

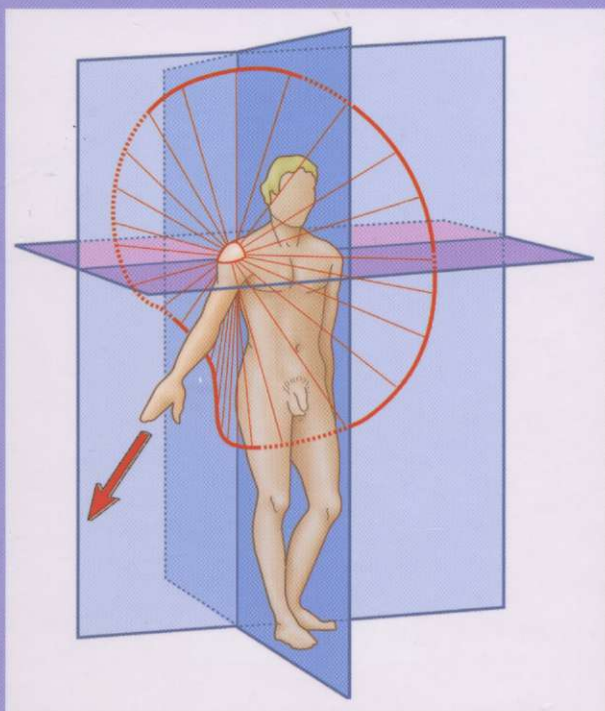
А. И. КАПАНДЖИ

ВЕРХНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ

Физиология суставов

805 цветных
иллюстраций

1



Кисть

Запястье

Локоть

Плечо

Пронация-
супинация

6-е издание

Глава 1

ПЛЕЧЕВОЙ ПОЯС

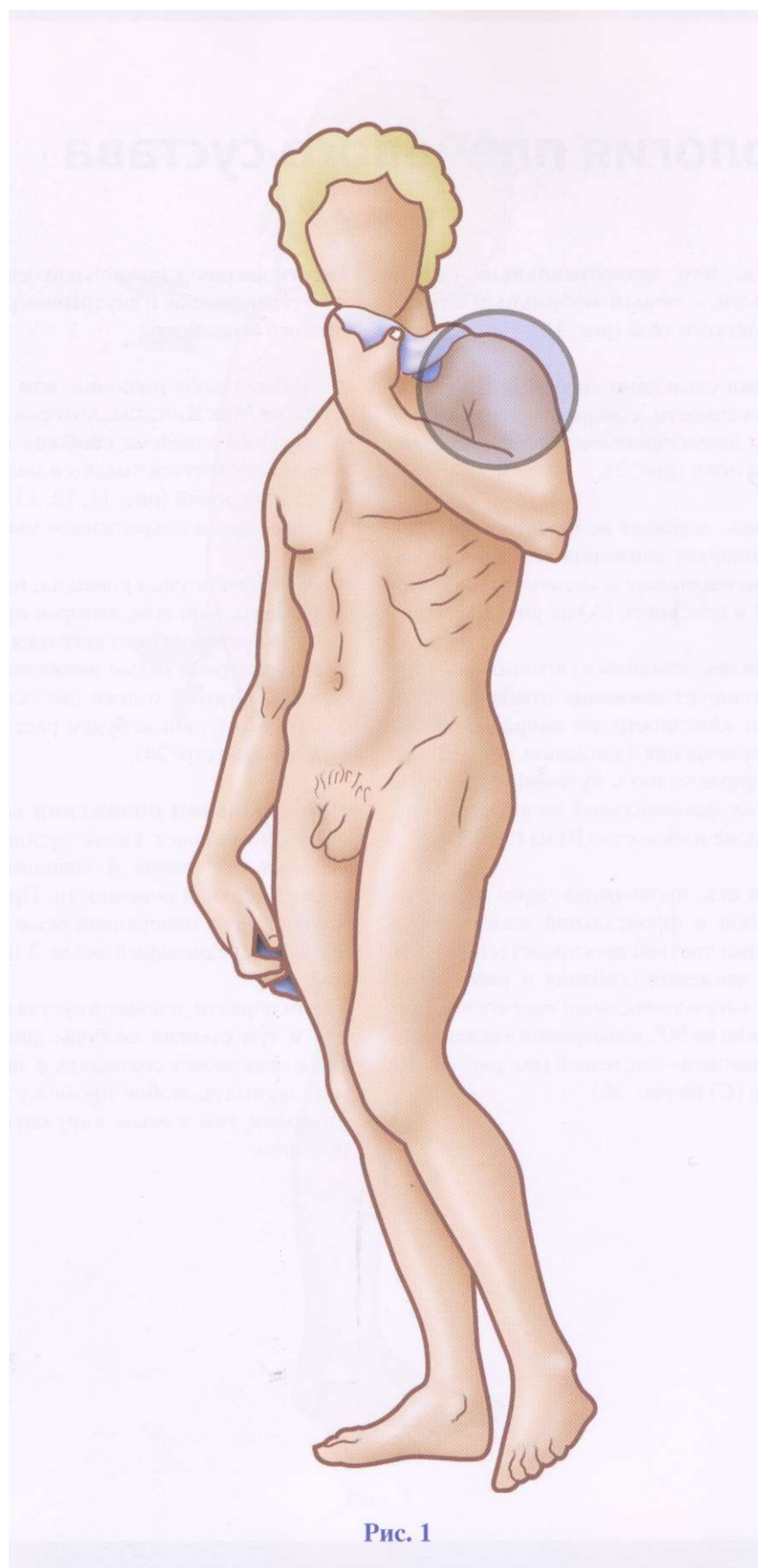


Рис. 1

Физиология плечевого сустава

Плечевой сустав, или **проксимальный сустав** верхней конечности, - **самый мобильный** из всех суставов человеческого тела (рис. 1).

Он обладает **тремя** степенями свободы, что позволяет верхней конечности совершать движения *в трех плоскостях в пространстве и по отношению к трем основным осям* (рис. 2).

1) **Поперечная ось**, лежащая во фронтальной плоскости, контролирует движения сгибания и разгибания, *осуществляемые в сагиттальной плоскости* (рис. 3 и плоскость (А) на рис. 20).

2) **Переднезадняя ось**, лежащая в сагиттальной плоскости, контролирует движения отведения (движение верхней конечности по направлению от туловища) и приведения (движение верхней конечности по направлению к туловищу), которые *реализуются во фронтальной плоскости* (рис. 7, 8, 9, 10, а также плоскость (В) на рис. 20).

3) **Вертикальная ось**, проходящая через пересечение сагиттальной и фронтальной плоскостей и соответствующая третьей пространственной оси, контролирует движения сгибания и разгибания, *происходящие в горизонтальной плоскости*, когда плечо отведено на 90°, называемой также горизонтальной флексией - экстензией (см. рис. 17, 18, 19 и плоскость (С) на рис. 20).

По отношению к продольной оси **4** (рис. 2) осуществляется наружная и внутренняя ротация плеча и всей верхней конечности:

- *произвольная ротация*, или заместительная ротация Мак Конэлла, которая зависит от наличия *третьей степени* свободы движений и может осуществляться только *в шаровидных суставах* с тремя осями (рис. 11, 12, 13); это движение обеспечивается сокращением мышц-ротаторов;
- *автоматическая ротация*, или сочетанная ротация Мак Конэлла, которая происходит без всякого произвольного действия в суставах с двумя и даже тремя осями движения, если в последних используются только две оси. Мы еще вернемся к этому, когда будем рассматривать парадокс Кодмана (стр. 24).

В **нейтральном положении** верхняя конечность свободно свисает вдоль туловища, так что продольная ось плеча **4** совпадает с вертикальной осью 3 верхней конечности. Продольная ось плеча **4** совпадает с поперечной осью 1 при отведении на 90° и с переднезадней осью 2 при сгибании на 90° (рис. 2).

Таким образом, плечевой сустав имеет *три основных оси* и три степени свободы движения. Продольная ось плеча может совпадать с любой из этих осей или занимать любое промежуточное положение, позволяя тем самым наружную или внутреннюю ротацию.



Рис. 2

Сгибание, разгибание, приведение

Движения сгибания и разгибания (рис. 3, 4, 5, 6) выполняются *в сагиттальной плоскости* (плоскость А на рис. 20) по отношению к поперечной оси (ось 1, рис. 2):

- **разгибание:** движение с небольшой амплитудой, равной 45-50°;
- **сгибание:** движение с большей амплитудой до 180°; обратите внимание на то, что положение сгибания под углом 180° можно также считать положением отведения на 180°, сочетанным с осевой ротацией (см. парадокс Кодмана).

Часто ошибочно для обозначения сгибания применяется термин антепульсия (приведение органа кпереди во фронтальной плоскости) и термин ретропульсия (отведение органа кзади во фронтальной плоскости) для обозначения разгибания. Эти понятия применимы для определения движения плечевого пояса в горизонтальной плоскости (рис. 14, 15, 16) и не следует применять эти термины для описания движений верхней конечности в целом.

Приведение (рис. 5, 6) во фронтальной плоскости из нейтрального положения (т.е. полного приведения) механически невозможно, так как этому *препятствует туловище*.

Из нейтрального положения приведение возможно лишь в сочетании

- с разгибанием (рис. 5), при этом приведение крайне незначительно;
- со сгибанием (рис. 6), при этом приведение может достигать 30-45°.

Из положения отведения на любую величину возможно приведение (его также называют «*относительным приведением*») во фронтальной плоскости до достижения нейтрального положения.

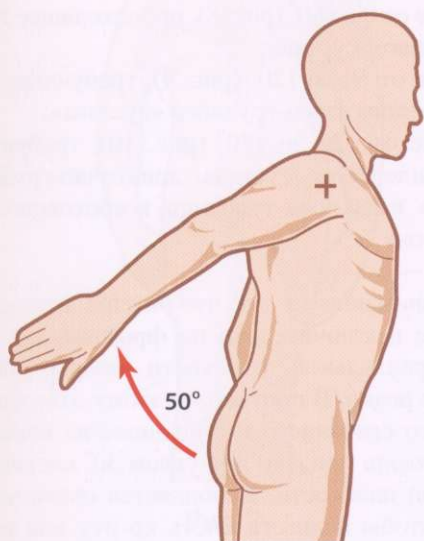


Рис. 3

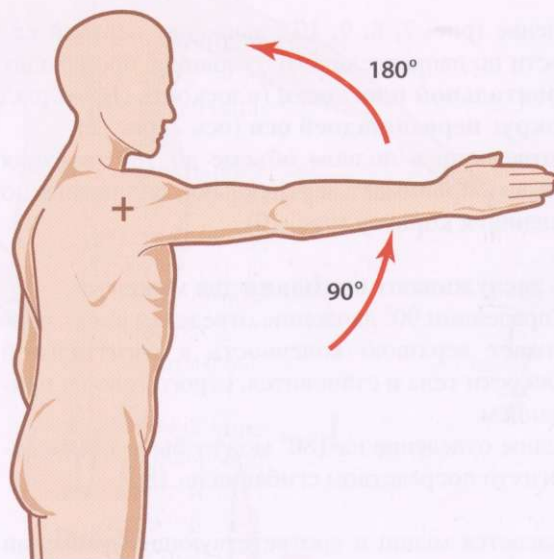


Рис. 4

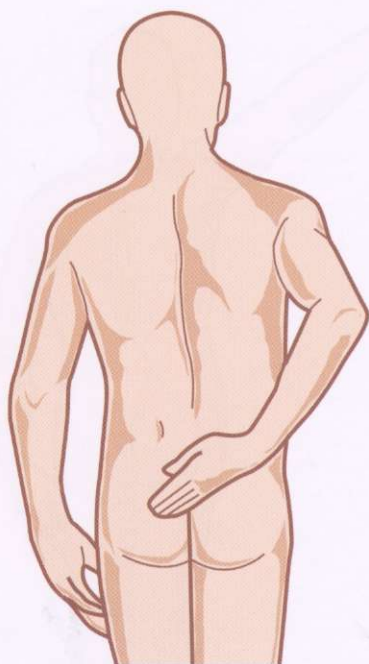


Рис. 5

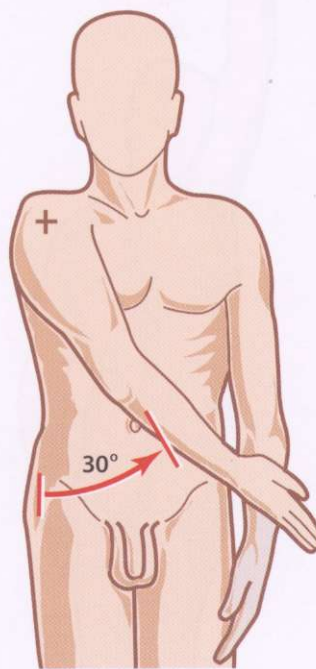


Рис. 6

Отведение

Отведение (рис. 7, 8, 9, 10), движение верхней конечности по направлению от туловища, происходит **во фронтальной плоскости** (плоскость (В) на рис. 20) **вокруг переднезадней оси** (ось 2, рис. 2).

При отведении в полном объеме до 180° верхняя конечность принимает вертикальное положение по отношению к корпусу (рис. 10).

Здесь заслуживают внимания два момента:

- За пределами 90° движение отведения вновь приближает верхнюю конечность к сагиттальной плоскости тела и становится, строго говоря, приведением.
- Полное отведение на 180° может быть также достигнуто посредством сгибания на 180°.

Что касается мышц и соответствующих движений в суставе, то **отведение**, начинаясь из нейтрального положения (рис. 7), проходит через **три фазы:**

- 1) отведение от 0 до 60° (рис. 8), происходящее только в плечевом суставе;
- 2) отведение от 60 до 120° (рис. 9), требующее подключения лопаточно-грудного «сустава»;
- 3) отведение от 120 до 180° (рис. 10), требующее участия плечевого сустава, лопаточно-грудного «сустава» и наклона туловища в противоположную сторону.

Обратите внимание на то, что чистое отведение, реализуемое исключительно во фронтальной плоскости, параллельной плоскости опоры спины, встречается редко. **В** противовес этому отведение в сочетании со сгибанием, т.е. поднимание конечности *в плоскости* лопатки под углом 30° кпереди от фронтальной плоскости, выполняется очень часто, например, чтобы поднести кисть ко рту или положить ее на заднюю поверхность шеи. Это положение соответствует положению равновесия мышц плеча (рис. 22).



Рис. 7

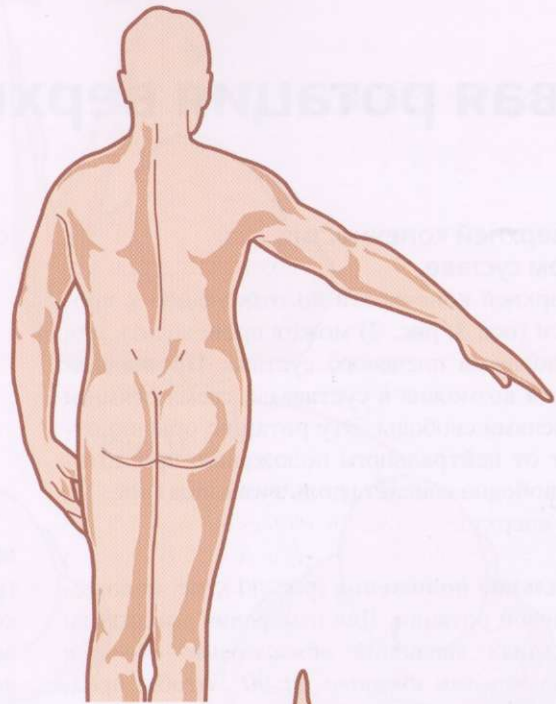


Рис. 8

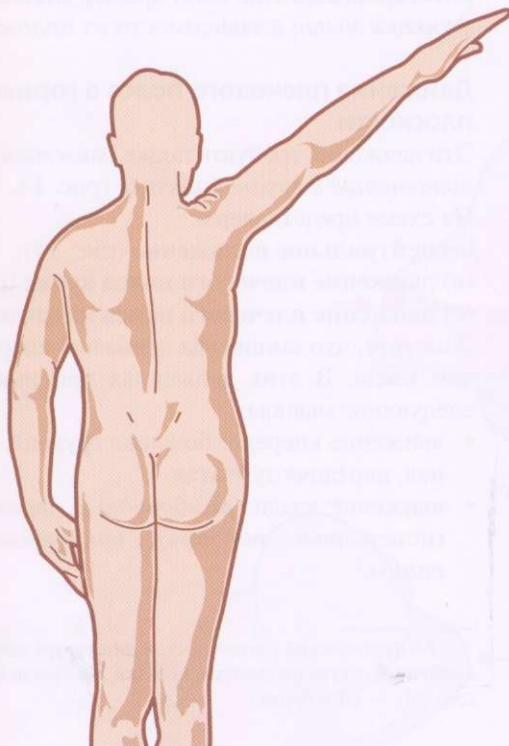


Рис. 9

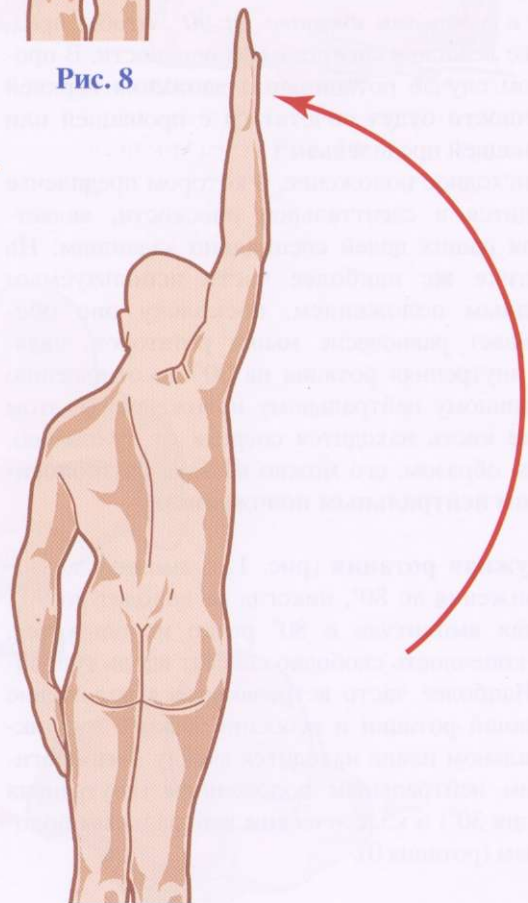


Рис. 10

Осевая ротация верхней конечности

Ротация верхней конечности в плечевом суставе

Ротация верхней конечности по отношению к продольной оси (ось 3, рис. 2) может происходить при любом положении плечевого сустава. **Произвольная ротация** возможна в суставах с тремя осями и тремя степенями свободы. Эту ротацию обычно отсчитывают от нейтрального положения, при котором рука свободно свисает вдоль туловища (рис. 11, 12, 13, вид сверху).

- (а) **Нейтральное положение** (рис. 11), т.е. положение нулевой ротации. Для измерения амплитуды ротационных движений *обязательно согните руку в локтевом суставе на 90°*, чтобы предплечье лежало в сагиттальной плоскости. В противном случае ротационные движения верхней конечности будут сочетаться с пронацией или супинацией предплечья.

Это исходное положение, в котором предплечье находится в сагиттальной плоскости, является для наших целей специально заданным. На практике же наиболее часто используемым исходным положением, поскольку оно обеспечивает равновесие мышц ротаторов, является внутренняя ротация на 30° по отношению к истинному нейтральному положению (в этом случае кисть находится спереди от туловища). Таким образом, его можно назвать **физиологическим нейтральным положением**.

- (в) **Наружная ротация** (рис. 12): амплитуда этого движения до 80°, никогда не доходит до 90°. Полная амплитуда в 80° редко используется, если конечность свободно свисает вдоль туловища. Наиболее часто встречающееся положение наружной ротации и особенно важное в функциональном плане находится между физиологическим нейтральным положением (внутренняя ротация 30°) и классическим нейтральным положением (ротация 0°).

- (с) **Внутренняя ротация** (рис. 13): амплитуда этого движения составляет 100-110°. Полная амплитуда достижима лишь в том случае, когда **предплечье заводят за спину** и плечевой сустав слегка разгибают. Это движение должно быть свободным, чтобы обеспечить **уход за анальным отверстием**. Первые 90° внутренней ротации должны сочетаться со сгибанием в плечевом суставе, так как кисть остается спереди от туловища.

Мышцы, ответственные за ротацию, будут рассмотрены далее, на стр. 70. Осевую ротацию верхней конечности безотносительно к нейтральному положению можно точно оценить, только используя *полюсные* (рис. 24) или *меридианные координаты* (рис. 25). В каждом положении конечности мышцы-ротаторы ведут себя по-разному, одни из них утрачивают, другие, наоборот, приобретают функцию ротаторов. Это еще один пример *закона изменения функции мышц* в зависимости от положения.

Движения плечевого пояса в горизонтальной плоскости

Эти движения требуют также *движений лопатки по отношению к грудной клетке* (рис. 14, 15, 16)¹;

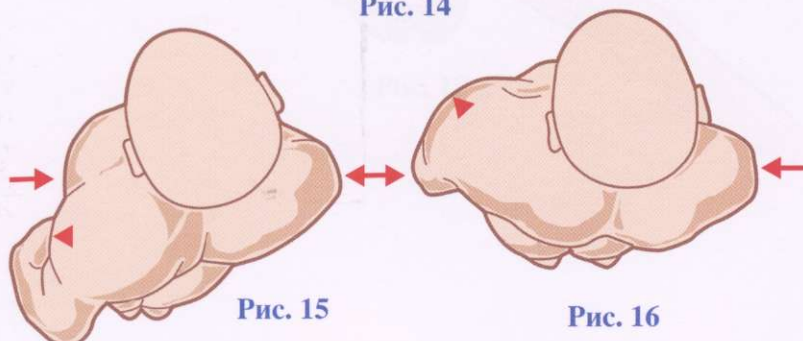
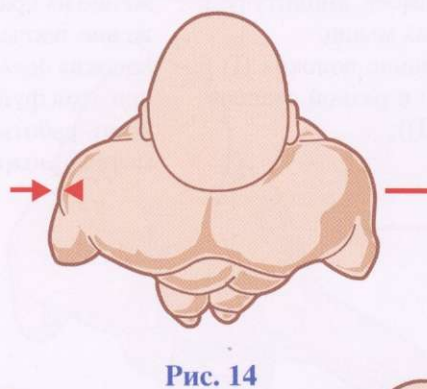
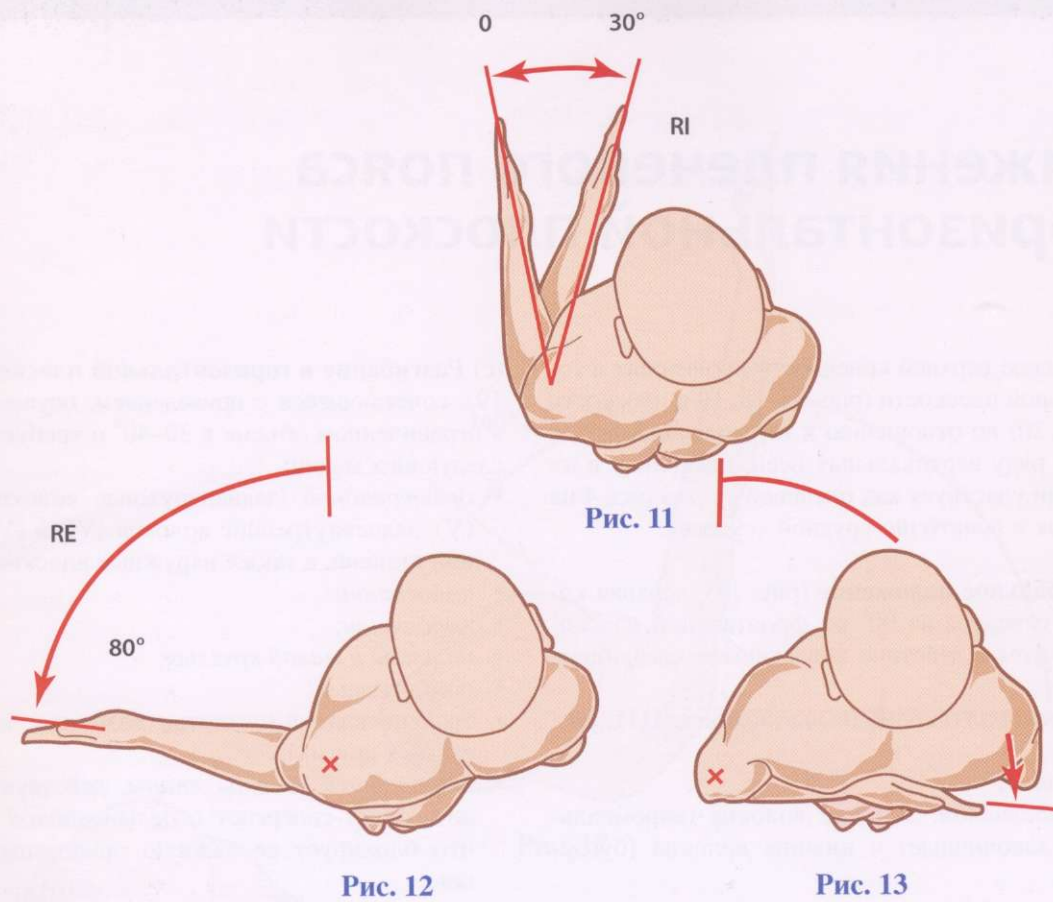
На схеме представлены:

- (а) **нейтральное положение** (рис. 14);
(в) **движение плечевого пояса кзади** (рис. 15);
(с) **движение плечевого пояса кпереди** (рис. 16).

Заметьте, что амплитуда движения кпереди *больше*, чем кзади. В этих движениях принимают участие следующие мышцы:

- движение кпереди: большая грудная, малая грудная, передняя зубчатая;
- движение кзади: *ромбовидные, трапецевидная* (поперечные волокна), *широчайшая мышца спины*.

¹Во французской анатомической литературе лопаточно-грудно-клеточный сустав рассматривается как 5-й сустав плечевого пояса (стр. 30). — (Прим. ред.)



Движения плечевого пояса в горизонтальной плоскости

Это движение верхней конечности происходит в горизонтальной плоскости (рис. 17, 18, 19 и плоскость С на рис. 20) по отношению к вертикальной оси, а точнее, к ряду вертикальных осей, поскольку в их реализации участвует как плечевой сустав (ось 4 на рис. 2), так и лопаточно-грудной «сустав».

(а) **Нейтральное положение** (рис. 18): верхняя конечность отведена на 90° во фронтальной плоскости, при этом в действие вовлекаются следующие мышцы:

- *дельтовидная* (акромиальные волокна (III), рис. 101);
- *надостная*;
- *трапецевидная*: верхние волокна (акромиальные и ключичные) и нижние волокна (бугорные);
- *передняя зубчатая*.

