

АНАТОМО-БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТАЗОВОГО ПОЯСА И СУСТАВОВ КОНЕЧНОСТЕЙ

1.1. НИЖНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ КАК ЦЕЛОЕ

Нижние конечности представляют собой сложный аппарат для опоры и движения, они функционально связаны с тазом и частично с позвоночником посредством *m. psoas*. Кости пояса нижней конечности, соединяясь с крестцом и друг с другом, образуют костное замкнутое кольцо с малоподвижными соединениями. В крестцово-подвздошном суставе размах движений всего 7–10°, а в симфизе (лонном сочленении) они практически отсутствуют. Как и скелет верхней конечности, скелет нижней конечности подразделяют на пояс нижней конечности (тазовый пояс), который представлен тазовой костью, и свободную часть нижней конечности, состоящую из бедренной кости, надколенника, костей голени и стопы (рис. 1.1).

Строение скелета нижней конечности сходно со строением скелета верхней конечности. Это сходство относится как к строению поясов, плечевого и тазового, так и к строению свободных конечностей. Можно провести следующую параллель между костями плечевого и тазового поясов.

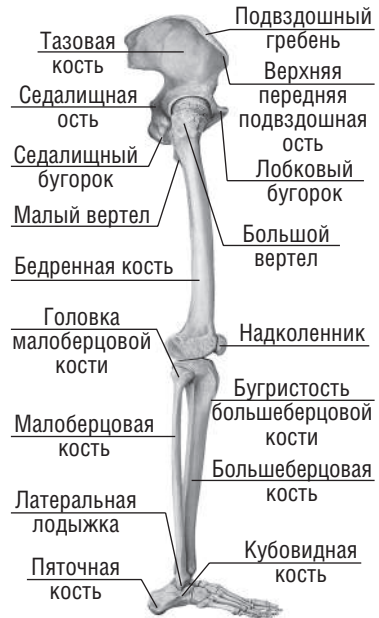


Рис. 1.1. Кости нижней правой конечности, вид сбоку (цит. по Билич Г.Л. и др.)

- Лонная кость соответствует ключице, подвздошная кость — лопатке и седалищная кость — клювовидному отростку лопатки. Однако тазовый пояс существенно отличается от плечевого тем, что представляет собой замкнутое костное кольцо, отдельные звенья которого настолько крепко соединены друг с другом, что практически можно считать их друг относительно друга почти неподвижными.
- Плечевой пояс не является в собственном смысле слова поясом, так как лопатки, как известно, не соединены друг с другом с помощью костной ткани и нет кости, которая соответствовала бы у плечевого пояса крестцу тазового пояса.
- Тазовый пояс является опорой не только для нижних конечностей, но также и для целого ряда внутренних органов. Своими движениями тазовый пояс, подобно плечевому, увеличивает объем движений свободной нижней конечности.
- Разница в участии тазового и плечевого поясов в тех движениях, которые производят конечности, заключается в том, что движения таза представляют собой результат подвижности позвоночного столба, именно его поясничной части, в то время как движения плечевого пояса свободны и могут происходить независимо от движений позвоночного столба.

Свободная нижняя конечность, подобно верхней, состоит из трех отделов: бедра, голени и стопы.

- Скелет бедра составляет одна кость — бедренная; скелет голени — две кости, большеберцовой — две кости — большеберцовая и малоберцовая; скелет стопы распадается на три части: предплюсну, плюсну и пальцы.
- В количестве и расположении костей свободной нижней конечности имеется сходство со скелетом верхней.
- Разница сводится к тому, что кости нижней конечности гораздо массивнее, а стопа представляет собой не только опорный, но и рессорный орган тела.

С функциональной точки зрения нижние конечности, таз и крестцово-подвздошное сочленение необходимо рассматривать как одно целое. Для изучения механики движений тела человека определение положения его центра тяжести, а также центра тяжести его отдельных звеньев представляет исключительный интерес. Известно, что основным условием сохранения равновесия тела является прохождение вертикали его общего центра тяжести внутри площади опоры (рис. 1.2). Если эта вертикаль выносится за границу площади опоры, то тело при так называемом неустойчивом равновесии, предоставленное само себе,

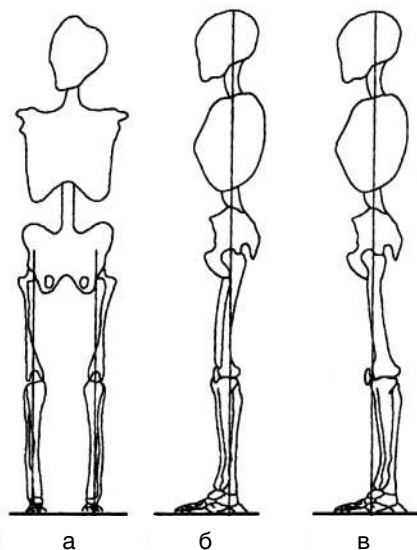


Рис. 1.2. Положение суставов нижних конечностей (Скворцов Д.В.): а — нейтральное во фронтальной плоскости, б — в сагиттальной плоскости, в — реальное нейтральное положение

в первоначальное положение не возвращается — происходит его падение. В противоположность неустойчивому равновесию, при котором вертикаль центра тяжести проходит внутри площади опоры, расположенной обычно ниже центра тяжести, при равновесии устойчивом эта вертикаль проходит внутри той же площади, но расположенной над центром тяжести. В последнем случае тело, будучи выведенным из состояния равновесия и предоставленным само себе, возвращается в свое первоначальное положение (Иваницкий М.Ф., Гурфинкель В.С.).

Таким образом, для определения устойчивости или неустойчивости равновесия, то есть для определения основных биомеханических взаимоотношений при том или ином положении тела, необходимо определить соотношение между площадью опоры и положением центра тяжести.

Следует учитывать, что в зависимости от процессов кровообращения, дыхания и пищеварения в каждый момент времени внутри тела происходит известное изменение в положении его некоторых элементов. Это изменение сказывается на положении его общего центра тяжести. Так, например, в положении лежа удельный вес грудного отдела человека несколько изменяется в зависимости от фазы дыхания. При вдохе этот вес становится меньше, при выдохе, наоборот, больше. В свя-

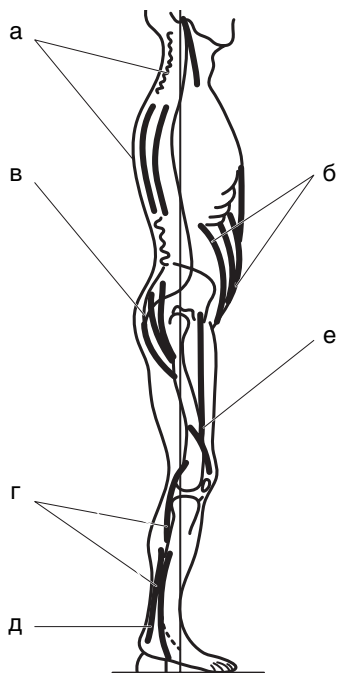


Рис. 1.3. Мышцы, обеспечивающие стабильное положение головы, туловища и конечностей: а — мышца-выпрямитель туловища; б — косые мышцы и прямая мышца живота; в — большая ягодичная мышца; г — трехглавая мышца голени и малоберцовые мышцы; д — задняя большеберцовая мышца; е — четырехглавая мышца бедра

зи с этим, равно как и в связи с процессами, наблюдаемыми в других органах и системах тела, происходит постоянное перемещение общего центра тяжести в ту или иную сторону (Гурфинкель В.С., Коц Я.М.).

На основании исследований можно считать, что центр тяжести тела в положении человека стоя расположен на 2,5 см ниже мыса крестца и на 4–5 см выше поперечной оси тазобедренного сустава. В зависимости от того, будет ли при положении стоя туловище согнуто или же несколько разогнуто, центр тяжести располагается на различных вертикалях по отношению к вертикалям центров вращения тазобедренного, коленного и голеностопного сочленений. В положении стоя, когда тело несколько наклонено вперед, вертикаль центра тяжести проходит сзади центра тазобедренного и спереди центров коленного и голеностопного суставов. В том же случае, когда человек стоит прямо с откинутым назад туловищем, твердо опираясь на пятки, вертикаль центра тяжести может совпадать с вертикалями центров названных суставов. При этом равновесие тела может быть сохранено только до тех пор, пока вертикаль центра тяжести про-

ходит внутри площади опоры, то есть того пространства, которое находится между прямыми, соединяющими носки и пятки обеих стоп, включая также поверхность соприкосновения подошв с землей. Выведение вертикали центра тяжести за пределы площади опоры влечет за собой потерю равновесия тела (Иваницкий М.Ф., Коц Я.М.). Кроме того, положение стоя возможно только тогда, когда большое количество подвижных дуг различных звеньев тела удерживается с помощью натяжения мышц и связок (рис. 1.3).

Функцию нижней конечности как целого органа можно свести главным образом к следующим видам (Иваницкий М.Ф., Жданов Д.А., Чаклин В.Д. и др.).

- Работа опорного характера, при которой нижняя конечность представляет собой целое, служащее для опоры всего тела.
- Работа рессорного характера, которая сочетается с опорными функциями, главным образом при различных видах приземления, например, при прыжке, беге, ходьбе и др.
- Работа нижней конечности как органа, сообщающего толчки тому или иному телу, что наблюдается, например, в игровых видах спорта, боксе, борьбе и др.
- Работа по выжиманию и отдалению туловища, в частности таза, от того или иного места опоры, например, при поднятии тяжести, при поднимании на носках и др.

Эти основные функции нижней конечности могут усложняться, особенно при асимметричных движениях или положениях тела, и комбинироваться друг с другом.

Особенности биомеханики нижней конечности при выполнении определенной работы в каждом из вышеприведенных вариантов заключаются в следующем.

1. При обычном стоянии нижняя конечность предельно разогнута в коленном и тазобедренном суставах и находится в среднем положении в голеностопном суставе (рис. 1.4). Центр тяжести тела находится несколько впереди *promontorium* таза, и его вертикальная проекция проходит впереди оси движения голеностопных и коленных суставов и позади тазобедренных. В этом положении имеется наружный (в результате силы тяжести) момент силы, который стремится далее разгибать тазобедренные суставы. Оба сустава замкнуты мощной бертиниевой связкой и удерживаются без затраты энергии в этом положении. Коленные суставы также имеют наружный вращательный момент сил, стремящихся разогнуть их, и замыкаются

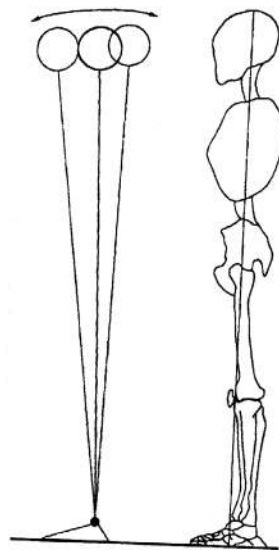


Рис. 1.4. Кинематическая модель баланса в сагиттальной плоскости. Балансирование движения проводится только в голеностопных суставах (Скворцов Д.В.)

пассивно натяжением связок задней поверхности сустава и суставной капсулой. Голеностопные суставы имеют свой наружный вращающийся момент, стремящийся произвести сгибание, которое при фиксированной к опоре стопе реально является наклоном голени вперед. Этому вращающему моменту нет адекватного противодействия со стороны связочного аппарата. Все балансированные движения происходят в пределах рабочей амплитуды голеностопного сустава (Иваницкий М.Ф., Скворцов Д.В.). При этом могут быть следующие разновидности в ее работе:

- а) туловище выдвинуто кпереди, и вертикаль его центра тяжести проходит спереди от поперечных осей всех трех основных суставов нижней конечности;
- б) туловище несколько отклонено назад, и вертикаль центра тяжести проходит сзади от названных суставов;
- в) вертикаль центра тяжести проходит в той же плоскости, что и поперечные оси указанных суставов.

Рассматривая нижнюю конечность в целом, известно, что поперечные оси ее главных суставов не вполне параллельны друг другу и не лежат в одной плоскости, а, кроме того, продольные оси бедра и голени находятся под углом одна к другой, открытым кнаружи ориентировочно на 170° . Это обстоятельство также имеет большое значение для опорной функции нижней конечности, так как несколько затрудняет одновременное сгибание во всех ее суставах, благодаря чему при стоянии значительно облегчается работа мышц.

2. Вся нижняя конечность представляет собой не только опорный, но и рессорный аппарат. Стопа имеет сводчатое строение в продольном и поперечном направлениях, значительно повышающее ее рессорные свойства (рис. 1.5).

К этому следует добавить, что своды стопы удерживаются пассивными и активными силами.

- К пассивным силам относится натяжение связочного аппарата стопы, удерживающего в соприкосновении суставные поверхности ее костей, образующих в своей совокупности своды стопы. Наиболее крупной связкой стопы является длинная связка подошвы.
- К активным силам, удерживающим своды стопы, относятся мышцы. Их в свою очередь можно разделить на две группы:
 - а) длинные, переходящие на стопу с голени и принимающие участие в удержании ее сводов;
 - б) короткие мышцы самой стопы.

К первой группе мышц относятся следующие: во-первых, длинные сгибатели пальцев, сухожилия которых проходят в переднезаднем на-

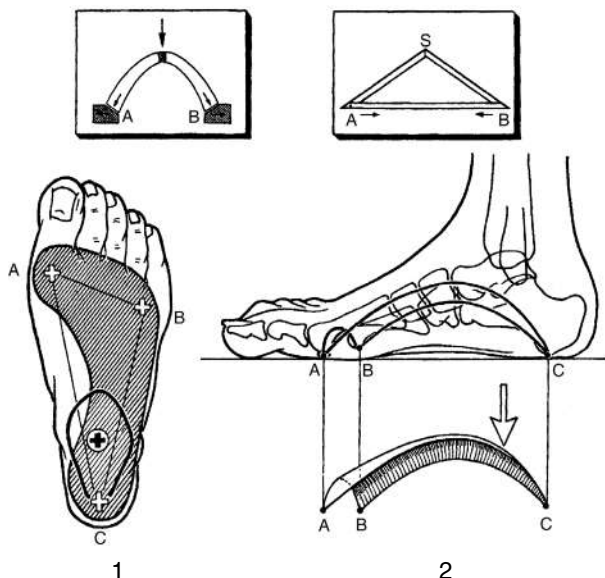


Рис. 1.5. Рессорный аппарат стопы: 1 — поперечный свод стопы: А, В, С — точки давления на поверхность; 2 — продольный свод стопы

правлении по подошвенной стороне стопы. Эти мышцы работают содружественно с мышцами самой стопы, расположенными как в средней части подошвы, так и со стороны большого и малого пальцев. Во-вторых, длинная малоберцовая мышца, которая, проходя наискось по нижней поверхности костей предплюсны, способствует удержанию поперечного свода. Дополняемая передней большеберцовой мышцей, она принимает участие в образовании своего рода костно-сухожильно-мышечной петли, поддерживающей снизу свод стопы. Кроме длинной малоберцовой мышцы, есть еще мышца, имеющая на подошвенной стороне стопы поперечное направление, — это приводящая мышца большого пальца, именно ее поперечная головка. Эта последняя удерживает поперечный свод стопы в области головок плюсневых костей.

Рессорные свойства нижней конечности зависят не только от особенностей строения и функции стопы, но также от особенности функции всей нижней конечности как целого органа. Всякое приземление на стопы (например, во время бега, прыжков или какого-либо другого движения) производится с использованием нижней конечности как аппарата, амортизирующего получаемые сотрясения.

