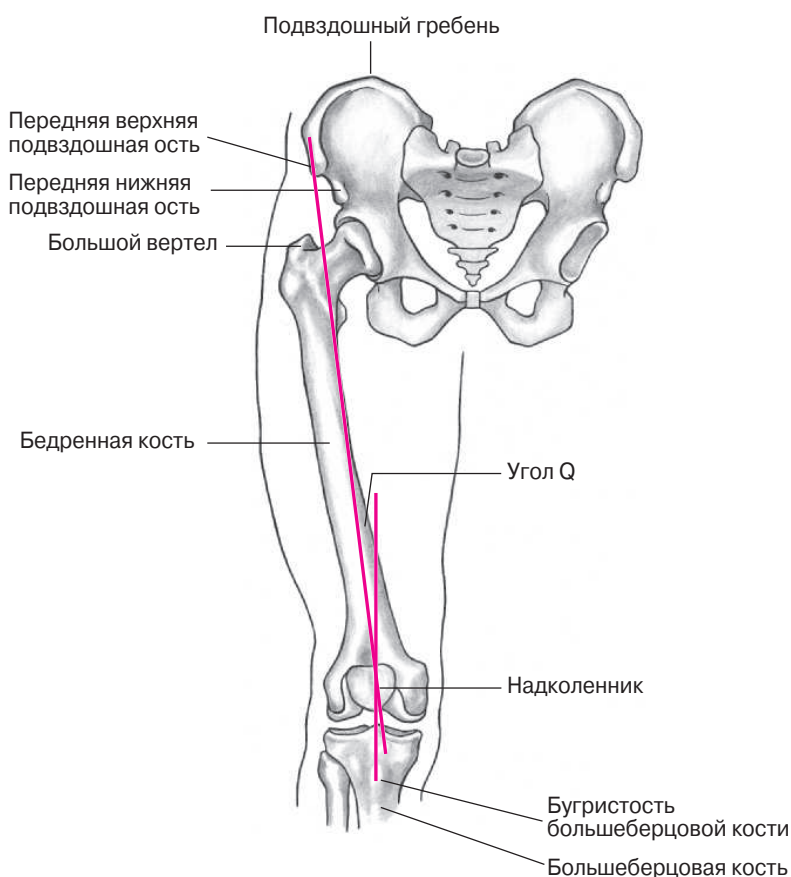


Рис. 9.6. Угол Q, полученный пересечением линий от передней верхней подвздошной ости до центра надколенника и от центра надколенника до большеберцовой бугристости

Например, портняжная мышца становится эффективнее при согнутом колене, когда таз повернут назад и фиксирован мышцами живота, а длина мышцы увеличена за счет отдаления точек начала и прикрепления. Хорошим примером этому служит закидывание ноги на ногу в сидячем положении. Обычно для этого нужно отклониться назад. То же самое наблюдаем в футболе. Игрок неизменно отклоняется назад, чтобы поднять и фиксировать место начала прямой мышцы бедра и сделать ее более эффективной в разгибании колена. А когда дети висят на перекладине вниз головой, они сгибают бедра, чтобы поднять и фиксировать место начала задних мышц бедра, делая их более эффективными сгибателями коленных суставов.

Портняжная, тонкая и полусухожильная мышцы дистально объединяются и формируют сухожильное сплетение, известное как **гусиная лапка**, которое крепится к переднемедиальной поверхности проксимальной большеберцовой кости ниже уровня ее бугристости. Место прикрепления и вектор тяги этих мышц, проходящий по заднемедиальной поверхности колена, позволяют им принимать участие в сгибании колена, особенно когда нога согнута в коленном и ротирована наружу в тазобедренном суставе. Медиальная и латеральная головки икроножной мышцы крепятся к задней поверхности медиального и латерального мыщелков бедра соответ-

ственно. Такое отношение икроножной мышцы к колену дает ей линию тяги. Вследствие этого она может в незначительной мере участвовать в сгибании колена. Подобно ей, подошвенная мышца начинается в нижней части латерального надмыщелкового гребня бедра, медиальнее от латеральной головки икроножной мышцы, проходит между ней и камбаловидной мышцей и прикрепляется к пяточной кости медиальнее ахиллова сухожилия.

Мышцы коленного сустава — расположение

Положение мышц тесно связано с их функцией в коленном суставе. Рассматривая мышцы на рис. 8.12, связывайте их с табл. 9.2.

Передние

Главным образом разгибатели:
 прямая мышца²;
 медиальная широкая мышца;
 промежуточная широкая мышца;
 латеральная широкая мышца.

Задние

Главным образом сгибатели:
 двуглавая мышца;
 полуперепончатая мышца;
 полусухожильная мышца;
 портняжная мышца;
 тонкая мышца;
 подколенная мышца;
 икроножная мышца;
 подошвенная мышца.

Таблица 9.2. Мышцы — агонисты коленного сустава

Мышцы	Начало	Прикрепление	Действие	Плоскость движений	Пальпация	Иннервация	
Передние мышцы	Прямая мышца	Передняя нижняя подвздошная ость и надвертлужная борозда	Верхний край надколенника через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости	Разгибание колена	Сагиттальная	Сверху вниз по передней поверхности бедра от передней нижней подвздошной ости до надколенника при разгибании колена и сгибании бедра с сопротивлением	Бедренный нерв (L2–L4)
			Сгибание бедра				
			Передний поворот таза				

Мышцы	Начало	Прикрепление	Действие	Плоскость движений	Пальпация	Иннервация	
Передние мышцы	Промежуточная широкая мышца	Верхние две трети передней поверхности бедренной кости	Верхний край надколенника через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости	Разгибание колена	Сагитальная	Дистальная треть бедра по переднемедиальной поверхности над верхнемедиальным полюсом надколенника и сразу под прямой мышцей в положении разгибания колена, особенно при разгибании с сопротивлением	Бедренный нерв (L2–L4)
	Латеральная широкая мышца	Межвертельная линия, передний и нижний край большого вертела, седалищная бугристость, верхняя половина шероховатой линии и вся латеральная межмышечная перегородка	Латеральный край надколенника через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости	Разгибание колена	Сагитальная	Дистальнее большого вертела, вниз по переднелатеральной поверхности бедра до верхнелатерального края надколенника в положении полного разгибания колена, особенно при разгибании с сопротивлением	Бедренный нерв (L2–L4)
	Медиальная широкая мышца	Вся длина шероховатой линии и медиальный мыщелковый гребень	Верхнемедиальный край надколенника и через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости	Разгибание колена	Сагитальная	Переднемедиальная поверхность бедра, над верхнемедиальной частью надколенника в положении полного разгибания в колене, особенно при разгибании с сопротивлением	Бедренный нерв (L2–L4)
Задние мышцы	Двуглавая мышца	Длинная головка: седалищная бугристость. Короткая головка: нижняя половина шероховатой линии и латеральный мыщелковый гребень бедра	Головка малоберцовой и латеральный мыщелок большеберцовой кости	Сгибание колена	Сагитальная	Заднелатеральная поверхность дистальной части бедра при сгибании и наружном вращении колена с сопротивлением; в положении лежа на животе с бедром, повернутым внутрь, дистальнее седалищной бугристости при выполнении активного сгибания в колене	Длинная головка: большеберцовая порция седалищного нерва (S1–S3) Короткая головка: малоберцовая порция седалищного нерва (L5, S1, S2)
				Разгибание колена			
				Задний поворот таза			
				Наружное вращение колена	Поперечная		
				Наружное вращение бедра			