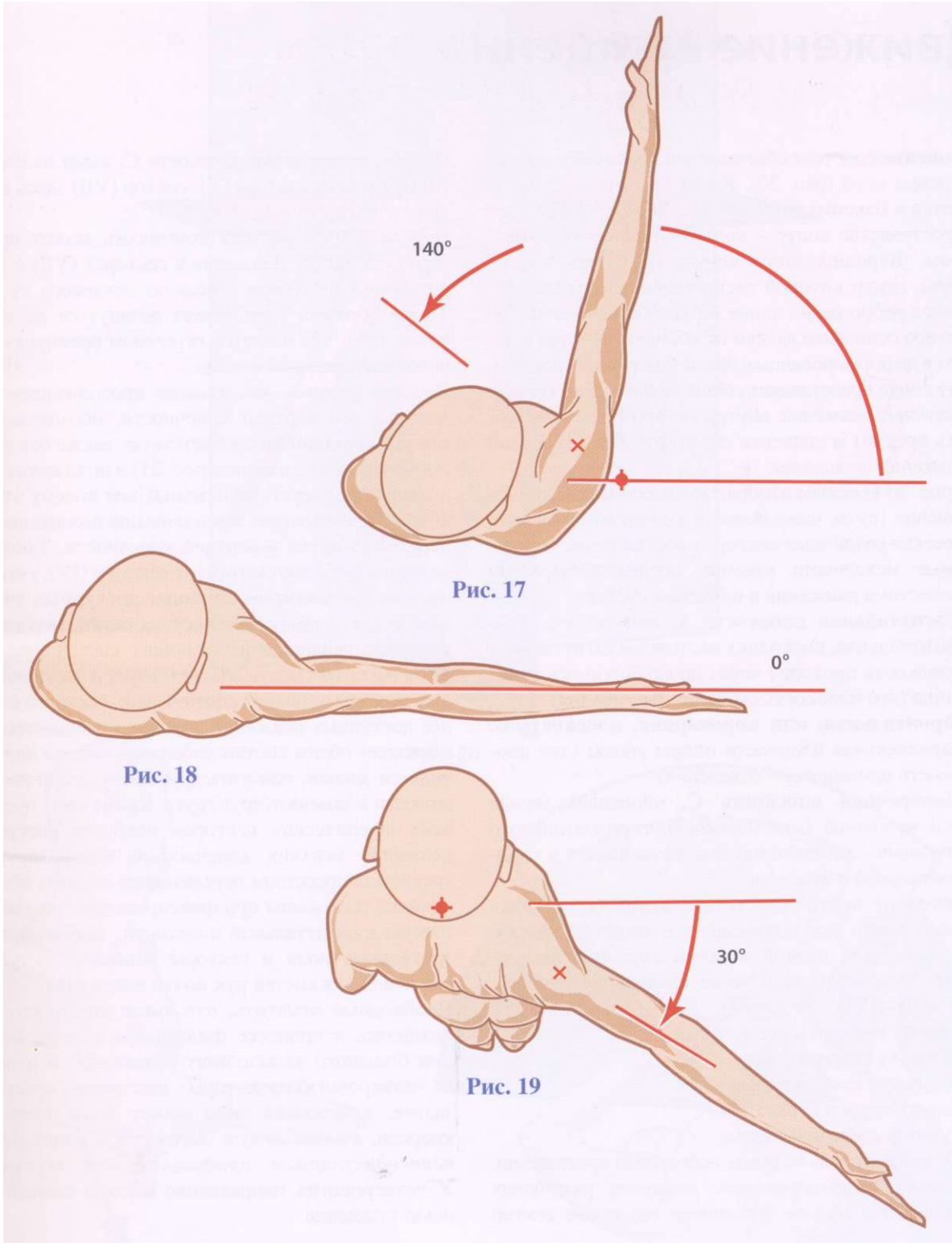
(б) **Сгибание в горизонтальной плоскости** (рис. 17), сочетающееся с приведением, имеет амплитуду в 140° и требует участия следующих мышц:

- *дельтовидной* (передневнутренние волокна (I) и передненаружные волокна (II) в разной степени, а также наружные волокна (III));
- *подлопаточной*;
- *большой и малой грудных*;
- *передней зубчатой*.

(с) **Разгибание в горизонтальной плоскости** (рис. 19), сочетающееся с приведением, осуществляется в ограниченном объеме в 30—40° и требует участия следующих мышц:

- *дельтовидной* (задненаружные волокна (IV) и (V), задневнутренние волокна (VI) и (VII) в разной степени, а также наружные волокна (III);
- *надостной*;
- *подостной*;
- *большой и малой круглых*;
- *ромбовидных*;
- *трапецевидной* (остистые волокна с добавлением двух других);
- *широчайшей мышцы спины*, действующей как антагонист-синергист с *дельтовидной мышцей*, что блокирует ее важную приводящую функцию.

Общая амплитуда сгибания и разгибания в горизонтальной плоскости немного не доходит до 180°. Движение из крайнего переднего в крайнее заднее положение поочередно включает в действие различные волокна *дельтовидной мышцы* (см. стр. 77), которая при этой функции является доминирующей. Очередность работы разных пучков волокон дельтовидной мышцы можно сравнить с игрой гамм на пианино.



Движение вращения

Вращение сочетает обычные движения *вокруг трех основных осей* (рис. 20). Когда вращение осуществляется в максимальной амплитуде, рука описывает в пространстве конус - *конус вращательного движения*. Вершина этого конуса находится внутри сферы, центр которой расположен в плечевом суставе, а ребро равно длине верхней конечности. Однако его основание далеко от обычного конуса и является деформированным за счет наличия туловища. Этот конус представляет собой *сферический сектор доступных движений*, внутри которого кисть может взять предмет и поднести его ко рту *без изменения положения туловища*.

На рис. 20 красным отображается основание конуса вращения (путь, описываемый кончиками пальцев), пересекая различные сектора пространства, определяемые исходными взаимно перпендикулярными плоскостями движений в плечевом суставе:

- **Сагиттальная плоскость А**, или скорее парасагиттальная, поскольку настоящая сагиттальная плоскость проходит через продольную ось туловища (это плоскость сгибания-разгибания).
- **Фронтальная, или коронарная, плоскость В**, параллельная плоскости опоры спины (это плоскость приведения - отведения).
- **Поперечная плоскость С**, перпендикулярная оси туловища (это плоскость горизонтального сгибания - разгибания), т.е. остающаяся в горизонтальной плоскости.

Начиная от нейтрального положения (когда рука свисает вдоль тела), показанного жирным пунктиром, дуга (для правой верхней конечности) проходит последовательно через следующие сектора: (III) - (II)-(VI)-(V)-(IV)

(III) внизу спереди и слева;

(II) наверху спереди слева;

(VI) наверху сзади и справа;

(V) внизу сзади и справа;

(IV) внизу спереди и справа;

(VIII) сзади и слева на очень небольшом протяжении, поскольку комбинированное движение разгибания и приведения весьма ограничено (на схеме сектор

(VIII), лежит ниже плоскости С, кзади от сектора (III) и влево от сектора (V); сектор (VII) здесь не виден, он находится выше).

Внутри конуса верхняя конечность может пройти через сектор (I). Движения в секторах (VII) и (VIII) возможны благодаря сгибанию локтевого сустава. Таким образом, рука может дотянуться до любой точки тела, что является огромным преимуществом человека перед животными.

Красная стрелка, являющаяся продолжением продольной оси верхней конечности, обозначает **ось конуса вращения** и соответствует также оси функционального положения (рис. 21) и положению равновесия околосуставных мышц, вот почему это положение принято как **неподвижное положение** при переломах плеча и верхней конечности. Такое положение руки соответствует сектору (IV), который называется **сектором наиболее доступных движений**, и дает возможность осуществлять визуальный контроль движений работающих кистей (рис. 22). Этой же потребности соответствует и частичное наложение спереди двух сферических секторов наиболее доступных движений верхних конечностей, что позволяет обеим кистям *работать вместе под контролем зрения*, помогать друг другу, а при необходимости и заменять друг друга. Кроме того, пределы этих сферических секторов наиболее доступных движений верхних конечностей контролируются зрением посредством перемещения глазных яблок в крайние положения при фиксированном положении головы в сагиттальной плоскости. Таким образом, зрительные поля и секторы наиболее доступных движений для кистей рук почти идентичны.

Необходимо отметить, что такая конгруэнтность появилась в процессе филогенеза за счет миграции большого затылочного отверстия. В отличие от четвероногих, у которых положение отверстия заднее, у человека лицо может быть повернуто кпереди, а *глаза могут смотреть в направлении, перпендикулярном продольной оси туловища*. У четвероногих направление взгляда совпадает с осью туловища.

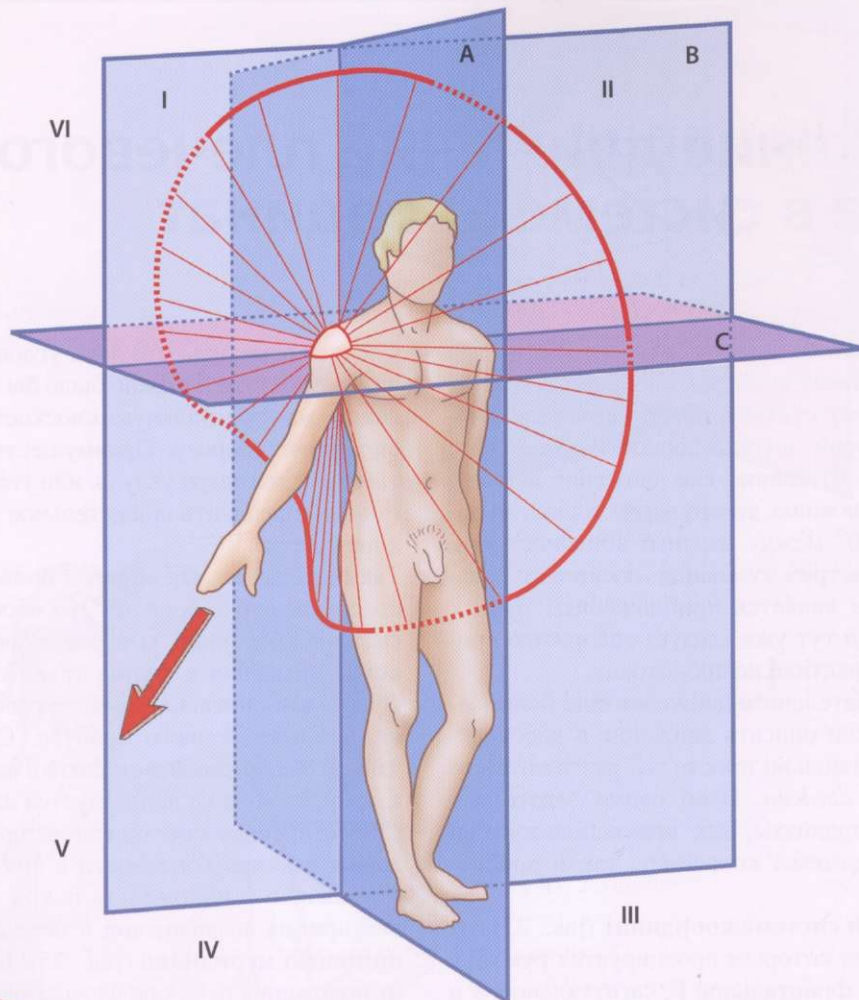


Рис. 20

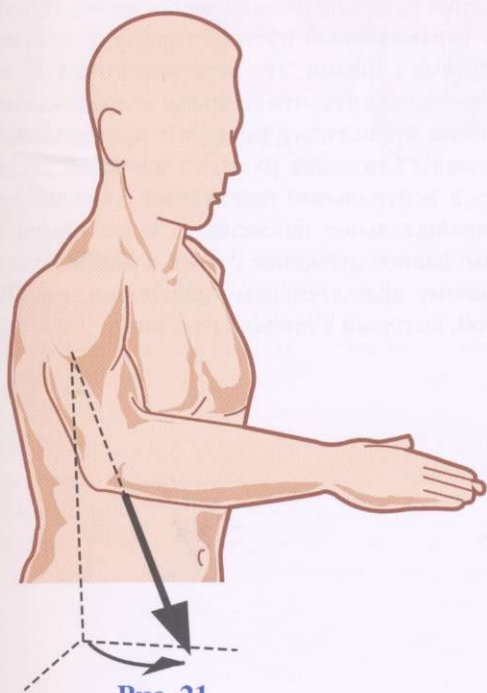


Рис. 21

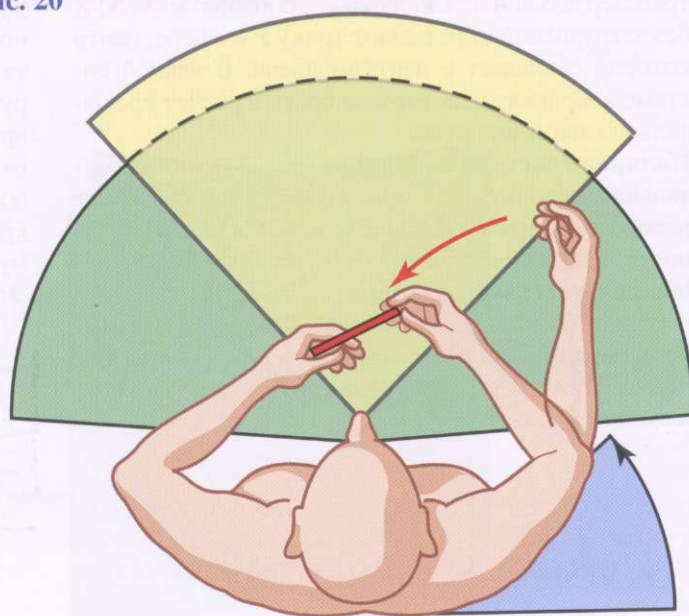


Рис. 22

Разложение движений плечевого сустава в системе координат

Разложение движений и положений сустава на три оси и в трех степенях свободы, особенно применительно к плечевому суставу, представляет сложности из-за некоторой двусмысленности. Например, если представить отведение как движение верхней конечности от туловища, то это верно только до достижения угла 90° между верхней конечностью и плоскостью симметрии туловища, поскольку дальнейшее движение является приближением руки к оси симметрии - и тут уже следует говорить о приведении, что на практике не происходит.

Разложение вращательного движения еще более затруднительно. Если описать движение в плоскостном отношении довольно просто, то разложить его на сектора уже сложно. Необходимо задать как минимум две координаты, как при использовании прямоугольной системы координат, так и при полярной.

В **прямоугольной системе координат** (рис. 23) отмечается угол, под которым проецируется рука Р в трех плоскостях: фронтальной F, сагиттальной S и трансверзальной T. Скалярные координаты X, Y, Z без затруднений определяют точку Р в сфере, центр которой совпадает с центром плеча. В данной системе координат невозможно брать в расчет вращательное движение руки.

Полярная система координат (рис. 24), или азимутальная, используемая мореплавателями, позволяет рассмотреть вращательное движение верхней конечности. Как и на земном глобусе, положение точки Р определяется двумя углами:

- угол **а**, соответствующий **долготе**, - это **угол антепульсации** (движение плечевого пояса кпереди).
- угол **β**, соответствующий **широте**, - это **угол сгибания**.

Следует отметить, что двух углов вполне достаточно. Вместо угла β можно было бы взять угол γ - проекцию на фронтальную плоскость, который тоже определяет широту. Преимущество этой системы в том, что благодаря углу ψ, или углу морского курса, можно определить вращательное движение верхней конечности.

Таким образом, эта система более точная и полная по сравнению с первой. Это вообще единственная система координат, которая позволяет представить конус вращения в форме траектории, замкнутой в сфере, как описание кругосветного путешествия на поверхности земного глобуса. Однако сложность данной системы для дилетанта в навигации приводит к тому, что она не используется на практике.

Существует способ описания вращательного движения верхней конечности в любом положении по отношению к положению покоя - это использование приема возвращения в **исходное положение с помощью меридиана** (рис. 25). Например, начиная от положения руки при расчесывании волос. Локоть проходит вертикальный путь в сторону положения покоя, другими словами, это меридиан точки отсчета. Если предположить, что во время этого движения руки вниз не происходит никакого произвольного вращательного движения руки, то плечевой сустав находится в нейтральном положении и можно разложить вращательное движение, следуя обычным критериям: данное движение ближе к максимальному наружному вращательному движению, т.е. 30° . Это способ, который я лично разработал.

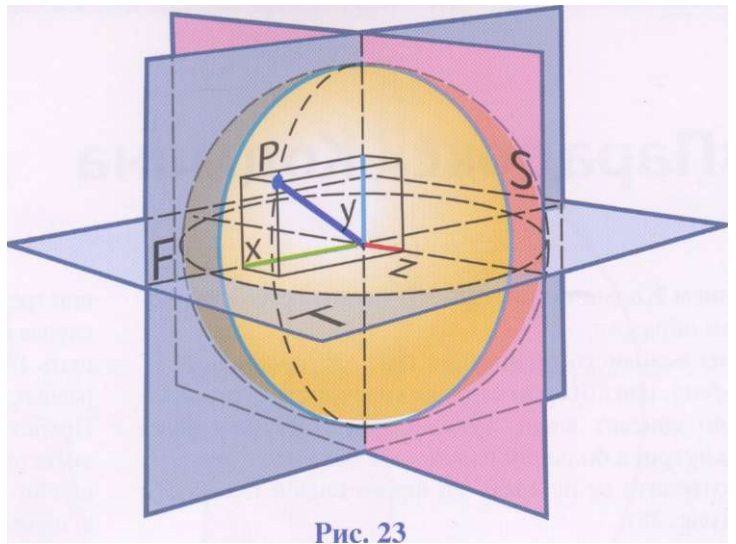


Рис. 23

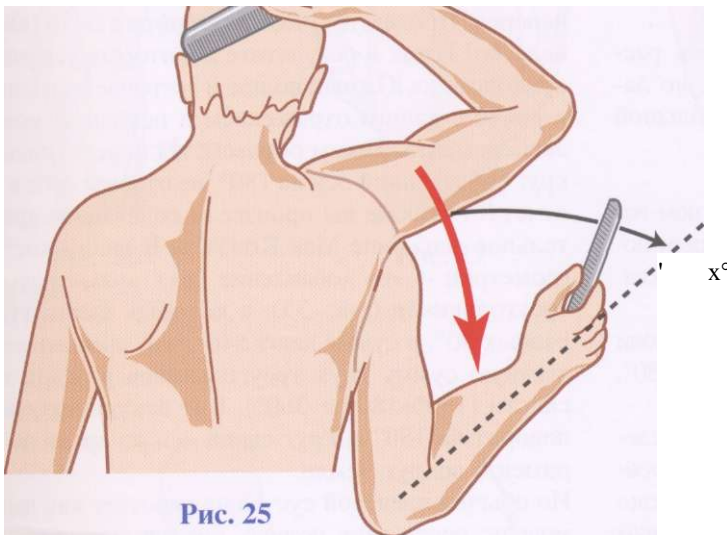


Рис. 25

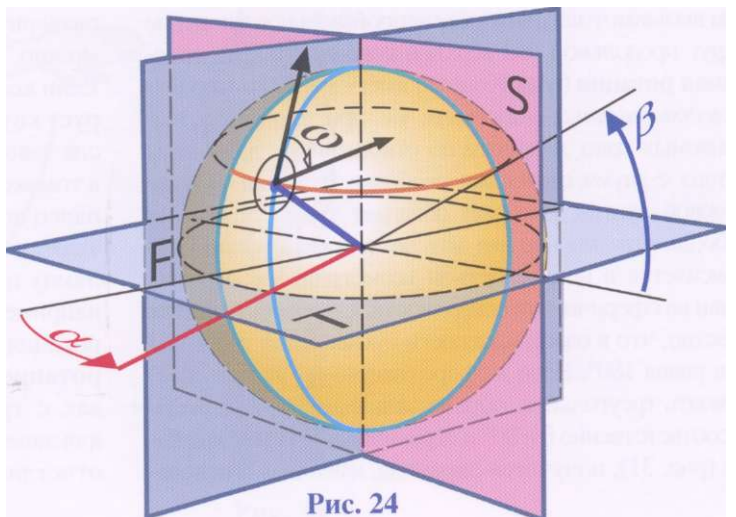


Рис. 24

«Парадокс» Кодмана

Прием Кодмана (рис. 26-30) выполняется следующим образом:

- из исходного положения (рис. 26 *профиль* и 27 *фас*), при котором верхняя конечность вертикально свисает вдоль туловища, ладонь повернута кнутри, а большой палец - *кпереди* Av ;
- отведите ее на $+180^\circ$ во фронтальной плоскости (рис. 28);
- исходя из данного положения, когда большой палец направлен кнаружи, разогните верхнюю конечность на -180° в сагиттальной плоскости (рис. 29);
- при этом верхняя конечность будет вновь располагаться вертикально вдоль туловища, но ладонь окажется повернутой кнаружи, а большой палец - кзади (рис. 30).

Это движение можно осуществлять и в обратном направлении, начав со сгибания на 180° , за которым следует приведение на 180° . Конечность ротируется кнаружи на 180° .

Нетрудно заметить, что изменилась ориентация ладони и что конечность повернулась вокруг своей оси на 180° . Этот прием был назван парадоксом Кодмана.

Это двойное движение, при котором за отведением следует разгибание, **автоматически** сочетается с *внутренней ротацией* на 180° . Таким образом, последовательные движения в плечевом суставе по отношению к двум осям вызывают *механическое* произвольное движение вокруг продольной оси верхней конечности. Эта **сочетанная ротация** (Мак Конэлл) имеет место только при *последовательных движениях*, т.е. при движениях, выполняемых одно за другим по отношению к двум осям сустава с двумя степенями свободы. В данном случае плечевой сустав, который обладает тремя степенями свободы, *функционирует как двухосевой сустав*. Это объясняется в неплоскостной геометрии, как показал Риман на сферической поверхности. Со времен Эвклида известно, что в одной плоскости сумма углов треугольника равна 180° . Если в сфере (например, в апельсине) вырезать треугольник, образованный двумя меридианами соответственно 0 и 90° и ограниченный внизу экватором (рис. 31), получится пирамида, имеющая в основа-

нии треугольникоподобную кривую (рис. 32). Но в этом случае сумма углов данного треугольника будет превышать 180° , так как к сумме добавятся три прямых угла, равных 270° .

Представим теперь совершенно фантастический эксперимент (рис. 34), как любил делать Эйнштейн: вы отправляетесь с Южного полюса прямо в направлении Северного полюса вдоль меридиана на 90° . Придя на Северный полюс, вы отправляетесь снова на Южный по меридиану 0° , но не повернувшись на 90° . Таким образом вы идете задом наперед. Признаться честно, пройти так 20 000 км нелегко! И так, в результате некоторых усилий вы приходите на Южный полюс и встречаетесь спиной к спине с вашим отражением в исходный момент эксперимента. Таким образом, вы повернулись вокруг собственной оси на 180° , не отдавая себе в том отчета! А также вы произвели сочетанное вращательное движение Мак Конэлла. В неплоскостной геометрии - это добавление двух прямоугольных треугольников (рис. 33), в которых шесть углов, равных 90° , в сумме дают 540° , что превышает известную сумму двух треугольников в одной плоскости ($180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$). Вот откуда получился поворот на 180° вокруг своей оси во время эксперимента вокруг Земли.

Но обычно плечевой сустав не работает как данная модель: после двух полных циклов сустав должен развернуться на 360° , а это физиологически невозможно.

Если конечность *произвольно и одновременно* ротирует кнутри на 180° вокруг третьей оси, то кисть после завершения *эргономического цикла* оказывается в том же положении, что и «на старте», и ее большой палец повернут кпереди. Такие циклы часто используются спортсменами (профессионалами и любителями) при выполнении повторяющихся движений, например при плавании. Эта произвольная осевая ротация, названная Мак Конэллом **дополнительной ротацией**, может осуществляться только в суставах с тремя степенями свободы, она существенна для завершения эргономического цикла. Это можно отчетливо проверить на себе. Начните из исходного



Рис. 26



Рис. 27

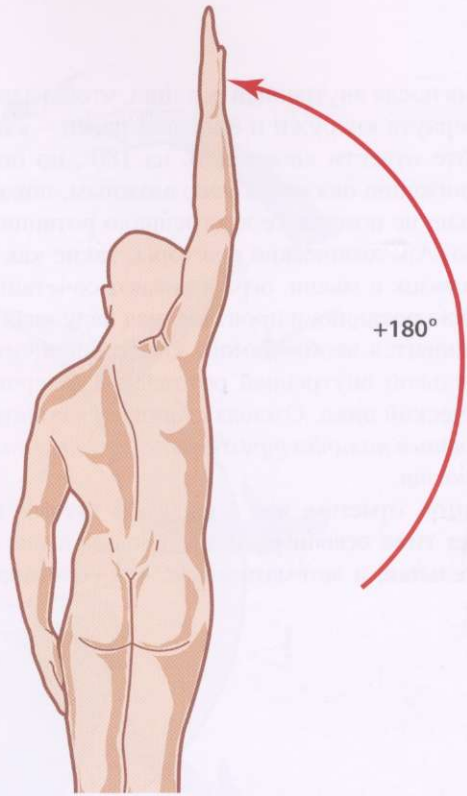


Рис. 28

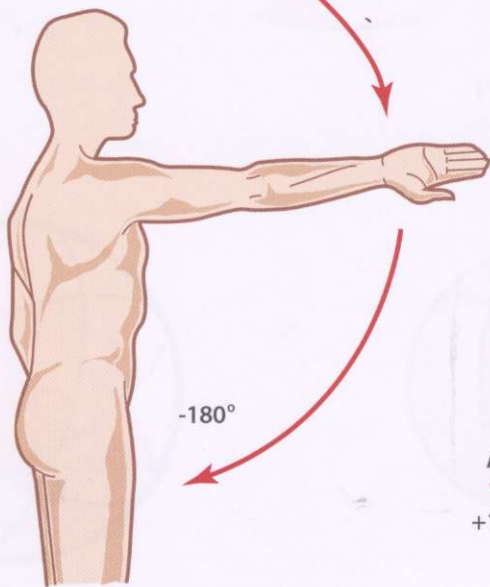


Рис. 29



Рис. 30

положения после внутренней ротации, чтобы ладонь была повернута кнаружи и большой палец - кзади. Попробуйте отвести конечность на 180° , но после 90° это движение окажется невозможным, пока вы произвольно не поменяете внутреннюю ротацию на наружную. Анатомические факторы, такие как натяжение связок и мышц, ограничивают сочетанную внутреннюю ротацию, и произвольная наружная ротация становится необходимой, чтобы покончить с дополнительной внутренней ротацией и завершить эргономический цикл. Отсюда становится понятной *потребность в наличии трехосевого сустава у корня конечности.*

Подводя итог, отметим, что в плечевом суставе возможны **два типа осевой ротации**: произвольная, или **дополнительная**, и автоматическая, или **сочетанная**.

В определенные моменты эти два движения суммируются алгебраически:

- *если произвольная ротация равна нулю*, то автоматическая ротация будет максимальной, что ведет к (псевдо)парадоксу Кодмана;
- *если произвольная ротация происходит в том же направлении*, что и автоматическая, то последняя усиливается;
- *если произвольная ротация происходит в противоположном направлении*, то автоматическая ротация уменьшается или даже отменяется, обеспечивая эргономический цикл.

Все эти мысли, касающиеся автоматической и произвольной ротации и эргономического цикла, будут более подробно развиты и проиллюстрированы в 4-м томе, который готовится к печати.