3. При двух вышеописанных разновидностях работы нижней конечности закрепленной ее частью являлась стопа, опирающаяся на опорную поверхность. Однако во многих случаях дистальный конец всей конечности движется свободно. При этом пассивная и активная недостаточность двусуставных мышц играет наиболее важную роль в определении подвижности отдельных звеньев ноги в том случае, когда ее носок движется свободно. Эту зависимость можно резюмировать следующим образом:

- при согнутом бедре разгибание голени в коленном суставе затруднено пассивной недостаточностью ряда мышц (двуглавая бедра, полусухожильная, полуперепончатая) и, отчасти, активной недостаточностью четырехглавой мышцы бедра;
- при разогнутом бедре сгибание голени затруднено пассивной недостаточностью прямой мышцы бедра и активной недостаточностью двуглавой бедра, полусухожильной и полуперепончатой;
- при разогнутой в коленном суставе голени затруднено разгибание стопы в голеностопном суставе в силу пассивной недостаточности икроножных мышц и активной — передних мышц голени;
- при согнутом положении голени в коленном суставе в ряде случаев может быть несколько затруднено сгибание стопы в результате активной недостаточности мышц задней поверхности голени и пассивной недостаточности мышц ее передней поверхности (чаще у детей).

К этой сложности взаимоотношений следует заметить, что двусуставные мышцы имеют способность производить также парадоксальное действие. В самом деле, мышцы задней поверхности бедра, производя сгибание в коленном суставе, одновременно способствуют при обычном положении увеличению тонуса четырехглавой мышцы бедра и, следовательно, увеличению ее сгибающего действия (речь идет только о прямой мышце бедра) в отношении таза по направлению к бедру (Лесгафт П.Ф., Жданов Д.А.). Наконец, работа двусуставных мышц может усложняться наличием их так называемого преодолевающего или уступающего действия, что в равной степени относится и ко всем другим мышцам.

1.2. ТАЗОВЫЙ ПОЯС

В образовании таза принимают участие крестец и две тазовые, или безымянные, кости. Соединение тазовых костей с крестцом происходит в суставах, имеющих приблизительно плоскую форму (рис. 1.6). Каждый из суставов называется крестцово-подвздошным. Он укреплен

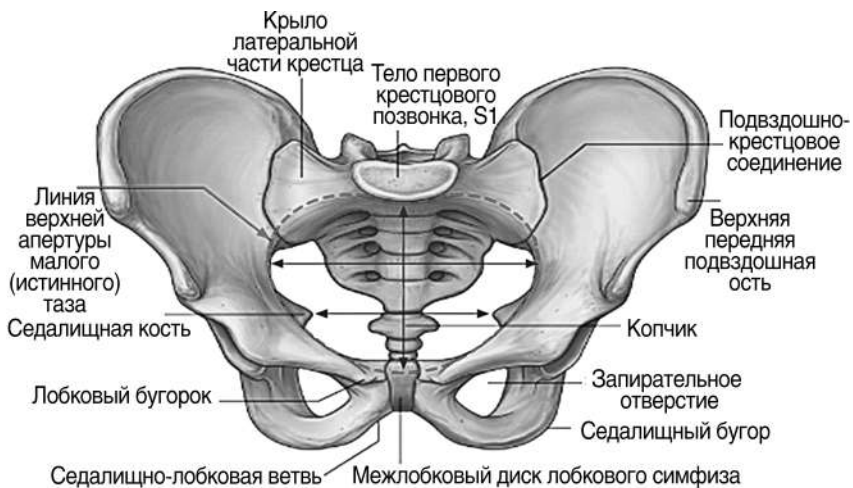


Рис. 1.6. Таз, вид спереди

большим количеством связок: имеются длинные и короткие крестцово-подвздошные связки, расположенные в передней и задней стенках этого сустава; межкостные связки, расположенные внутри сустава, а также крепкая связка, идущая от IV и V поясничных позвонков к заднему отделу подвздошной кости, — подвздошно-поясничная связка. Кроме того, от седалищного бугра и седалищной кости идут связки: крестцово-остистая и крестцово-бугорная, которые, укрепляя крестцово-подвздошное сочленение, замыкают большую и малую седалищные вырезки в одноименные отверстия. Одно из этих отверстий носит название большого седалищного отверстия, а другое — малого седалищного отверстия. Эти связки одновременно служат и для укрепления соединения между лобковыми костями, носящего название лонного сращения. Оно образовано лобковыми костями, между которыми находится хрящ. Лонное сращение (лонный симфиз) принадлежит к типу полусуставов. На наружной поверхности хряща располагается фиброзная ткань, которая образует целый ряд связок. Из них наиболее крупной является дуговая связка лобка.

В зависимости от места опоры таза — на головки бедренных костей при положении стоя или на седалищные бугры при сидении — в лонном симфизе наблюдается или сдавление образующего его хряща, или же растяжение. Подвижность между костями таза очень невелика и составляет 4° . В некоторых случаях она может быть несколько больше, достигая 10° . Крестец соединяется с копчиком с помощью хряща.

Это соединение укрепляется крестцово-копчиковыми связками, расположенными спереди и сзади (Иваницкий М.Ф., Лесгафт П.Ф., Жданов Д.А. и др.).

По отношению к горизонтальной плоскости тела плоскость входа в полость малого таза имеет наклон, равный $55\text{--}75^\circ$. При положении стоя этот наклон больше, а при положении сидя — меньше (рис. 1.7).

Если рассматривать таз сбоку, то при положении пациента стоя передние верхние подвздошные ости и передняя поверхность лонного сращения расположены приблизительно в одной фронтальной плоскости (рис. 1.8).

Наклон таза при сидении может значительно уменьшаться, что зависит от подвижности позвоночного столба. Тяжесть тела передается по позвоночнику на крестец, а от крестца идет в двух направлениях — в сторону лонного сращения и седалищных бугров.

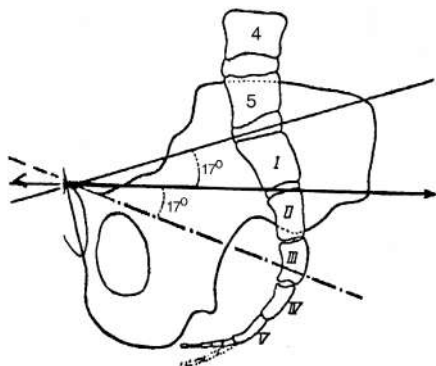


Рис. 1.7. Состояние таза при положении пациента сидя на стуле (схема). Показано положение прямого диаметра входа в таз (верхняя линия) и прямой, соединяющей верхний край лонного сращения с III крестцовым позвонком (нижняя линия), по отношению к горизонтальной плоскости, проведенной через верхний край лонного сращения

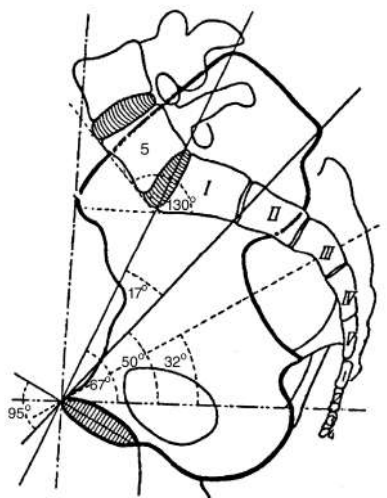


Рис. 1.8. Углы различных линий таза по отношению к горизонтальной плоскости при положении стоя (по Иваницкому М.Ф.). Поянично-крестцовый угол равен 130° . Прямой диаметр входа в таз находится под углом 67° к горизонтальной плоскости, линия наклона тазовой кости — под углом 50°

Таким образом, в биомеханическом отношении таз представляет собой как бы две костные дуги, из которых одна образована крестцом, подвздошными и лобковыми костями, в то время как другая — крестцом, седалищными костями и нисходящей ветвью лобковых костей. Сопrotивляемость таза на внешнюю нагрузку очень велика. По определению П.Ф. Лесгафта, таз может выдерживать давление более 1200 кг. При положении стоя таз по отношению к головкам тазобедренных костей играет роль рычага первого рода, имеющего при рассмотрении в профиль вид ломаной линии.

1.3. ТАЗОБЕДРЕННЫЙ СУСТАВ

Тазобедренный сустав — это проксимальный сустав нижней конечности, образованный вертлужной впадиной и головкой бедренной кости. Будучи расположенным у ее основания, он позволяет конечности занимать любое положение в пространстве. Тазобедренный сустав имеет три оси и три степени свободы движений (Капанджи А.И.).

Тазобедренный сустав (энартроз) — шаровидный сустав со значительной степенью замыкания. В этом отношении он существенно отличается от плечевого сустава — настоящего суставного комплекса, в котором лопаточно-плечевой сустав так же является энартрозом, но более открытым и обладающим большей амплитудой движения за счет меньшей устойчивости.

Тазобедренный сустав устойчивее плечевого, его стабильность обусловливается:

- глубоким положением бедренной головки в вертлужной впадине;
- прочной фиброзной суставной капсулой;
- мощными мышцами, окружающими сустав и прикрепляющимися на некотором расстоянии от головки бедра, чем создаются значительная подъемная сила бедра и стабильность сустава.

Тазобедренный сустав работает по типу *компрессии*, поскольку должен выдержать массу всего туловища, тогда как плечевой сустав занят элонгацией — вытягиванием (Капанджи А.И.).

Форма головки бедренной кости соответствует 2/3 шара, а форма вертлужной впадины, вмещающей в себя головку, — сегменту шара, чья дуга соответствует центральному углу 170–175° (рис. 1.9). Только верхне-наружная часть хрящевой поверхности головки бедренной кости находится в постоянном соприкосновении под давлением с хрящевой поверхностью вертлужной впадины, тогда как ее средне-нижняя часть соприкасается без нагрузки с дном вертлужной впадины, покры-

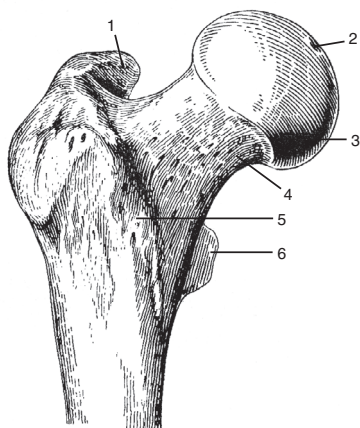


Рис. 1.9. Верхний отдел бедренной кости: 1 — малый вертел; 2 — fovea capitis; 3 — головка бедренной кости; 4 — шейка бедренной кости; 5 — межвертельный гребень; 6 — большой вертел

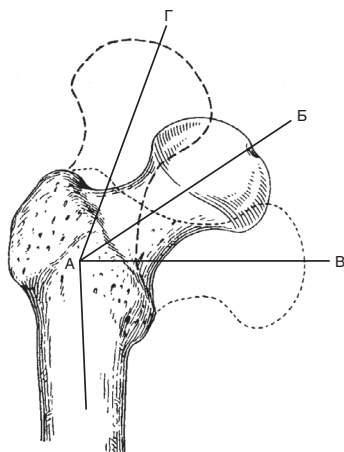


Рис. 1.10. Положение шейки и головки бедра при нормальном шеечно-диафизарном угле (АБ); при coxa vara (АВ); при coxa valga (АГ)

тым жировой тканью. При вертикальном положении туловища и умеренных движениях тазобедренного сустава суставную поверхность головки бедренной кости с функциональной точки зрения можно разделить условно на нагрузочную и безнагрузочную поверхности. Под нагрузкой находятся верхне-наружная часть головки и суставная поверхность от центральной ямки до края вертлужной впадины. Без нагрузки остается средне-нижний сегмент головки от центральной ямки и небольшой сегмент, находящийся латерально от края вертлужной впадины. В области нагрузки костные пластинки утолщены, расположены более плотно в шейке по направлению от нагрузочной зоны к внутренней корковой зоне бедренной кости.

Шейка бедра. Шейка бедра расположена по отношению к оси бедра под углом от 115° до 135° . Это шеечно-диафизарный угол (рис. 1.10). В среднем он равен $126-127^\circ$.

- Чем меньше шеечно-диафизарный угол, тем большая нагрузка приходится на шейку бедра. Чем больше шеечно-диафизарный угол приближается к прямому, тем меньше сопротивление шейки нагрузке. Уменьшение шеечно-диафизарного угла у пожилых является одним из факторов, предрасполагающих к повреждению шейки бедра.

- Шейка бедра не покрыта надкостницей, в вертельной области надкостница хорошо выражена.
- Шейка и головка бедра снабжаются кровью за счет:
 - а) артерии круглой связки (у пожилых лиц эта артерия, как правило, облитерирована);
 - б) артерий, проникающих в шейку из места прикрепления капсулы; часть этих сосудов проходит под синовиальной оболочкой непосредственно по шейке бедра и входит в головку у места перехода костной части в хрящевую;
 - в) артерий, проникающих в кость в межвертельной области (рис. 1.11).

Таким образом, чем проксимальнее от места прикрепления капсулы происходит поражение (травма, заболевание и др.), тем хуже кровоснабжение головки бедра.

Костные балки шейки бедра имеют вид свода. Губчатая ткань состоит из системы тонких перекладин, расположенных в виде арок, благодаря чему сила тяжести тела передается на стенки костной трубки. Эти перекладины расположены соответственно линиям траекторий сжатия и растяжения, подобно кронштейну, и направляются дугообразно к середине кости, перекрещиваются

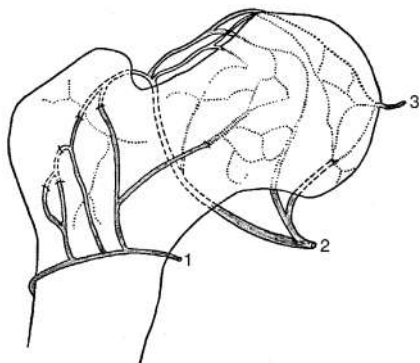


Рис. 1.11. Кровоснабжение шейки и головки бедра: 1 — медиальная огибающая артерия бедра; 2 — латеральная огибающая артерия бедра; 3 — артерия связки головки бедра

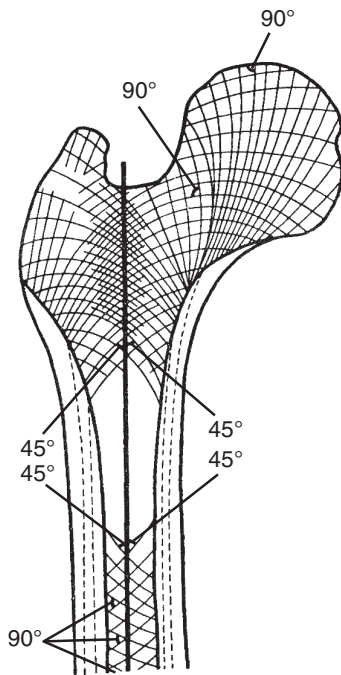


Рис. 1.12. Строение шейки и головки бедра

с ее осью под углом 45° , а между собой — под углом 90° (рис. 1.12). Такое строение шейки бедра придает ей значительную прочность и позволяет противостоять тяжести тела сверху.

Вертлужная впадина образуется слиянием трех костей: подвздошной, седалищной и лонной. Она глубже и крепче сверху и сзади. Эти участки впадины подвергаются наибольшему напряжению при выпрямлении или согнутом вперед туловище. Вертлужная впадина окружена углубляющей ее волокнисто-хрящевой складкой — губой (*labrum glenoidale*), которая уменьшает диаметр выхода из впадины, образуя хрящевой ободок, охватывающий головку бедра, что еще более обеспечивает устойчивость головки во впадине. Нижняя часть губы разомкнута и образует вертлужную вырезку. Известно, что поперечная связка перекрывает эту вырезку и дополняет волокнистую вертлужную хрящевую складку, превращая вырезку в отверстие, через которое проходят в сустав кровеносные сосуды.