Мышцы	Начало	Прикрепление	Действие	Плоскость движений	Пальпация	Иннервация	
Задние мышцы	Подколенная мышца	Задняя поверхность латерального мыщелка бедра	Верхняя часть задне-медиальной поверхности большеберцовой кости	Внутреннее вращение согнутого колена	Поперечная	В положении субъекта сидя с согнутыми на 90° коленями пальпируйте под икроножной мышцей медиально в задневерхней части голени и продвигайтесь верхнелатерально к латеральному надмыщелку бедра прямо под малоберцовой коллатеральной связкой, во время активного внутреннего вращения в коленном суставе	Большеберцовый нерв (L5, S1)
				Сгибание колена	Сагиттальная		
	Полуперепончатая мышца	Седалищная бугристость	Заднемедиальная поверхность медиального мыщелка большеберцовой кости	Разгибание бедра	Сагиттальная	По большей части прикрыт другими мышцами, сухожилие доступно в заднемедиальной части колена под сухожилием полусухожильной мышцы в положении сгибания колена и внутреннего вращения с сопротивлением	Большеберцовая порция седалищного нерва (L5, S1, S2)
				Сгибание колена			
				Задний поворот таза			
				Внутреннее вращение бедра	Поперечная		
				Внутреннее вращение колена			
	Полусухожильная мышца	Седалищная бугристость	Переднемедиальная поверхность большеберцовой кости под медиальным мыщелком	Разгибание бедра	Сагиттальная	Заднемедиальная поверхность дистального бедра в положении сгибания колена и внутреннего вращения с сопротивлением; дистальнее седалищной бугристости в положении лежа на животе с повернутым внутрь бедром и при активном сгибании колена	Большеберцовая порция седалищного нерва (L5, S1, S2)
				Сгибание колена			
				Задний поворот таза	Поперечная		
				Внутреннее вращение бедра			
				Внутреннее вращение колена			

Примечание. Портняжная и тонкая мышцы, которые участвуют в сгибании и внутреннем вращении коленного сустава, но являются первичными двигателями этих действий, подробно рассмотрены в главе 8. Некоторые анатомы предписывают напрягателю широкой фасции бедра незначительную роль в наружном вращении коленного сустава. Икроножная и подошвенная мышцы, которые также участвуют в сгибании коленного сустава, будут подробно описаны в главе 10.

Нервы

Бедренный нерв (см. рис. 8.20) иннервирует мышцы — разгибатели колена: прямую мышцу, медиальную, промежуточную и латеральную широкие мышцы бедра. Сгибатели колена, к которым относятся двуглавая (длинная головка), полуперепончатая, полусухожильная и подколенная мышцы, иннервируются большеберцовой порцией седалищного нерва (см. рис. 8.22). Короткая головка двуглавой мышцы иннервируется малоберцовым нервом (см. рис. 10.10). Полный перечень иннервации мышц коленного сустава приведен на рис. 9.7.

Мышцы квадрицепса Рис. 9.8

Способность прыгать важна практически во всех видах спорта. У людей, которые хо-

рошо прыгают, хорошо развиты четырехглавые мышцы, разгибающие ноги в коленных суставах. Четырехглавая мышца выполняет функцию замедлителя, когда необходимо уменьшить скорость для смены направления или предотвращения падения во время приземления. Функция торможения также заметна во время остановки тела после прыжка. Во время торможения или замедления четырехглавая мышца бедра сокращается эксцентрически. Такие эксцентрические сокращения квадрицепса контролируют замедление движений, произведенных в предыдущих фазах спортивной активности. Квадрицепс состоит из прямой мышцы бедра (единственная двусуставная мышца этой группы), латеральной широкой мышцы (самая крупная мышца группы), промежуточной и медиальной широких мышц. Они все крепятся к надколен-

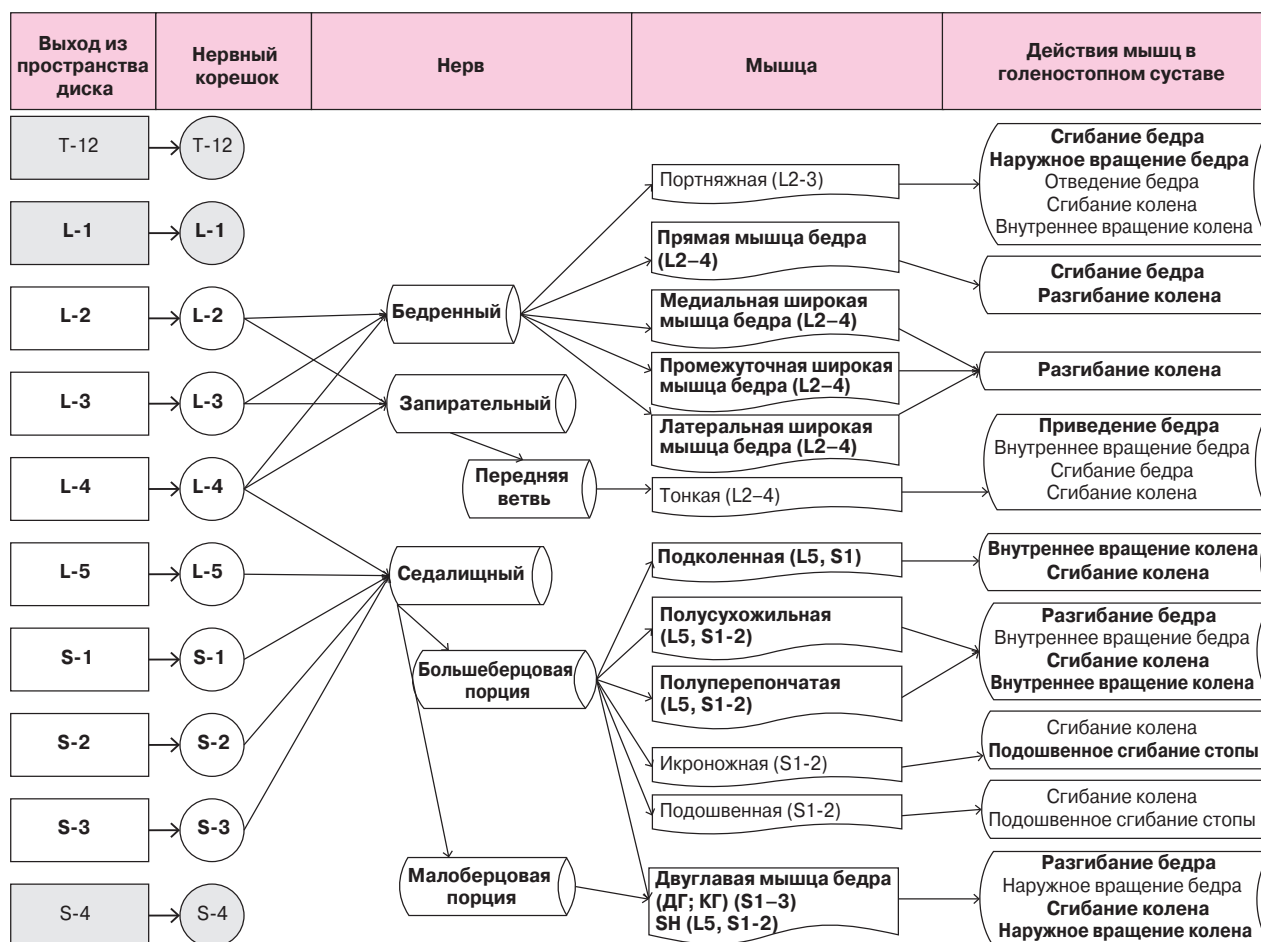
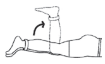