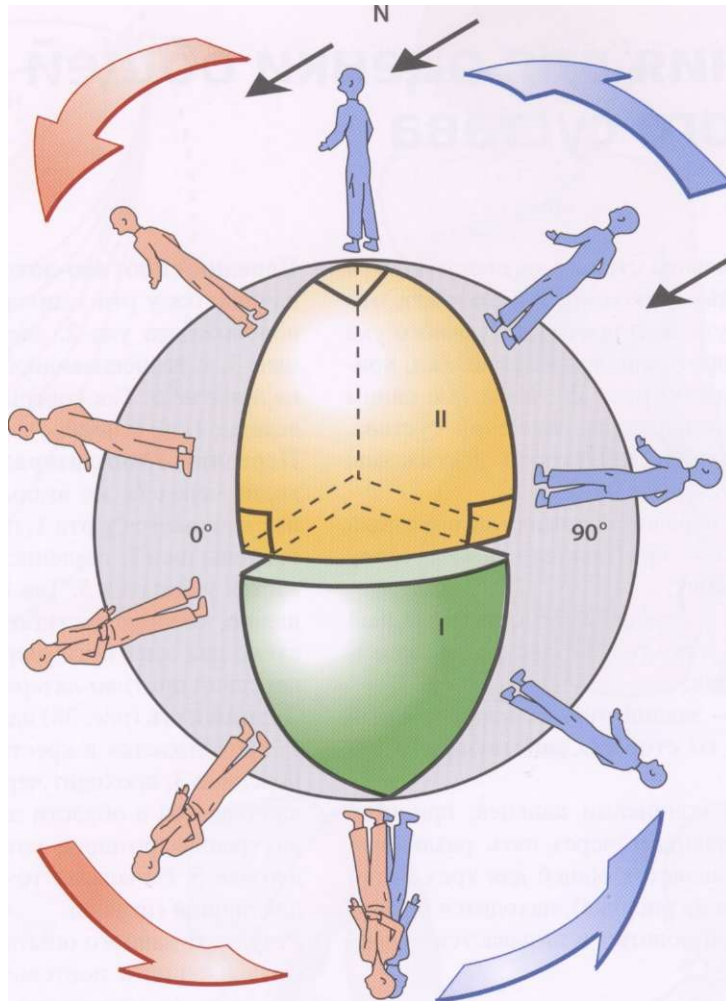


Рис. 34

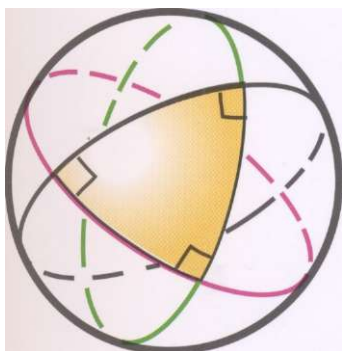


Рис. 31

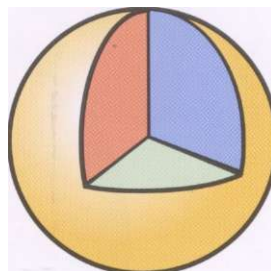


Рис. 32

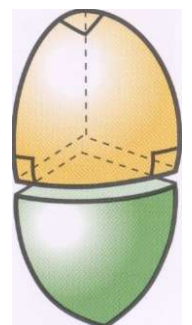


Рис. 33

Движения для оценки общей функции плечевого сустава

Если движения плечевого сустава осуществляются свободно и в нормальном объеме, это означает, что рукой можно дотянуться до противоположного уха и до верхнего края противоположной лопатки, причесаться, надеть пиджак (рис. 35). На схеме синим пунктиром представлен размах движений сустава, а также три возможные траектории достижения одной точки:

- голубым цветом - передний противо-латеральный путь С, проходит с противоположной суставу стороны через голову;
- зеленым цветом - передний гомо-латеральный путь Н, проходит через голову со стороны задействованного сустава;
- красным цветом - задний путь Р, направленный в сторону спины со стороны действующего сустава.

Путь, описываемый кончиками пальцев, при всех этих траекториях проходит через пять различных точек. Пятая точка является общей для трех путей (обозначена красным на рисунке), находится в области противоположной лопатки и называется «тройная точка».

Передний противо-латеральный путь (рис. 36, 38) начинается у рта 1, продолжается в сторону противоположного уха 2, следует к задней поверхности шеи 3, к трапециевидной мышце 4 и заканчивается на лопатке 5. Так совершается горизонтальное приведение (или сгибание).

Передний гомо-латеральный путь (рис. 37) проходит через те же этапы, но с одноименной стороны: начинается у рта 1, проходит возле уха 2, задней стороны шеи 3, трапециевидной мышцы 4 и заканчивается у лопатки 5. Так совершается наружное вращение, которое достигает максимума в точке 5. На схеме два этих пути (передний гомо-латеральный и передний противо-латеральный) совмещены.

Задний путь (рис. 38) начинается в области ягодицы 1, продолжается в крестцовой области 2, следует к пояснице 3, проходит через вершину лопатки 4 и заканчивается в области лопатки 5. Так совершается внутренняя ротация, которая достигает максимума в точке 5. Начальная точка этого пути очень важна для личной гигиены.

Результат данного опыта также зависит и от свободы движения в локтевом суставе. Таким образом, эти движения являются необходимыми для оценки функциональности всей верхней конечности в целом.

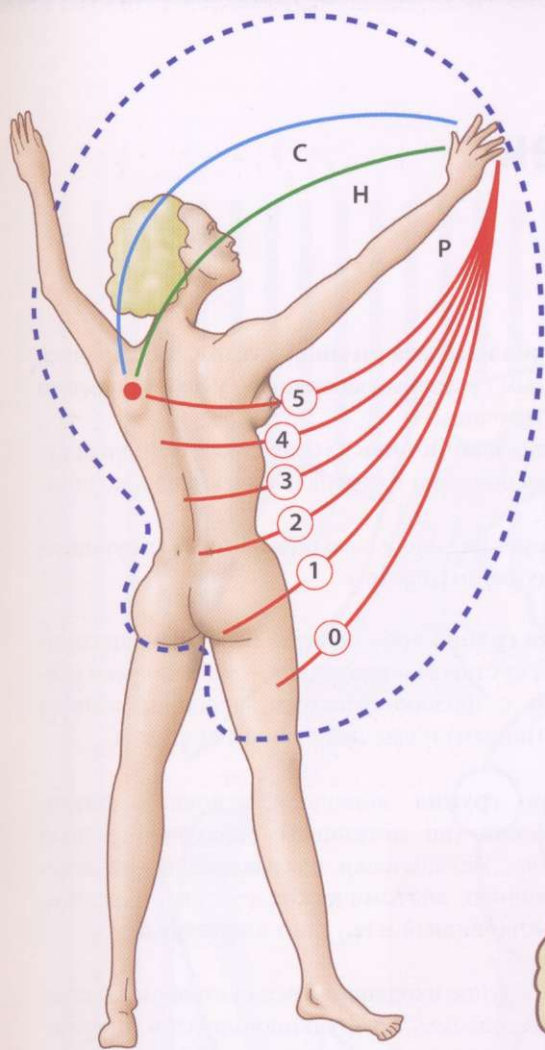


Рис. 35



Рис. 36

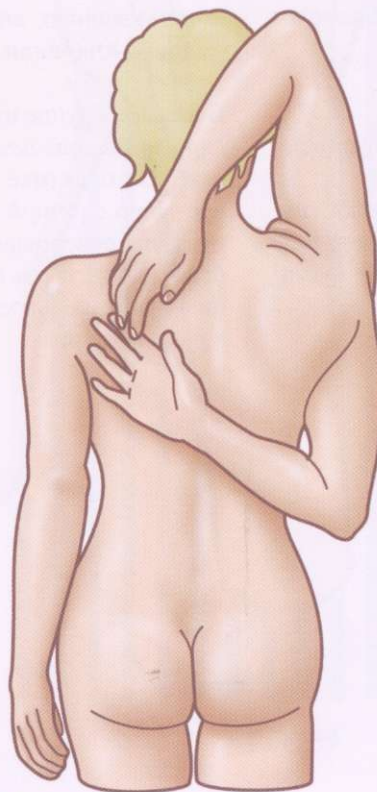


Рис. 37

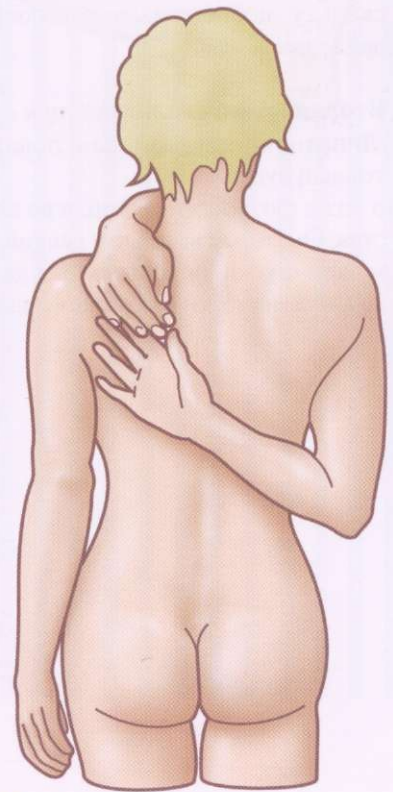


Рис. 38

Многосуставной комплекс плечевого пояса

Плечевой пояс - это не один, а **пять** суставов, которые составляют многосуставной комплекс плечевого пояса (рис. 39). Мы уже описали движения в нем применительно к верхней конечности. Эти пять суставов можно объединить в две группы:

- **Первая группа** включает *два сустава*.

1. **Плечевой**, или лопаточно-плечевой, **сустав** является истинно анатомическим суставом с двумя сочленяющимися поверхностями, выстланными гиалиновым хрящом. Это самый важный сустав в данной группе.

2. **Поддельтовидный**, или «второй плечевой», **сустав**. Это не анатомический, а физиологический сустав, состоящий из двух скользящих друг по другу поверхностей. Поддельтовидный «сустав» механически связан с плечевым суставом, поскольку любое движение в последнем вызывает движение в нем.

- **Вторая группа** включает *три сустава*.

3. **Лопаточно-грудной** или лопаточно-грудноключичный **сустав**.

Это тоже физиологический, а не анатомический сустав. Он самый важный в данной группе, хотя и не может функционировать без двух других суставов, механически связанных с ним.

4. **Акромиально-ключичный сустав**, являющийся истинным суставом, расположен у акромиального конца ключицы.

5. **Грудино-ключичный сустав**, тоже истинный сустав, расположен у стернального конца ключицы.

В целом суставы плечевого пояса можно сгруппировать следующим образом.

- **Первая группа** представлена основным анатомическим суставом - плечевым, — механически связанным с физиологическим, ассоциированным (не истинным) поддельтовидным суставом.

- **Вторая группа** включает основной физиологический (не истинный) лопаточно-грудной «сустав», механически связывающий два ассоциированных анатомических сустава - акромиально-ключичный и грудино-ключичный.

В каждой группе входящие в нее суставы *механически взаимосвязаны*, т.е. функционируют в содружестве. На практике обе эти группы работают одновременно с разной степенью участия в зависимости от типа совершаемого движения. Можно сказать, что пять суставов комплекса плечевого пояса функционируют одновременно с разной степенью участия в разных группах.

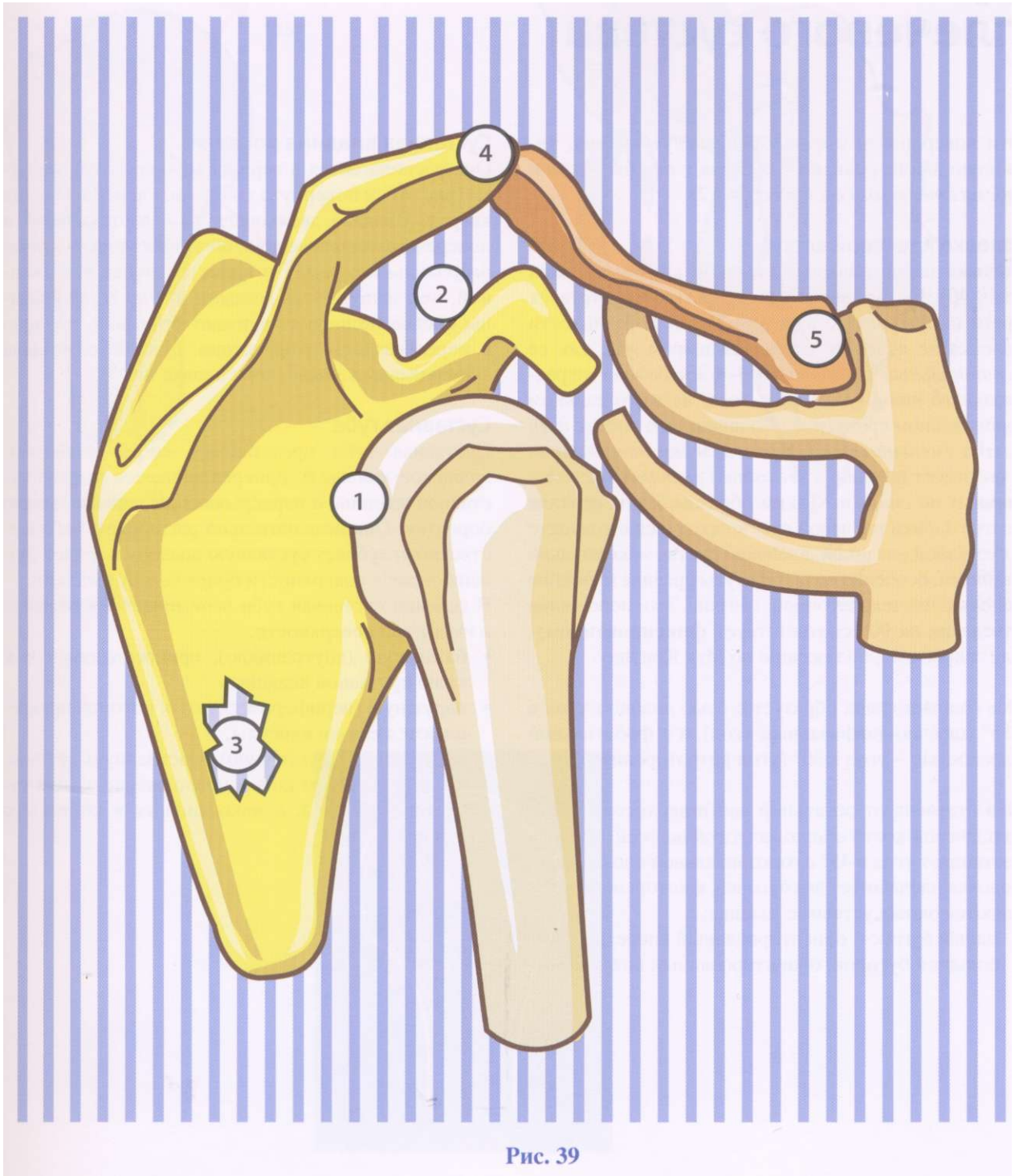


Рис. 39

Суставные поверхности плечевого сустава

Эти поверхности имеют *сферическую форму*, типичную для шаровидного сустава с *тремя осями* и *тремя степенями свободы* (рис. 2).

Головка плечевой кости

Головка плеча повернута кверху, кнутри и *кзади* (рис. 40). Ее суставная поверхность соответствует трети окружности с радиусом 3 см. В реальности головка не является истинным шаром, так как ее *вертикальный диаметр на 3-4 мм больше* переднезаднего диаметра. Более того, на вертикальном фронтальном срезе (рис. 42) видно, что *радиус дуги слегка уменьшается в верхненижнем направлении* и она имеет не один, а *несколько центров, расположенных по спирали*. Таким образом, когда верхняя часть головки плечевой кости находится в контакте с суставной впадиной, плечевой сустав максимально стабилен, особенно если натянуты средние и нижние волокна плечелопаточной связки. Это положение отведения на 90° соответствует **фиксированному**, или закрытому, положению по Мак Конэллу.

Ось головки плеча образует с осью диафиза угол в 135° (шеечно-диафизарный угол), а с фронтальной плоскостью - угол в 30° (угол ретроторсии).

Она отделена от остальной части верхнего эпифиза плечевой кости *анатомической шейкой*, которая составляет угол в 45° с горизонтальной плоскостью. Головка плеча имеет два бугорка, к которым прикрепляются околосуставные мышцы:

- малый бугорок, ориентированный кпереди,
- большой бугорок, ориентированный кнаружи.

Суставная впадина лопатки

Она располагается в верхненаружном углу лопатки (рис. 41) и повернута кнаружи, *кпереди* и слегка кверху. Впадина двояковогнута в вертикальном и поперечном направлениях, но эта вогнутость *имеет неправильную форму* и является менее выраженной, чем выпуклость головки плеча. Край впадины слегка приподнят и имеет бороздку, идущую в переднезаднем направлении. Суставная впадина *значительно меньше*, чем головка плеча.

Суставная губа

Суставная губа представляет собой *фиброзно-хрящевое кольцо B*, прикрепляющееся к краю суставной впадины и перекрывающее переднезаднюю бороздку. Она незначительно расширяет, но существенно углубляет суставную впадину и делает сочленяющиеся поверхности *более конгруэнтными*.

В сечении суставная губа напоминает треугольник и имеет три поверхности:

- базальную (внутреннюю), прикрепляющуюся к краю суставной впадины,
- наружную (периферическую), к которой прикрепляются связки капсулы,
- внутреннюю (суставную), выстланную хрящом, представляющим собой продолжение хряща суставной впадины, и находящуюся в контакте с головкой плеча.

шат-
егка
эм и
іеет
жен-
Іади-
шую
дина

узно-
э су-
нью
уще-
соч-
и.

ІБНИК

УСЯ к

лкре-

щом,
а су-
кте с

45-55 мм

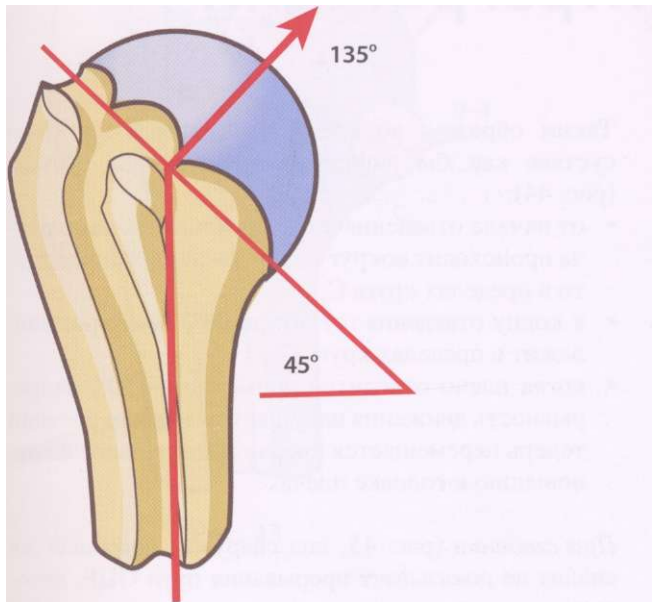


Рис. 40

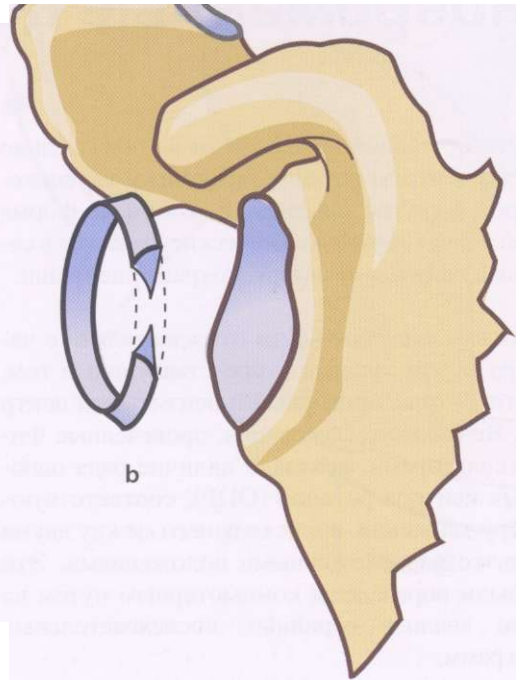


Рис. 41

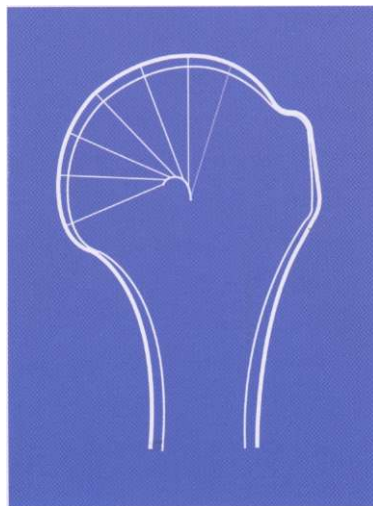


Рис. 42

Одновременные центры ротации

Центр дуги суставной поверхности не обязательно совпадает с центром ротации, поскольку на движение влияют и другие моменты, в том числе форма суставной поверхности, механические факторы в самом суставе, натяжение связок, сокращение мышц.

Ранее головку плечевой кости отождествляли с частью шара, и это привело к представлению о том, что она имеет фиксированный и неизменный центр ротации. Недавние исследования, проведенные Фишером с соавторами, показали наличие ряда одновременных центров ротации (ОЦР), соответствующих центру движения, происходящего между двумя очень близко расположенными положениями. Эти центры были определены компьютерным путем на основании анализа серийных последовательных рентгенограмм.

Так, *при отведении* учитывается только компонент ротации плеча во фронтальной плоскости, притом что имеются *две группы ОЦР* (рис. 43), разделенные по неизвестной причине отчетливым просветом 3-4. Первая группа лежит в области круга C_1 расположенного у нижневнутренней части головки плеча, центром которого служит центр гравитации одновременных центров ротации, а радиусом - среднее расстояние между центром гравитации и каждым ОЦР. Вторая группа находится в другом круге C_2 , расположенном вблизи верхней половины головки плеча. Эти две области никогда не накладываются одна на другую.

Таким образом, во время отведения в плечевом суставе как бы дифференцируются два сустава (рис. 44):

- от начала отведения до 50° ротация головки плеча происходит вокруг точки, расположенной где-то в пределах круга C_1 ;
- к концу отведения (от 50° до 90°) центр ротации лежит в пределах круга C_2 ;
- когда плечо отводится примерно на 50° , непрерывность движения нарушается, и центр ротации теперь перемещается кверху и медиальнее по отношению к головке плеча.

При сгибании (рис. 45, вид снаружи) подобный же анализ не показывает прерывания пути ОЦР, который проходит в пределах *одного* круга, расположенного в нижней части головки плечевой кости посередине между двумя ее краями.

И, наконец, *при осевой ротации* (рис. 46, вид сверху) область круга ОЦР лежит на соединении головки и диафиза посередине между двумя краями головки плеча.

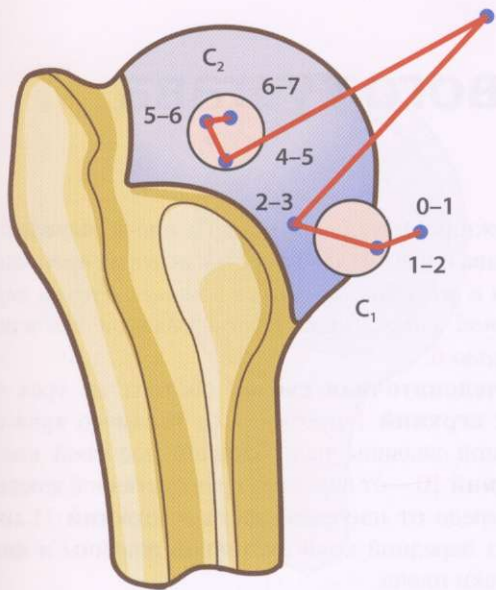


Рис. 43

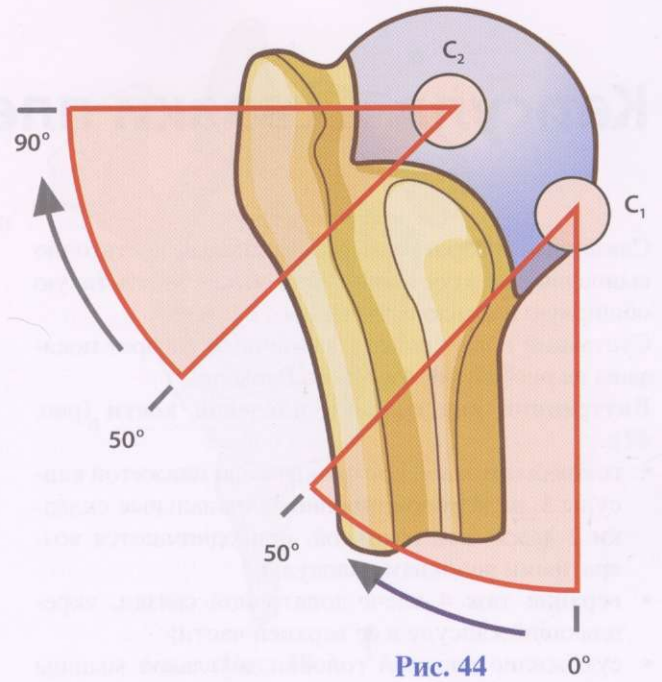


Рис. 44

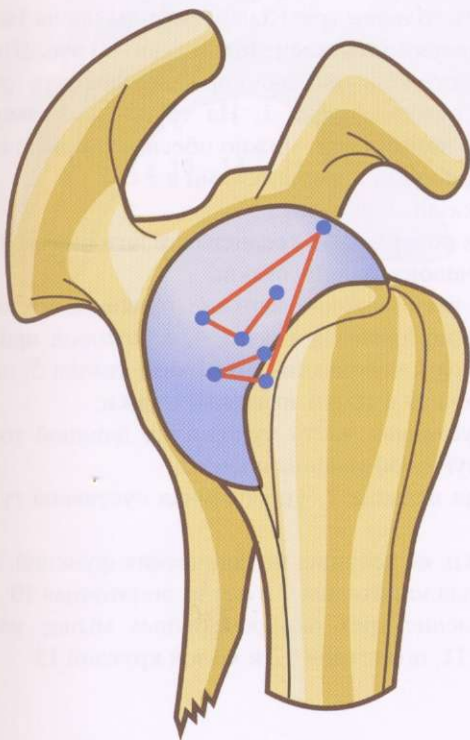


Рис. 45

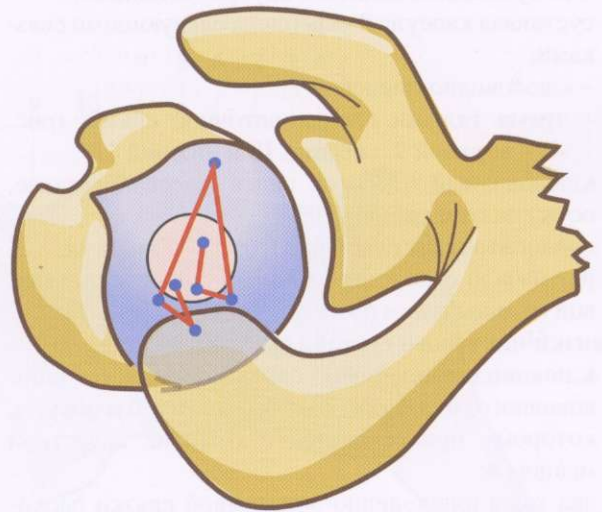


Рис. 46

Капсула и связки плечевого сустава

Связочный аппарат плечевого сустава не достаточно вынослив и не в состоянии один обеспечивать такую обширную подвижность данного сустава.

Суставные поверхности и связочный аппарат показаны на рис. 47, 48, 49, 50 (по Рувьеру).

Внутренний вид головки плечевой кости (рис. 47):

- головка плечевой кости окружена манжетой капсулы 1, на которой нижние синовиальные складки 2 лежат под головкой, приподнимаются возвратными волокнами капсулы;
- верхний тяж 4 плече-лопаточной связки, укрепляющий капсулу в ее верхней части;
- сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча 3 рассечено;
- сухожилие подлопаточной мышцы 5 рассечено вблизи области ее прикрепления.

Суставная впадина (вид снаружи) (рис. 48):

- показана суставная впадина 2, окруженная губой (суставным валиком), которая проходит по краю, надсуставной вырезкой;
- сухожилие двуглавой мышцы 3 (тут рассечено) прикрепляется к надсуставному бугорку и, разделяясь на два пучка, образует суставной валик. Это сухожилие является внутрисуставным;
- суставная капсула 8 укреплена следующими связками:
 - клювовидно-плечевой 7;
 - тремя тяжами плечелопаточной связки (рис. 49): верхний 9, средний 10 и нижний 11;
- клювовидный отросток виден на заднем плане, ость лопатки срезана 10;
- подлопаточный бугорок 11 (рис. 48), откуда берет начало сухожилие длинной головки трехглавой мышцы плеча *за пределами капсулы*.