Суставная капсула и связки. Тазобедренный сустав покрыт крепкой, плотной суставной капсулой, прикрепленной проксимально к краям впадины, к *labrum glenoidale* и поперечной связке, проходящей над вертлужной вырезкой. Дистально капсула окружает шейку бедра и впереди прикрепляется к межвертельной линии, а сзади — к шейке на 2,5 см выше межвертельного гребня. Вся передняя поверхность и большая часть задней поверхности шейки бедра лежат внутри капсулы.

Капсулу тазобедренного сустава спереди и сзади укрепляют мощные связки.

- **Подвздошно-бедренная связка** — наиболее сильная и важная связка. Пересекая переднюю поверхность капсулы, она тянется от передней нижней ости подвздошной кости к передней поверхности основания шейки бедра и межвертельной линии. Нижняя часть подвздошно-бедренной связки делится на два пучка подобно перевернутой букве V. Эта связка, расслабленная при сгибании и натянутая при разгибании, препятствует излишней гиперэкстензии бедра. При выпрямленном туловище — препятствует повороту тела назад вокруг головки бедренной кости и стабилизирует бедро, сильно вдавливая бедренную головку во впадину.
- **Лобково-бедренная и седалищно-бедренная связки.** Эти связки значительно слабее подвздошно-бедренной связки, но так же укрепляют заднюю часть капсулы. Они косо отходят от лонной и седалищной частей хрящевого ободка вертлужной впадины по направлению к месту прикрепления капсулы бедра и на своем пути сливаются с круглыми волокнами капсулы.

- *Круглая связка бедра.* Это — внутрикапсулярная связка, которая проходит от головки бедра к нижней части суставной впадины и прилежащим связкам. Она мало влияет на нормальную подвижность или устойчивость сустава, но представляет собой канал, по которому проходят в головку кровеносные сосуды.
- *Подвздошно-большеберцовый тракт,* представляющий собой часть широкой фасции бедра, тянется от гребня подвздошной кости через большой вертел по боковой поверхности бедра, прикрепляясь к латеральному бугорку большеберцовой кости и головке малоберцовой кости. Ниже подвздошно-большеберцовый тракт переходит в *fascia cruris*, а на бедре прикрепляется вдоль всей латеральной межмышечной перегородки, лежащей между двуглавой и наружной широкой мышцами бедра.

Синовиальная оболочка выстилает глубокую поверхность суставной капсулы. Она покрывает хрящевой ободок вертлужной впадины и жировую массу на дне впадины. Синовиальная оболочка окружает также круглую связку в виде влагалища. Она также покрывает шейку бедра до хрящевой поверхности головки.

Синовиальные сумки.

- Подвздошно-гребешковая сумка залегает между задней поверхностью подвздошно-поясничной мышцы и передней поверхностью сустава в промежутке между подвздошно-бедренной и лобково-капсулярной связками.
- Вертельная сумка расположена между большой ягодичной мышцей и заднебоковой поверхностью большого вертела. Это большая и обычно широко расположенная сумка. Она отделяет глубокую поверхность большой ягодичной мышцы от седалищного бугра и от наружной широчайшей мышцы бедра.
- Седалищно-ягодичная сумка — это сумка, лежащая на седалищном бугре.

Мышцы. Околосуставные мышцы играют существенную роль в обеспечении стабильности тазобедренного сустава, но при том условии, что они идут в поперечном направлении. По сути, мышцы, проходящие более или менее параллельно шейке бедра, удерживают головку в вертлужной впадине (рис. 1.13).

Например, грушевидная (1) и наружная запирающая (2), ягодичные, особенно малая и средняя (3), в значительной степени создают силу (указано стрелкой А), обеспечивающую коаптацию головки бедра с вертлужной впадиной. Именно поэтому они называются мышцами, обеспечивающими контакт сочленяющихся поверхностей.

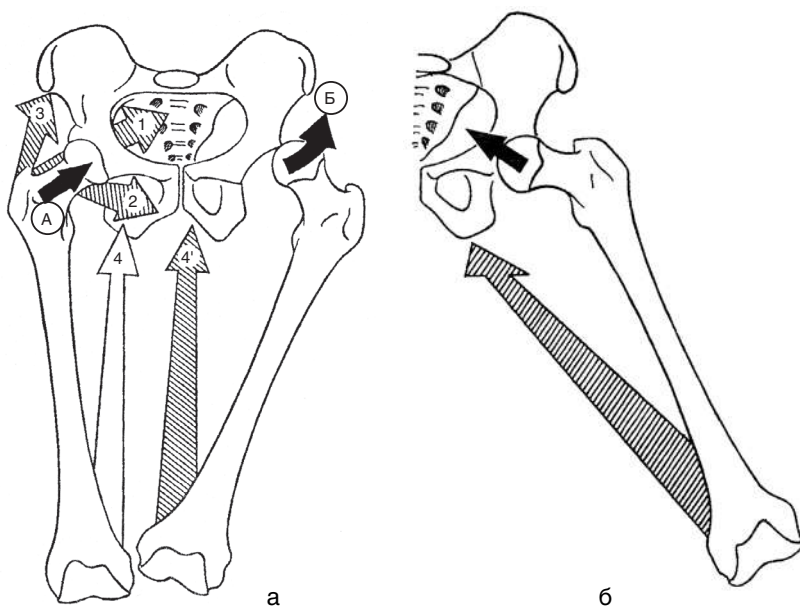


Рис. 1.13. Мышечные факторы, определяющие стабильность тазобедренного сустава (а, б). Объяснение в тексте (Капанджи А.И.)

С другой стороны, продольно ориентированные мышцы, такие как аддукторы (4), стремятся вывихнуть головку бедра из вертлужной впадины вверх, особенно если крыша ее скошена. В случае деформации вертлужной впадины вывих может произойти под действием приводящих мышц (4'), особенно если конечность приведена (Капанджи А.И.). С другой стороны, вывихивающий компонент приводящих мышц уменьшается с увеличением отведения, причем при полном отведении аддукторы способствуют сближению суставных поверхностей (см. рис.1.13, б).

Тазобедренный сустав окружен мышцами, которые приводят в движение нижние конечности.

- К мышцам, производящим сгибание бедра в тазобедренном суставе, относятся: подвздошно-поясничная мышца, портняжная мышца, мышца, натягивающая широкую фасцию, гребешковая мышца, прямая мышца бедра.
- В разгибании бедра принимают участие мышцы, расположенные сзади тазобедренного сустава и идущие как с таза на бедро, так и с таза на голень. К этим мышцам принадлежат следующие: боль-

шая ягодичная, двуглавая мышца бедра, полусухожильная мышца, полуперепончатая мышца, большая приводящая мышца.

- К мышцам, отводящим бедро, относятся главным образом мышцы, прикрепляющиеся к большому вертелу и вертельной ямке. К ним принадлежат: средняя и малая ягодичные мышцы, грушевидная мышца, внутренняя запирательная мышца, мышцы-близнецы.
- Вся группа мышц, расположенных на внутренней поверхности бедра и идущих с таза к бедру и отчасти к голени (нежная мышца), принимает участие в приведении бедра. К этой группе мышц относятся: гребешковая мышца, длинная и короткая, а также большая приводящая мышца нежная мышца.
- Поворот бедра кнаружи (супинация). К числу мышц, супинирующих бедро, относятся следующие: подвздошно-поясничная мышца, квадратная мышца бедра, ягодичные мышцы, из которых средняя и малая супинируют бедро только своими задними пучками, портняжная мышца, внутренняя, грушевидная мышца, мышцы-близнецы.
- Поворот бедра внутрь (пронация). Группа мышц, пронаторов бедра, сравнительно невелика. К этой группе относятся уже описанные мышцы, принимающие участие в его сгибании и отведении: мышца, натягивающая широкую фасцию, передние пучки средней ягодичной мышцы, передние пучки малой ягодичной мышцы, полусухожильная, нежная и портняжная мышцы.
- При бедре, сильно повернутом кнаружи, его вращению внутрь способствуют приводящие мышцы.
- Круговое движение бедра в тазобедренном суставе производят все группы мышц, расположенные в окружности тазобедренного сустава, действуя поочередно.

Следовательно, одна и та же мышца может принимать участие в различных движениях. Кроме того, при различных исходных положениях (ИП) пациента одна и та же мышца может выполнять различную работу. Так, например, большая приводящая мышца разгибает бедро из его согнутого положения, а из отведенного — приводит. Именно поэтому участие мышц в том или ином движении можно указать лишь схематически, определив предварительно ИП, в качестве которого в анатомии считается положение стоя. Кроме того, крупные мышечные группы могут работать изолированно отдельными своими пучками. Так, например, малая ягодичная мышца, сокращаясь целиком, бедро отводит, сокращаясь же своими передними пучками, вращает его кнаружи. Все мышцы, двигающие бедро, одновременно являются, если бедро укреплено, «двигателями таза» вместе с туловищем (Иваницкий М.Ф.). На-

пример, подвздошно-поясничная мышца при фиксированном бедре сгибает таз и поясничный отдел позвоночного столба, сгибая туловище вперед; большая приводящая мышца производит при согнутом туловище обратное действие — она его разгибает в тазобедренном суставе.

Подвижность тазобедренного сустава. Верхняя конечность потеряла свою функцию опоры и локомоции (совокупность согласованных движений, посредством которых можно перемещаться в пространстве), чтобы превратиться в подвешенную конечность, главной задачей которой благодаря развитой кисти стало хватание. Так, верхняя конечность стала незаменимой опорой для кисти.

Бедро в одиночку обеспечивает поддержание всего туловища как в статичном положении, так и в движении. Эта несущая функция глубочайшим образом изменила строение бедра. В то время как плечо является функциональным суставным комплексом, тазобедренный сустав самостоятельно обеспечивает ориентацию и поддержку нижней конечности. В связи с этим он имеет меньшую амплитуду движения, что в некоторой степени компенсируется подвижностью поясничного отдела позвоночника. Но, с другой стороны, тазобедренный сустав является наиболее стабильным из всех суставов, вывихнуть его сложнее всего (Капанджи А.И.). Это объясняется его функцией поддержки всего туловища и перемещения человека (локомоции).

Как шаровидный сустав тазобедренный сустав имеет три основные оси движения, все три оси проходят через центр головки бедренной кости (вращательный центр тазобедренного сустава) и взаимно перпендикулярны. Соответственно сустав имеет три оси и три степени свободы движений.

1. Поперечную ось XOX^1 , лежащую во фронтальной плоскости, вокруг которой осуществляются движения сгибания—разгибания.
2. Сагиттальную ось YOY^1 , лежащую в переднезадней плоскости и проходящую через центр «О» сустава; вокруг этой оси происходят движения отведение—приведение.
3. Вертикальную ось OZ , совпадающую с продольной осью нижней конечности OR , когда тазобедренный сустав находится в «выпрямленном» положении. Вокруг нее происходят вращения нижней конечности вовнутрь и наружу (рис. 1.14).

Диапазон движений в тазобедренном суставе определяется с помощью нейтрально-нулевого метода (0°).

- диапазон сгибания и разгибания;
- диапазон отведения и приведения при разогнутом тазобедренном суставе;

- диапазон отведения—приведения при согнутом на 90° тазобедренном суставе;
- диапазон внутреннего вращения — наружного вращения при согнутом на 90° тазобедренном суставе;
- диапазон внутреннего вращения — наружного вращения при наклонном положении с разогнутым тазобедренным суставом (когда измеряют вращение, используют согнутую на 90° ногу как указатель, определяющий диапазон движения) (рис. 1.15).

Кроме того, содружественные движения таза увеличивают подвижность бедра при сгибании и разгибании приблизительно на 20° . К этому следует добавить, что обычно мы не пользуемся всей подвижностью бедра вокруг переднезадней оси, так как во время приведения бедра мешает другая нога, которая препятствует в некоторой степени полному отведению данного бедра в противоположную сторону. Степень отведения бедра кнаружи от срединной плоскости связана с положением бедра. Если отводить бедро в положение супинации, то степень этого отведения значительно больше, чем в том случае, когда при отведении бедро удерживается в среднем положении, с носком стопы, обращенным кпереди. Дело в том, что при супинированном бедре большой вертел не препятствует его отведению, не упирается в верхний край вертлужной впадины и тем самым не прекращает этого движения, поэтому при движении отведения бедро всегда удерживается в супинированном положении. Подвижность вокруг поперечной оси зависит от положения голени по отношению к бедру. Если при сгибании бедра одновременно сгибать голень, то величина угла сгибания оказывается значительно большей, чем в том случае, когда сгибание производится прямой ногой. В последнем случае тормозами движения являются уже не связки и кости, а мышцы.

Ограниченность степени разгибания бедра связана с особенностями строения его связочного аппарата. В передней стенке капсулы тазобе-

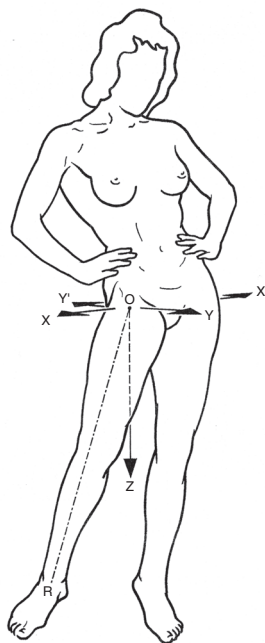


Рис. 1.14. Оси движения в тазобедренном суставе (Капанджи А.И.)

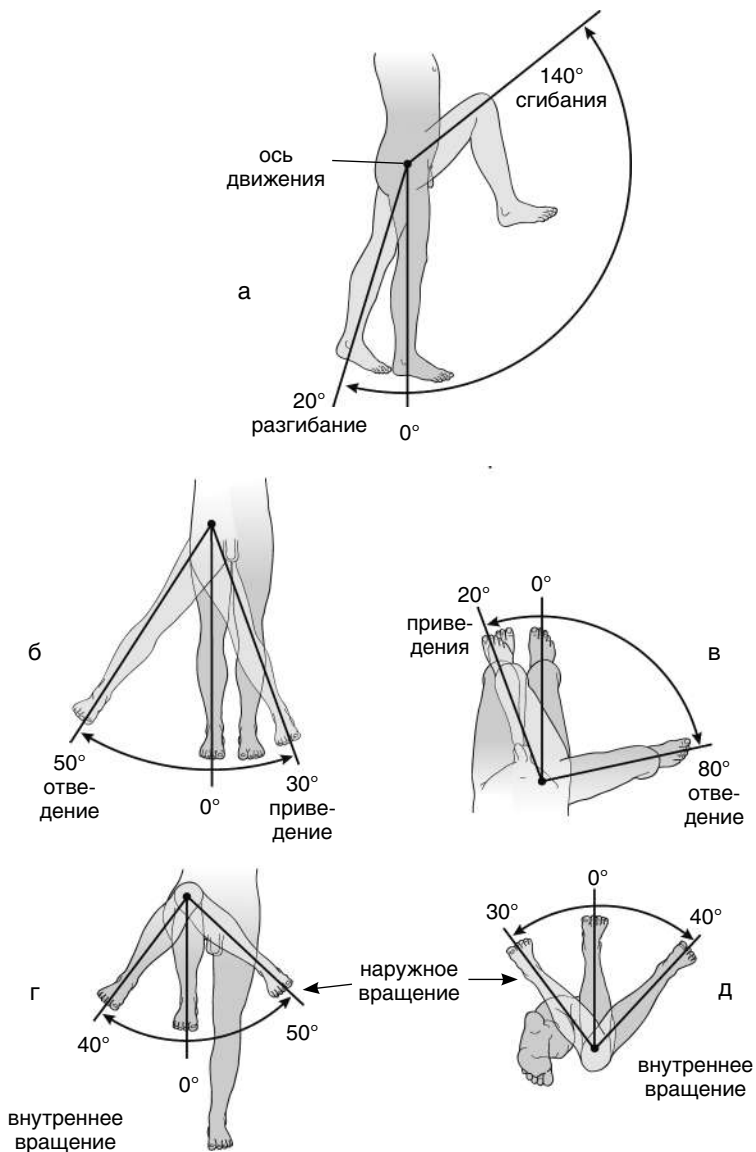


Рис. 1.15. Диапазон движений в тазобедренном суставе (а–д) (Билич Г.Л. и др.)