Рис. 9.7. Иннервация мышц коленного сустава и их действия. Нейромышечные структуры, связанные с первичными движениями в коленном суставе, и их действия выделены полужирным шрифтом



Разгибание колена



Сгибание колена

нику и посредством сухожилия надколенника — к большеберцовой бугристости. Все они поверхностные и доступны пальпации, кроме промежуточной широкой мышцы, расположенной под прямой мышцей бедра. Вертикальный прыжок — это простой и эффективный тест для определения силы четырехглавой мышцы. В большинстве случаев желательно, чтобы квадрицепс был на 25–30% сильнее, чем мышцы задней поверхности бедра (сгибатели колена).

Тренировка силы и выносливости квадрицепсов нужна для обеспечения бедренно-надколенниковой стабильности, проблемы с которой часто встречаются у физически

активных людей. Эта проблема усугубляется тем, что квадрицепсы в случае повреждений склонны к атрофии. Четырехглавую мышцу можно тренировать, выполняя разгибание коленей с сопротивлением в сидячем положении; однако в некоторых случаях движения коленного сустава в полном объеме противопоказаны. Особенно полезно для тренировки силы и выносливости выполнение функциональных нагрузочных упражнений, таких как шагание и приседания.

Прямая мышца бедра Рис. 8.25

Начало

Передняя нижняя подвздошная ость и надвертлужная борозда (сзади).

Прикрепление

Верхняя часть надколенника и через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости.

Действия

- Сгибание бедра.
- Разгибание колена.
- Передний поворот таза.

Пальпация

Сверху вниз по передней поверхности бедра от передней нижней подвздошной ости до надколенника в положении ограниченного разгибания колена и сгибания бедра.

Иннервация

Бедренный нерв (L2–L4).

Упражнения, усиление и растяжка

Когда нога согнута в тазобедренном суставе, уменьшается эффективность прямой мышцы в качестве разгибателя колена. В таком случае действие выполняется главным образом тремя широкими мышцами бедра. Прямая мышца бедра рассмотрена также в главе 8 (см. рис. 8.25).

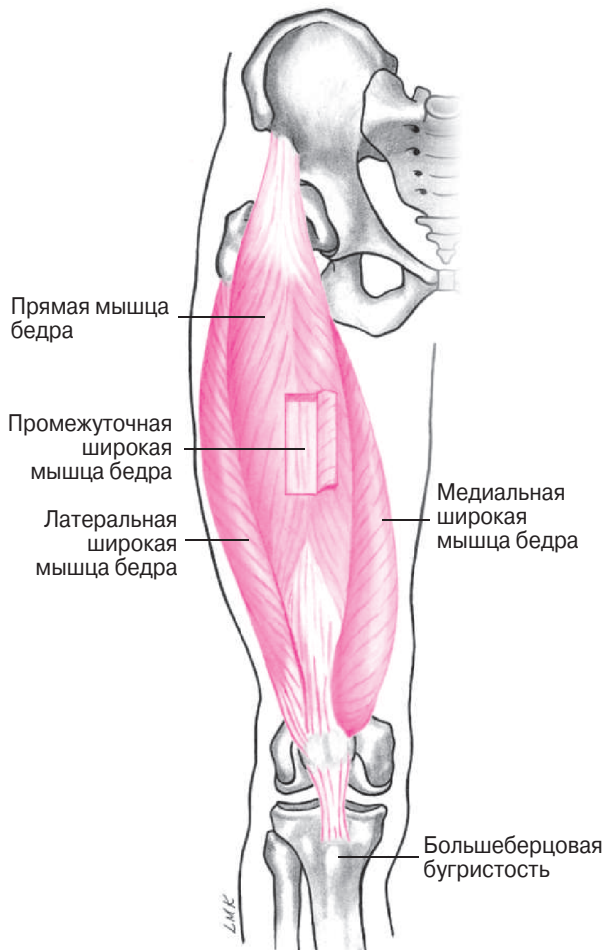


Рис. 8.8. Четырехглавая мышца бедра, вид спереди

Латеральная широкая мышца

Рис. 9.9

Начало

Межverteльная линия, передний и нижний край большого вертела, седалищная бугристость, верхняя половина шероховатой линии и вся латеральная межмышечная перегородка.

Прикрепление

Латеральный край надколенника и через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости.

Действие

Разгибание колена.

Пальпация

Дистальнее большого вертела, вниз по переднелатеральной поверхности бедра до верх-

нелатерального края надколенника в положении полного разгибания колена, особенно при разгибании с сопротивлением.



Иннервация

Бедренный нерв (L2–L4)

Упражнения, усиление и растяжка

Все три широкие мышцы бедра вместе с прямой мышцей выполняют разгибание колена. Они обычно задействованы во время ходьбы и бега, а также в поддержании ноги в разогнутом состоянии, как при стоянии. Вектор силы латеральной широкой мышцы направлен в верхнелатеральном направлении от верхнелатерального полюса надколенника, из-за чего ее считают частой причиной латеральных подвывихов и вывихов надколенника.