Связки плечевого сустава (рис. 49, вид спереди):

- **клювовидно-плечевая связка** 3 идет от клювовидного отростка 2 к большому бугорку, к которому прикрепляется сухожилие надостной мышцы 4;
- два тяжа клювовидно-лопаточной связки расходятся над межбугорковой бороздой в месте, где

сухожилие двуглавой мышцы плеча выходит из сустава и идет вдоль борозды, которая *превращается в желобок двуглавой мышцы, будучи перекрытой сверху поперечной связкой плечевого сустава* 6.

- **Плечелопаточная связка** состоит из трех тяжей: **верхний** 1 проходит от верхнего края суставной впадины над головкой плечевой кости, **средний** 10 - от верхнего края суставной впадины и спереди от плечевой кости и **нижний** 11 идет через передний край суставной впадины и ниже головки плеча.
- Эти три тяжа образуют Z-подобную структуру в передней части суставной капсулы. Между ними находятся две слабые точки:
 - отверстие Витбрехта 12, представляющее собой вход в подлопаточную ямку;
 - отверстие Рувьера 13, через которое синовиальная полость сообщается с подклювовидной сумкой;
 - длинная головка трехглавой мышцы плеча 14.

Задняя поверхность плечевого сустава (рис. 50).

В задней части капсулы было проделано отверстие и удалена головка плеча 1. На трупе, поскольку **капсула не напряжена**, можно обеспечить диастаз между суставными поверхностями в 3 см.

На рис. показано следующее:

- глубокая поверхность среднего 2 и нижнего 3 тяжей плечелопаточной связки;
- наверху расположены верхние пучки, а также клювовидно-плечевая связка 4, к которой прикрепляется клювовидно-лопаточная связка 5, не существенная с точки зрения механики;
- внутрисуставная часть сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча 6;
- суставная впадина 7, укрепленная суставной губой 8;
- две связки, не несущие механических функций, а именно надлопаточная 9 и остно-лопаточная 10;
- прикрепление трех околосуставных мышц: надостной И, подостной 12 и малой круглой 13.

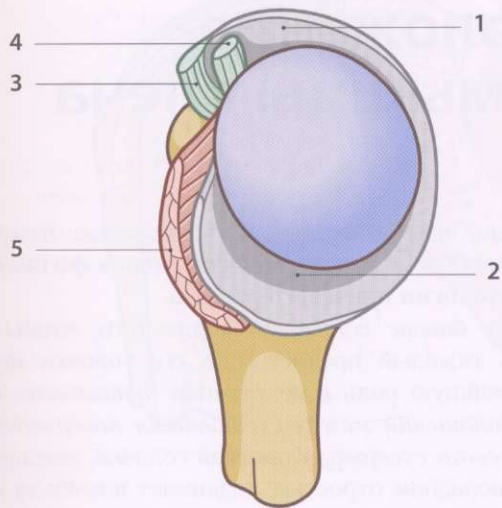


Рис. 47

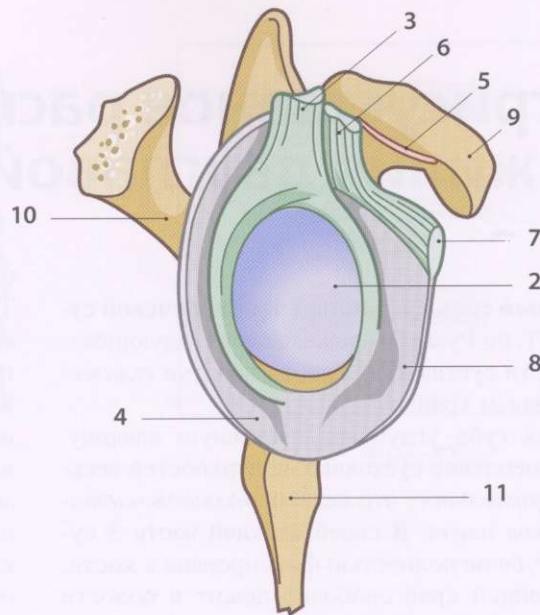


Рис. 48

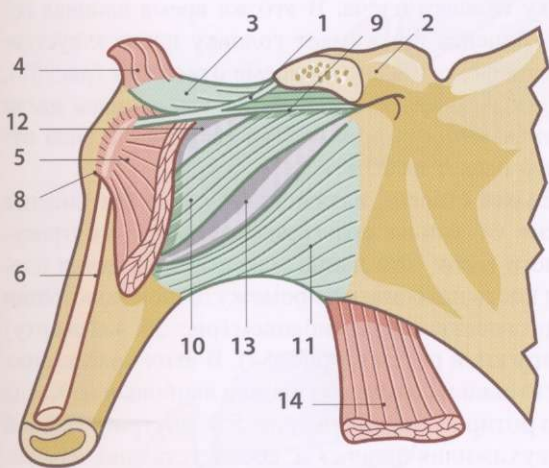


Рис. 49

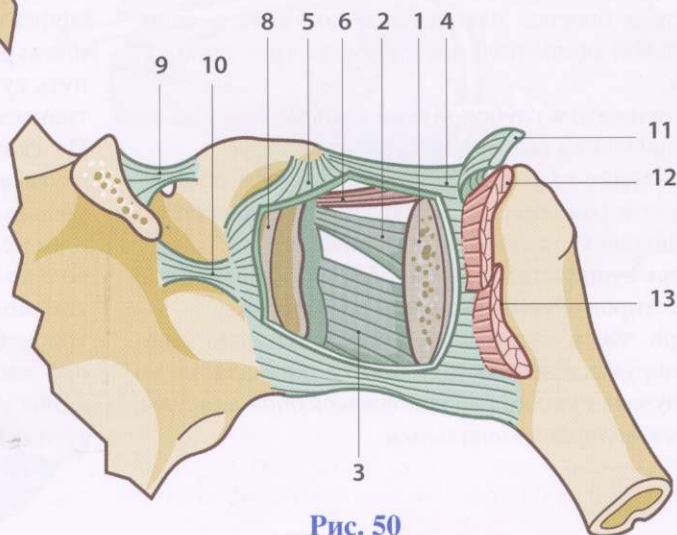


Рис. 50

Внутрисуставное расположение сухожилия двуглавой мышцы плеча

Фронтальный срез, сделанный через плечевой сустав (рис. 51, по Рувьеру), показывает следующее.

- Неровности суставной впадины лопатки *сглажены* суставным хрящом 1.
- Суставная губа углубляет суставную впадину. Однако сцепление суставных поверхностей весьма *незначительное*, что ведет к *большой частоте вывихов плеча*. В своей верхней части 3 суставная губа не полностью фиксирована к кости, ее внутренний край свободно лежит в полости сустава наподобие мениска.
- При нейтральном положении сустава верхняя часть капсулы 4 натянута, а нижняя 5 расслаблена. Это расслабленное состояние нижней части капсулы и раскрытие синовиальных складок 6 позволяют произойти отведению плеча.
- Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча 7 начинается на надсуставном бугорке и верхнем крае суставной губы. Выйдя из суставной впадины в межбугорковую борозду 8, оно проходит глубже капсулы 4.

На сагиттальном срезе верхнего полюса капсулы (рис. 52) показано:

- Внутри суставной полости сухожилие длинной головки бицепса находится в контакте с синовиальной оболочкой в следующих трех положениях:

- 1) оно прижато к глубокой поверхности капсулы (с) синовиальной выстилкой (s);
- 2) сухожилие охватывается синовиальной оболочкой, которая образует для него подвешивающую петлю под капсулой или *мезотендон*;
- 3) теперь сухожилие лежит свободно, но полностью инвестировано синовиальной оболочкой.

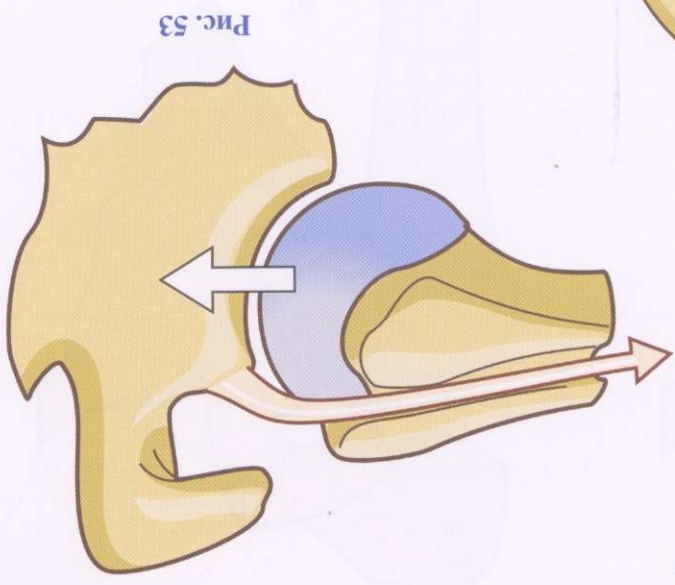
Эти три части сухожилия последовательно дифференцируются по его ходу от точки начала, но во всех случаях сухожилие, находясь *внутри капсулы*, остается *экстрасиновиальным*.

Теперь нам известно, что сухожилие двуглавой мышцы плеча **играет важную роль в физиологии и патологии плечевого сустава**.

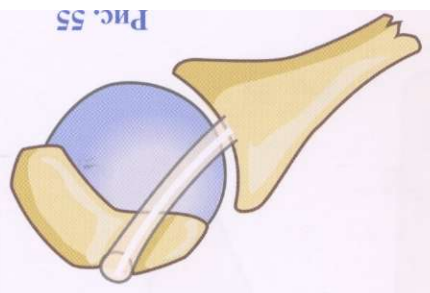
Когда бицепс сокращается для того, чтобы поднять тяжелый предмет, обе его головки играют важнейшую роль в сохранении *правильного взаимоотношения между суставными поверхностями плечевого сустава*. Короткая головка, лежащая на клювовидном отростке, поднимает плечевую кость относительно лопатки и вместе с другими продольными мышцами (трехглавой, клювовидно-плечевой и дельтовидной) не позволяет произойти нижнему вывиху головки плеча. В это же время длинная головка бицепса прижимает головку плеча к суставной впадине, особенно во время отведения (рис. 53), поэтому *длинная головка двуглавой мышцы плеча является и абдуктором*. При ее разрыве сила отведения падает на 20%.

Начальная степень натяжения сухожилия бицепса зависит от длины его горизонтального внутрисуставного пути. Эта длина максимальна, когда плечевая кость находится в промежуточном положении между сгибанием и разгибанием (рис. 56, вид сверху) и в наружной ротации (рис. 54). В этих положениях эффективность длинной головки наибольшая. Когда плечо ротировано внутрь (рис. 55), внутрисуставной путь сухожилия бицепса и, соответственно, эффективность минимальны.

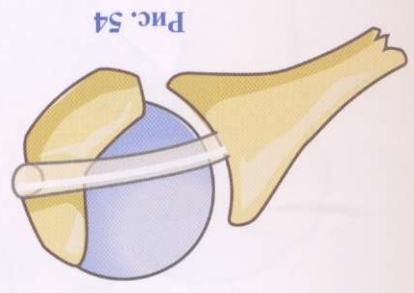
Из сказанного становится ясным, что сухожилие двуглавой мышцы плеча из-за наличия перегиба на уровне межбугорковой борозды подвергается большим механическим стрессам и может выдержать их, только будучи в хорошем состоянии. Если с возрастом коллагеновые волокна дегенерируют, то внутрисуставная часть сухожилия может разорваться при минимальном усилии с появлением типичной клинической картины, сопровождающей перiartrit плечевого сустава.



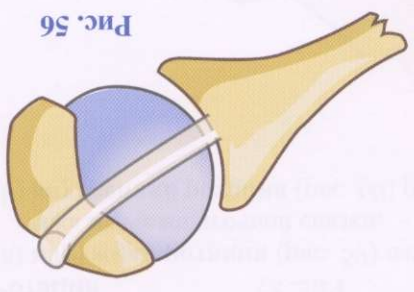
Puc. 53



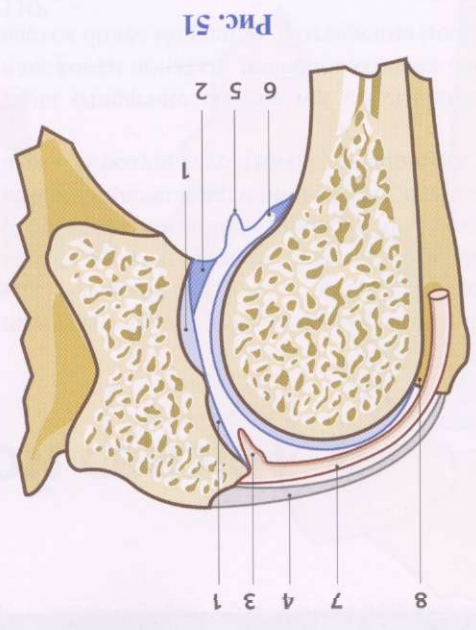
Puc. 55



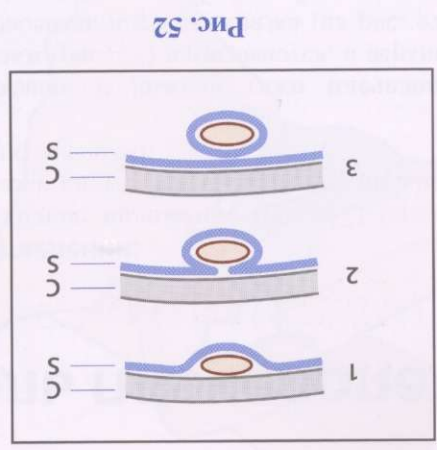
Puc. 54



Puc. 56



Puc. 51



Puc. 52

Роль плечелопаточной связки

При отведении:

- (a) **исходное положение** (рис. 57) (средний тяж показан светло-зеленым цветом, нижний тяж - темно-зеленым);
- (b) средний и нижний тяжи **плечелопаточной связки** (рис. 58) натягиваются, а верхний тяж и клювовидно-плечевая связка (на рис. отсутствует) расслабляются. Таким образом, во время отведения связки максимально натягиваются, и суставные поверхности приходят в наибольший контакт, поскольку радиус дуги головки плечевой кости сверху несколько больше, чем снизу. Далее отведение блокируется (закрытое положение *плечевого сустава* по Мак Конэллу).

Отведение также контролируется контактом между большим бугорком плечевой кости и верхней частью суставной впадины и суставной губой. Этот контакт

наступает позже при наружной ротации плеча, так как большой бугорок к концу отведения уходит кзади, межбугорковая борозда поворачивается в сторону акромиально-клювовидной арки, и нижние волокна плечелопаточной связки слегка расслабляются. В результате этого отведение достигает 90°.

Если отведение сочетается со сгибанием на 30° в плоскости лопатки, плечелопаточная связка натягивается более медленно, и отведение может достигать 110°.

Ротация

- (a) **наружная ротация** (рис. 59) натягивает все три тяжа плечелопаточной связки,
- (b) **внутренняя ротация** (рис. 60) расслабляет их.

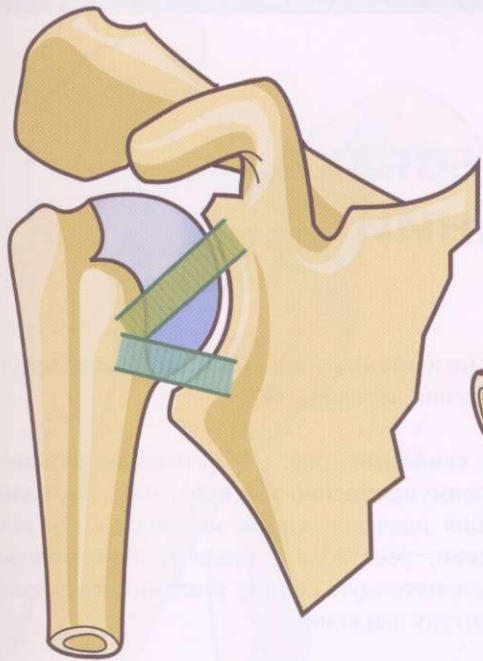


Рис. 57

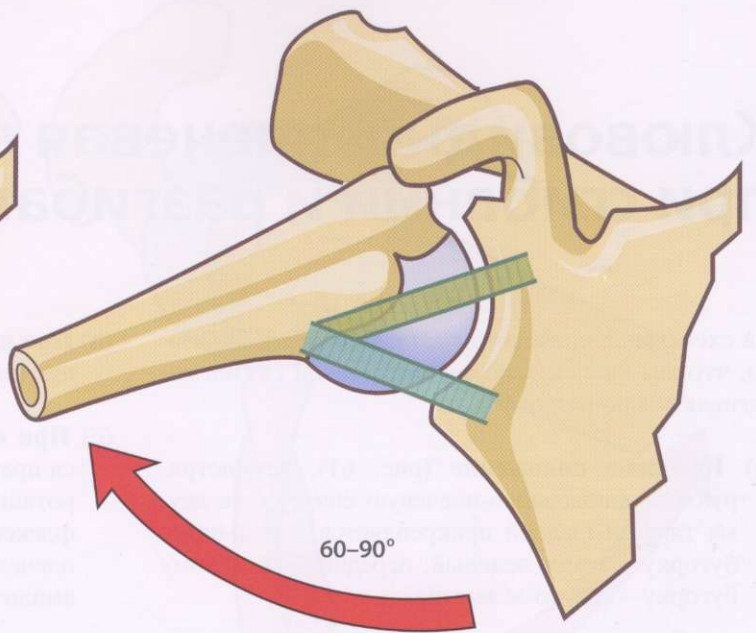


Рис. 58

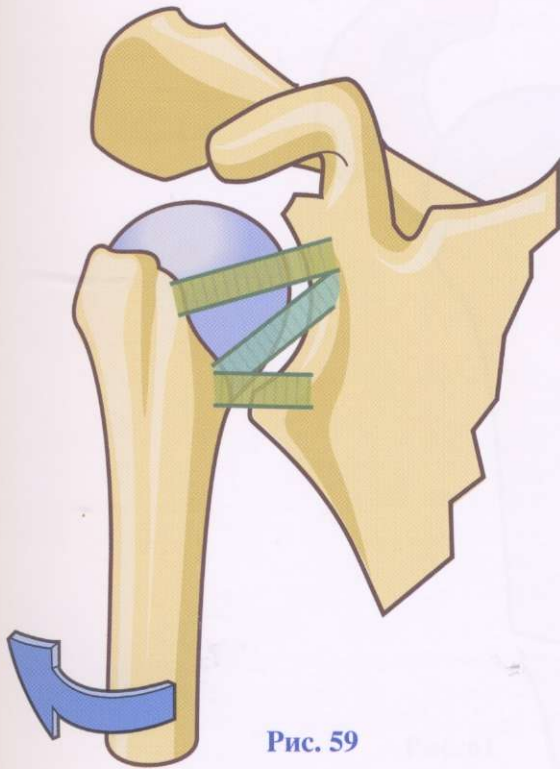


Рис. 59

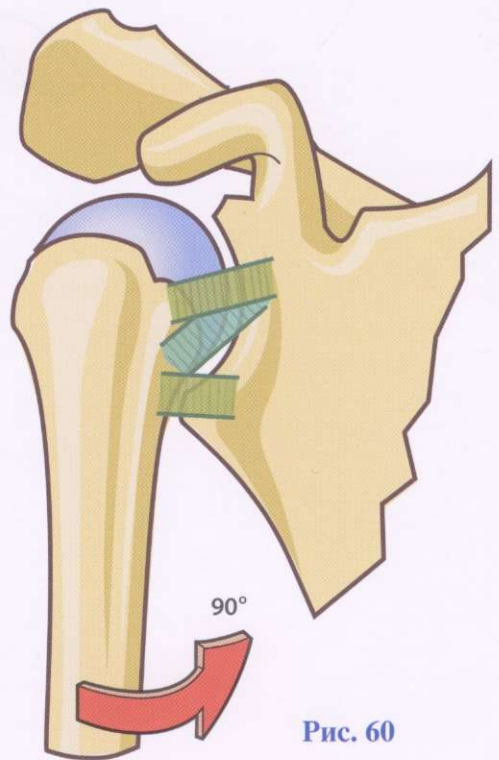


Рис. 60

Клювовидно-плечевая связка при сгибании и разгибании

На схеме вида плечевого сустава снаружи показано, что два тяжа клювовидно-плечевой связки натягиваются по-разному:

- (a) **Исходное положение** (рис. 61), демонстрирующее клювовидно-плечевую связку с ее двумя тяжами (задний прикрепляется к большому бугорку - темно-зеленый; передний - к малому бугорку - светло-зеленый).
- (b) **При разгибании** (рис. 62) натягивается преимущественно передний тяж.
- (c) **При сгибании** (рис. 63) натяжение развивается преимущественно в заднем тяже. Внутренняя ротация плечевой кости, наблюдаемая к концу флексии, расслабляет клювовидно-плечевую и плечелопаточную связки, увеличивая тем самым амплитуду движений.

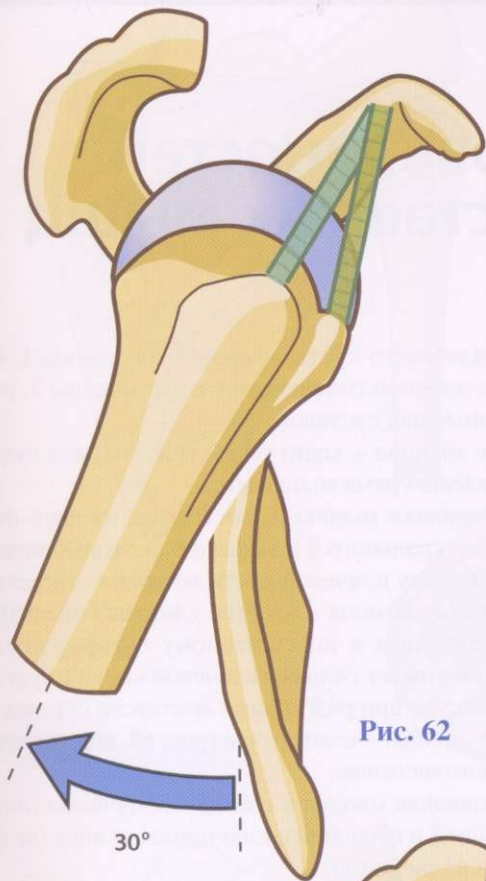


Рис. 62

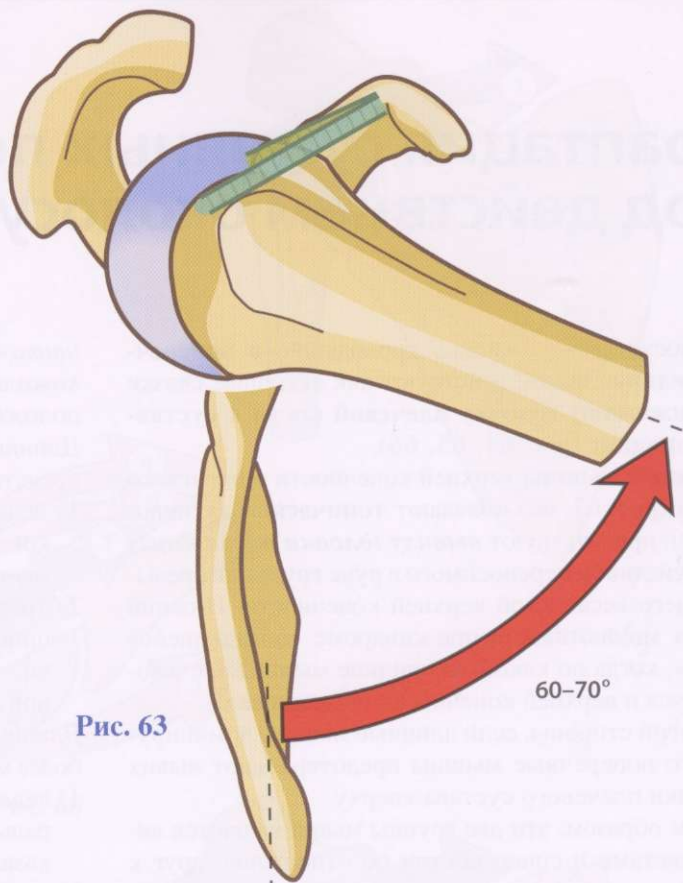


Рис. 63

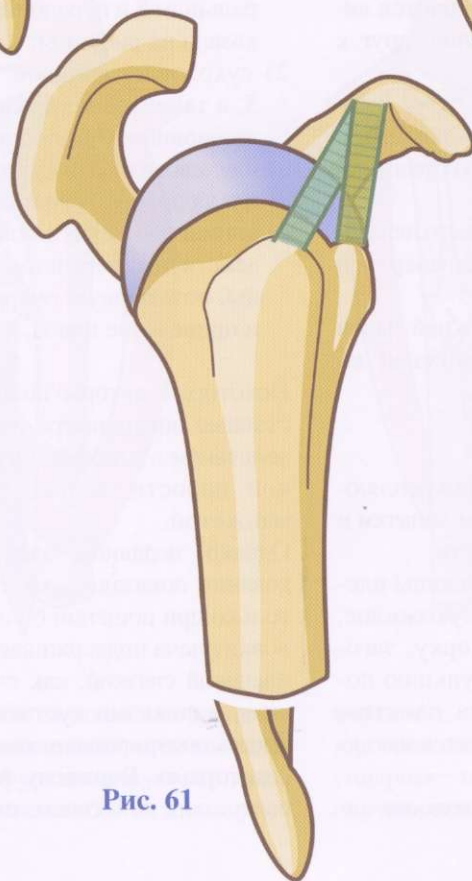


Рис. 61

Коаптация суставных поверхностей под действием околосуставных мышц

Околосуставные мышцы, проходящие **в поперечном направлении**, действуют как активные связки и **прижимают головку плечевой кости к суставной впадине** (рис. 64, 65, 66).

Длинные мышцы верхней конечности и плечевого пояса (рис. 67, 68) обладают **тонической** активностью и препятствуют **вывиху головки плеча книзу** под действием переносимого в руке груза или срезающего веса самой верхней конечности. Нижний вывих можно видеть при синдроме «болтающейся руки», когда по какой-то причине мышцы плечевого пояса и верхней конечности парализованы.

С другой стороны, если длинные мышцы доминируют, то поперечные мышцы предотвращают вывих головки плечевого сустава кверху.

Таким образом, эти две группы мышц являются антагонистами и синергистами по отношению друг к другу.

Вид поперечных мышц сзади (рис. 64):

- 1) Надостная мышца 1 берет начало от ямки лопатки и оканчивается на верхней фасетке бугорка плечевой кости.
- 2) Подостная мышца 3 прикрепляется к верхней части ямки лопатки и оканчивается на задневерхней фасетке бугорка плечевой кости.
- 3) Малая круглая 4 прикрепляется к нижней части ямки лопатки и оканчивается на задненижней части фасетки бугорка плечевой кости.

На рис. 65 представлен вид спереди.

Надостная мышца 1.

Подлопаточная 2 — мощная мышца, прикрепляющаяся ко всей передней поверхности ямки лопатки и оканчивающаяся на бугорке плечевой кости.

Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча 5. Когда эта мышца сокращается, ее сухожилие, прикрепляющееся к надсуставному бугорку, загоняет головку плеча внутрь, выполняя функцию поперечных мышц, посредством «эффекта памяти». Этот эффект заключается в сгибании локтевого сустава при поднятии тяжести.