дренного сустава располагается достаточно крепкая связка — подвздошно-бедренная (бертиниева), которая своим натяжением препятствует более или менее значительному разгибанию бедра. Кроме того, подвижность в нем ограничивает вертлужная губа.

- Нормальная ротация в тазобедренном суставе: наружу около 45° и внутрь — 40° ; однако объем движения в норме у различных людей разный, и необходимо сравнивать движение в обоих направлениях. Ротация наружу ограничена латеральным пучком подвздошно-бедренной связки, ротация внутрь — седалищно-капсульной связкой. Амплитуда ротации в тазобедренном суставе увеличивается при сгибании и уменьшается при разгибании в этом суставе. Ограничение внутренней ротации — самый ранний и самый верный признак поражения сустава.

Наружную и внутреннюю ротацию бедра можно также измерить в положении пациента лежа на спине с выпрямленными ногами; для этого врач поворачивает стопу прямой ноги внутрь и наружу. Кроме того, ротацию в тазобедренном суставе можно измерить и в положении пациента лежа на животе, когда бедра и таз прижаты к плоскости кушетки, а колено согнуто под прямым углом, причем стопа и голень подняты. Врач поворачивает стопу внутрь для измерения наружной ротации и наружу — для измерения внутренней ротации бедра.

- Степень отведения комбинируется со сгибанием и уменьшается при комбинации с разгибанием в тазобедренном суставе. Нормальная амплитуда отведения в тазобедренных суставах при прямых ногах составляет $40\text{--}45^\circ$ и ограничивается лобково-капсульной связкой и средними порциями подвздошно-бедренных связок. Ограничение отведения в тазобедренном суставе — верный признак заболевания сустава. Однако отведение может быть также заторможено спазмом приводящих мышц при интактном суставе.

Подвижность бедра зависит и от того, в каком положении находится голень.

- Если голень разогнута, то активным сгибанием в одном тазобедренном суставе без содружественных движений в тазобедренном суставе другой стороны бедра у многих нетренированных людей не достигает при сгибании горизонтального положения, так как натягивающиеся двуглавая, полусухожильная и полуперепончатая мышцы служат препятствием таковому значительному движению.
- При согнутой в коленном суставе голени, когда указанные мышцы не служат тормозом, сгибание возможно выше горизонтальной плоскости.

При разгибании бедра отношения будут обратными: когда голень согнута, то разогнуть бедро можно на меньшее число градусов, чем когда голень разогнута, так как в первом случае четырехглавая мышца бедра натянута (напряжена), а во втором — более расслаблена.

При проведении восстановительного лечения специалистам следует помнить, что:

- а) подвижность в тазобедренном суставе можно значительно увеличить за счет приложения внешней силы (например, рук методиста, различных амортизаторов и др.);
- б) значительному отведению бедра препятствует большой вертел, который упирается в верхний край вертлужной впадины и прекращает движение. Преодолеть это сопротивление можно только одним путем: повернуть все бедро кнаружи, т.е. его супинировать. Тогда это костное препятствие уже не мешает выполнению движения, и его тормозами остаются главным образом мышцы, приводящие бедро, которые сравнительно легко поддаются растяжению. Связка (седалищно-капсулярная) существенным препятствием для этого отведения также не служит.

Биомеханика тазобедренного сустава.

В отличие от плечевого сустава, склонного к вывихам под действием силы тяжести, в тазобедренном суставе сила тяжести, наоборот, способствует стабильности, по крайней мере при вертикальном положении туловища (стоя) (рис. 1.16). Там, где крыша вертлужной впадины покрывает головку бедра, последняя прижимается к ней под действием силы (указано белой стрелкой, направленной вверх), равной массе туловища и противоположной ему (указано белой стрелкой, направленной вниз). В связи с тем что вертлужная впадина — это полусфера, то с биомеханической точки зрения не может быть истинного замыкания сочетающихся поверхностей, поскольку по законам механики полусферическая костная впадина не в состоянии удерживать головку бедра, что отчетливо видно при рассмотрении скелета без мягких тканей. Но суставная губа рас-



Рис. 1.16. Положение суставных поверхностей тазобедренного сустава при вертикальном положении туловища. Объяснение в тексте (Капанджи А.И.)

ширяет и углубляет вертлужную впадину, так что в итоге объем полости превышает полусферу (указано черными стрелками). Таким путем тазобедренный сустав превращается в истинный шаровидный сустав с фиброхрящевой губой, удерживающей головку бедренной кости. Эта фиброзная структура еще более усиливается круговой зоной капсулы, охватывающей головку бедра (Капанджи А.И.).

В позиции стоя на одной ноге или в одну из фаз ходьбы центр тяжести тела (S) смещается в сторону свободной ноги таким образом, чтобы масса тела (K) действовала вдоль линии, которая проходит посередине тазобедренного сустава. Такое эксцентричное смещение груза вызывает вращение, которое имеет тенденцию наклонять часть тела, расположенную выше сустава, в сторону свободной ноги.

Для того чтобы сохранить устойчивое равновесие, должна быть применена противодействующая сила (с помощью мышц), достаточная, чтобы противостоять вращательному движению. В тазобедренном суставе это противодействие осуществляется главным образом силой мышц (M), отводящих бедро (средней и малой ягодичных мышц). Однако плечо рычага этой силы, действующей на тазобедренный сустав, составляет только одну треть длины плеча действия массы тела, то есть соотношение длины плеча мышечной силы (b) к длине плеча массы тела (a) составляет 1:3.

Следовательно, чтобы удержать тазобедренный сустав в положении стоя на одной ноге, требуется мышечная сила, эквивалентная трем массам тела. Это означает, что давящая сила, которой должен противостоять тазобедренный сустав во время ходьбы, приблизительно в 4 раза превышает массу тела. В результате этого тазобедренный сустав подвергается чрезвычайным нагрузкам, которые способствуют патологическим изменениям (Билич Г.Л. и др.) (рис. 1.17).

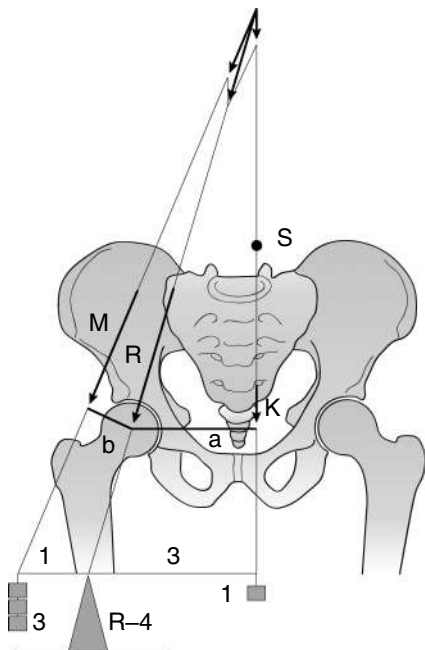


Рис. 1.17. Нагрузки на правый тазобедренный сустав при ходьбе, вид спереди (Билич Г.Л. и др.)

1.4. КОЛЕННЫЙ СУСТАВ

Коленный сустав (*articulatio genus*) — самый крупный из всех суставов. Это сложный межмышечковый сустав, в образовании которого принимают участие суставные мыщелки бедра, суставная поверхность большой берцовой кости и надколенная чашечка.

С биомеханической точки зрения этот сустав представляет собой некий компромисс, примеряющий два следующих взаимоисключающих требования (Капанджи А.И.).

- Обеспечение максимальной стабильности в положении полного разгибания, когда коленный сустав подвергается большим нагрузкам под действием массы тела и длины плеч рычагов.
- Обеспечение максимальной мобильности по достижении определенной степени сгибания. Эта мобильность важна для бега и для оптимальной адаптации стопы к неровностям поверхности.

Коленный сустав разрешает эту проблему благодаря механизму, но относительно слабое замыкание его поверхностей, существенное для обеспечения большой подвижности, делает его подверженным растяжениям и вывихам.

- При сгибании коленный сустав нестабилен, и его связки и мениски наиболее подвержены травматизации.
- При разгибании травма коленного сустава чаще всего приводит к внутрисуставным переломам и разрыву связок.

Нормальная функция и устойчивость коленного сустава обеспечиваются взаимосвязью и нормальным взаимоотношением всех важнейших внутри- и околосуставных структур и образований: суставной капсулой, боковыми (коллатеральными) и крестообразными связками, хрящевыми поверхностями и их конгруэнтностью, а также нормально функционирующим мышечно-нервным аппаратом. Мышцы и сухожилия бедра и голени, которые проходят через коленную область, в значительной степени обеспечивают устойчивость коленного сустава. В первую очередь это относится к четырехглавой мышце и другим мышцам бедра, прикрепляющимся на голени, а также к икроножной мышце, которая берет свое начало на бедре.

Постоянная травматизация суставных поверхностей, рецидивирующие выпоты, атрофии мышц и неустойчивость коленного сустава приводят к развитию ОА.

Суставная капсула представляет собой тонкую волокнистую перепонку, усиленную широкой фасцией, сухожилиями и связками, окружающими сустав. Спереди и сверху, вблизи сухожилия четырехглавой

мышцы бедра, суставная капсула не покрывает синовиальную оболочку. Однако позади отдельные волокна суставной капсулы покрывают синовиальную оболочку надпателлярного заворота; на этом участке капсула состоит из вертикальных волокон, отходящих от мыщелков и боковых сторон межмышцелковой ямки бедра. Таким образом, капсула лежит сбоку и впереди крестообразных связок, которые, в свою очередь, находятся вне суставной полости. Дистально капсула фиксируется к краям менисков и, продолжаясь вниз, прикрепляется к краям мыщелков большеберцовой кости.

Мениски коленного сустава. В связи с тем что мыщелки бедренной кости выпуклые, а мыщелки большеберцовой кости только слегка вогнутые, возникает неконгруэнтность суставных поверхностей. Это несоответствие устраняется тем, что внутри коленного сустава находятся латеральный и медиальный мениски. Их верхние поверхности конгруэнтны с мыщелками бедренной кости, а нижние — с мыщелками большеберцовой кости. Мениски серповидные, наружный край их сращен с капсулой сустава, внутренний край, обращенный в полость сустава, несколько заострен и более свободен.

Мениски имеют важные с точки зрения функции прикрепления.

- Передний рог наружного мениска прикрепляется непосредственно спереди от наружного межмышцелкового бугорка.
- Задний рог наружного мениска прикрепляется непосредственно позади наружного межмышцелкового бугорка.
- Задний рог внутреннего мениска прикрепляется к задневнутреннему углу ретроспинальной поверхности.
- Передний рог внутреннего мениска прикрепляется к передневнутреннему углу преспинальной поверхности.
- Два передних рога соединены поперечной связкой коленного сустава, которая крепится к надколеннику тяжами жировой прокладки.

Медиальные мениски фиксированы надежнее латеральных, подвергаются значительно меньшему смещению во время сгибания коленного сустава (рис. 1.18).

Мениски в норме при разгибании в коленном суставе и опоре на конечность несколько смещаются вперед и кнаружи, а при сгибании — перемещаются кзади. При сгибании и разгибании мениски движутся вместе с большеберцовой костью, а при ротировании — вместе с бедром, что играет весьма существенную роль в механизме их повреждения (рис. 1.19).

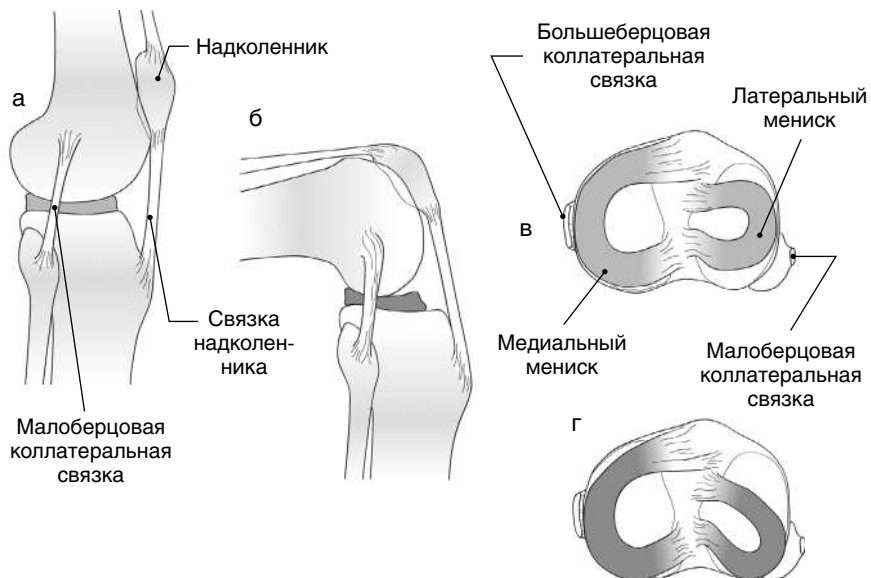


Рис. 1.18. Движение менисков во время сгибания колена — правый коленный сустав при разгибании (а) и сгибании (б); вид сверху на верхнюю поверхность большеберцовой кости при разгибании (в) и сгибании (г) голени (цит. по Билич Г.Л. и др.)



Рис. 1.19. Вращательные движения большеберцовой кости по отношению к бедренной кости и голени, согнутой под углом 90° (а–в) (цит. по Билич Г.Л. и др.)

Кровоснабжение менисков довольно скудное. Сосуды имеются в передних и задних рогах, а также наружных отделах, прилегающих к капсуле, из которой они проникают в ткань мениска (рис. 1.20). Этот факт объясняет плохое срастание менисков после их повреждения; питание внутренних отделов мениска происходит путем осмоса синовиальной жидкости.

Особое значение для функционирования коленного сустава имеет бедренно-пателлярное сочленение. Патологическая форма надколенника создает предрасположенность к снижению выносливости коленного сустава к нагрузке, а следовательно, и к развитию ОА.

Синовиальная оболочка коленного сустава — самая обширная во всем теле. У верхнего края надколенника, позади четырехглавой мышцы бедра, синовиальная оболочка образует заворот. Надпателлярный заворот в эмбриональном периоде закладывается в виде отдельной сумки, однако большей частью она сообщается с синовиальной полостью сустава, поэтому ее принято называть надпателлярным заворотом, или карманом, а не надпателлярной сумкой (Mosley H.F., Turek Ph.). Верхний заворот распространяется вверх над верхушкой надколенника больше чем на 6 см (Lewin Ph., De Palma A.F.).

С обеих сторон надколенника синовиальная оболочка лежит позади сухожилия *mm. vastus medialis* и *lateralis*, несколько больше распространяясь с медиальной стороны надколенника.

Синовиальные сумки. Необходимо отметить, что вокруг коленного сустава имеется много (более 10) синовиальных сумок. Часть из них сообщается с полостью сустава и способствует нормальному функционированию столь больших по площади суставных поверхностей; другая часть сумок находится под сухожилиями мышц, уменьшая их трение о кость.