Все три широкие мышцы укрепляются при разгибании колена с сопротивлением. Самые распространенные упражнения для тренировки латеральной широкой и других мышц

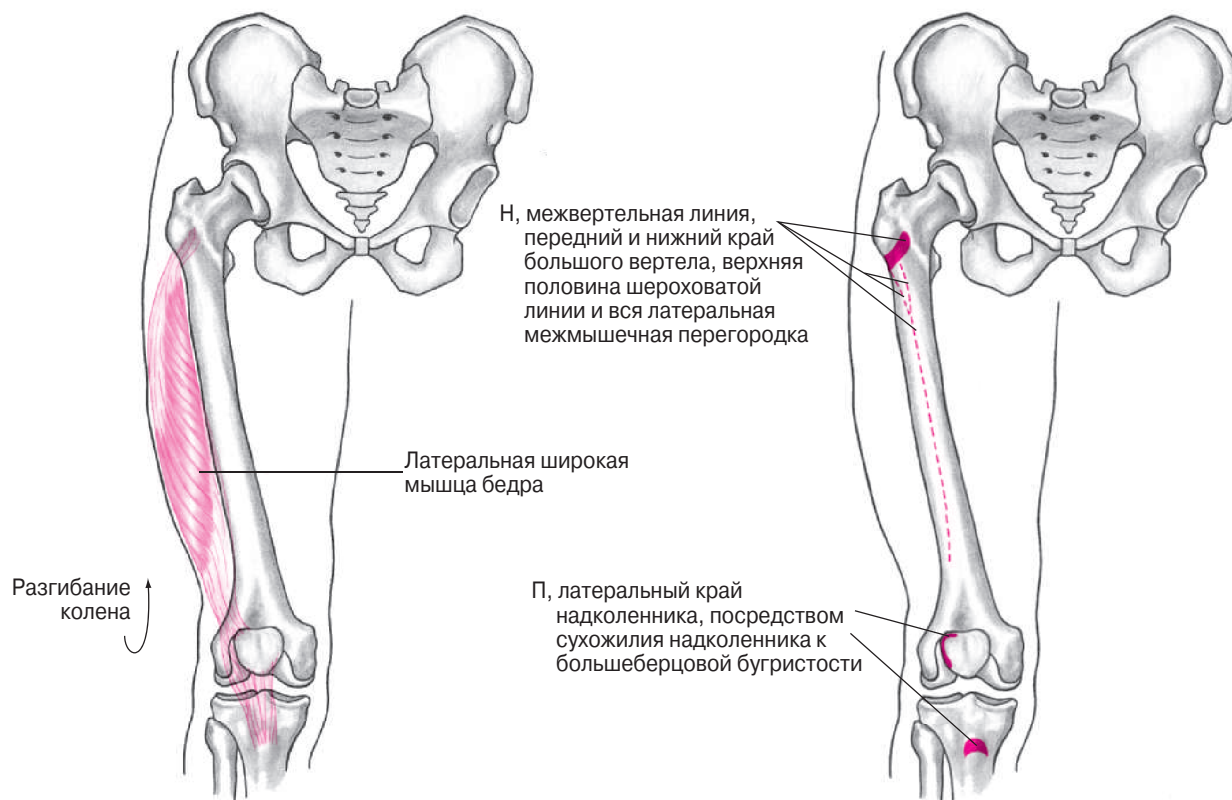


Рис. 9.9. Латеральная широкая мышца бедра, вид спереди: *Н* — начало; *П* — прикрепление

из этой главы изложены в приложении 3. Растяжка выполняется максимальным сгибанием колена. Например, встать на одну ногу, а пятку другой ноги максимально приблизить к ягодице.

Промежуточная широкая мышца

Рис. 9.10

Начало

Верхние две трети передней поверхности бедренной кости.

Прикрепление

Верхний край надколенника и через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости.

Действие

Разгибание колена.



Разгибание колена

Пальпация

Дистальная треть бедра по переднемедиальной поверхности над верхнемедиальным полюсом надколенника и сразу под прямой мышцей в положении разгибания колена, особенно при разгибании с сопротивлением.

Иннервация

Бедренный нерв (L2–L4).

Упражнения, усиление и растяжка

Все три широкие мышцы бедра работают совместно на разгибание колена. Вместе с прямой мышцей бедра они принимают участие в беге, прыжках и ходьбе. Широкие мышцы играют главную роль в разгибании колена, особенно при согнутой в тазобедренном суставе ноге. Таким образом, при наклоне корпуса вперед выполнение движений в колене больше тренирует широкие мышцы без участия в упражнении прямой

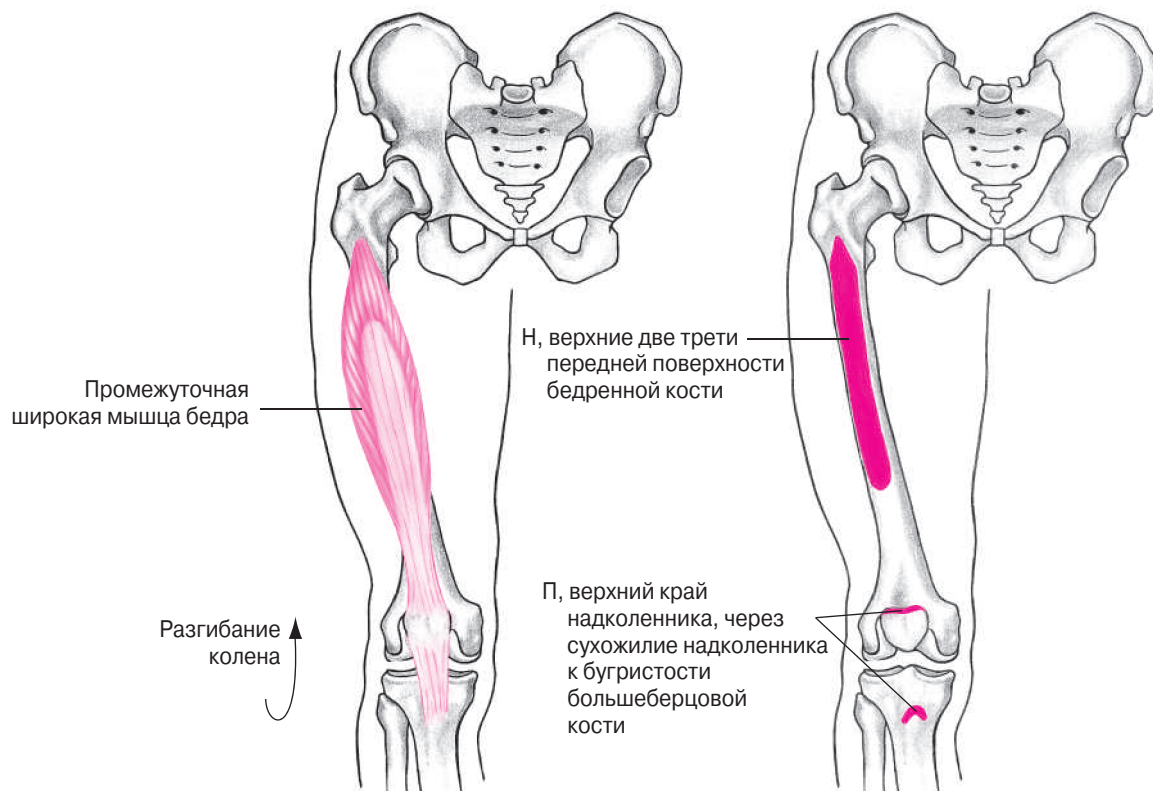


Рис. 9.10. Промежуточная широкая мышца бедра, вид спереди: *Н* — начало; *П* — прикрепление

мышцы бедра. Обычные виды активности, приведенные выше, тренируют четырехглавую мышцу.

При правильном выполнении приседания со штангой различного веса на плечах, в зависимости от силы, являются идеальным упражнением для тренировки четырехглавой мышцы. Для того чтобы избежать травм колена и поясницы, нужно быть крайне осторожным и внимательным к технике выполнения. Также полезными являются упражнения на жим ногами и разгибание колен на тренажерах. Максимальное сгибание колена растягивает все мышцы в составе квадрицепса.