На рис. 66 (вид сверху) представлена «верхняя за-

щита» плечевого сустава: надостная мышца 1, сухожилие длинной головки двуглавой мышцы 5, расположенные над суставом.

Длинные мышцы - коаптаторы (рис. 67, вид сзади) представлены тремя мышцами:

- 1) дельтовидная мышца 8, состоящая из двух пучков - латерального 8 и заднего 8', который поднимает головку плечевой кости во время отведения;
- 2) трехглавая мышца плеча (ее длинная головка) 7, прикрепленная к подсуставному бугорку лопатки - прижимает головку плечевой кости к суставной капсуле при разгибании локтевого сустава.

Длинные мышцы - коаптаторы (рис. 68, вид спереди), более многочисленны:

- 1) дельтовидная мышца 8 с ее двумя пучками (латеральным 8 и передним), ключичная мышца (не показана на рисунке);
- 2) сухожилие длинной головки двуглавой мышцы 5, а также ее короткая головка, прикрепленная к клювовидному апофизу, вблизи от клювовидно-плечевого 6. Это сухожилие при сгибании локтя и плеча приводит головку плечевой кости кверху;
- 3) ключичные пучки большой грудной мышцы 9 содействуют передним тяжам дельтовидной мышцы, но в первую очередь осуществляют сгибание и приведение плеча.

Некоторые авторы полагают, что кроме этого суставные поверхности удерживаются в контакте под действием атмосферного давления, но не в суставной полости, а под околосуставной мышечной манжетой.

Однако недавние электромиографические исследования показали, что эти мышцы активизируются только при ношении больших грузов. Обычно же головка плеча поддерживается не столько клювовидно-плечевой связкой, как считали ранее, сколько нижними волокнами суставной капсулы, как это было продемонстрировано недавно работами Фишера с соавторами. Верхнему вывиху головки, происходящему под действием очень сильного сокращения

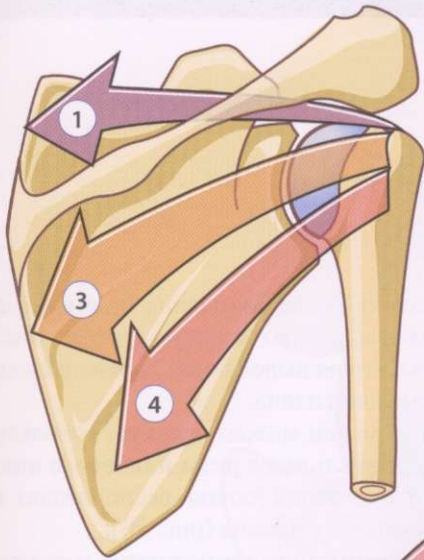


Рис. 64

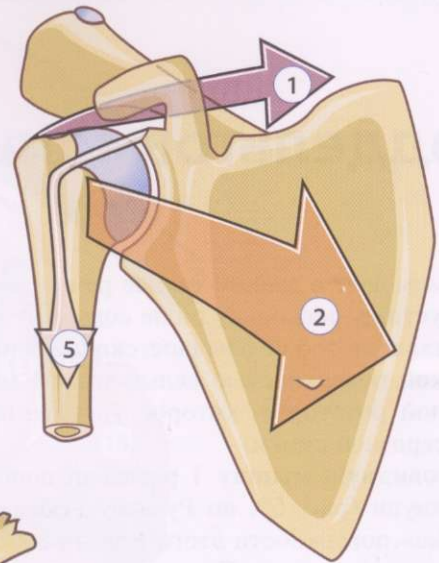


Рис. 65

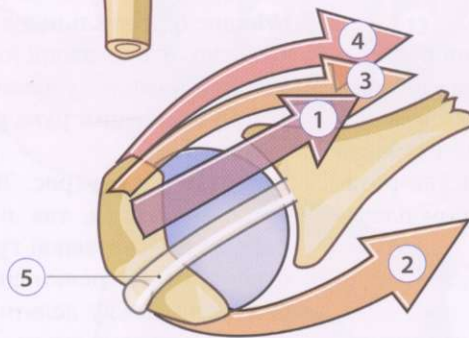


Рис. 66

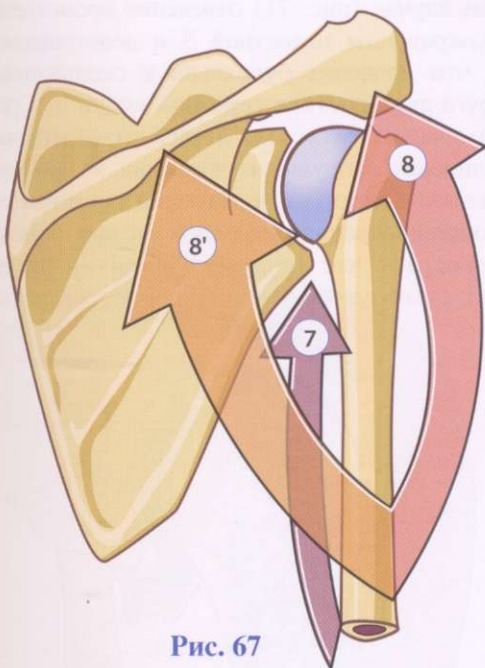


Рис. 67

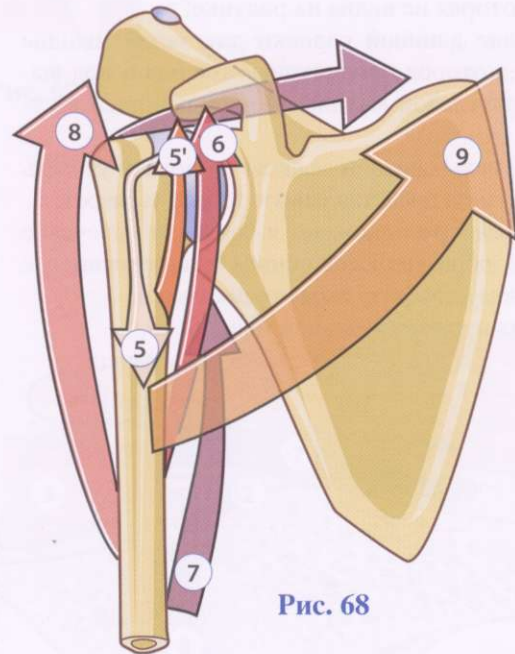


Рис. 68

длинных мышц, препятствуют наличие клювовидно-акромиальной арки и сокращение надостной мышцы. Если надостная мышца не функционирует, головка плеча ударяется непосредственно о нижнюю по-

верхность акромиального отростка и акромиально-клювовидной связки, что вызывает боли, как при синдроме плечевого периартрита, наблюдаемом в случаях повреждения вращающей манжеты.

Поддельтовидный «сустав»

На самом деле в данном случае речь идет о **ложном суставе**, поскольку он не содержит хряща, а представляет собой обычное скольжение между глубокой поверхностью дельтовидной мышцы и капсулой ротаторов, которое упрощается наличием серозной сумки.

Дельтовидную мышцу 1 рассекли поперечно и отодвинули (рис. 69, по Рувьеру), обнажив «суставные» поверхности этого неистинного (физиологического) сустава. Становятся видны глубокая поверхность плоскости скольжения, капсула ротаторов плеча, образованная верхним концом плечевой кости 2, к которой прикрепляются:

- надостная мышца 3;
- подостная мышца 4;
- малая круглая мышца 5 и подлопаточная мышца сзади, которая не видна на рисунке;
- сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча 6, которое просматривается над и под вырезкой двуглавой мышцы 9, проникающей в сустав.

Рассечение дельтовидной мышцы позволяет увидеть серозную сумку, представленную на рис. в разрезе 7. Далее впереди расположено клювовидно-плечевое сухожилие, образующееся общим прикреплением к клювовидному апофизу следующих мышц:

- коротких пучков двуглавой мышцы 13;

- клювовидно-плечевой мышцы 14, вместе формирующих «переднюю защиту» сустава. Также позади сухожилия выделяются длинные тяжи трехглавой мышцы плеча.

Работу этих мышц можно оценить, используя следующие **фронтальные срезы плечевого пояса**:

- плечо в состоянии покоя расположено **вертикально** вдоль туловища (рис. 70);
- **при отведении** рука расположена горизонтально (рис. 71).

В первом случае (рис. 70) видны как ранее рассмотренные мышцы, так и срез лопаточно-плечевого сустава 8 с суставной губой и нижним капсульным отростком. Поддельтовидная серозная сумка 7 расположена между дельтовидной мышцей и верхним концом плечевой кости.

Во втором случае (рис. 71) отведение происходит за счет сокращения надостной 3 и дельтовидной мышц 1, что приводит буквально к скольжению друг о друга двух листков серозной сумки 7. Срез лопаточно-плечевого сустава позволяет видеть натяжение нижнего капсульного отростка, значительная подвижность которого необходима для нормального функционирования плечевого сустава. Также следует отметить, что «нижнюю защиту» сустава составляет сухожилие длинного пучка трехглавой мышцы 6.

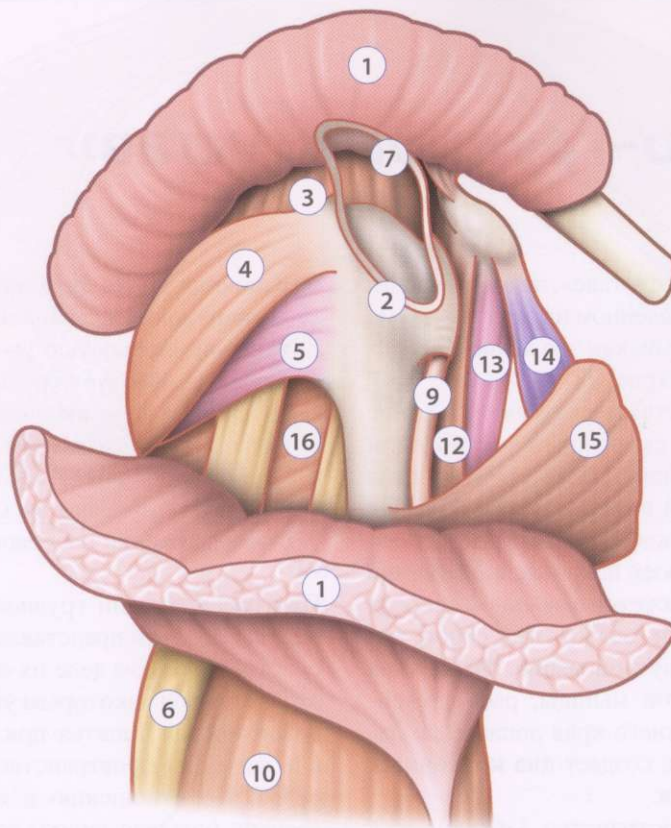


Рис. 69

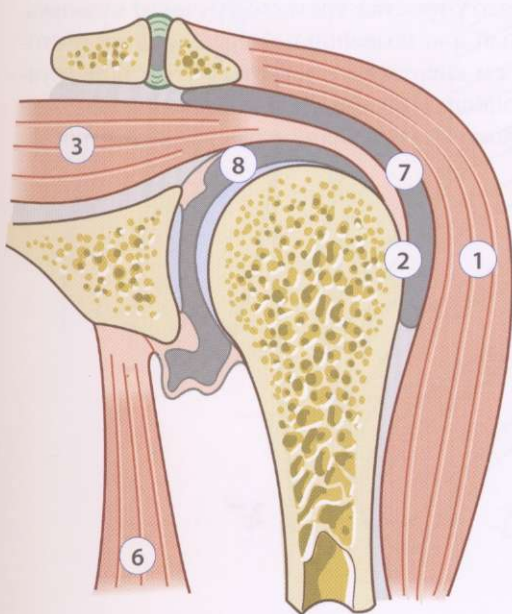


Рис. 70

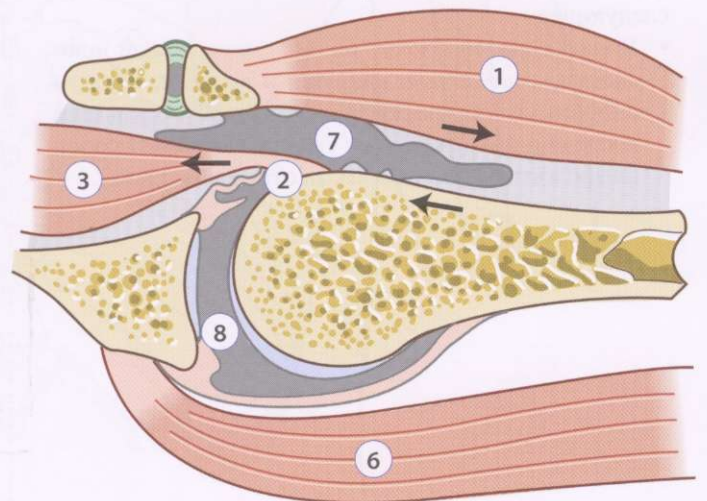


Рис. 71

Лопаточно-грудной «сустав»

Речь идет снова о «ложном суставе», не содержащем хрящевой ткани, а представленном на этот раз двумя скользящими поверхностями, как это видно на горизонтальном срезе грудины (рис. 72).

Левая часть среза представляет собой объемное изображение грудины со скошенным рассечением ребер и межреберных мышц. Также представлены плечевая кость, к которой прикрепляется большая зубчатая мышца, сопровождаемая снаружи дельтовидной мышцей. За счет своей искривленной формы лопатка (желтого цвета) кажется сдвоенной спереди от подлопаточной мышцы и сзади от подостной, малой круглой и большой круглой мышц. Мышечная пластина большой зубчатой мышцы, расположенная на протяжении от нижнего края лопатки до латеральной стенки грудины, создает **два клеточных пространства скольжения:**

- лопаточно-зубчатое пространство 1 включает в себя лопатку, покрытую подлопаточной мышцей и собственно большую зубчатую мышцу;
- грудно-зубчатое пространство 2 включает в себя стенку грудной клетки и большую зубчатую мышцу.

На правой половине среза, представляющей собой функциональную схему плечевого пояса, показано следующее:

- Лопатка расположена не во фронтальной плоскости, а *наклонена* кнаружи и кпереди, образуя с фронтальной плоскостью угол в 30° , открытый кпереди и кнаружи. Этот угол представляет собой физиологическую плоскость отведения плеча.

- Ключица проходит косо, в форме буквы S в задненаружном направлении и образует с фронтальной плоскостью угол 30° . Кпереди и кнутри ключица образует грудино-ключичный сустав с грудиной и акромиально-ключичный сустав с лопаткой, следуя кнаружи и кзади.
- В состоянии покоя ключица образует угол 60° с лопаткой, однако он может изменяться вследствие движений плечевого пояса.

При рассмотрении грудной клетки сзади (рис. 73) обычно лопатки представлены во фронтальной плоскости. На самом деле их следует размещать в пространстве под некоторым углом за счет кривизны их поверхности. Лопатка при ее нормальном положении занимает пространство от второго до седьмого ребра. По отношению к остистым отросткам позвонков (средняя линия) ее верхневнутренний угол соответствует остистому отростку первого грудного позвонка, нижний угол - остистому отростку седьмого или восьмого грудного позвонка, внутренняя оконечность ости лопатки (т.е. угол, образуемый двумя сегментами внутреннего края) лежит на уровне остистого отростка третьего грудного позвонка. Медиальный или позвоночный край лопатки отстоит на 5-6 см кнаружи от остистых отростков грудных позвонков. Нижний угол лопатки расположен на расстоянии 7 см от линии остистых отростков.

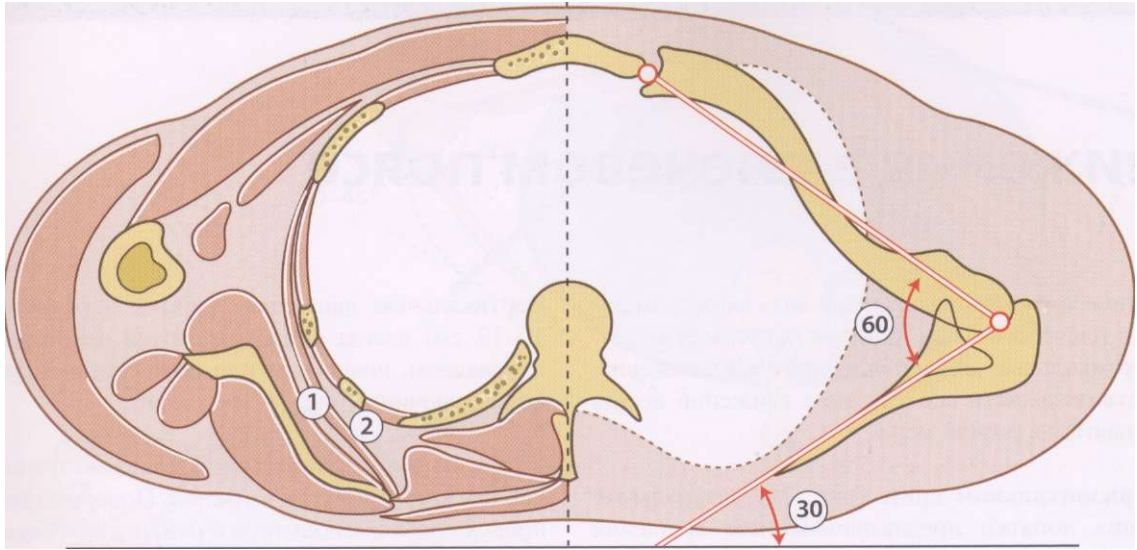


Рис. 72

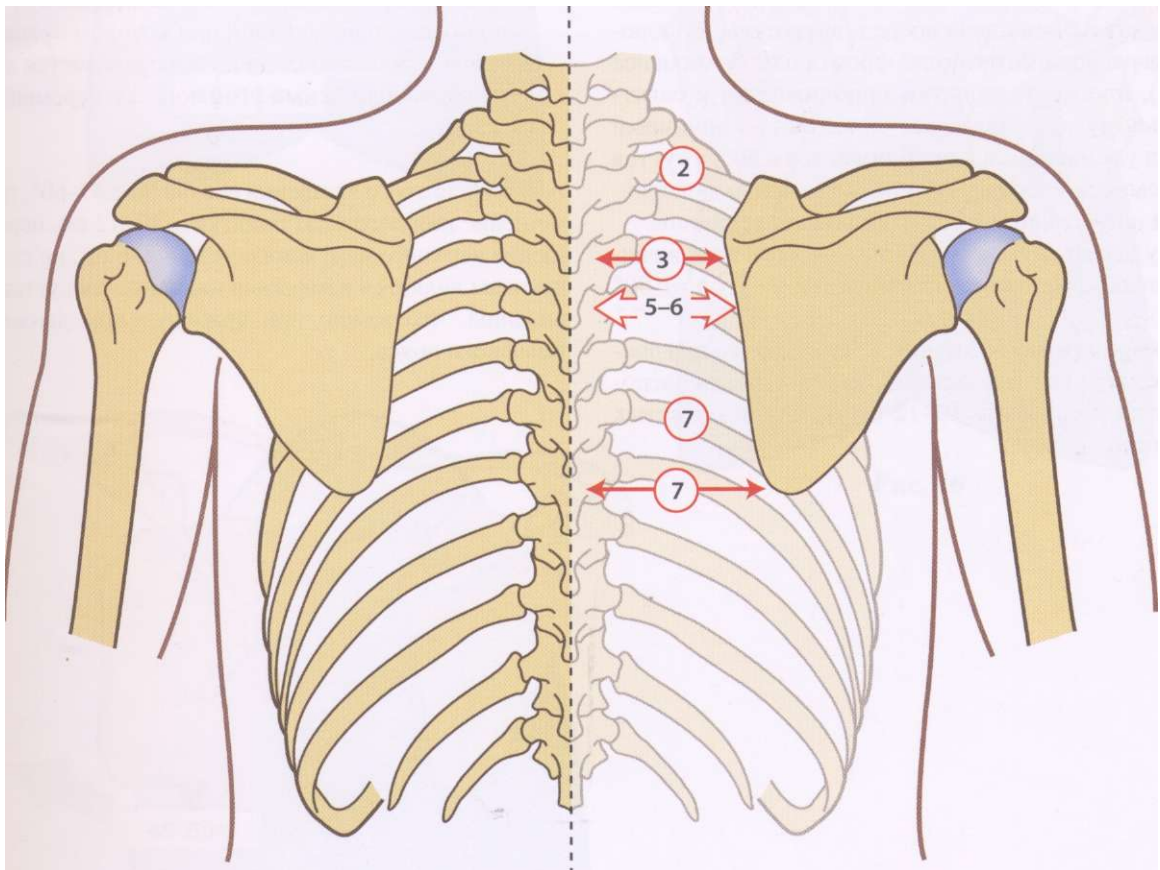


Рис. 73

Движения в плечевом поясе

Теоретически можно выделить 3 вида движений лопатки и плечевого пояса в целом: движения кнаружи, вертикальные движения и круговые движения. В действительности все три типа движений всегда совмещаются в разной мере.

На горизонтальном срезе (рис. 74) латеральные движения лопатки предназначены для вращения ключицы в грудино-реберно-ключичном суставе благодаря подвижности акромиально-ключичного сустава.

- При отведении плеча назад (ретропульсия), направление движения ключицы становится несколько косо кзади и лопаточно-грудинный угол увеличивается до 70° (правая половина рисунка).
- При отведении плеча вперед (анте-пульсия) ключица располагается более фронтально (угол менее 30°), плоскость лопатки приближается к сагитальному направлению, лопаточно-ключичный угол уменьшается и приближается к 60° , а сустав стремится кпереди. В этом положении поперечный диаметр достигает наибольшей величины.

Между этими двумя противоположными положениями плоскость лопатки отклоняется на угол от 30° до 40° .

На изображении сзади (рис. 75) видно, что при движении плеча кпереди острый край лопатки расположен на расстоянии 10-12 см от линии остистых отростков.

Вертикальные движения лопаток (составляющие 10-12 см) всегда сопровождаются некоторым покачиванием, поднятием или опущением наружного конца ключицы (рис. 76, вид сзади).

Также на рис. 77 (вид сзади) показано очень важное движение лопаток - наклон. Повороты лопатки происходят по отношению к *оси, перпендикулярной* к плоскости лопатки и расположенной несколько ниже ее ости, *недалеко от верхненаружного угла*.

- Справа: поворот «книзу» (правая лопатка поворачивается по часовой стрелке), нижний угол перемещается кнутри, а верхненаружный угол - книзу, суставная впадина смотрит вниз.
- Слева: поворот «кверху»; это движение в противоположном направлении, при котором суставная впадина в большей степени поворачивается кверху, и верхненаружный угол лопатки перемещается кверху.

Амплитуда этого вращения составляет $45-60^\circ$, перемещение нижнего угла лопатки — 10—12 см, перемещение верхнего наружного угла - 5-6 см, но самым важным является изменение направления суставной впадины, что важно при вращательном движении плечевого пояса.

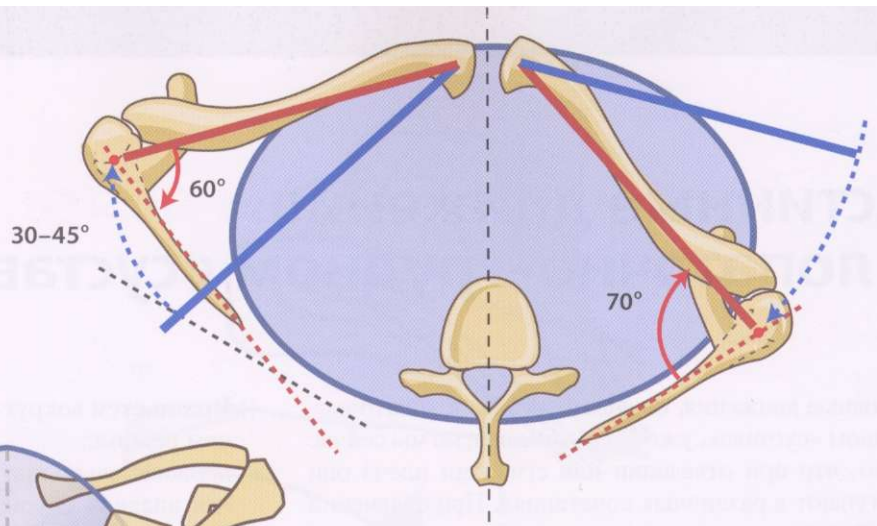


Рис. 74

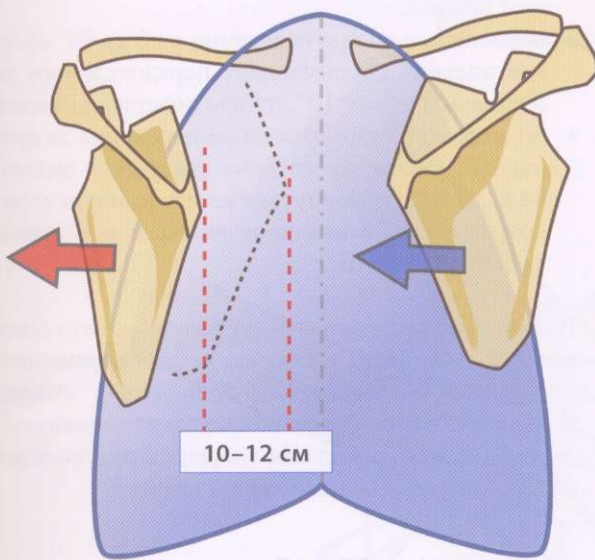


Рис. 75

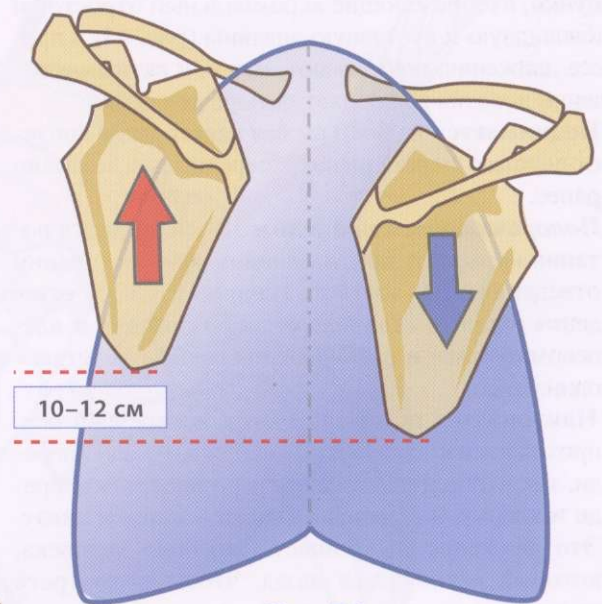


Рис. 76

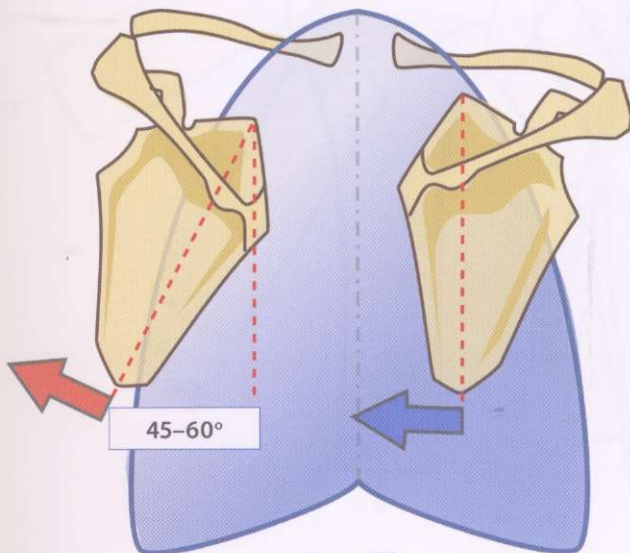


Рис. 77

Истинные движения в лопаточно-грудном «суставе»