- Предпателлярная сумка располагается спереди между кожей и надколенником.
- Небольшая поверхностная подпателлярная сумка лежит между кожей и проксимальной частью связки надколенника.
- Глубокая подпателлярная сумка находится вблизи дистальной части связки надколенника. Позади сустава расположен карман, отделяющий сухожилие подколенной мышцы от латерального

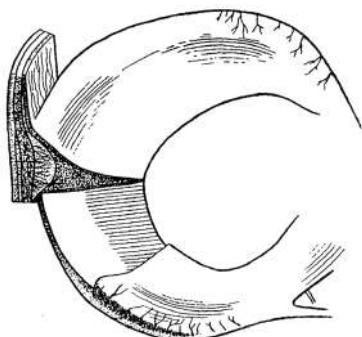


Рис. 1.20. Кровоснабжение менисков

мышелка бедра, это не что иное, как расширенная часть синовиальной оболочки коленного сустава.

- Одна икроножная сумка лежит позади и сбоку сустава, между латеральной головкой икроножной мышцы и суставной капсулой, эта сумка обычно сообщается с полостью коленного сустава.
- Другая икроножная сумка расположена позади и медиально, между медиальной головкой икроножной мышцы и суставной капсулой, она обычно также сообщается с полостью коленного сустава и полуперепончатой сумкой, лежащей более поверхностно.
- Широкая полуперепончатая сумка расположена позади коленного сустава с медиальной его стороны. Она находится между полуперепончатой мышцей и медиальной головкой икроножной мышцы.
- Сумка «гусиной лапки» расположена с медиальной стороны сустава, между медиальной боковой связкой и сухожилиями портняжной, нежной и полусухожильной мышц.

Связки коленного сустава. Связка надколенника является продолжением общего сухожилия четырехглавой мышцы, которая тянется от надколенника до бугристости большеберцовой кости. Небольшая треугольная жировая подушка, известная под названием подпателлярной, лежит ниже надколенника между связкой надколенника и синовиальной оболочкой.

Внутри коленного сустава также находятся передняя и задняя крестообразные связки, из них передняя (*lig. cruciatum anterius*) начинается от внутренней поверхности наружного мышелка и направляется вниз, вперед и кнутри, прикрепляясь к большеберцовой кости. Задняя крестообразная связка (*lig. cruciatum posterius*), начинаясь от наружной стороны внутреннего мышелка бедра, идет вниз, назад и кнаружи и прикрепляется в ямке, расположенной между суставными поверхностями большеберцовой кости кзади от предыдущей связки. Они укрепляют сустав, соединяя бедренную и большеберцовую кости. В задней стенке коленного сустава находится крепкая косая подколенная связка (*lig. popliteum obliquum*), которая отчасти представляет собой продолжение волокон сухожилия полуперепончатой мышцы (рис. 1.21).

Физиологическая роль крестообразных связок сводится в основном к ограничению сдвигов голени по отношению к бедру вперед (передняя крестообразная связка) и кзади (задняя крестообразная связка) за пределы нормальных границ. Кроме того, связки, перекрещиваясь при наружной ротации голени, ограничивают это движение. При согнутой в коленном суставе ноге, когда расслабляются боковые связки, крестообразные связки препятствуют боковому отклонению голени.



Рис. 1.21. Передняя внутренняя связочная система коленного сустава. Состоит из передней крестообразной связки, медиального мениска и медиальной боковой связки, которые не только функционально, но и анатомически связаны. Фиброзная капсула и закрепляющие ее боковые связки также относятся к данной системе

Сустав укрепляется также внешними (коллатеральными) связками, к числу которых относятся большеберцовая и малоберцовая боковые связки. Большеберцовая коллатеральная связка (*lig. collaterale tibiale*) идет от медиального надмышелка бедренной кости к медиальному мышелку большеберцовой кости. Малоберцовая коллатеральная связка (*lig. collaterale fibulare*) расположена между латеральным надмышелком бедренной кости и головкой малоберцовой кости.

Коллатеральные связки натягиваются при разгибании и расслабляются при сгибании. При сгибании на 30° коллатеральные связки расслабляются, и именно в таком положении следует иммобилизовать коленный сустав после их хирургического восстановления (рис. 1.22).

Коллатеральные связки натягиваются только при разгибании (см. рис. 1.22, а), крестообразные связки или часть из них натягиваются при любых движениях в коленном суставе: медиальная часть обеих крестообразных связок натягивается при разгибании (рис. 1.22, а), латеральная часть передней крестообразной связки и вся задняя крестообразная связка — при сгибании (рис. 1.22, б), медиальная часть передней связки и вся задняя связка — при сгибании и повороте вовнутрь (рис. 1.22, в). Этим крестообразные связки помогают удерживать стабильность коленного сустава в любом положении.

Сзади капсулу укрепляют косая и дугообразная подколенные связки.

Капсульно-связочный аппарат образует функционально единое целое — периферическую защитную систему коленного сустава, которая

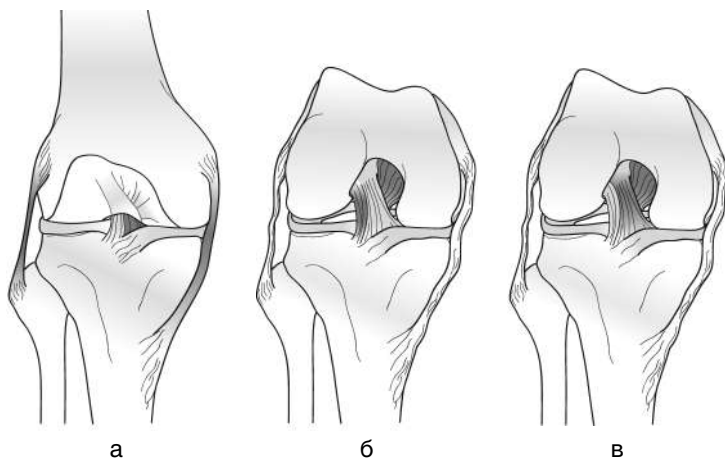


Рис. 1.22. Роль крестообразных и коллатеральных связок в сгибании и разгибании голени (натянутые волокна связок выделены более темным цветом (Билич Г.Л. и др.): а — разгибание; б — сгибание; в — сгибание и поворот вовнутрь

включает три компонента: большеберцовую коллатеральную связку, малоберцовую связку и задний капсульно-фиброзный комплекс.

- Большеберцовая коллатеральная связка, которая, согласно F. Wopnel, может выдерживать силу до 115 кг/см^2 и растягиваться на 12,5% своей длины до наступления разрыва.
- Малоберцовая коллатеральная связка, способная выдерживать силу в 276 кг/см^2 и растягиваться на 19% своей длины, то есть неожиданно более устойчивая к разрыву и более эластичная, чем большеберцовая связка.
- Задний капсульно-фиброзный комплекс, состоящий из внутримышечковой пластинки, большеберцовой кости, наружной межмышечковой пластинки с ее сесамовидной косточкой или фавеллой, усиленный кривой подколенной связкой и дугообразной подколенной связкой.

Околосуставные мышцы также обеспечивают периферическую защиту коленного сустава. Синхронно сокращаясь в соответствии с определенным движением и подчиняясь коре головного мозга, они препятствуют механическим деформациям в отличие от связок, которые реагируют только пассивно. Самая важная из этих мышц — четырехглавая, без которой стабильность коленного сустава невозможна. Благодаря своей силе и точной координации она даже может до

определенной степени компенсировать несостоятельность связок (Капанджи А.И.).

Движения в коленном суставе. Коленный сустав — блоковидно-вращательный, имеющий две степени свободы.

Первая степень свободы связана с поперечной осью, по отношению к которой происходят движения сгибания и разгибания в сагиттальной плоскости. Эта ось, лежащая во фронтальной плоскости, проходит через мыщелки бедренных костей горизонтально.

В связи с тем что шейка бедренной кости образует угол с диафизом, ось последнего не совпадает с осью голени, а составляет с ней тупой угол (170–175°), открытый кнаружи. Это — физиологическое смещение кнаружи (вальгус) коленного сустава.

Вторая степень свободы коленного сустава связана с ротацией вокруг продольной оси при согнутом коленном суставе. Его строение исключает ротацию в положении полного разгибания. Ось голени совпадает с механической осью нижней конечности, и ротация происходит не в коленном, а в тазобедренном суставе, который в этой ситуации является как бы комплементарным по отношению к коленному (Капанджи А.И.).

|| **Внимание!** Следует помнить, что поперечные смещения в норме происходят при незначительном сгибании колена.

В коленном суставе обычно рассматриваются движения голени, что характерно для большинства фаз локомоций (ходьбы, бега и др.). Однако при фиксированной голени может происходить и движение бедра (например, при возвращении в ИП после приседания и др.).

- Движение голени в коленном суставе назад (сгибание) и обратное движение до выпрямления ноги (разгибание) происходят вокруг поперечной оси.
- Поворот голени в латеральную сторону (супинация) и поворот в медиальную сторону (пронация) выполняются вокруг вертикальной оси, они возможны лишь при согнутой в коленном суставе ноге, когда коллатеральные связки сустава расслаблены.

Мышцы, принимающие участие в движениях.

- Сгибателями голени являются все мышцы, которые располагаются сзади коленного сустава. Эта группа значительно более обширна, чем передняя группа. К ней относятся следующие мышцы: двуглавая мышца бедра, полусухожильная, полуперепончатая, портняжная, нежная, подколенная, икроножная (часть трехглавой мышцы голени) и подошвенная.

- Разгибателем голени является одна только четырехглавая мышца бедра. Она располагается на передней поверхности бедра и состоит из четырех частей: прямой, широких внутренней и наружной мышц, средней (промежуточной).
- Пронация и супинация голени в коленном суставе возможны только по мере ее сгибания, то есть по мере того, как боковые, большеберцовая и малоберцовая связки расслабляются. Мышцами, производящими пронацию голени, являются все те, которые располагаются сзади и по внутренней поверхности (по отношению к коленному суставу), то есть полусухожильная, полуперепончатая, портняжная, нежная, внутренняя головка икроножной мышцы, подколенная.

Супинаторами голени служат двуглавая мышца бедра, наружная головка икроножной мышцы. Таким образом, группа пронаторов значительно сильнее, чем группа супинаторов.

И.М. Сеченов предполагал, что когда задняя группа мышц бедра напрягается одновременно с икроножными мышцами, то может происходить не сгибание, а, наоборот, разгибание голени.

1.5. АНАТОМО-БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТОПЫ

Стопа — дистальный отдел нижней конечности, выполняющий у человека три основные функции. Это способность к упругому расплыванию под действием нагрузки (рессорная функция), ведущее участие в регуляции позной активности при стоянии и ходьбе (балансирующая функция) и в сообщении ускорения общему центру масс тела при локомоции (толчковая функция). Особенности анатомического строения скелета стопы, ее связочно-мышечного аппарата и подошвенной кожи обеспечивают надежное функционирование этого важнейшего органа опоры и движения.

- Рессорная функция является основной при статическом и динамическом нагружении стопы. Многие так называемые статические заболевания связаны с ее нарушением.
- Балансирующая функция стопы непосредственно связана с регуляторной подвижностью во фронтальной плоскости. При этом величина вертикальных составляющих реакции опоры изменяется синфазно с углом в подтаранном суставе.
- Стопа при ходьбе, по образному выражению F. Pauwels (1951) и J. Farabef (1971), совершает сложные движения вокруг собственного «костного мениска» (таранной кости), которые могут быть

сравнены с лодкой, колеблющейся (одновременно в трех плоскостях) на поверхности моря при волнах. При этом предполагаются, в частности, и ротационные перемещения (Karandji I.A. et al., 1970, Nellson D., 1972).

Имея в виду реальные биомеханические условия ходьбы, правильнее говорить о ротации не стопы, а голени относительно фиксированной стопы опорной конечности (Steindler A.). Ходьба представляет собой не прямопоступательное перемещение в плоскости движения: общий центр массы тела движущегося человека совершает «рыскающие» перемещения в пространстве, в конечности, ось голени, меняя направление (совершая ротационные повороты) относительно стопы, по необходимости одновременно изменяет крен — совершает наклоны на варус и на вальгус. Последнее в литературе принято обозначать как варусные или вальгусные движения стопы (относительно голени) при ходьбе. Такие движения представляют собой важные функциональные характеристики ходьбы (Weltman G.A., Seireg A. et al., Bresler B. et al.).

На стопу действуют следующие силы:

- а) масса тела при положении стоя на одной ноге и в переносный период шага или часть массы тела (составляющая веса) при опоре на обе конечности. Эта сила передается на стопу посредством большеберцовой кости в направлении продольной ее оси;
- б) реакции опоры (противодействие пола, почвы);
- в) усилия мышц, начинающихся на голени и бедре и прикрепляющихся к костям стопы; собственных мышц стопы;
- г) масса стопы.

Для сохранения среднего, нормального положения стопы и предотвращения деформации мышцам необходимо развивать силу, равную по величине сумме прочих сил (силы тяжести звена, реакции опоры и т.д.). Восстановление статической и динамической функции стопы осуществимо только при нормальном состоянии тканей комплекса

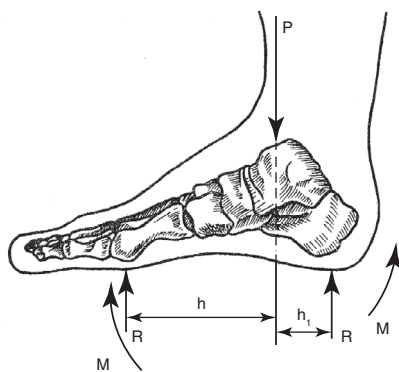


Рис. 1.23. Взаимодействие сил в заднем и переднем отделах стопы: P — сила тяжести; R — реакция опоры; h — плечо силы; M — момент

и соответствующем взаиморасположении звеньев конечности. В противном случае восстановление функции опоры и передвижения достигается только частично или оно совершенно невозможно.

Роль перечисленных сил для поддержания нормальной функции стопы не одинакова. Масса тела (P) и опорные реакции (R) намного больше собственной массы стопы и усилий, развиваемых мышцами, поэтому стопа при нагрузке находится в равновесии главным образом под действием сил P и R , в то время как сила мышц играет вспомогательную роль, корригируя равновесие между силой массы тела и реакциями опоры (рис. 1.23).

В самом деле, если бы главная роль в сохранении нормального положения и нормальной функции нижней конечности, в частности стопы, принадлежала мышцам, то они быстро бы выходили из строя от переутомления и растяжения.

Равновесие между силой массы тела и реакциями опоры — основной закон биомеханики.

Условной границей стопы, отделяющей ее от голени, является линия, проведенная через верхушки лодыжек.

Костной основой стопы являются кости предплюсны, плюсны и пальцев (рис. 1.24).

Форма костей, а также связочно-мышечный аппарат стопы придают ей несколько выпуклую форму.



Рис. 1.24. Суставы стопы

В состав предплюсны входят: таранная кость, которую П.Ф. Лесгафт рассматривал как самый большой в теле человека костный мениск, расположенный между костями голени и стопы, являющийся «замком сводов» стопы; пяточная кость, бугор которой образует основу пятки; ладьевидная кость; кубовидная кость; три клиновидные кости — медиальная, промежуточная и латеральная.

Плюсна образована пятью короткими трубчатыми костями (I–V). Скелет каждого пальца, кроме большого, образованного двумя фалангами, состоит из проксимальной, средней и дистальной фаланг. На подошвенной поверхности стопы в области плюснефалангового сустава большого пальца постоянно присутствуют сесамовидные кости. Они могут также встречаться в области межфаланговых суставов.

Все соединения стопы можно разбить на пять групп.

1. Соединение стопы с голенью, или голеностопный сустав.
2. Соединение между костями предплюсны.
3. Соединение между предплюсной и плюсной.
4. Соединение между плюсной и пальцами.
5. Соединение между фалангами пальцев.