Медиальная широкая мышца

Рис. 9.11

Начало

Вся длина шероховатой линии и медиальный мышечковый гребень.

Прикрепление

Верхнемедиальный край надколенника и через сухожилие надколенника к большеберцовой бугристости.

Действие

Разгибание колена.

Пальпация

Переднемедиальная поверхность бедра над верхнемедиальной частью надколенника в положении полного разгибания в колене, особенно при разгибании с сопротивлением.

Иннервация

Бедренный нерв (L2–L4).

Упражнения, усиление и растяжка

Считают, что медиальная широкая мышца бедра играет важную роль в обеспечении



Разгибание колена

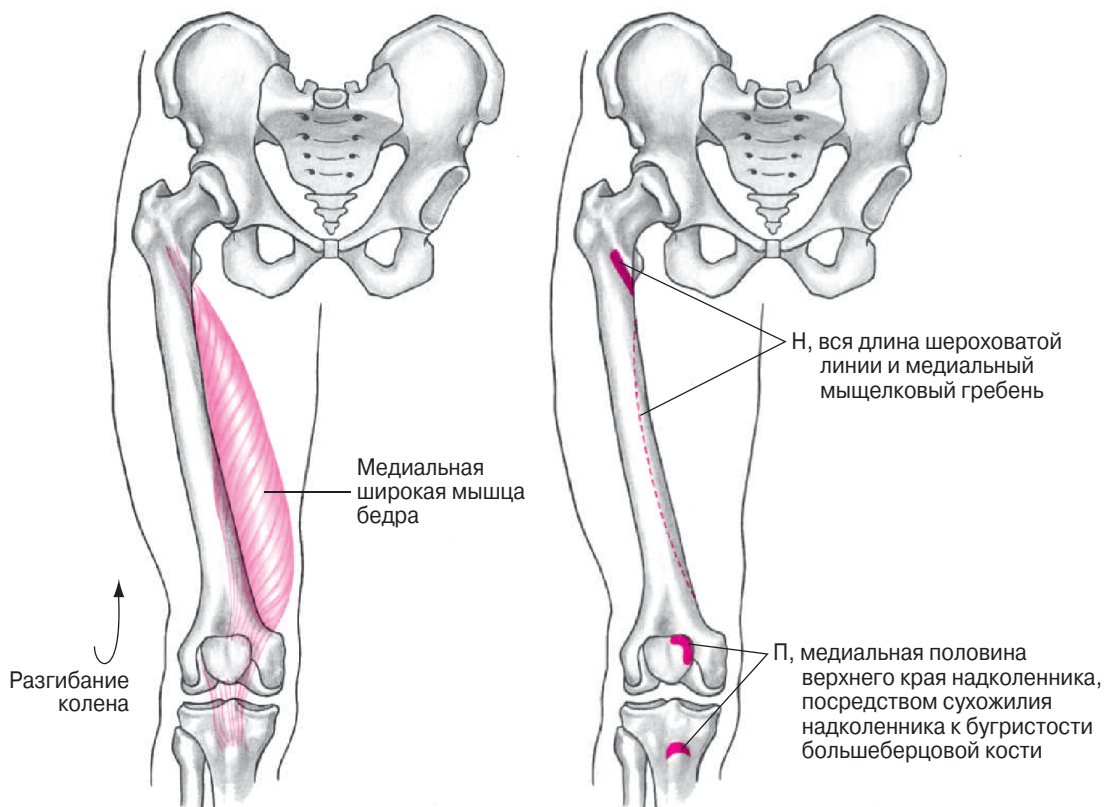


Рис. 9.11. Медиальная широкая мышца бедра, вид спереди: *Н* — начало; *П* — прикрепление

бедренно-надколенниковой стабильности за счет косою прикрепления его дистальных волокон к медиальному краю надколенника. Эту часть медиальной широкой мышцы называют иногда *косой медиальной широкой мышцей бедра*. Медиальная широкая мышца укрепляется так же, как и другие составляющие четырехглавой мышцы бедра, приседаниями, разгибаниями коленей и жимом ногами. До крайних 10–20° косая медиальная мышца практически не участвует в разгибании колена. Максимальное сгибание колена растягивает все мышцы квадрицепса.



Сгибание колена



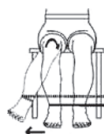
Разгибание бедра



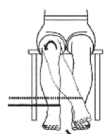
Наружное вращение колена



Внутреннее вращение колена



Внутреннее вращение бедра



Наружное вращение бедра

Мышцы задней группы бедра

Рис. 9.12

Задняя группа мышц бедра включает в себя двуглавою, полуперепончатую и полусухожильную мышцы, детально рассмотренные в главе 8. Дальнейшее рассмотрение будет продолжено здесь в связи с их важной ролью в коленном суставе.

Растяжения этих мышц часто встречаются в футболе и других видах спорта, где требуется бег рывками. Эти мышцы часто называют *беговыми* в связи с их участием в ускорении. Задние мышцы бедра являются антагонистами четырехглавой мышцы в коленном суставе. Все мышцы этой группы начинаются на седалищной бугристости тазовой кости, кроме короткой головки двуглавой мышцы, которая отходит от нижней половины шероховатой линии и латерального мышечкового гребня. Полусухожильная и полуперепончатая мышцы прикрепляются к переднемедиальному и заднемедиальному краю проксимальной большеберцовой кости соответственно. Двуглавая мышца крепится к латеральному мышцелку большеберцовой кости и головке малоберцовой. Короткая головка двуглавой мышцы начинается от шероховатой линии.

Специальные упражнения на увеличение силы и эластичности этих мышц важны для снижения вероятности возникновения травм колена. Невозможность коснуться пола пальцами, не сгибая коленей, свидетельствует о недостаточной растяжке задних мышц бедра. Усиление задних мышц бедра возможно путем

сгибания коленей на специальном коленном столике с сопротивлением. Некоторые поддерживают тренировку задних мышц бедра при помощи так называемых скандинавских скручиваний, которые выполняются на мате или подложке в положении на коленях. Ассистент удерживает ноги за пятки, пока вы медленно наклоняете корпус вперед до потери контроля, а затем, отжавшись от пола, возвращаетесь в исходное положение. Тугие или неэластичные мышцы задней группы также играют роль в некоторых болезненных состояниях поясницы и коленных суставов. Эластичность этих