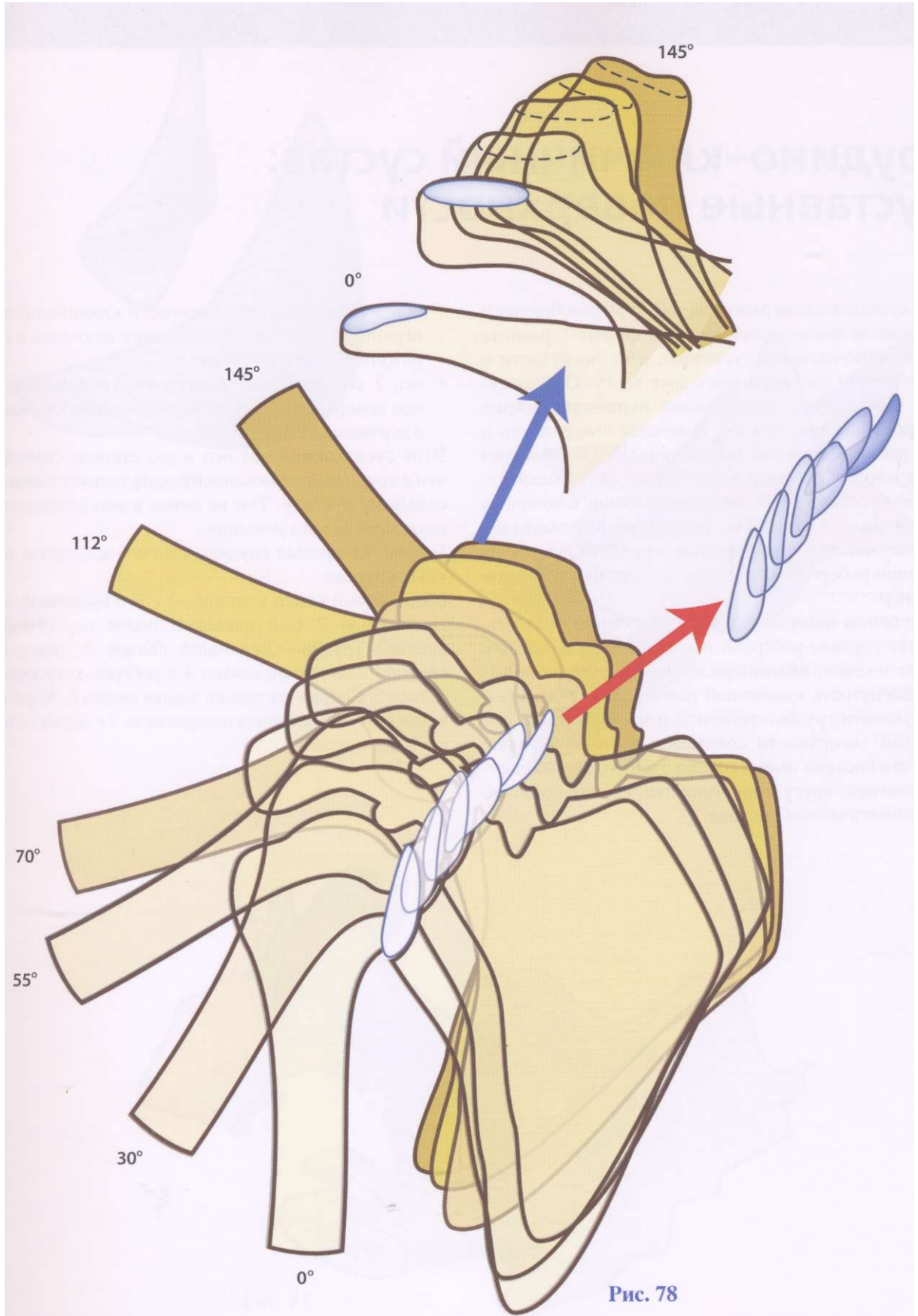
Основные движения, осуществляемые в лопаточно-грудном «суставе», уже были описаны, но мы сейчас знаем, что при отведении или сгибании плеча они выступают в различных сочетаниях. При сравнении рентгенограмм лопатки при отведении конечности (рис. 7 8) с фотографиями сухой лопатки, выполненными в разных ее положениях, Ж.-И. де ля Каффиньер смог определить истинные движения лопатки. Рисунки, изображающие акромиальный отросток и клювовидную и суставную впадины (рис. 43) в процессе движения, показывают, что при активном отведении лопатка выполняет четыре движения.

- 1) **Поднимается** на 8-10 см без какого-либо сопутствующего перемещения кпереди, как полагали ранее.
- 2) **Поворачивается под углом** 38° , причем эта ротация нарастает почти линейно при увеличении отведения от 0 до 145° . Начиная со 120° отведения и далее, величина угловой ротации в плечевом суставе и в лопаточно-грудном «суставе» одинакова.
- 3) **Наклоняется** по отношению к поперечной оси, проходящей косо изнутри кнаружи и сзади кпереди, так что кончик лопатки перемещается кпереди и кверху, а ее верхняя часть - кзади и книзу. Это движение напоминает движение человека, который наклоняется назад, чтобы посмотреть на верхние этажи небоскреба. Амплитуда наклона составляет 23° при отведении конечности в пределах от 0 до 145° .

4) **Вращается** вокруг вертикальной оси в двухфазном режиме:

- первоначально при отведении от 0 до 90° суставная впадина осуществляет парадоксальное движение под углом 10° , чтобы повернуться кзади;
- по мере того как отведение переходит за пределы 90° , суставная впадина совершает движение на 6° , чтобы повернуться кпереди, и при этом не возвращается в исходное положение в переднезадней плоскости.

В процессе отведения верхней конечности суставная впадина выполняет сложную серию перемещений, поднимаясь и смещаясь кнутри, чтобы позволить большому бугорку плечевой кости не столкнуться с акромиальным отростком спереди и проскользнуть под акромиально-клювовидной связкой.



Грудино-ключичный сустав

суставные поверхности

Его суставные поверхности (рис. 79) в разобранном состоянии имеют **седловидную форму** (сравните с трапецио-пястным суставом), и их вогнутости и выпуклости соответствуют друг другу. Ось вогнутой поверхности расположена **перпендикулярно в пространстве**, так что выпуклая поверхность и эти две оси лежат по обе стороны седла. Меньшая поверхность 1 является ключичной, а большая 2 - грудино-реберной. В действительности, ключичная поверхность 1, будучи больше в горизонтальном направлении, чем в вертикальном, накладывается на грудино-реберную поверхность спереди и особенно сзади.

Ключичная поверхность (рис. 80) хорошо соответствует грудино-реберной поверхности, как всадник сидит в седле, плотно прилегающем к спине лошади. Вогнутость ключичной поверхности пригнана к выпуклости грудино-реберной и наоборот. Две оси каждой поверхности совпадают настолько точно, что эта система имеет только две оси, перпендикулярные друг другу в пространстве, как это показано на схематическом рисунке:

- ось 1 соответствует вогнутости ключичной поверхности и позволяет движения ключицы в горизонтальной плоскости,
- ось 2 соответствует вогнутости грудино-реберной поверхности и позволяет движения ключицы в вертикальной плоскости.

Этот сустав имеет две оси и две степени свободы, что с точки зрения механики соответствует **универсальному суставу**. Тем не менее в нем возможна и некоторая *осевая ротация*.

На рис. 81 правый грудино-ключичный сустав открыт кпереди.

Медиальный конец ключицы 1 с его суставной поверхностью 2 был наклонен после пересечения верхней грудино-ключичной связки 3, передней грудино-ключичной связки 4 и реберно-ключичной связки 5. Сохранена только задняя связка 6. Хорошо видна грудино-реберная поверхность 7 с двумя ее вогнутыми дугами.

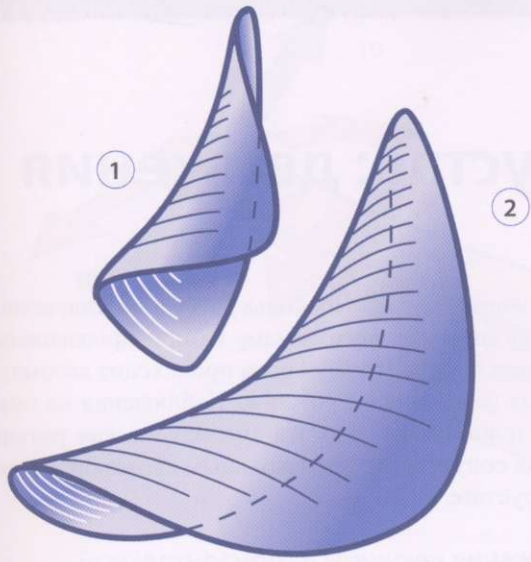


Рис. 79

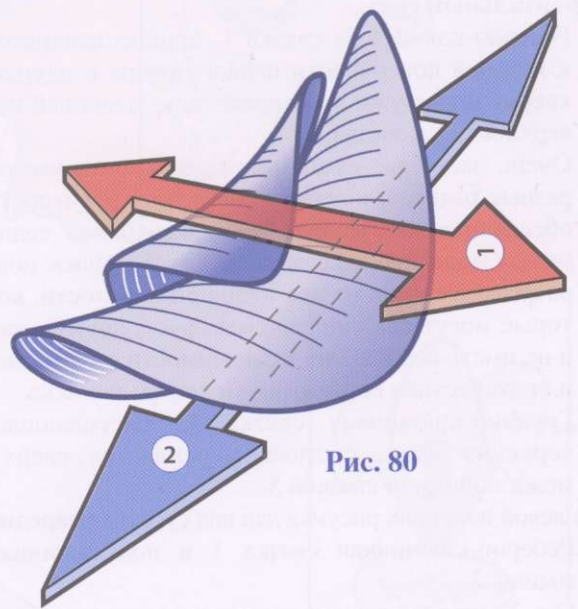


Рис. 80

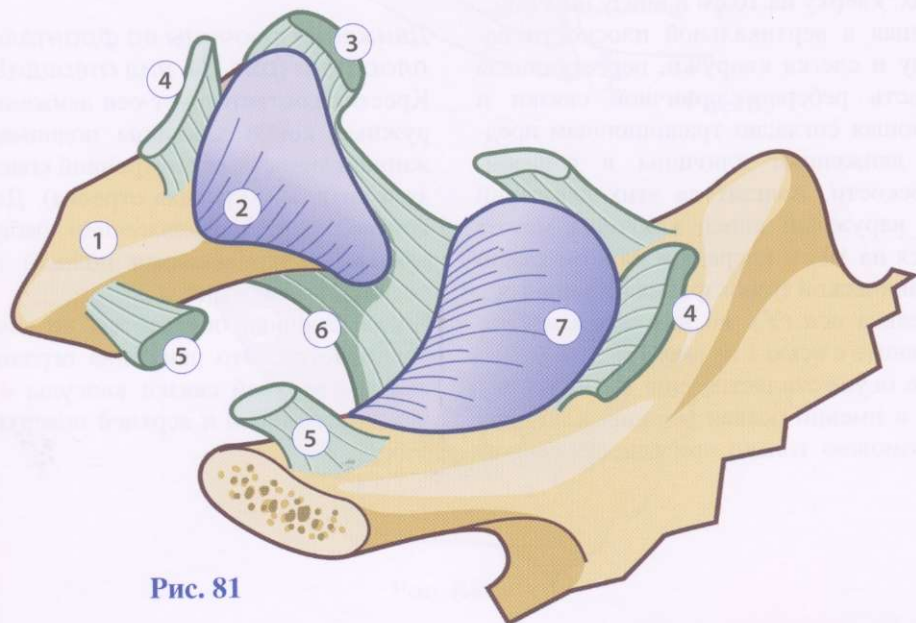


Рис. 81

Грудино-ключичный сустав: движения

Сложная схема грудино-ключичного сустава (рис. 82, по Рувьеру) показывает следующее. На правой половине рисунка представлен **вертикально-фронтальный срез**.

- Реберно-ключичная связка 1, прикрепляющаяся к верхней поверхности первого ребра и идущая кверху и кнаружи по направлению к нижней поверхности ключицы.
- Очень часто две суставные поверхности имеют разные радиусы кривизны, и их конгруэнтность обеспечивается мениском 3 наподобие седла между лошадей и всадником. Этот мениск подразделяет сустав на две вторичные полости, которые могут как сочленяться друг с другом, так и не иметь соединения в зависимости от наличия или отсутствия перфорации в центре мениска.
- Грудино-ключичная связка 4, выстилающая верхнюю часть сустава, укрепляется сверху межключичной связкой 5.

На левой половине рисунка дан вид сустава **спереди**.

- Реберно-ключичная связка 1 и подклюничная мышца 2.
- Ось X, идущая горизонтально и слегка наклонно кпереди и кнаружи, что соответствует движениям ключицы в вертикальной плоскости в следующих пределах: кверху на 10 см и книзу на 3 см.
- Ось Y, идущая в вертикальной плоскости наклонно книзу и слегка кнаружи, пересекающая среднюю часть реберно-ключичной связки и соответствующая согласно традиционным представлениям движениям ключицы в горизонтальной плоскости. Амплитуда этих движений следующая: наружный конец ключицы может перемещаться на 10 см кпереди и на 3 см кзади. С чисто механической точки зрения истинная ось (Y') параллельна оси (Y), но находится внутри сустава (сравните с осью 1 на рис. 45).

В этом суставе осуществляется еще один, третий тип движений, а именно осевая ротация ключицы на 30°. Это возможно только при ненапряженном

состоянии связок. Поскольку грудино-ключичный сустав является двухосевым, то при произвольной ротации вокруг его двух осей происходит автоматическая (сочетанная) ротация. Наблюдения на практике показывают, что эта автоматическая ротация всегда сопутствует произвольным движениям в данном суставе.

Движения ключицы в горизонтальной плоскости (рис. 83, вид сверху).

- Жирной линией обозначено положение ключицы в покое.
- Движения осуществляются по отношению к точке Y'.
- Два крестика показывают крайние положения ключичного прикрепления реберно-ключичной связки. На вставке срез А сделан на уровне реберно-ключичной связки, чтобы продемонстрировать натяжение, развивающееся в связке в крайних положениях.
- Движение кпереди контролируется натяжением реберно-ключичной связки и передней связки капсулы 1.
- Движение кзади ограничивается натяжением реберно-ключичной связки и задней связки капсулы 2.

Движения ключицы во фронтальной плоскости (рис. 84, вид спереди).

Крестик соответствует оси движения X. Когда наружный конец ключицы поднимается (показано жирной линией), ее внутренний конец скользит книзу и кнаружи (красная стрелка). Данное движение контролируется *натяжением реберно-ключичной связки* (заштрихованная полоса) и напряжением подклюничной мышцы 2.

Когда ключица опускается, ее внутренний конец поднимается. Это движение ограничивается натяжением верхней связки капсулы 4 и *контактом* между ключицей и верхней поверхностью первого ребра.

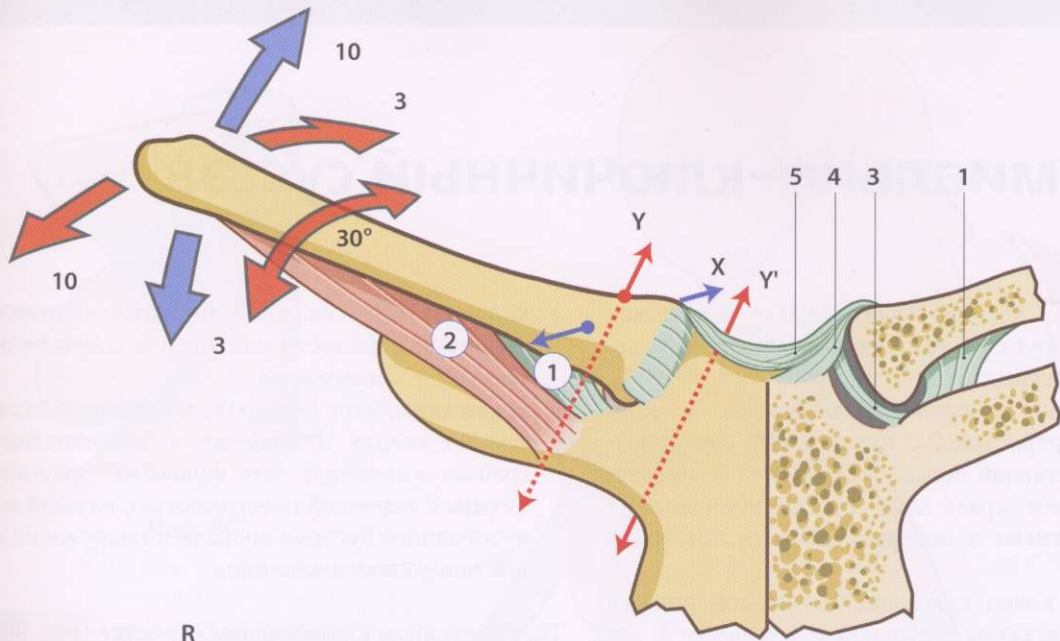


Рис. 82

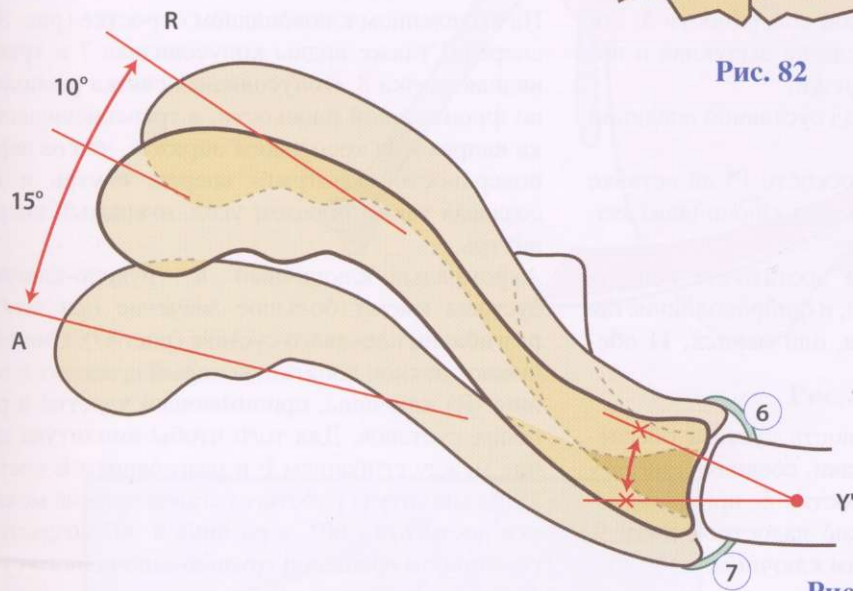


Рис. 83

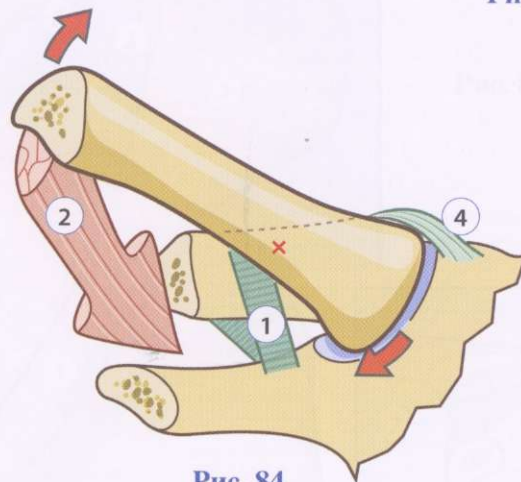
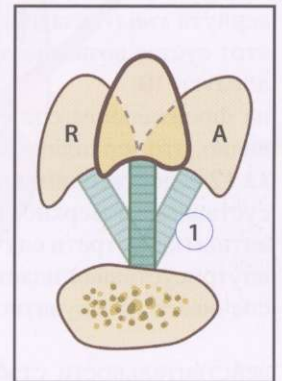


Рис. 84

Акромиально-ключичный сустав

На схеме (рис. 85, вид сзади) лопатка и ключица разъединены друг с другом. Здесь можно видеть следующие структуры:

- ость лопатки 1 переходит латерально в акромиальный отросток 2 с плоской или слегка выпуклой суставной поверхностью 3 на его передневнутреннем крае; этот сустав принадлежит к **плоскостным** и повернут кпереди, кнутри и кверху;
- наружный конец ключицы 4 с тонкой нижней частью из-за скоса суставной поверхности 5; эта поверхность плоская или слегка выпуклая и повернута *книзу*, кзади и кнаружи;
- этот сустав возвышается над суставной впадиной лопатки 10;
- на фронтальном срезе (плоскость Р) на вставке видно, что верхняя акромиально-ключичная связка 12 недостаточно мощная;
- суставные поверхности не достаточно конгруэнтны (как в трети случаев), и фиброволокнистая внутрисуставная пластинка, или мениск, 11 обеспечивает конгруэнтность.

В действительности стабильность сустава обеспечивают две внесуставные связки, соединяющиеся у основания клювовидного отростка 6, прикрепляющиеся одна - к верхнему краю надостной ямки 9, другая - к нижней поверхности ключицы:

- *конусовидная связка* 7, прикрепляющаяся на нижней поверхности ключицы к конусовидному бугорку у заднего края;
- *трапециевидная связка* 8, направляющаяся наклонно кверху и кнаружи к трапециевидному гребню ключицы; это фрагмент треугольной формы с неровной поверхностью, идущий от конусовидного бугорка кпереди и кнаружи на нижней поверхности ключицы.

На выделенном клювовидном отростке (рис. 86, вид спереди) также видны конусовидная 7 и трапециевидная связка 8. Конусовидная связка расположена во фронтальной плоскости, а трапециевидная связка направлена косо таким образом, что ее передняя поверхность «смотрит» вперед, внутрь и вверх, создавая таким образом угол, открытый кпереди и внутрь.

Акромиально-ключичный и грудино-ключичный суставы имеют большое значение при сгибании-разгибании плечевого сустава (рис. 87). Они обеспечивают наклон лопатки, который приводит к вращению (R) ключицы, принимающей участие в работе обоих суставов. Для того чтобы амплитуда движения между сгибанием F и разгибанием E составила 180°, амплитуда работы суставов должна механически достигнуть 60°, а разница в 30° создается при сочетанном вращении грудино-ключичного сустава.

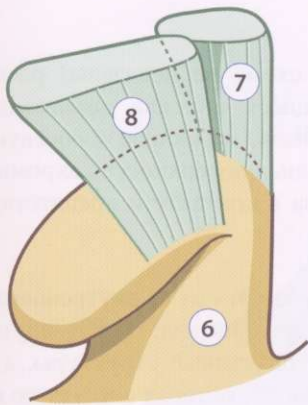


Рис. 86

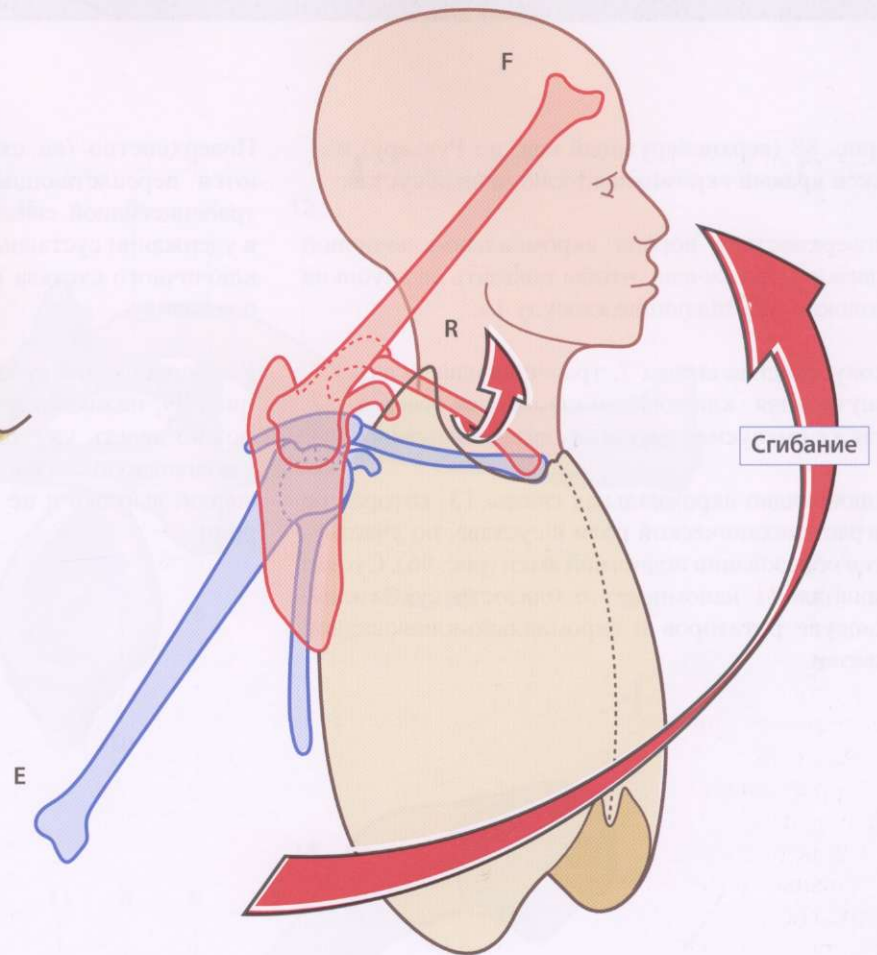


Рис. 87

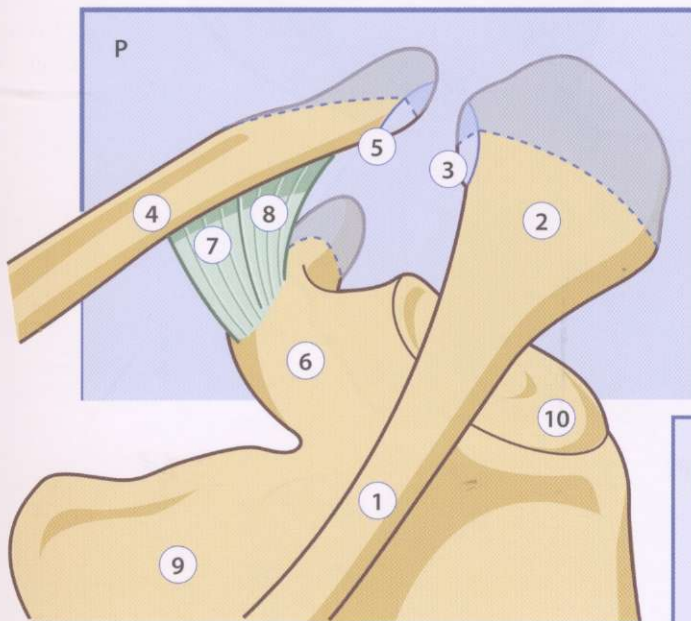
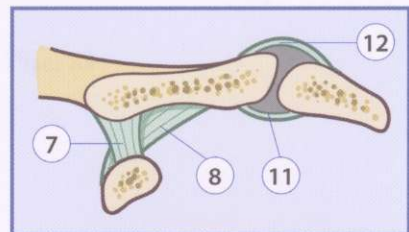


Рис. 85



На рис. 88 (верхненааружный вид, по Рувьеру) изображен правый акромиально-ключичный сустав:

- поверхностная порция акромиально-ключичной связки 11 рассечена, чтобы показать ее глубокие волокна, укрепляющие капсулу 15;
- конусовидная связка 7, трапециевидная связка 8, внутренняя клювовидно-ключичная связка 12, также именуемая двурога́я связка Кальдани;
- клювовидно-акромиальная связка 13, которая не играет механической роли в суставе, но участвует в образовании подостной ямки (рис. 96). Сустав лопатки 11 напоминает о близости сухожилий, капсуле ротаторов и акромиально-клювовидной связки.