Голеностопный сустав — истинный блоковидный сустав, движения которого практически сводятся к подошвенному сгибанию и тыльному разгибанию. Сустав образован дистальными концами большеберцовой и малоберцовой костей и проксимальной частью тела таранной кости. Большеберцовая кость несет на себе всю тяжесть тела, а малоберцовая придает латеральную устойчивость суставу. Малоберцовая кость нагрузки не несет и сочленяется с большеберцовой костью только боковой своей поверхностью. Обе лодыжки продолжают книзу крышу, образуемую большеберцовой частью сустава, и окружают сводом таранную кость, что придает всему суставу боковую опору.

Нижний выступ медиальной лодыжки сочленяется с медиальной поверхностью блока таранной кости, а нижний выступ латеральной лодыжки сочленяется с латеральной поверхностью блока таранной кости.

Голеностопный сустав окружен сильным связочным аппаратом, который сообщает суставу боковую устойчивость (рис. 1.25).

- Медиальная, или дельтовидная, связка — единственная связка на медиальной стороне сустава. Это плотный волокнистый пучок треугольной формы, который оказывает сопротивление при пронации стопы и при сильном напряжении в голеностопном суставе может разорваться.

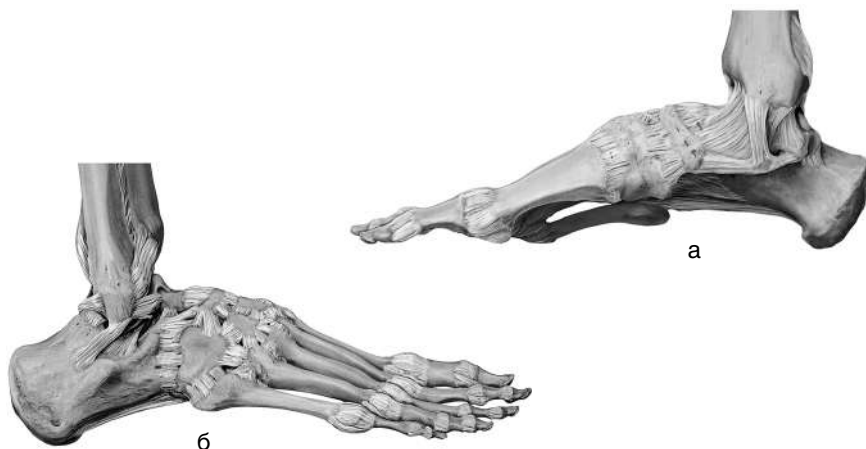


Рис. 1.25. Связочный аппарат голеностопного сустава: а — медиальная сторона; б — латеральная сторона

- Латеральные связки голеностопного сустава представляют собой три отдельных пучка, образующих переднюю и заднюю малоберцово-таранную и малоберцово-пяточную связки. Эти связки подвергаются разрывам при подвертывании голеностопного сустава внутрь (супинации).

Голеностопный сустав одноосный, движения в нем происходят вокруг поперечной оси, проходящей через концевой отдел наружной лодыжки, через тело таранной кости, и выходит на 2 см ниже и несколько кзади от внутренней лодыжки. Возможные движения — тыльное и подошвенное сгибание. Объем движений в голеностопном суставе составляет 60–70°, отклоняясь у различных людей в ту или иную сторону. Возможно еще вращение таранной кости в голеностопном суставе вокруг вертикальной оси. При тыльном сгибании в голеностопном суставе блок таранной кости как бы ввинчивается в межлодыжечную вилку сустава, раздвигая и расширяя ее своим наиболее широким передним отделом, превышающим размер межлодыжечного пространства. При подошвенном сгибании таранная кость вывинчивается из межлодыжечной вилки и содействует уменьшению межлодыжечного пространства.

Таранно-пяточный сустав образован таранной и пяточной костями. Он имеет цилиндрическую форму с осью вращения, расположенной приблизительно в переднезаднем направлении. Обе сочленяющиеся суставные поверхности хорошо соответствуют друг другу. Сустав имеет тонкую капсулу, снабженную небольшими связками. Этот сустав расположен

в заднем отделе сочленяющихся костей. При движении в голеностопном суставе поверхности таранной и пяточной костей сходятся и расходятся. При расхождении щель сустава может достигать 5 мм. Расхождение и сближение костей вызывает пронационно-супинационные движения в объеме 6–7° и отведение—приведение в объеме 3°. Сустав подкрепляется мощными связками, натянутыми по наружной и внутренней поверхностям сустава. Снаружи залегают три таранно-пяточные связки — передняя, задняя и наружная, а с медиальной стороны — одна. Кроме этих связок, имеется внутренняя межкостная связка, заполняющая *sinus tarsi*.

Таранно-пяточно-ладьевидный сустав — самый важный из всех суставов предплюсны. Его образуют три кости: таранная — своей головкой, пяточная — своей передневерхней суставной поверхностью и ладьевидная — своей задней поверхностью. Этот сустав отделен от таранно-пяточного с помощью *lig. talocalcaneum interosseum*. Сустав имеет шаровидную форму, в то время как таранно-пяточный сустав — цилиндрическую. Общая ось вращения между костями таранной и пяточной идет в переднезаднем направлении. В этом суставе происходят три вида движений:

- а) пронация — супинация в объеме 22°;
- б) приведение — отведение в объеме 15–16°;
- в) сгибание — разгибание — 8–9° (рис. 1.26).

Таранно-пяточный и таранно-пяточно-ладьевидный суставы являются комбинированными и объединяются в один общий **подтаранный сустав**.

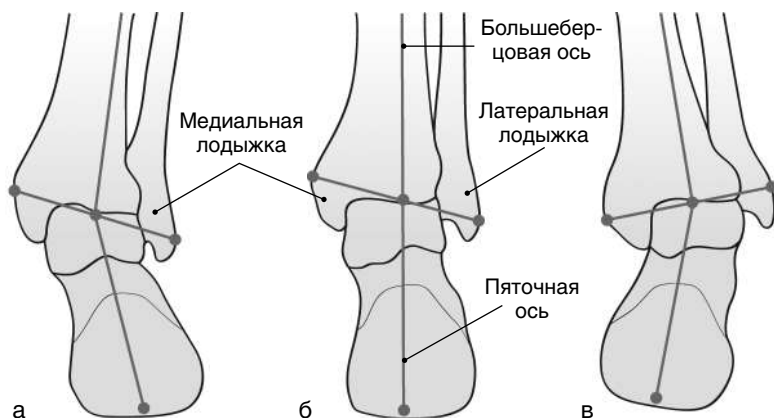


Рис. 1.26. Основные оси движения правой стопы, вид сзади: а — оси движения заднего отдела стопы; б — вальгусное положение; в — варусное положение (цит. по Билич Г.Л. и др.)

Голеностопный сустав и подтаранный сустав, дополняя друг друга в смысле подвижности, позволяют стопе в этих двух суставах производить следующие движения: сгибание и разгибание, приведение и отведение, пронацию и супинацию и, наконец, круговое движение.

Пяточно-кубовидный сустав образован пяточной и кубовидной костями. Он является самостоятельным суставом и имеет плоскую или несколько седлообразную форму. Его сумка имеет вспомогательные связки, из которых наиболее крепкой является длинная подошвенная связка, которая идет от пяточной кости и доходит до основания плюсневых костей (II и V). Пяточно-кубовидный сустав вместе с таранно-ладьевидным суставом составляет один общий поперечный сустав предплюсны (Шопара). Подвижность в этом суставе велика, особенно в пяточно-кубовидной его части. Сустав с тыльной стороны укреплен раздвоенной связкой, которая соединяет пяточную кость с ладьевидной и кубовидной.

Суставы между клиновидными, ладьевидной и кубовидной костями малоподвижны, хорошо укреплены связками, расположенными с тыльной и подошвенной сторон стопы, а также связками, находящимися внутри сустава.

Предплюсневые и подтаранный суставы.

- Предплюсневые суставы (Лисфранка) состоят из трех частей: сустава между I клиновидной и I плюсневой костями, между II и III клиновидными костями и II и III плюсневыми костями и, наконец, между кубовидной костью и IV и V плюсневыми костями. Все названные суставы имеют плоскую форму. Исключение составляет первый сустав, который по форме иногда может быть отнесен к седлообразным. Эти суставы хорошо укреплены связками, расположенными как на тыльной, так и на подошвенной стороне. Эти суставы придают стопе добавочную подвижность, так как в голеностопном суставе возможно только сгибание и разгибание. Предплюсневые суставы позволяют повернуть стопу внутрь с приведением (супинация) или повернуть ее наружу с отведением (пронация). В связи с тем, что стопа образует свод, тяжесть туловища переносится вперед, на головки плюсневых костей, и назад — на пяточную кость. Они являются опорными участками стопы, несущими на себе тяжесть тела при опоре. Устойчивость своду при нагрузке придают жестко скрепленные между собой предплюсневые суставы.
- Подтаранный (таранно-пяточный) сустав — самый важный из предплюсневых суставов, так как позволяет производить пронацию и супинацию стопы.

Плюснефаланговые и межфаланговые суставы. Анатомическое строение плюснефаланговых и межфаланговых суставов стопы очень сходно со строением соответствующих суставов кисти. Объем сгибания плюснефаланговых суставов небольшой, что обусловлено более плотной суставной капсулой по сравнению с соответствующими пястно-фаланговыми суставами кисти.

Нормальная стопа имеет три точки опоры: сзади — подошвенная бугристость пяточной кости, а спереди — головки I и V плюсневых костей. Эти точки опоры соединены системой арок, удерживающей подошвенный свод.

Стопа является опорным и рессорным аппаратом тела человека. Она имеет сводчатое строение. Различают два основных продольных свода стопы: внутренний и наружный.

- Внутренний свод образован таранной, ладьевидной, тремя клиновидными и первыми тремя плюсневыми костями (рис. 1.27). Внутренний свод имеет высоту 5–7 см и носит название *рессорного*.
- Наружный свод состоит из пяточной, кубовидной и двух плюсневых костей. Вершиной арки является кубовидная кость, которая приподнята над плоскостью пола на 3–5 мм. Свод носит название *опорного*.

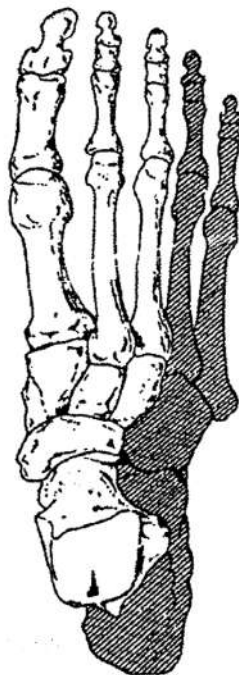


Рис. 1.27. Внутренний свод стопы. Проходит через бугор пяточной кости, таранную, ладьевидную, I клиновидную и I плюсневую кости. Вершиной этой дуги является ладьевидная кость, которая при нагрузке опускается, дуга при этом становится длиннее. Высота внутреннего свода при угле свода 125° равна 39 см, а при нагрузке ладьевидная кость отстает от пола на 15–18 мм (Маркс В.О.)

Внимание! Высота продольного свода непостоянна и изменяется не только от нагрузки, но и с возрастом.

В поддержании продольного свода принимают участие следующие мышцы: длинная малоберцовая, задняя и передняя большеберцовые, длинный сгибатель большого пальца.

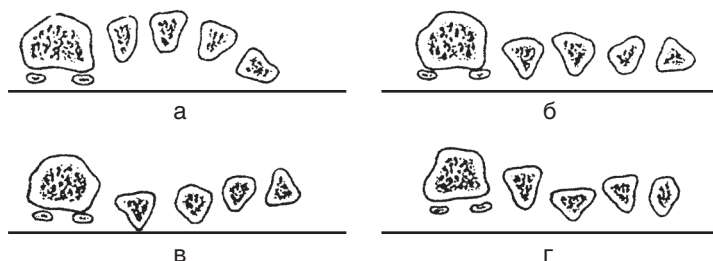


Рис. 1.28. Передний поперечный свод (сечение проведено проксимальнее головок плюсневых костей): а — нормальная форма свода; б — нижняя граница нормы — головки еще находятся в одной плоскости; в — поперечное плоскостопие с преимущественной нагрузкой II-й и III-й головок; г — преимущественная нагрузка приходится на III-ю головку

Поперечный свод образован головками плюсневых костей и наиболее выражен вблизи сустава Лисфранка. Головки I—IV и V плюсневых костей лежат на одном уровне, а головки II и III — выше. Свод под влиянием нагрузки пружинит, чем создает дополнительную амортизацию (рис. 1.28).

В поддержании поперечного свода значительную роль играют мышцы, особенно большое значение придается отводящей мышце большого пальца, а также межкостным и червеобразным.

Движения голеностопного сустава почти полностью ограничиваются подошвенным сгибанием и разгибанием. От нормального положения покоя, при котором угол между голенью и стопой равен 90° (0°), в голеностопном суставе возможно разгибание на 20° и сгибание на 45° . Пронация и супинация стопы происходят обычно в подтаранном сочленении. При супинации стопа повернута внутрь, а при пронации — наружу. В подтаранном суставе возможны пронация на 20° и супинация на 30° , считая от нормальной позиции покоя.

В плюснефаланговом суставе I пальца разгибание возможно на 80° и сгибание — на 35° . В плюснефаланговых суставах остальных пальцев объем движений — сгибания—разгибания — 40° .

В проксимальных межфаланговых суставах разгибание дальше позиции, обозначенной 0° , невозможно, а сгибание достигает 50° . В дистальных межфаланговых суставах некоторых пальцев разгибание может достигнуть 30° , а сгибание — 40 – 50° .

Мышцы, обеспечивающие движения в суставе, следующие.

- Мышцами-сгибателями стопы являются трехглавая мышца голени, подошвенная, задняя большеберцовая, длинный сгибатель большого пальца, длинный сгибатель пальцев, длинная и короткая малоберцовые мышцы.

- Разгибателями стопы являются мышцы, составляющие переднюю группу мышц голени. К ним относятся передняя большеберцовая, длинный разгибатель пальцев, длинный разгибатель большого пальца.
- Приведение стопы происходит при одновременном сокращении передней и задней большеберцовых мышц.
- В отведении стопы принимают участие короткая и длинная малоберцовые мышцы.
- Стопу пронируют главным образом малоберцовые мышцы (длинная и короткая).
- Супинация стопы осуществляется за счет следующих мышц: передней большеберцовой мышцы, длинного разгибателя большого пальца.
- Поочередное действие групп мышц, проходящих около суставов стопы и идущих к ней с голени, вызывает круговое движение стопы, то есть ее циркумдукцию.

Пяточное (ахиллово) сухожилие. Ахиллово сухожилие является самым мощным сухожилием человеческого тела. Сухожилие находится на задней поверхности голени, в месте соединения внутренней и наружной головок трехглавой мышцы голени (икроножной мышцы) и глубокой головки трехглавой мышцы (камбаловидной). Спускаясь вниз, ахиллово сухожилие суживается, прикрепляясь к бугру пяточной кости. Сухожилие расположено в специальном канале. Внутри канала находится жидкость, уменьшающая трение.

Ахиллово сухожилие отвечает за сгибание голеностопного сустава (возможность вставать на носки, подпрыгивать и т.д.) (рис. 1.29).

Некоторые биомеханические особенности голеностопного сустава в норме и при патологии. Знание соотношения осей голени и стопы в норме и при патологии чрезвычайно важно, так как оно дает возможность в каждом отдельном случае повреждений со смещением объективно оценить степень подвывиха стопы и правильно решить вопросы о необходимости применения того или иного способа лечения.