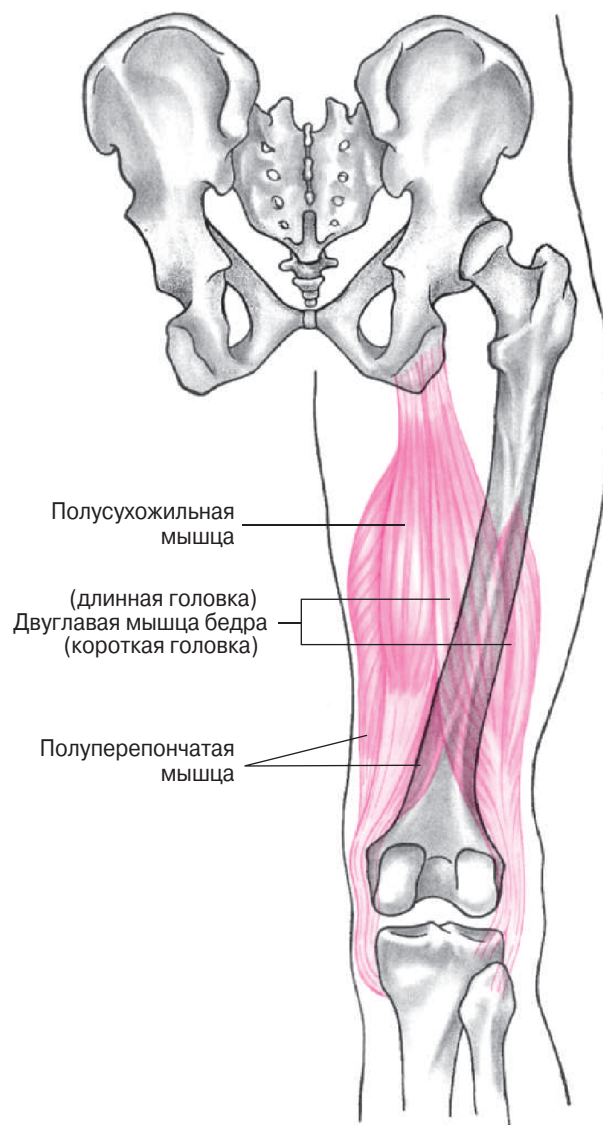


Рис. 9.12. Задние мышцы бедра, вид сзади

мышц можно повысить, выполняя медленные статические растяжки, такие как сгибание бедер в положении сидя с вытянутыми ногами.

Задние мышцы бедра являются первичными сгибателями коленного сустава, которые также участвуют в разгибании бедра. Вращение колена возможно в его согнутом положении: задние мышцы бедра способны поворачивать колено при достижении 20° сгибания в коленном суставе. Двуглавая мышца поворачивает ногу в колене наружу. Полусухожильная и полуперепончатая мышцы выполняют внутреннее вращение колена. Вращение в колене позволяет выполнять функцию поворота и смену направления тела. Ротационные движения в коленном суставе необходимы для передачи сил, возникающих в бедре и голени во время смены направления движения, чтобы сделать общие движения более плавными и непринужденными на вид.

Полусухожильная, полуперепончатая и двуглавая мышцы изображены на рис. 8.32, 8.33 и 8.34 соответственно.

Подколенная мышца Рис. 9.13

Начало

Задняя поверхность латерального мыщелка бедра.

Прикрепление

Верхняя заднемедиальная поверхность большеберцовой кости.

Действие

Сгибание колена.
Внутреннее вращение согнутого колена.



Внутреннее вращение колена



Сгибание колена

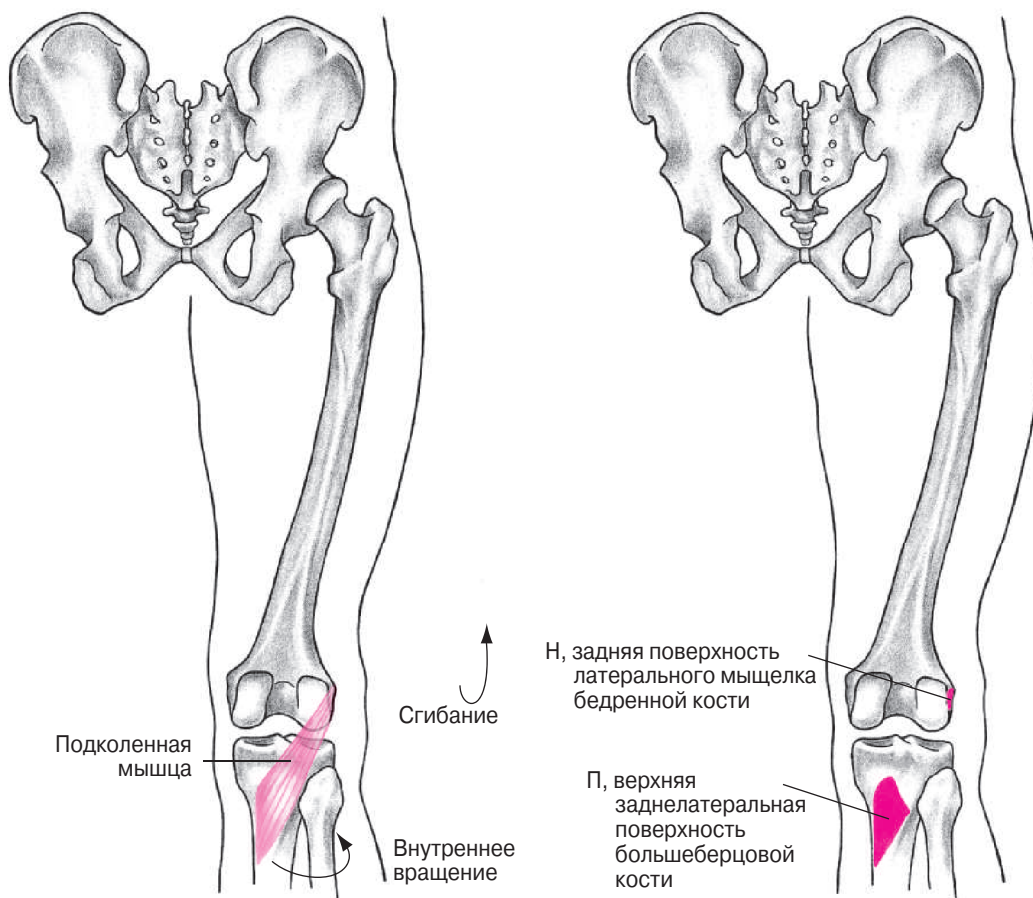


Рис. 9.13. Подколенная мышца, вид сзади: *Н* — начало; *П* — прикрепление

Пальпация

В положении субъекта сидя с согнутыми на 90 градусов коленями пальпируйте медиально под икроножной мышцей в верхнезадней части голени в верхнелатеральном направлении к латеральному надмыщелку большеберцовой кости прямо под малоберцовой коллатеральной связкой во время активного внутреннего вращения колена.

Иннервация

Большеберцовый нерв (L5, S1).

Упражнения, усиление и растяжка

Подколенная мышца — это единственный истинный сгибатель коленного сустава. Остальные сгибатели являются двусуставными мышцами. Она играет критическую роль в обеспечении заднелатеральной стабильности коленного сустава. Эта мышца также способствует задним медиальным мышцам в выполнении внутреннего вращения коленного сустава и играет ключевую роль для его выхода из заблокированного положения в полном разгибании.