Поверхностно (на схеме не показаны) располагаются переплетающиеся волокна дельтовидной и трапециевидной связок, играющие ключевую роль в удержании суставных поверхностей акромиально-ключичного сустава в контакте и препятствующие подвывиху.

Ключица как бы «убегает» от ее внутреннего конца (рис. 89, нижневнутренний вид, по Рувьеру). Здесь можно видеть уже описанные структуры, а также клювовидную связку 14, которая следует по клювовидной вырезке и не играет никакой механической роли.

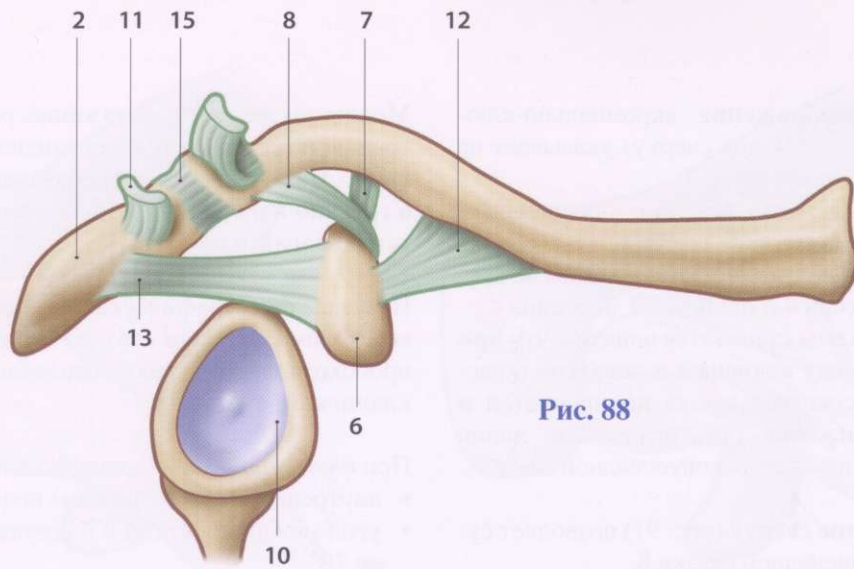


Рис. 88

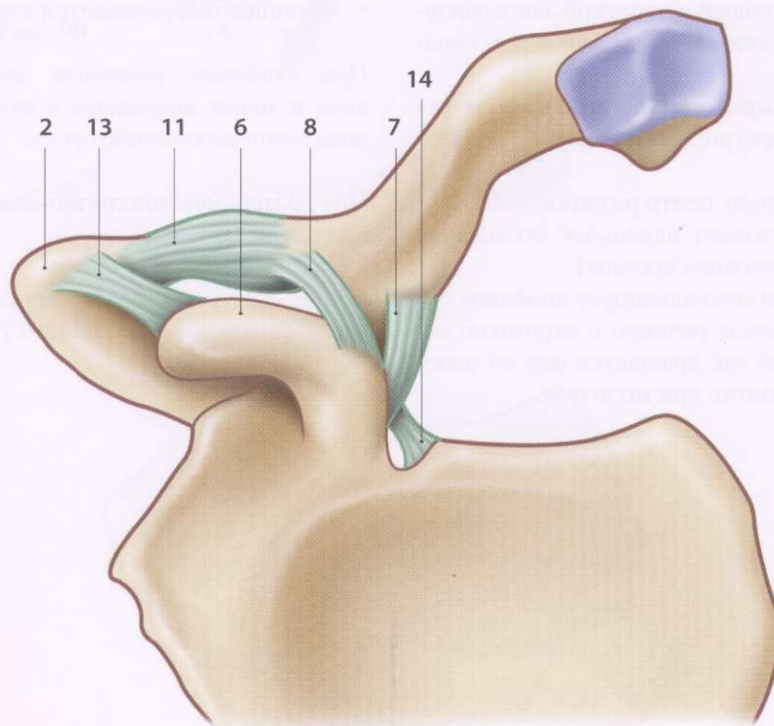


Рис. 89

ага-
й и
роль
бно-
щие

нца
десь
кже
ово-
кой

Роль ключовидно-клюновидных связок

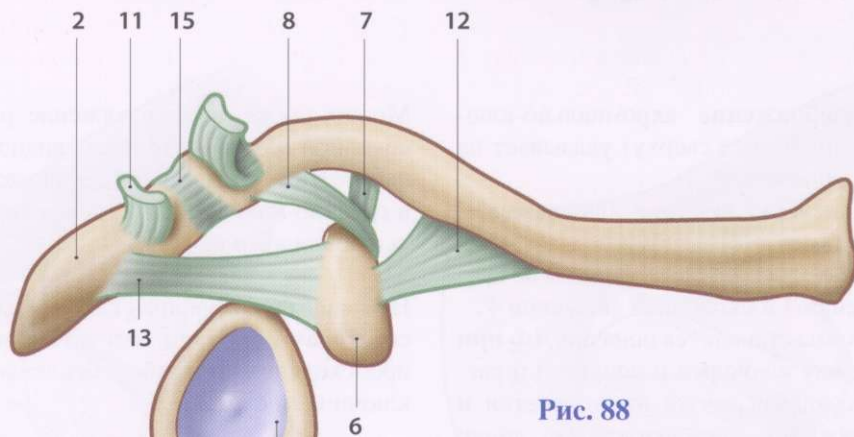


Рис. 88

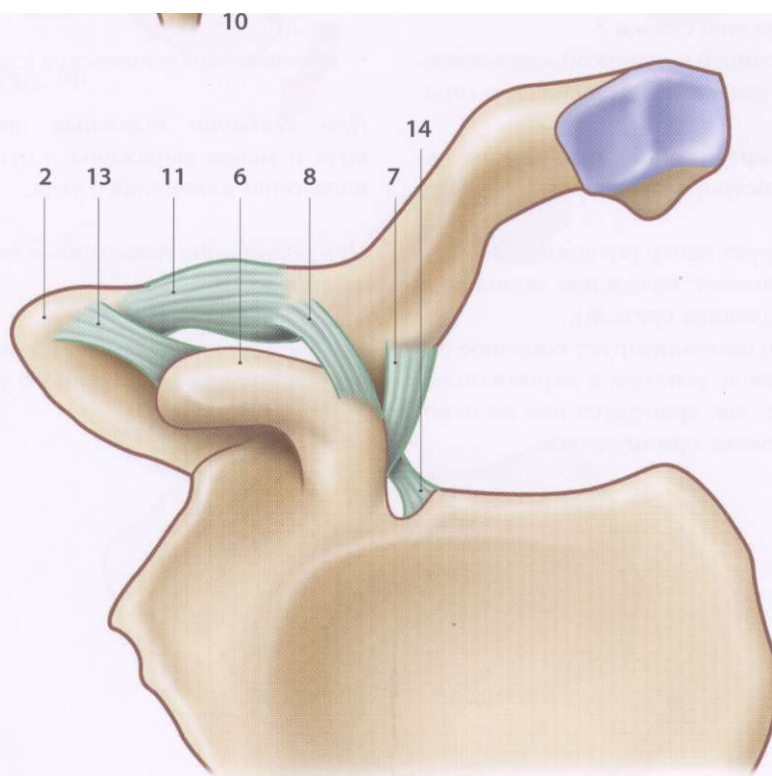


Рис. 89

Роль клювовидно-ключичных связок

Схематическое изображение акромиально-ключичного сустава (рис. 90, вид сверху) указывает на важность конусовидной связки 7:

- лопатка показана сверху вместе с клювовидным отростком 6 и акромионом 2;
- пунктиром обозначены контуры ключицы во время начала движения 4 и окончания движения 4'.

С помощью этой схемы становится понятно, что **при открытом угле** между ключицей и лопаткой (красная стрелка) конусовидная связка **натягивается и контролирует движение** (две штриховые линии представляют эти положения конусовидной связки).

Другое изображение сверху (рис. 91) позволяет судить о роли трапецевидной связки 8.

Когда угол между ключицей и лопаткой *закрывается* 8, трапецевидная связка *натягивается и ограничивает движение*.

Осевая ротация в акромиально-ключичном суставе хорошо проиллюстрирована на рис. 92 (передневнутренняя часть):

- крестик символизирует центр ротации сустава;
- светлый фон показывает начальное положение лопатки (нижняя половина срезана);
- темно-бежевый фон символизирует конечное положение лопатки после ротации в акромиально-ключичном суставе; так вращается цеп по отношению к своей рукоятке при молотье.

Можно также видеть натяжение, развиваемое конусовидной (сетка) и трапецевидной (штрихи) связками. Эта ротация на 30° добавляется к 30° ротации в грудино-ключичном суставе, что в итоге дает ротацию лопатки на 60° .

Недавнее фотографическое исследование Фишера с соавторами пролило свет на сложность движений, происходящих в слабо сцепленном акромиально-ключичном суставе.

При отведении (по отношению к лопатке):

- внутренний конец ключицы поднимается на 10° ;
- угол между лопаткой и ключицей увеличивается до 70° ;
- ключица поворачивается кзади до 45° .

При сгибании основные движения идентичны, хотя и менее выражены в отношении увеличения лопаточно-ключичного угла.

При разгибании лопаточно-ключичный угол уменьшается до 10° .

При внутренней ротации происходит только увеличение лопаточно-ключичного угла до 13° .

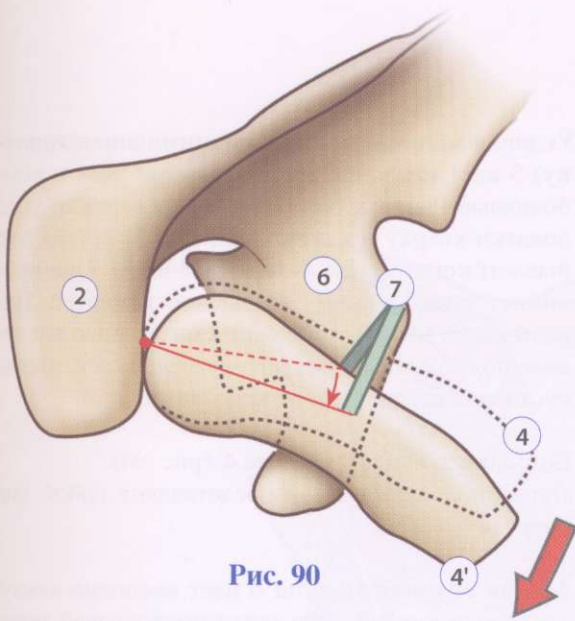


Рис. 90

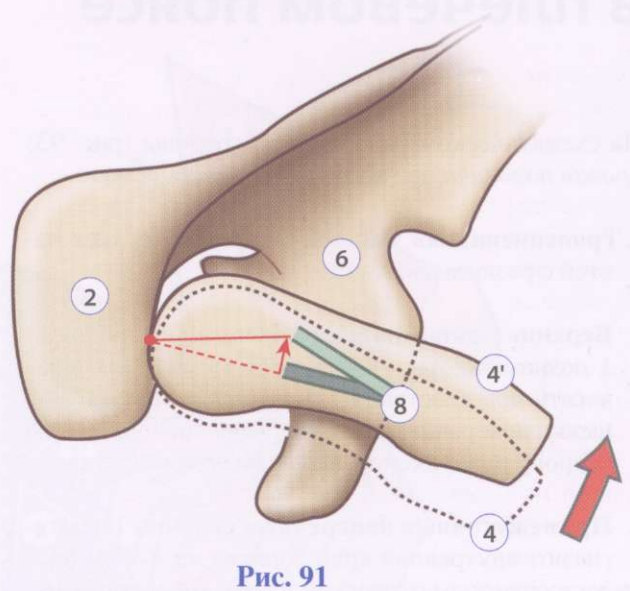


Рис. 91

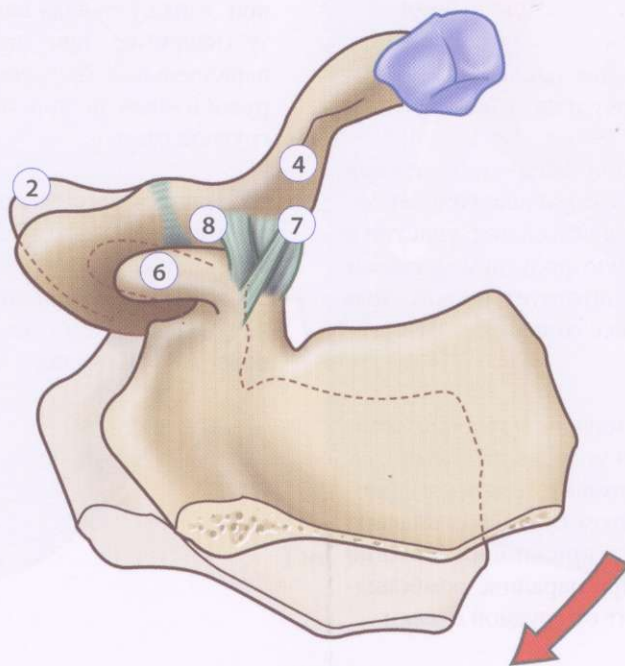


Рис. 92

Мышцы, осуществляющие движения в плечевом поясе

На схематическом изображении грудины (рис. 93) *правая половина* представляет собой вид сзади.

1. Трапецевидная мышца, состоящая из трех частей с разным действием.

- **Верхние акромиально-ключичные волокна 1** поднимают плечевой пояс и не дают ему провисать под действием груза; они переразгибают шею и поворачивают голову в противоположную сторону при фиксированном плечевом суставе.
- **Промежуточные поперечные волокна 1'** подтягивают внутренний край лопатки на 2-3 см ближе к остистым отросткам позвонков и прижимают лопатку к грудной клетке; они перемещают плечевой сустав сзади.
- **Нижние волокна 1"**, идущие наклонно книзу и кнутри, тянут лопатку книзу и кнутри.
- Одновременное сокращение всех трех пучков тянет лопатку кнутри и кзади, поворачивая ее вверх (20°), принимая незначительное участие в отведении, но играя важную роль при ношении тяжестей; оно также препятствует провисанию руки и не позволяет лопатке отдаляться от грудной стенки.

2. Ромбовидные мышцы 2, идущие наклонно вверх и кнутри, тянут нижний угол лопатки вверх и кнутри и тем самым поднимают лопатку и поворачивают ее книзу, при этом суставная впадина ориентирована книзу; они прижимают нижний угол лопатки к ребрам. При параличе ромбовидных мышц лопатка отходит от грудной стенки.

3. Угловая мышца (мышца, поднимающая лопатку) 3 идет наклонно вверх и кнутри. Как и ромбовидные мышцы, она подтягивает верхний угол лопатки вверх и кнутри на 2 или 3 см (как это бывает, когда мыжимаем плечами). Она принимает также участие в ношении тяжестей. Паралич этой мышцы приводит к опусканию плечевого пояса. Она слегка ротует лопатку, чтобы суставная впадина «смотрела» вниз.

4. Большая зубчатая мышца 4' (рис. 94).

- *Левая половина* схемы представляет собой вид спереди (рис.93)

5. Малая грудная мышца 6 идет наклонно книзу, кпереди и кнутри. Она опускает плечевой пояс, при этом суставная впадина поворачивается книзу (например, при движениях, выполняемых на параллельных брусьях). Она тянет лопатку кнаружи и кпереди, при этом задний край отходит от грудной стенки.

6. Подключичная мышца 5 идет наклонно книзу и кнутри, почти параллельно ключице. Она опускает ключицу и вместе с ней плечевой пояс, прижимает внутренний конец ключицы к рукоятке грудины и тем самым сопоставляет суставные поверхности грудино-ключичного сустава.

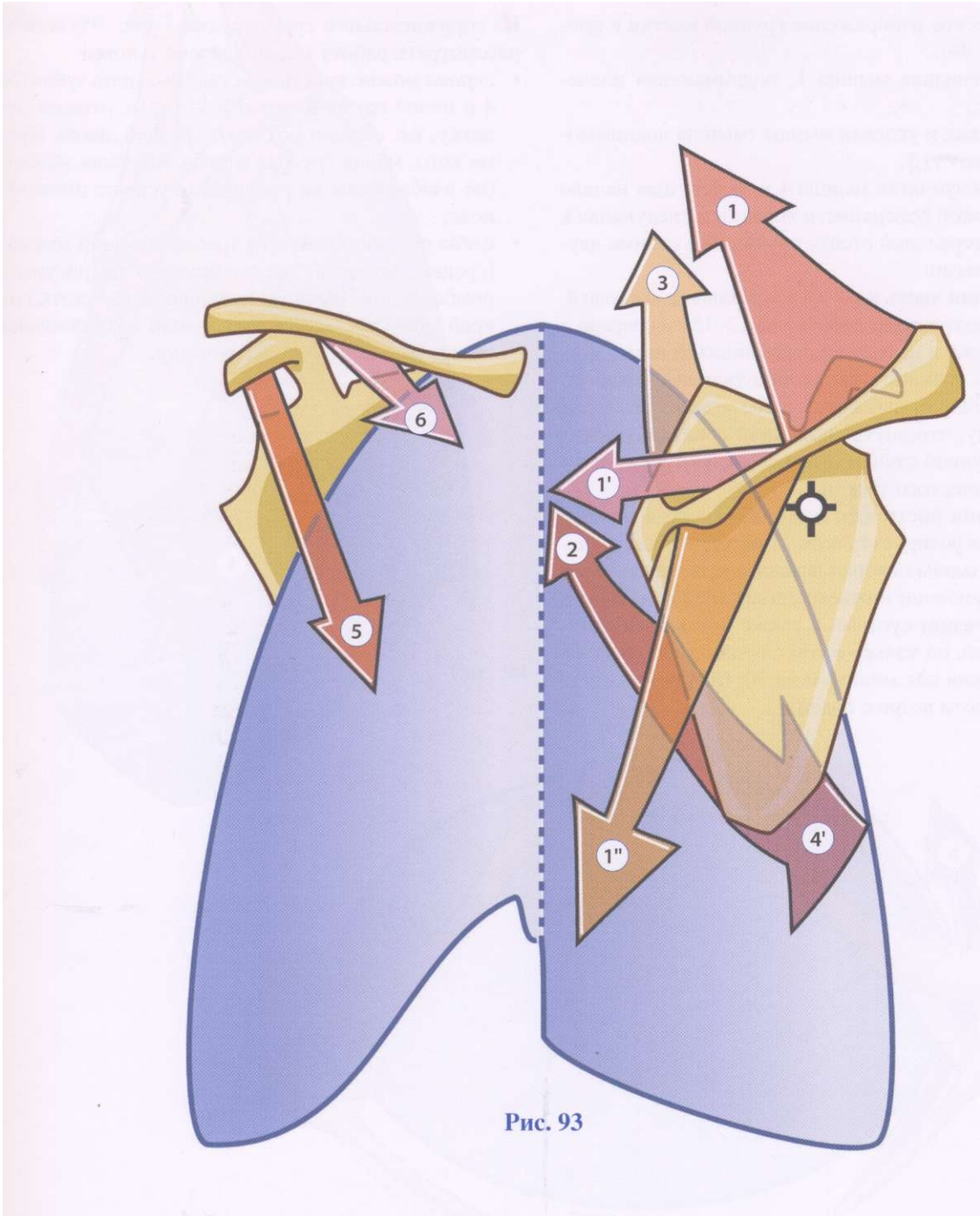


Рис. 93

Схематическое изображение грудной клетки в профиль (рис. 94):

- трапецевидная мышца 1, поднимающая плечевой пояс;
- так же, как и угловая мышца (мышца поднимающая лопатку)³;
- большая зубчатая мышца **4** и **4'**, берущая начало от глубокой поверхности лопатки и следующая к заднелатеральной стенке грудины со своими двумя порциями:
 - **верхняя часть** идет горизонтально и кпереди **4**. Она подтягивает лопатку на 12-15 см кпереди и кнаружи и не дает ей перемещаться назад, когда мы толкаем перед собой тяжелый предмет. В случае ее паралича такое усилие приводит к тому, что внутренний край лопатки отходит от грудной стенки (это используют в качестве клинического теста);
 - **нижняя часть** идет наклонно кпереди и книзу **4'**. Она ротирует лопатку кверху, чтобы суставная впадина поворачивалась вверх; она активна при сгибании и отведении верхней конечности в плечевом суставе, а также при ношении тяжестей, но только в том случае, если рука уже отведена как минимум на 30° (например, когда мы несем ведро с водой).

На горизонтальном срезе грудины (рис. 95) можно рассмотреть работу мышц плечевого пояса:

- *справа* можно видеть действие большой зубчатой **4** и малой грудной мышц **5**, которые отводят лопатку, т.е. отодвигают ее от средней линии. Кроме того, малая грудная и подключичная мышцы (не изображены на рисунке) опускают плечевой пояс;
- *слева* показано действие трапецевидной мышцы (средние волокна) (не изображена на рисунке), ромбовидной мышцы **1**, приводящее остистый край лопатки к средней линии. Ромбовидная мышца также поднимает лопатку.

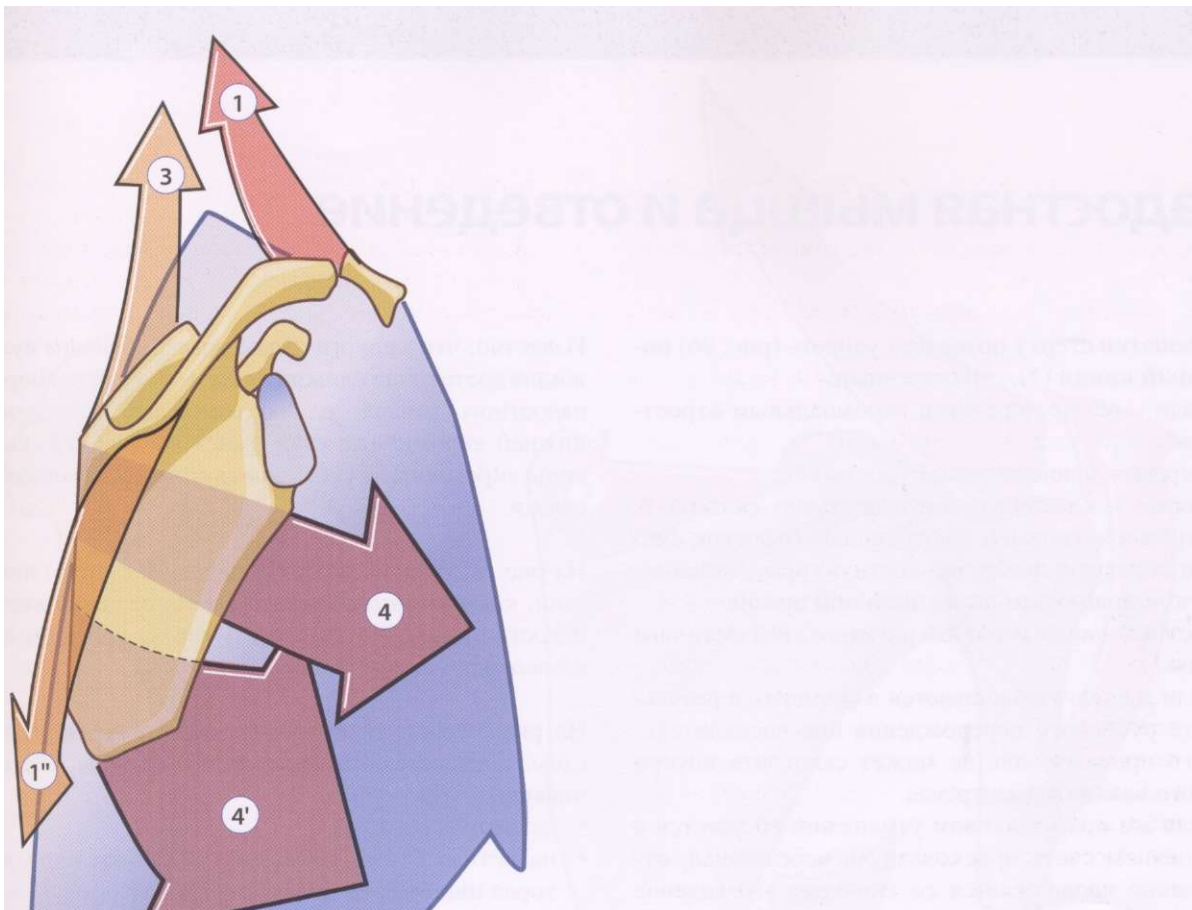


Рис. 94

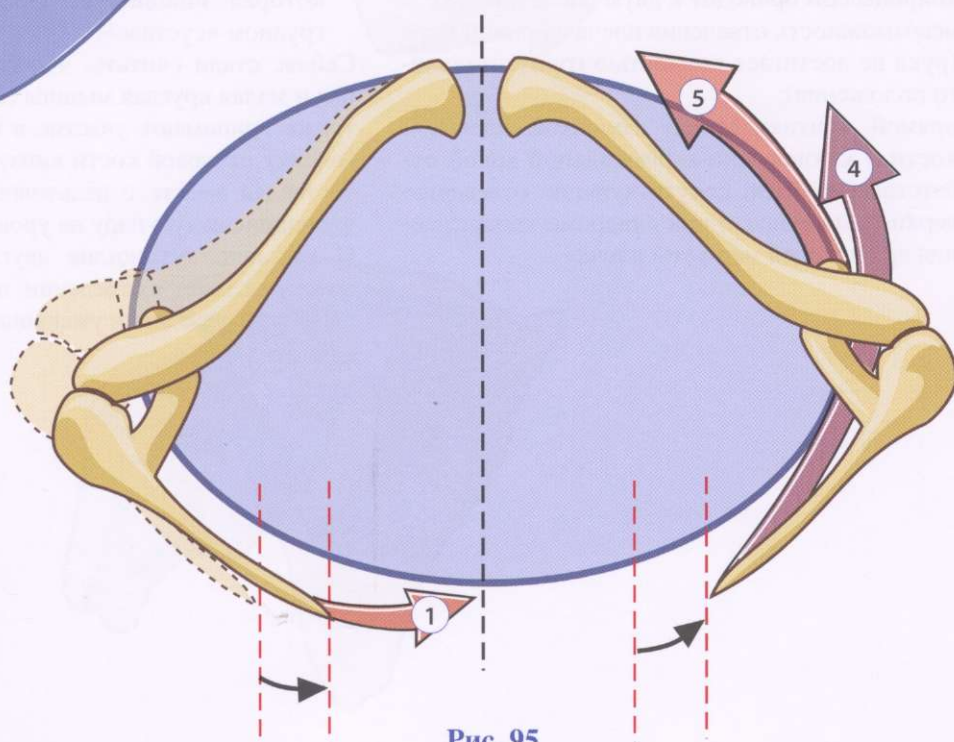


Рис. 95

Надостная мышца и отведение

Вид лопатки сверху позволяет увидеть (рис. 96) **надостный канал** (*), ограниченный:

- сзади - остью лопатки и акромиальным отростком **а**;
- спереди - клювовидным отростком **с**;
- сверху - клювовидно-акромиальной связкой **Б**. Акромион, связка и клювовидный отросток вместе образуют фиброзно-костную арку, называемую **клювовидно-акромиальной аркой**.

Надостный канал образует ригидное, неэластичное кольцо.

- Если мышца увеличивается в размерах в результате рубцового перерождения или воспалительного процесса, она не может скользить внутри этого канала, не застревая.
- Если же при узелковом утолщении ей удастся в конечном счете проскользнуть через канал, отведение продолжается со скачком; это явление известно как «скачущее плечо».
- Повреждение вращающей манжеты дегенеративным процессом приводит к двум последствиям:
 - невозможность отведения плеча в полной мере (рука не достигает полностью горизонтального положения);
 - прямой контакт между головкой плечевой кости и клювовидно-акромиальной аркой ответствен за боли, сопутствующие отведению верхней конечности при синдроме «повреждения вращающей манжеты плеча».