В норме (рис. 1.30) в переднезадней проекции ось голени АБ и ось стопы ВГ составляют



Рис. 1.29. Пяточное (ахиллово) сухожилие



Рис. 1.30. Соотношение оси голени и блока таранной кости (переднезадняя проекция)

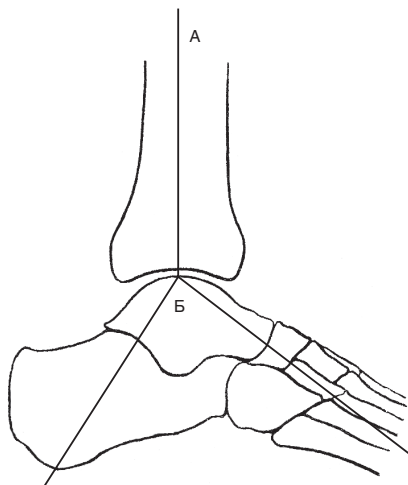


Рис. 1.31. Соотношение оси голени и блока таранной кости (боковая проекция)

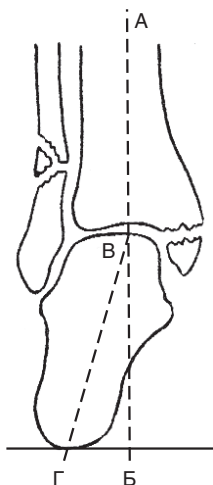


Рис. 1.32. Соотношение оси голени и стопы при наружном смещении (вариант повреждения)

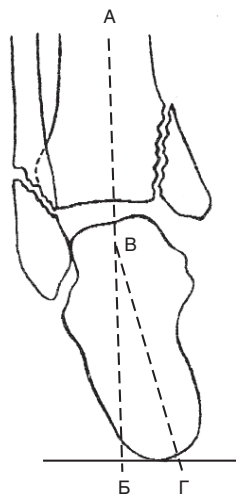


Рис. 1.33. Соотношение оси голени и стопы при внутреннем смещении (вариант повреждения)

угол БВГ, открытый кнаружи и равный 3–10° (так называемый физиологический вальгус стопы).

В боковой проекции ось голени АБ (рис. 1.31), проходящая через центр суставной поверхности большеберцовой кости (Б), совпадает с центром тела таранной кости.

При повреждении лодыжек со смещением отломков вследствие изменения соотношения этих осей возникают серьезные нарушения статики всей нижней конечности.

При наружном смещении стопы вертикаль центра тяжести тела АБ (рис. 1.32) смещается кнаружи, в положение линии ВГ, и между осью голени и осью стопы образуется угол АВГ больше физиологического, открытый в латеральную сторону.

При внутреннем смещении стопы вертикаль АБ смещается кнутри, в положение ВГ, и между осью голени и осью стопы образуется угол АВГ, открытый кнутри (рис. 1.33).

При смещении таранной кости кзади (рис. 1.34) линия ВБ смещается в положение ВГ и образуется угол АВГ, открытый кзади.

При смещении таранной кости кпереди (рис. 1.35) линия АБ смещается в положение АГ и образуется угол АВГ, открытый кпереди.

На приведенных схемах показаны изменения, возникающие в соотношении осей голени и стопы при наиболее часто встречающихся повреждениях в области голеностопного сустава и типичных смеще-

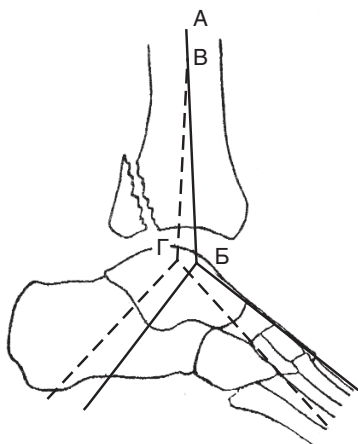


Рис. 1.34. Соотношение оси голени и стопы при заднем смещении (вариант повреждения)

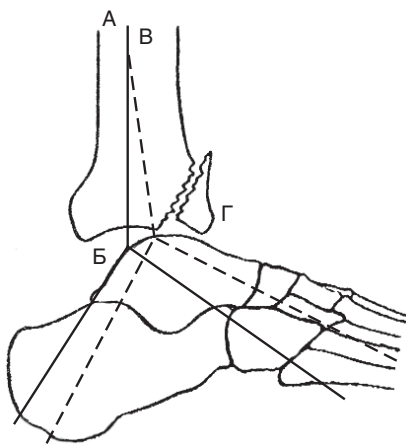


Рис. 1.35. Соотношение оси голени и стопы при переднем смещении (вариант повреждения)

ниях стопы. Вследствие того, что при этих видах повреждений необходимо полностью устранить даже незначительные смещения таранной кости, следует учитывать каждый градус отклонения оси стопы от оси голени.

1.6. АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИСТИ

Соединение частей скелета между собой осуществляется с помощью синартрозов и диартрозов. Наибольший интерес для биомеханики представляют сочленения костей, при которых последние могут менять свое положение одна относительно другой. В соединениях подобного рода концы костей имеют определенной формы поверхности, покрытые хрящом. Они конгруэнтны, причем одна поверхность играет роль головки, а другая — впадины. Обе они охвачены прочной фиброзной суставной сумкой, которая ограничивает полость сустава и допускает соответствующие движения.

Таким образом, суставы соединяют сегменты в биокинематическую цепь (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Степени свободы суставов биокинематической цепи верхней конечности

Сочленение (сустав)	Количество степеней свободы
Грудино-ключичный	3
Плечевой	3
Локтевой	1
Лучелоктевой (проксимальный)	1
Лучезапястный	2
Запястно-пястный сустав I пястной кости	2
Пястно-фаланговый сустав I пальца	1
Межфаланговый сустав I пальца	1
Пястно-фаланговые суставы II–V пальцев	2
Проксимальные межфаланговые суставы II–V пальцев	1
Дистальные межфаланговые суставы II–V пальцев	1

Биокинематическая цепь становится управляемой в случае, если избыточные степени свободы фиксируются совокупностью сил, возника-

ющих в процессе ее движения. В преодолении избыточных степеней свободы движущегося органа заключается задача координации движений (Бернштейн Н.А.).

Функции кисти (Капанджи А.И.).

- Хватательная функция присутствует во всех формах кисти, только у человека она доведена до совершенства. Это обеспечивается специальной функцией большого пальца, называемой противопоставлением.
- С функциональной точки зрения кисть — исполнительный орган верхней конечности, обладающий механической опорностью и позволяющий принять оптимальное положение для выполнения каждого конкретного действия.
- Кисть обеспечивает кору головного мозга информацией о толщине предмета и расстоянии до него и тем самым тренирует визуальное распознавание путем перекрестной проверки информации.
- Стереогноз — распознавание рельефа, формы, толщины, места, занимаемого предметом в пространстве.

Кисть — это не только двигательный орган, но и высокочувствительный и точный сенсорный рецептор, отсылающий по принципу обратной связи информацию, необходимую для его функционирования.

Кисть отличается большой сложностью анатомического строения. Здесь на небольшой площади заложены важные образования, поражение которых влечет за собой непоправимое нарушение функции этого важного отдела конечности.

Кожа ладонной поверхности прочно связана сухожильными тяжами с ладонным апоневрозом, построенным из продольных и поперечных волокон. Рубцовые стяжения апоневроза приводят к контрактуре пальцев, описанной Дюпоитреном.

Кисть имеет три отдела: запястье, пястье и пальцы, которые, в свою очередь, состоят из отдельных фаланг.

Суставы области запястья состоят из трех самостоятельных сочленений: *articulationes radiocarpae, mediocarpae, carpometacarpeae*. Все три сочленения рассматривают как единый сустав, так как капсула у них общая. Она укреплена рядом связок, из которых наиболее отчетливо выделяются *lig. collateralia carpi ulnare* и *radiale*.

Кости запястья имеют неправильную форму. Они расположены в два ряда. Верхний, или проксимальный, ряд составляют следующие кости, если идти со стороны большого пальца в сторону V пальца: ладьевидная, полулунная, трехгранная и гороховидная. Нижний ряд, или дистальный, составляют также четыре кости: большая многоугольная, ма-

лая многоугольная, головчатая и крючковатая, которая своим крючком обращена в ладонную сторону кисти. Верхний ряд костей запястья образует выпуклость по направлению кверху, то есть к лучевой кости, и имеет суставную поверхность. Нижний ряд соединяется с верхним рядом в суставе неправильной формы. Кости запястья не находятся в одной плоскости, а изогнуты, образуя борозду на ладонной и выпуклость — на тыльной поверхности. Борозда, называемая бороздой запястья, служит местом прохождения сухожилий мышц — сгибателей пальцев. Ее внутренний край ограничен гороховидной костью и крючком крючковидной кости, которые легко пальпируются, особенно первая из них.

Наружный край этой борозды составлен двумя костями — ладьевидной и большой многоугольной (рис. 1.36).

В.Ф. Войно-Ясенецкий доказал наличие сообщения в некоторых случаях лучезапястного сустава с синовиальным влагалищем сгибате-

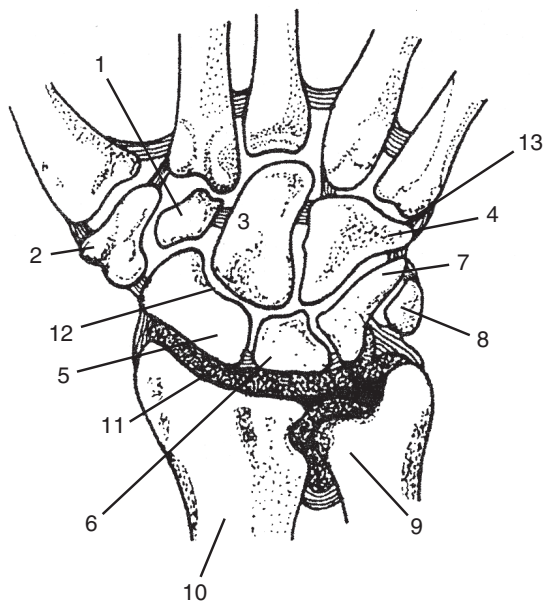


Рис. 1.36. Кости запястья: 1 — трапециевидная кость; 2 — кость-трапеция; 3 — головчатая кость; 4 — крючковидная кость; 5 — ладьевидная кость; 6 — полулунная кость; 7 — трехгранная кость; 8 — гороховидная кость; 9 — локтевая кость; 10 — лучевая кость; 11 — лучезапястный сустав; 12 — межзапястный сустав; 13 — запястно-пястный сустав

лей пальцев, а в редких случаях — с синовиальным влагалищем лучевого разгибателя кисти. Эта анатомическая деталь объясняет наблюдаемое иногда осложнение тендовагинита кисти артритом.

Кости пястья. Пясть составлена пятью трубчатыми костями. Пястная кость I пальца короче остальных, но отличается своей массивностью. Наиболее длинной является вторая пястная кость. Следующие кости уменьшаются в длине по направлению к локтевому краю кисти. Каждая пястная кость имеет основание, тело и головку. Как основание, так и вся головка имеют суставные поверхности для сочленения с костями запястья и основных фаланг. Тела пястных костей имеют несколько неправильную форму, сзади они выпуклые, а спереди вогнутые. Основания I и V пястных костей имеют суставные поверхности седловидной формы. Основания остальных костей имеют плоские су-

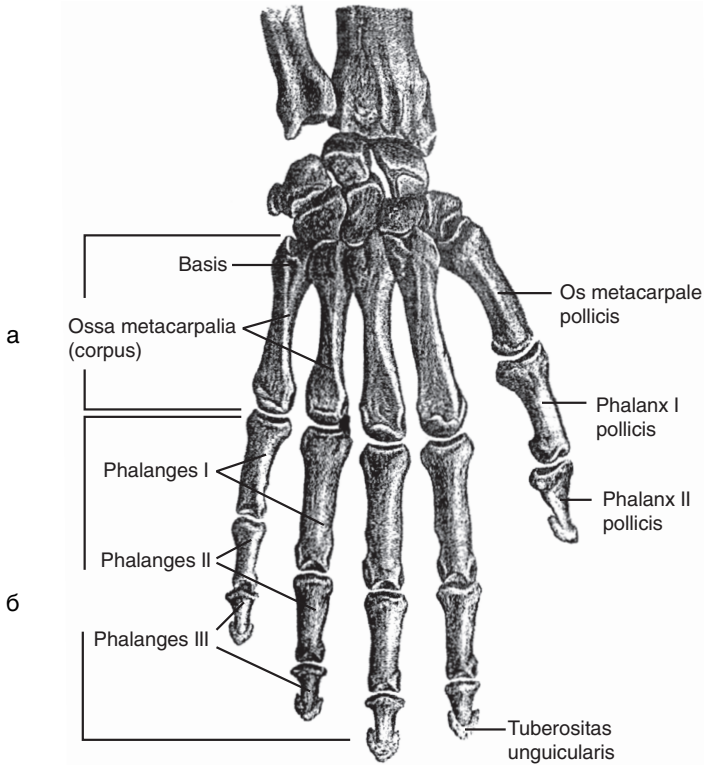


Рис. 1.37. Скелет кисти: а — кости пястья; б — фаланги пальцев

ставные поверхности, из них третья суставная кость содержит шиловидный отросток.

Каждый из пальцев состоит из трех фаланг. Исключение составляет I палец, который имеет только две фаланги. Фаланги называются: первая, или основная; вторая, или средняя; третья, или ногтевая. Большой палец состоит из основной и ногтевой фаланг. Основные фаланги являются наиболее длинными, в то время как ногтевые — наиболее короткими. Каждая основная фаланга располагает суставной поверхностью на своем верхнем, или проксимальном, конце для сочленения с головкой пястной кости. На их нижнем, или дистальном, конце суставная поверхность характеризуется блоковидной формой для сочленения со средней фалангой. Тело основных фаланг, равно как средних и ногтевых, уплощено в переднезаднем направлении. Средние фаланги на своих концах также имеют суставные поверхности: одну, сочленяющуюся с головкой первой фаланги, а другую, блоковидной формы, сочленяющуюся с основанием ногтевой фаланги (рис. 1.37).

Кроме указанных костей, кисть содержит еще *сесамовидные косточки*, которые не являются самостоятельными костями, а находятся в толще сухожилий. Такие косточки расположены между пястной костью большого пальца и его основной фалангой, а также между пястной костью и основными фалангами II и V пальцев. Эти косточки расположены только на ладонной поверхности. Все сесамовидные кости, равно как и все кости плечевого пояса и свободной верхней конечности, увеличивают плечо рычага тех мышц, которые к ним прикрепляются.

1.6.1. СОЕДИНЕНИЕ КОСТЕЙ

Лучезапястный сустав. Этот сустав соединяет кости предплечья с кистью. Суставную ямку в нем образуют запястная суставная поверхность лучевой кости и дистальная поверхность суставного диска. Суставной головкой служат кости проксимального ряда запястья: ладьевидная, полулунная и трехгранная. Суставная капсула укреплена лучевой и локтевой коллатеральными связками, а также связками, соединяющими на ладонной и тыльной сторонах отдельные кости запястья. Сустав эллипсоидный. Вокруг фронтальной оси проходит сгибание и разгибание, вокруг сагиттальной оси — приведение (движение в сторону локтевой кости) и отведение (движение в сторону лучевой кости) кисти (рис. 1.38).