Свисание на коленях с перекладины хорошо тренирует подколенные мышцы. Также менее эффективно она тренируется во время ходьбы и бега. Специальные усилия для укрепления этой мышцы включают внутреннее вращение и сгибание коленей с сопротивлением. Растяжку подколенной мышцы выполнить сложно, но возможно путем полного пассивного разгибания колена без сгибания

бедр. Пассивное максимальное наружное вращение согнутого до 20–30° колена также растягивает подколенную мышцу.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Перечислите плоскости, в которых происходят следующие движения. Перечислите оси вращения для каждого движения в каждой плоскости:
 - а) разгибание ноги в колене;
 - б) сгибание ноги в колене;
 - в) внутреннее вращение колена;
 - г) наружное вращение колена.
2. Исследуйте приемлемость глубоких приседаний и утиной ходьбы на занятиях по физкультуре и сообщите о своих находках в аудитории.
3. Подготовьте доклад о коленном суставе на одну из следующих тем: повреждения ПКС, повреждения менисков, повреждения медиальной коллатеральной связки, тендинит сухожилия надколенника, синдром плики, боль в передней части колена, рассекающий остеохондрит, подвывих/вывих надколенника, фиксация коленного сустава, реабилитация квадрицепса.
4. Исследуйте профилактические и реабилитационные упражнения для укрепления коленного сустава и сообщите о своих результатах в аудитории.
5. Какую группу мышц колена будет важнее всего тренировать у спортсмена с разрывом ПКС? Почему? У спортсмена с разрывом ЗКС? Почему?

6. ТАБЛИЦА АНАЛИЗА МЫШЦ. Коленный сустав

Заполните таблицу, перечислив мышцы, участвующие в каждом движении	
Сгибание	Разгибание
Внутреннее вращение	Наружное вращение

7. ТАБЛИЦА МЫШЦ-АНТАГОНИСТОВ. Коленный сустав

Заполните таблицу мышц-антагонистов, перечислив мышцы или части мышц, которые противодействуют мышцам из левой колонки

Мышца-агонист	Мышца-антагонист
Двуглавая	
Полусухожильная	
Полуперепончатая	
Подколенная	
Прямая	
Латеральная широкая	
Промежуточная широкая	
Медиальная широкая	

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Определите на скелете человека и на субъекте следующие костные ориентиры:

1.1. Скелет:

- а) головка и шейка бедра;
- б) большой вертел;
- в) диафиз бедра;
- г) малый вертел;
- д) шероховатая линия;
- е) приводящий бугорок;
- ж) медиальный мыщелок бедра;
- з) латеральный мыщелок бедра;
- и) надколенник;
- к) головка малоберцовой кости;
- л) медиальный большеберцовый мыщелок;
- м) латеральный большеберцовый мыщелок;
- н) большеберцовая бугристость;
- о) бугорок Жерди.

1.2. Субъект:

- а) большой вертел;
- б) приводящий бугорок;
- в) медиальный мыщелок бедра;
- г) латеральный мыщелок бедра;
- д) надколенник;
- е) головка малоберцовой кости;
- ж) медиальный большеберцовый мыщелок;

- з) латеральный большеберцовый мыщелок;
- и) большеберцовая бугристость;
- к) бугорок Жерди;
- л) нижний полюс надколенника.

2. Как и где на человеческом теле можно пропальпировать следующие мышцы?

Примечание. Пропальпируйте изученные ранее мышцы тазобедренного сустава, поскольку они принимают участие в движениях колена.

- а) тонкая;
 - б) портняжная;
 - в) двуглавая;
 - г) полусухожильная;
 - д) полуперепончатая;
 - е) прямая;
 - ж) латеральная широкая;
 - з) промежуточная широкая;
 - и) медиальная широкая;
 - к) подколенная.
3. С помощью длинной резинки укажите на скелете человека места начала и прикрепления мышц из вопроса 2.
4. Продемонстрируйте следующие движения и перечислите мышцы, ответственные за них:
- а) разгибание ноги в колене;
 - б) сгибание ноги в колене;
 - в) внутреннее вращение колена;
 - г) наружное вращение колена.

5. Вместе с напарником определите, как и почему соблюдение положения полного разгибания в колене ограничивает возможность пассивного и активного сгибания бедра? Ограничит ли чрезмерное сгибание бедра возможность максимального разгибания колена?
6. Вместе с напарником определите, как и почему соблюдение положения мак-

симального сгибания в коленном суставе ограничивает возможность пассивного и активного разгибания бедра. Ограничит ли чрезмерное разгибание бедра возможность сгибания колена?

7. Сравните и сопоставьте все костные, связочные, суставные и хрящевые структуры медиальной и латеральной стороны коленного сустава.

8. ТАБЛИЦА АНАЛИЗА УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА

После анализа каждого упражнения из таблицы разбейте его на две главные фазы, например подъем и опускание. Для каждой фазы определите, какие происходят движения в коленном суставе, а затем укажите, какие мышцы главным образом вызывают/контролируют эти движения. Кроме того, для каждой мышцы в каждом движении, укажите тип сокращения: И — изометрическое, К — концентрическое, Э — эксцентрическое.

Упражнение	Начальное движение (подъем)		Вторичное движение (опускание)	
	Движения	Агонисты (тип сокр.)	Движения	Агонисты (тип сокр.)
Отжимания				
Приседания				
Становая тяга				
Жим ногами				
Выпады вперед				
Гребля				
Лестничный механизм				

9. ТАБЛИЦА АНАЛИЗА СПОРТИВНЫХ НАВЫКОВ. Коленный сустав

Проанализируйте каждый навык из таблицы и укажите движения правого и левого коленных суставов в каждую фазу навыка. После каждого движения укажите мышцы коленного сустава, ответственные за их выполнение и контроль. Кроме каждой мышцы в каждом движении, укажите тип их сокращения: И — изометрическое, К — концентрическое, Э — эксцентрическое. Желательно ознакомиться с принципами анализа различных фаз в главе 12.

Упражнение		Фаза положения	Подготовительная фаза	Фаза движения	Фаза завершения
Бейсбольный бросок	П				
	Л				
Пинок в регби	П				
	Л				
Ходьба	П				
	Л				
Подача в софтболе	П				
	Л				
Футбольный пас	П				
	Л				
Отбивание	П				
	Л				

ТАБЛИЦА АНАЛИЗА СПОРТИВНЫХ НАВЫКОВ (окончание)

Упражнение	Фаза положения	Подготовительная фаза	Фаза движения	Фаза завершения
Боулинг	П			
	Λ			
Баскетбольный бросок в прыжке	П			
	Λ			