Среднезапястный сустав расположен между проксимальным (за исключением гороховидной) и дистальным рядом костей запястья. Су-

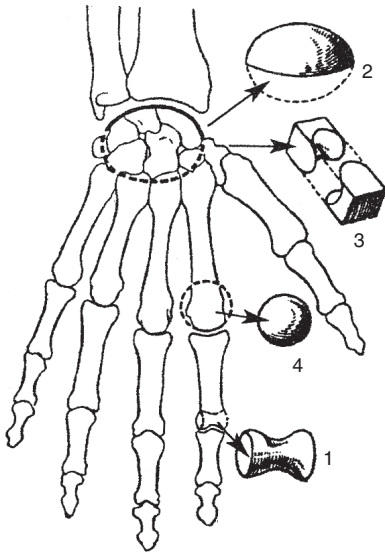


Рис. 1.38. Схематическое изображение различных типов суставов в области кисти: 1 — блоковидный; 2 — эллипсоидный; 3 — седловидный; 4 — шаровидный

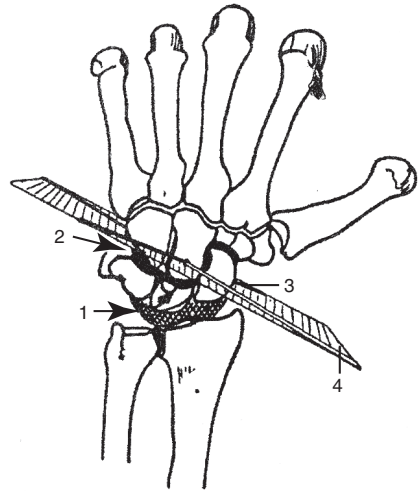


Рис. 1.39. Основные оси вращения лучезапястного и среднезапястного (межзапястного) суставов: 1 — лучезапястный сустав; 2 — среднезапястный сустав; 3 — ось среднезапястного сустава; 4 — ось лучезапястного сустава. Помимо осей, изображена плоскость, в которой они располагаются

ставная щель идет S-образно. Сустав укреплен теми же связками, что и лучезапястный сустав. Функционально среднезапястный сустав объединяется с лучезапястным суставом, увеличивая объем движений, которые происходят вокруг тех же осей (рис. 1.39).

Запястно-пястные суставы представляют собой соединения нижнего ряда костей запястья с основаниями пястных костей. Эти суставы малоподвижны. В них возможно скольжение на 5–10° в ту или другую сторону. Исключение составляет запястно-пястный сустав I пальца, который образован большой многоугольной костью и основанием первой пястной кости. Этот сустав не сообщается с полостями других суставов. Сочленяющиеся в нем поверхности имеют седловидную форму. Сустав располагает двумя взаимно перпендикулярными осями вращения, вокруг которых возможны следующие движения: приведение и отведение, противопо-

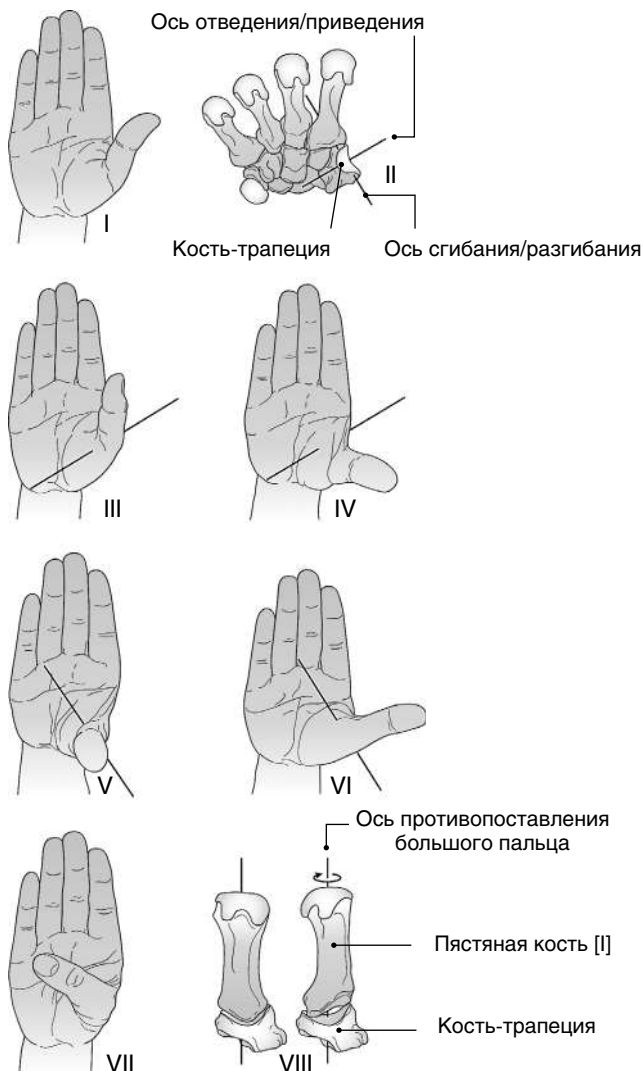


Рис. 1.40. Движения большого пальца в запястно-пястном суставе (Билич Г.Л. и др.): I — нормальное (нейтральное) положение (0°); II — оси движения в запястно-пястном суставе; III — приведение; IV — отведение; V — сгибание; VI — разгибание; VII — противопоставление; VIII — ось противопоставления большого пальца. В то время как первая пястная кость вращается, зона ее контакта с суставной поверхностью кости-трапеции сильно уменьшается



Рис. 1.41. L-образный неподвижный сегмент запястно-пястного сустава

ставление и обратное движение (оппозиция и репозиция). Кроме того, в этом суставе возможно круговое движение (циркумдукция). Благодаря противопоставлению большого пальца всем остальным пальцам значительно возрастает возможность хватательных движений кисти (рис. 1.40).

Вторая и третья пястные кости вместе с дистальным рядом костей запястья образуют фиксированное L-образное соединение, вокруг которого с точки зрения функции выстроены остальные элементы кисти (рис. 1.41).

Межпястные суставы образованы боковыми суставными поверхностями оснований II–V пястных костей. Укрепляются тыльными и ладонными пястными связками. По форме эти суставы плоские, движения в них незначительные.

Пястно-фаланговые суставы образованы головками пястных костей и основаниями основных фаланг пальцев. Все эти суставы имеют шаровидную форму и соответственно ей три взаимно перпендикулярные оси вращения. Вокруг этих осей возможны сгибание и разгибание, приведение и отведение, а также круговое движение (циркумдукция). Пронация и супинация в этих суставах возможны только пассивные. Если кистью одной руки захватить какой-либо из пальцев другой, то можно выполнить пассивные движения вокруг оси, проходящей вдоль того или иного пальца. Однако активные движения невозможны за отсут-

ствием мышц, идущих наискось по отношению к вертикальной оси каждого из этих суставов.

Пястно-фаланговые суставы укреплены боковыми связками, которые переплетаются с волокнами поперечных связок головок. Последние три связки располагаются между головками II–V пястных костей и отсутствуют только между головками I и II пястных костей. Это обстоятельство играет существенную роль, обеспечивая большую подвижность I пястной кости. Поперечные связки головок укрепляют головки пястных костей друг относительно друга, препятствуя движению этих костей в стороны.

Межфаланговые суставы образованы головками и основаниями проксимальнее и дистальнее расположенных фаланг. Имеют блоковидную форму, их оси проходят поперечно. Вокруг этих осей возможно сгибание и разгибание. Верхние (проксимальные) межфаланговые су-

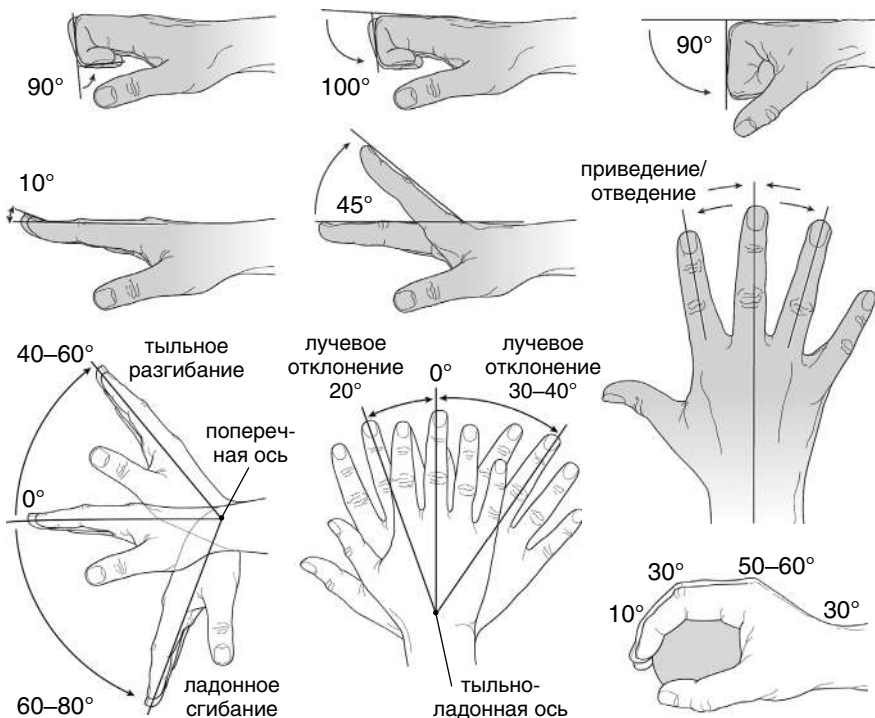


Рис. 1.42. Объем движений в лучезапястном суставе и пальцев кисти (Билич Г.Л. и др.)

ставы, расположенные между основными и средними фалангами, имеют объем подвижности при сгибании и разгибании, равный 110–120°, в то время как нижние (дистальные) имеют подвижность, равную 80–90°. Все межфаланговые суставы фиксированы хорошо выраженными связками, расположенными с их внутренней и наружной стороны. Эти связки не препятствуют сгибанию и разгибанию фаланг, но тормозят их движения в стороны (рис. 1.42).

Анатомо-функциональный комплекс руки способствует осуществлению захвата. Однако существует не один, а несколько способов захвата, которые можно объединить в три большие группы (цит. по Капанджи А.И.):

- 1) собственно захваты, которые следует называть зажимами;
- 2) захваты с использованием силы тяжести;
- 3) захваты плюс действие.

1.6.2. СОБСТВЕННО ЗАХВАТЫ

Собственно захваты, или зажимы, подразделяются на три группы:

- а) пальцевые;
- б) ладонные;
- в) центрированные.

Они не требуют участия силы тяжести.

Пальцевые захваты, или зажимы

А. Двухпальцевые зажимы осуществляются обычно большим и указательным пальцами. Они могут быть трех типов в зависимости от того, является ли оппозиция терминальной, субтерминальной или субтерминолатеральной.

— Зажим терминальной оппозицией позволяет держать предмет небольших размеров и подбирать тонкие предметы (например, иголку). Большой и указательный пальцы противопоставляются друг другу. Этот способ захвата требует работы всех мышц, так как сгибание доводится до максимума, и особенно следующих мышечных групп:

- а) мышца *flexor digitorum profundus* указательного пальца, которая стабилизирует дистальную фалангу в положении сгибания, чем объясняется важность восстановления в приоритетном порядке длинной сгибающей мышцы большого пальца;
- б) мышца *flexor pollicis longus*, по той же причине, со стороны большого пальца.

- Зажим субтерминальной оппозицией (подушечками пальцев) позволяет держать наиболее крупные предметы (например, лист бумаги). Тест на эффективность захвата состоит в том, чтобы попытаться выдернуть лист бумаги, зажатый между большим и указательным пальцами. Если оппозиция хорошая, лист выдернуть невозможно. Главными для этого способа захвата мышцами являются:
 - а) *flexor digitorum superficialis* указательного пальца (стабилизация в сгибании II фаланги);
 - б) и сгибающие ладонные мышцы I фаланги большого пальца: *flexor pollicis brevis*, *interosseus palmaris primus*, *abductor pollicis brevis* и особенно *adductor pollicis*.
- Зажим субтерминалолатеральной оппозицией — это когда мы держим монету. Главными мышцами для этого способа захвата являются:
 - а) *interosseus dorsalis primus indicis* (чтобы стабилизировать в боковом направлении указательный палец, который, кроме того, подпирается другими пальцами); *flexor pollicis brevis*, *interosseus palmaris primus* и особенно *adductor pollicis*;
 - б) *flexor pollicis brevis*, *interosseus palmaris primus* и особенно *adductor pollicis*.

Б. В многопальцевых захватах участвуют, кроме большого, два, три или четыре других пальца. Они позволяют держать предмет гораздо крепче, чем при двухпальцевом захвате, который более точен.

Ладонные захваты

В ладонных захватах участвует, кроме пальцев, ладонь руки. Они могут быть двух типов в зависимости от того, задействуется или нет большой палец.

- А. При пальцево-ладонном захвате ладонь противопоставляется четверем последним пальцам. Это вспомогательный захват, но он часто используется при управлении рычагом или рулем автомобиля. Предмет небольшого диаметра (3–4 см) удерживается между согнутыми пальцами и ладонью, а большой палец в этом не участвует: захват в некоторой степени крепок лишь в дистальном направлении, ближе к запястью предмет может легко выпасть, так как захват не блокирован.
- Б. Ладонный захват всей рукой является силовым захватом для тяжелых и относительно крупных предметов. Объем схваченного предмета оптимален, если позволяет большому пальцу прикасаться к указательному.

Центрированные захваты

Центрированные захваты создают симметрию вокруг продольной оси, которая обычно совпадает с осью предплечья. Они требуют полного сгибания трех последних пальцев, полного распрямления указательного пальца, сгибающие мышцы которого должны работать эффективно, а также минимум оппозиции большого пальца, для которого сгибание межфалангового сустава не является необходимым.

Захваты с помощью силы тяжести

Существуют такие типы захвата, для которых сила тяжести необходима. Если сила тяжести отсутствует, мышцы атрофируются, но если она больше обычной, мышцы должны укрепляться. В этих захватах с помощью силы тяжести рука служит подставкой, как если бы она под-

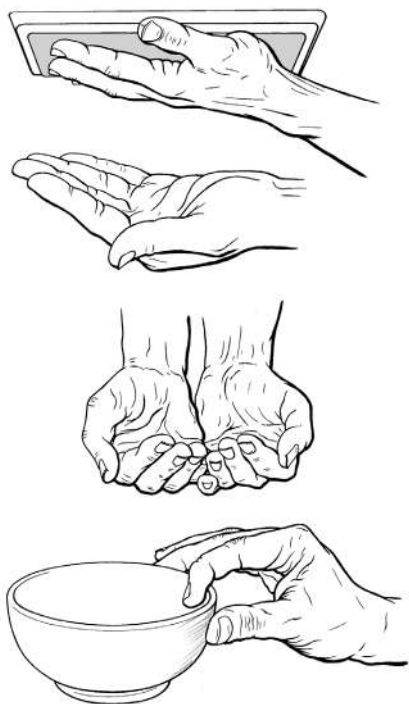


Рис. 1.43. Захваты с помощью силы тяжести



Рис. 1.44. Различные виды захвата плюс действие

держивала, например, поднос, может вести себя как ложка (двумя руками — как ковш). Держание чашки тремя пальцами осуществляется с помощью силы тяжести, так как окружность чашки зажимается между двумя упорами, образуемыми большим и средним пальцами, и крючком, образованным указательным пальцем. Такой захват требует высокой стабильности большого и среднего пальцев и нормального тонуса мышцы *flexor digitorum profundus* указательного пальца, III фаланга которого поддерживает чашку на весу (рис. 1.43).

Захваты плюс действие

Описанные *статические захваты* не исчерпывают все возможности руки. Например, она также способна брать. Существуют захваты плюс действие, когда рука воздействует сама на себя (например, нажатие кнопки, работа ножницами, завязывание узлов одной рукой, работа скрипача левой рукой и многое другое) (рис. 1.44).