Литература

- Baker B.E., et al: Review of meniscal injury and associated sports, *American Journal of Sports Medicine* 13:1, January-February 1985.
- Field D.: *Anatomy: palpation and surface markings*, ed 3, Oxford, 2001, Butterworth-Heinemann.
- Garrick J.G., Regna R.K.: Prophylactic knee bracing, *American Journal of Sports Medicine* 15:471, September-October 1987.
- Hamilton N., Weimer W., Luttgens K.: *Kinesiology: scientific basis of human motion*, ed 12, New York, 2012, McGraw-Hill.
- Hislop H.J., Montgomery J.: *Daniels and Worthingham's muscle testing: techniques of manual examination*, ed 8, Philadelphia, 2007, Saunders.
- Kelly D.W., et al: Patellar and quadriceps tendon ruptures — jumping knee, *American Journal of Sports Medicine* 12:375, September– October 1984.
- Lysholm J., Wikland J.: Injuries in runners, *American Journal of Sports Medicine* 15:168, September– October 1986.
- Magee D.J.: *Orthopedic physical assessment*, ed 6, St. Louis, 2014, Elsevier Saunders.
- Muscolino J.E.: *The muscular system manual: the skeletal muscles of the human body*, ed 3, St. Louis, 2010, Elsevier Mosby.
- Oatis C.A.: *Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement*, ed 2, Philadelphia, 2008, Lippincott Williams & Wilkins.
- Prentice W.E.: *Principles of athletic training: a competency based approach*, ed 15, New York, 2014, McGraw-Hill.
- Seeley R.R., Stephens T.D., Tate P.: *Anatomy & physiology*, ed 8, New York, 2008, McGraw-Hill.
- Shier D., Butler J., Lewis R.: *Hole's human anatomy and physiology*, ed 12, New York, 2010, McGraw-Hill.
- Sieg K.W., Adams S.P.: *Illustrated essentials of musculoskeletal anatomy*, ed 4, Gainesville, FL, 2002, Megabooks.
- Stone R.J., Stone J.A.: *Atlas of the skeletal muscles*, ed 6, New York, 2009, McGraw-Hill.
- Van De Graaff K.M.: *Human anatomy*, ed 6, Dubuque, IA, 2002, McGraw-Hill.
- Wroble R.R., et al: Pattern of knee injuries in wrestling, a six-year study, *American Journal of Sports Medicine* 14:55, January-February 1986.

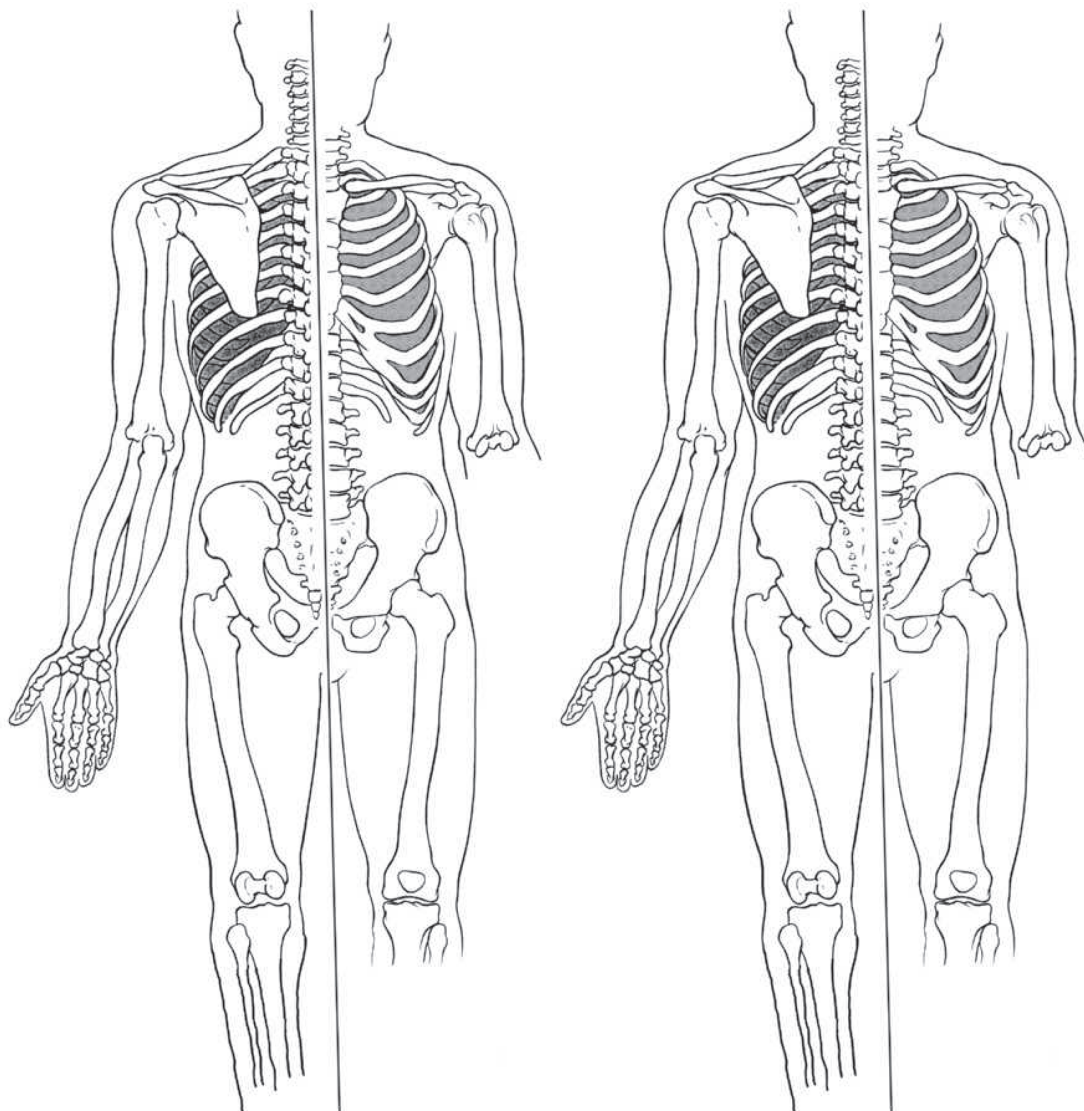
Задания на рабочих листах

Используйте этот отрывной лист для работы в аудитории или для тестирования.

Рабочий лист 1

Используя цветные карандаши или фломастеры, нарисуйте и подпишите на этом листе следующие мышцы. Укажите места начала и прикрепления каждой мышцы буквами “Н” и “П” соответственно и нарисуйте их на другой противоположной стороне.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| а) прямая мышца бедра; | д) двуглавая мышца; |
| б) латеральная широкая мышца; | е) полусухожильная мышца; |
| в) промежуточная широкая мышца; | ж) полуперепончатая мышца; |
| г) медиальная широкая мышца; | з) подколенная мышца. |



Задания на рабочих листах

Используйте этот отрывной лист для работы в аудитории или для тестирования.

Рабочий лист 2

Подпишите и укажите стрелками каждое движение в коленном суставе. Для каждого движения дополните предложение, указав плоскость, в котором оно происходит, и ось вращения, а также мышцы, выполняющие его.

- а. Сгибание происходит в _____ плоскости с _____ осью вращения и выполняется concentрическим сокращением _____ мышц.
- б. Разгибание происходит в _____ плоскости с _____ осью вращения и выполняется concentрическим сокращением _____ мышц.
- в. Внутреннее вращение происходит в _____ плоскости с _____ осью вращения и выполняется concentрическим сокращением _____ мышц.
- г. Наружное вращение происходит в _____ плоскости с _____ осью вращения и выполняется concentрическим сокращением _____ мышц.



фото Britt Jones