Известно, что хирургическое восстановление сухожилия достаточно сложно в связи с малым размером надостного канала, что подтверждает применение нижней акромиопластики (резекция нижней половины акромиона) и резекции акромио-клювовидной связки.

На рис. 97 (вид на лопатку спереди и сверху) показано, как надостная мышца 2, прикрепляющаяся к надостной ямке и большому бугорку, проходит под клювовидно-акромиальной связкой **Б**.

На рис. 98 (вид плече-лопаточного сустава сзади) схематически изображены четыре мышцы, обеспечивающие отведение:

- дельтовидная 1;
- надостная 2 (эти две мышцы образуют *пару*, которая инициирует отведение плеча);
- передняя 3 зубчатая;
- трапециевидная 4 (эти две мышцы образуют *пару*, которая инициирует отведение в лопаточно-грудном «суставе»)

Сейчас стали считать, что подлопаточная, подостная и малая круглая мышцы (на схеме отсутствуют) также принимают участие в отведении. Они тянут головку плечевой кости книзу и кнутри, тем самым составляя вместе с дельтовидной мышцей вторую функциональную пару на уровне плечевого сустава. И наконец, сухожилие двуглавой мышцы плеча тоже участвует в отведении, поскольку при его разрыве сила отведения уменьшается на 20%.

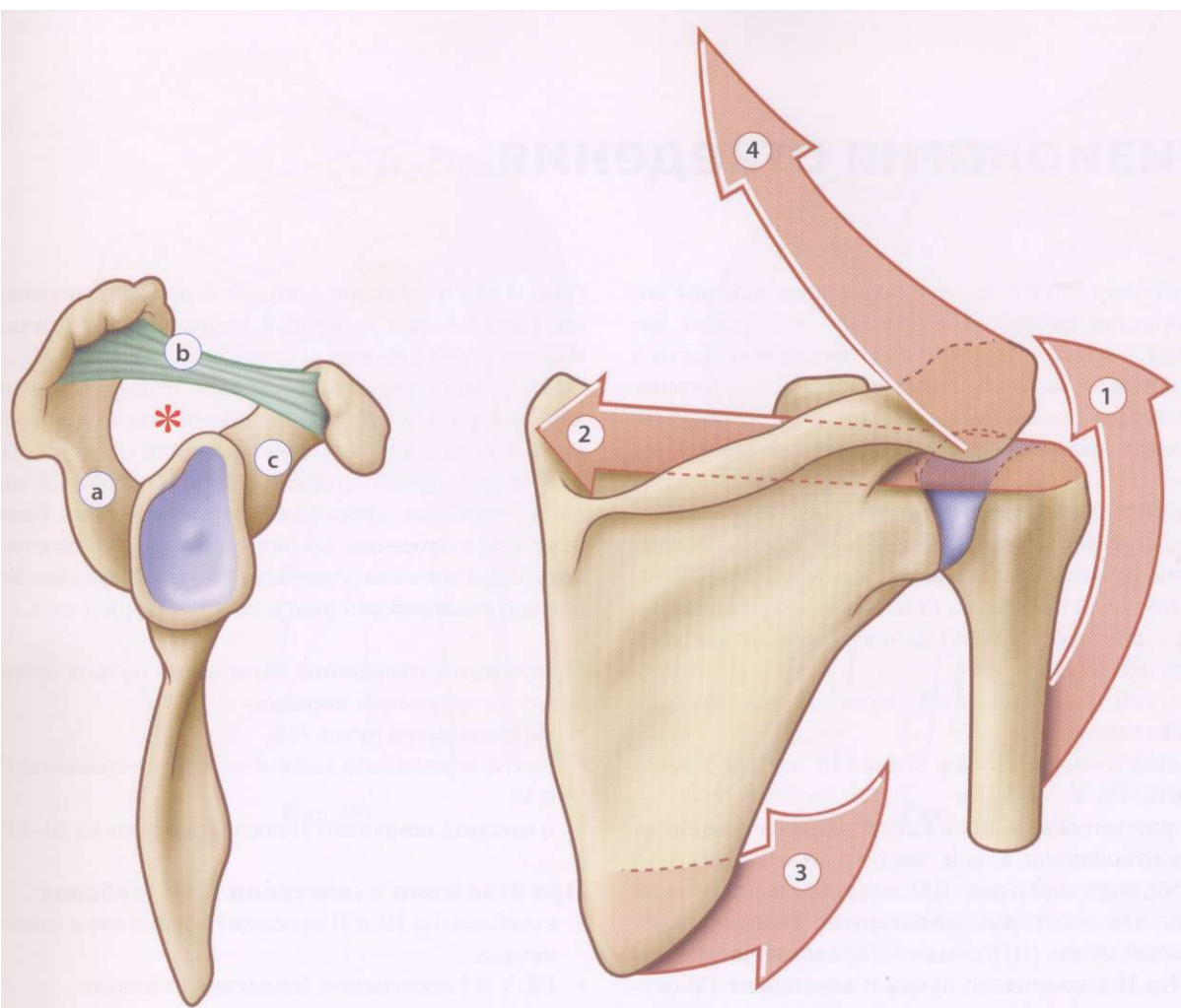


Рис. 96

Рис. 98

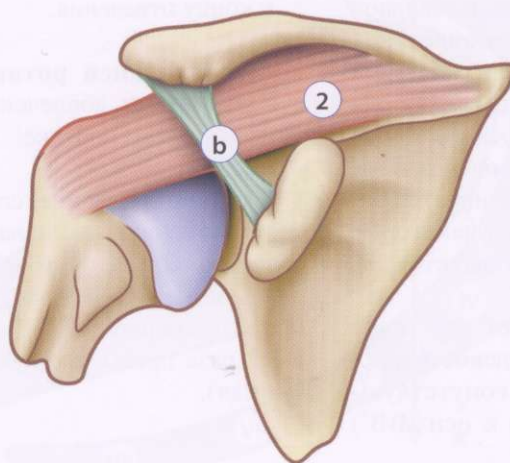


Рис. 97

Физиология отведения

Хотя на первый взгляд отведение представляет собой простое движение, в котором участвуют две мышцы - дельтовидная и надостная, нет ясности в отношении их вклада в его реализацию. Электромиографические исследования (Комте и Оффрей, 1970) позволили пролить новый свет на эту проблему.

Роль дельтовидной мышцы

Согласно Фику (1911), дельтовидная мышца состоит из семи функциональных компонентов (рис. 101, горизонтальный срез через нижнюю часть мышцы):

- передний (*ключичный*) пучок содержит два компонента (I, II);
- средний (*акромиальный*) пучок содержит один компонент (III);
- задний (*остный*) пучок содержит четыре компонента (IV, V, VI, VII).

Если рассматривать положение каждого компонента по отношению к оси чистого отведения (AA') (рис. 99, вид сзади и рис. 100, вид спереди), то можно видеть, что некоторые компоненты, а именно акромиальный пучок (III), самая латеральная часть компонента II ключичного пучка и компонент IV остного пучка лежат кнаружи от оси отведения и тем самым *могут с самого начала вызывать это движение* (рис. 101). Другие компоненты (I, V, VI, VII), наоборот, действуют как *аддукторы*, если верхняя конечность свободно висит вдоль туловища. Таким образом, последние компоненты дельтовидной мышцы являются *антагонистами* по отношению к первым и начинают принимать участие в отведении только тогда, когда в процессе этого движения они постепенно перемещаются кнаружи к оси отведения (AA'). Таким образом, *их функция меняется* в зависимости от того, с какого уровня начинается отведение. Обратите внимание на то, что некоторые компоненты (VI и VII) всегда являются аддукторами независимо от величины отведения.

Штрассер (1917) в основном разделяет эту точку зрения, но отмечает, что, когда отведение происходит *в плоскости лопатки*, т.е. с сопутствующими 30° флексии и по отношению к оси (BB')

(рис. 101) перпендикулярной к плоскости лопатки, почти весь ключичный пучок с самого начала является абдуктором.

Электромиографические исследования показали, что *различные порции мышцы последовательно вовлекаются* в работу при отведении и что чем более мощными аддукторами волокна являются вначале, тем позже происходит это вовлечение. Таким образом, отводящим компонентам не противостоят антагонистические приводящие компоненты. Это пример *реципрокной иннервации* (Шеррингтон).

При чистом отведении вовлечение пучков происходит в следующем порядке:

- акромиальный пучок III;
- почти немедленно следом за ним компоненты IV и V;
- и наконец, компонент II после отведения на 20-30°.

При отведении в сочетании с 30° сгибания:

- компоненты III и II приходят в действие с самого начала;
- IV, V и I постепенно вовлекаются позже.

При наружной ротации плеча в сочетании с отведением:

- компонент II сокращается с самого начала;
- компоненты IV и V не вступают в действие даже к концу отведения.

При внутренней ротации плеча в сочетании с отведением: вовлечение компонентов происходит в обратном порядке.

Суммируя сказанное, следует отметить, что дельтовидная мышца, активная с первых градусов отведения, **может сама по себе выполнить весь объем отведения**. Она достигает максимальной эффективности примерно при 90° отведения, развивая силу, в 8,2 раза превышающую вес верхней конечности (Инман).

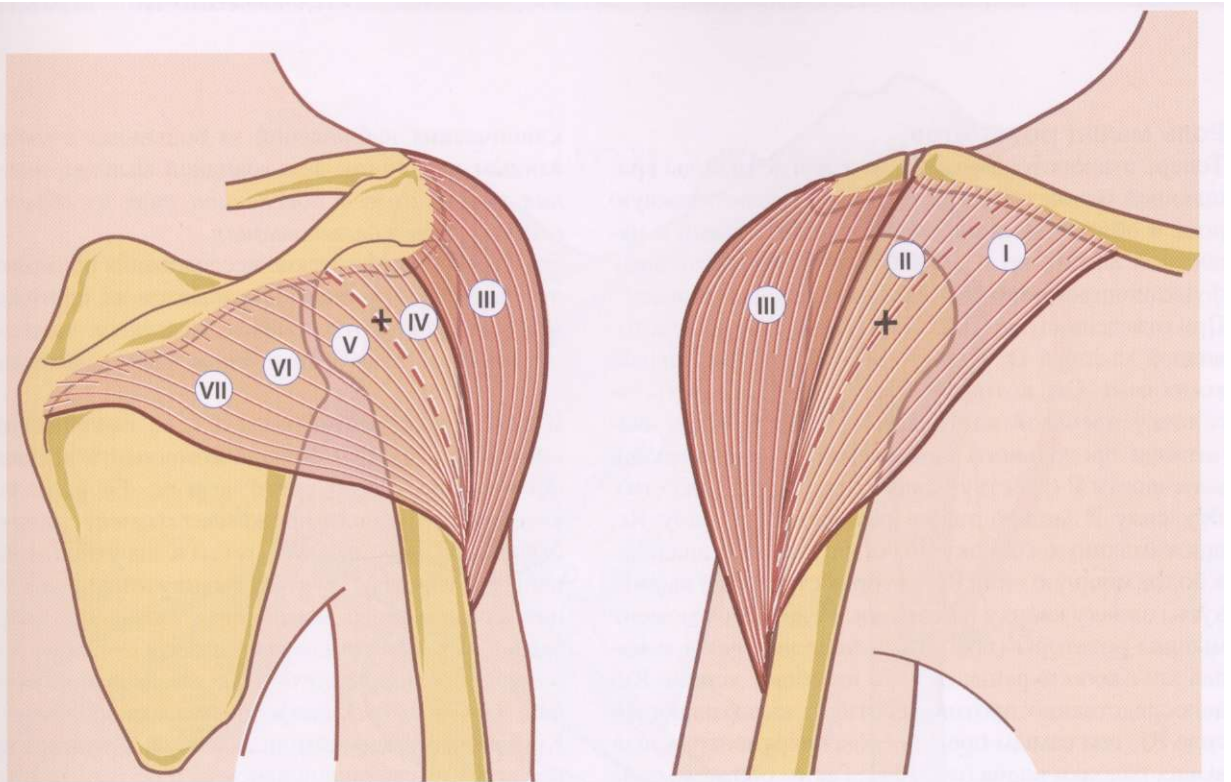


Рис. 99

Рис. 100

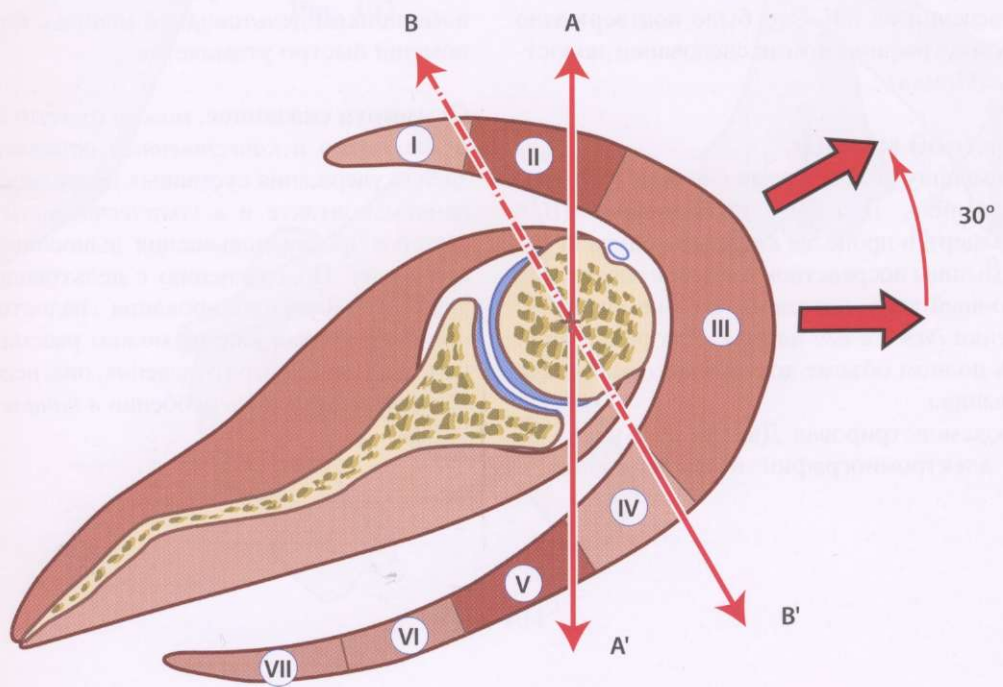


Рис. 101

Роль мышц ротаторов

Теперь становится понятно, что другие мышцы вращающей манжеты плеча не только играют важную роль в обеспечении синергизма дельтовидной и надостной мышц, но и способствуют эффективному функционированию дельтовидной мышцы (Инман). При отведении (рис. 102) силу, развиваемую дельтовидной мышцей **D**, можно перевести в продольный компонент **Dr**, который будет воздействовать на головку плечевой кости в виде силы **R** после вычитания продольного компонента P_g веса верхней конечности **P** (действующего через центр тяжести). Эту силу **R** можно также разложить на силу **Rc**, прижимающую головку плеча к суставной впадине, и более мощную силу **RI**, которая стремится вывихнуть головку кверху и кнаружи. Если в этот момент мышцы-ротаторы (подостная, подлопаточная и малая круглая) сокращаются, то их общее усилие **Rm** непосредственно противодействует вывихивающей силе **RI**, тем самым предупреждая верхненаружный вывих головки плеча (см. 104). Таким образом, сила **Rm**, не позволяющая верхней конечности сместиться кверху, и действующий в противоположном направлении (кверху) компонент дельтовидной мышцы **Dt** составляют функциональную пару, ведущую к отведению верхней конечности. Сила, генерируемая мышцами-ротаторами, оказывается максимальной при отведении на 60° . Это было подтверждено при электромиографическом исследовании подостной мышцы (Инман).

Роль надостной мышцы

Надостную мышцу долгое время считали «инициатором отведения». Недавние исследования (Ван Линге и Малдер), в процессе которых получали паралич этой мышцы посредством введения анестетика в надлопаточный нерв, показали, что она *не важна для отведения даже в его начале*. Для реализации отведения в полном объеме достаточно одной дельтовидной мышцы.

Но, как продемонстрировал Дюшан де Булонь на основании электромиографии в эксперименте и

клинических наблюдений за больными с изолированным параличом дельтовидной мышцы, *надостная мышца может обеспечить тот же объем отведения, что и дельтовидная*.

Электромиографические исследования показывают, что надостная мышца сокращается на протяжении всего движения отведения и *достигает пика своей активности при 90° отведения*, как и дельтовидная.

В начале отведения (рис. 103) ее тангенциальный компонент силы **Et** больше компонента дельтовидной мышцы **Dt**, но рычаг короче. Ее радиальный компонент **Eg** сильно прижимает головку плеча к суставной впадине и таким путем в значительной степени противодействует ее вывиху кверху под влиянием радиального компонента силы дельтовидной мышцы **Dg**. Тем самым усиливается *действие мышц ротаторов, направленное на удержание компонентов плечевого сустава в правильном соотношении*. Кроме того, надлопаточная мышца напрягает верхние волокна суставной капсулы и противодействует нижнему подвывиху головки плеча (Дотри и Госсет).

Таким образом, надостная мышца выступает как *синергист по отношению к другим мышцам манжеты*, т.е. к ротаторам. Она является надежным помощником дельтовидной мышцы, которая без ее помощи быстро утомляется.

Суммируя сказанное, можно отметить, что ее действие важно *в качественном отношении* с точки зрения удержания суставных поверхностей в полноценном контакте и *в количественном отношении* с точки зрения повышения выносливости и силы отведения. По сравнению с дельтовидной мышцей характер функционирования надостной мышцы проще. Хотя мы уже не можем рассматривать ее в качестве инициатора отведения, она, несомненно, полезна и эффективна, особенно *в начале отведения*.

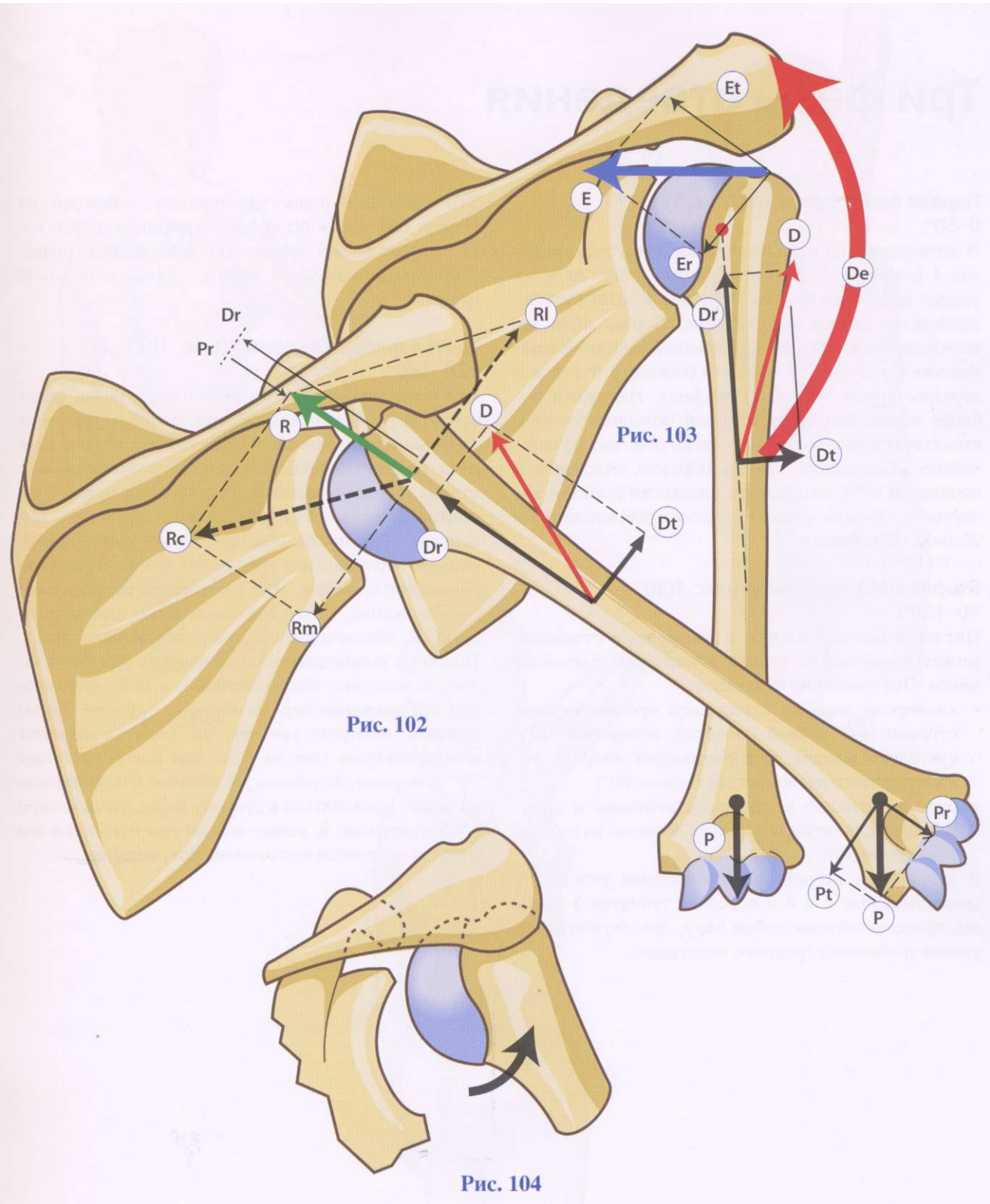


Рис. 102

Рис. 103

Рис. 104

Три фазы отведения

Первая фаза отведения (рис. 105)

0-60°.

В этом движении в основном участвуют дельтовидная 1 и надостная 2 мышцы, образующие пару на уровне плечевого сустава. Именно в этом суставе начинается движение отведения. Первая фаза заканчивается на 90°, когда плечевой сустав «замыкается» в результате контакта большого бугорка с верхним краем суставной впадины. Наружная ротация плеча, благодаря которой большой бугорок смещается кзади, позволяет отсрочить это механическое «замыкание». Таким образом, отведение в сочетании с 30° сгибания в плоскости лопатки является истинным *физиологическим* движением отведения (Штайндлер).

Вторая фаза отведения (рис. 106)

60-120°.

Плечевой сустав замкнут, и дальнейшее отведение может происходить только с *участием плечевого пояса*. Эти движения включают:

- «поворот» лопатки с ротацией против часовой стрелки (для правой лопатки), вследствие чего суставная впадина поворачивается кверху, амплитуда этого движения составляет 60°;
- осевую ротацию в грудино-ключичном и акромиально-ключичном суставах, каждый из них добавляет по 30°.

В реализации второй фазы отведения участвуют трапециевидная 3 и 4 и передняя зубчатая 5 мышцы, представляющие собой пару, действующую на уровне лопаточно-грудного «сустава».

Это движение приостанавливается примерно на уровне 150° (90 + 60 за счет ротации лопатки) из-за сопротивления натянутых приводящих мышц, а именно широчайшей мышцы спины и большой грудной.

Третья фаза отведения (рис. 107)

120-180°.

Для того чтобы верхняя конечность могла снова вернуться в вертикальное положение, *требуется участие позвоночника*. Если отведена только одна рука, то достаточно *бокового наклона* позвоночного столба, обеспечиваемого сокращением мышц 6 на контралатеральной стороне. Если же отведены обе верхние конечности, они могут вернуться в параллельное вертикальное положение только через максимальное сгибание. Для достижения вертикального положения требуется *увеличение поясничного лордоза*, обеспечиваемое действием мышц спины. Подобное подразделение отведения на три фазы является, конечно, искусственным; в действительности эти движения *переходят одно в другое*. Таким образом, нетрудно увидеть, что лопатка начинает поворачиваться еще до того, как плечо достигает 90° отведения; подобным же образом и позвоночник начинает наклоняться в сторону перед достижением 150° отведения. К концу амплитуды отведения все мышцы находятся в состоянии сокращения.

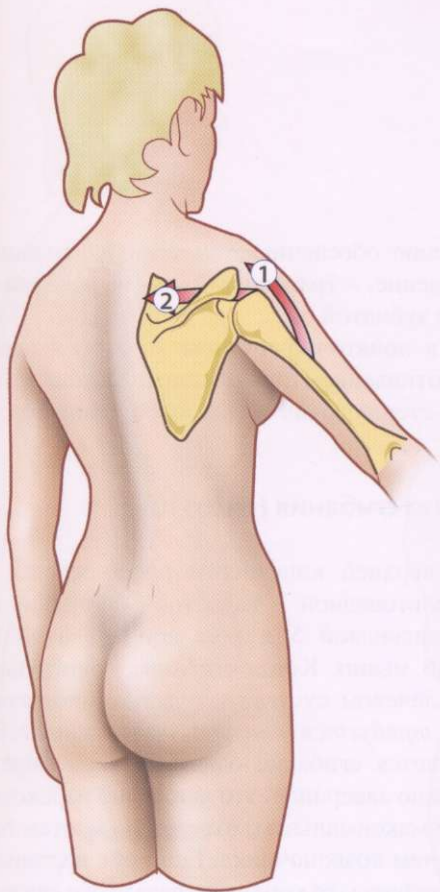


Рис. 105

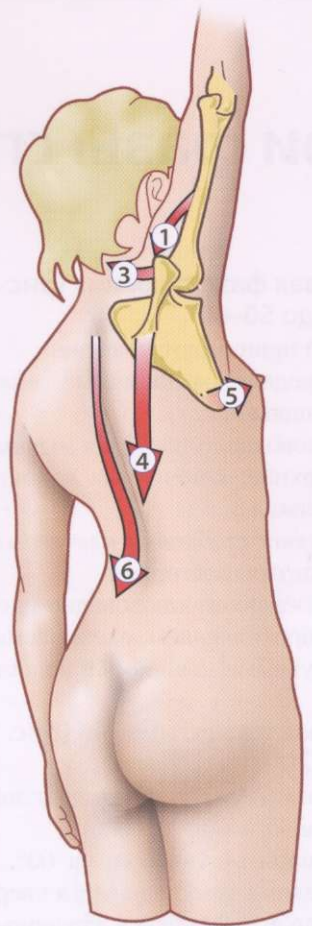


Рис. 107

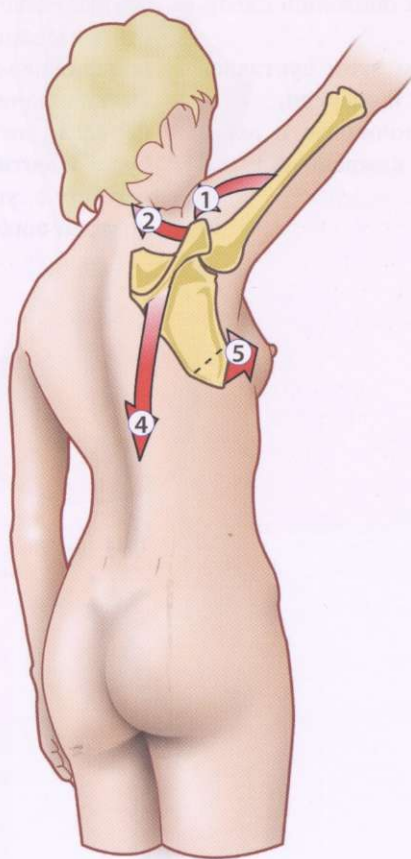


Рис. 106

Три фазы сгибания

Первая фаза сгибания (рис. 108) от 0 до 50-60°.

В ней принимают участие:

- передние, ключичные волокна дельтовидной мышцы 1;
- клювовидно-плечевая мышца 2;
- верхние, ключичные волокна большой грудной мышцы 3.

Движение сгибания в плечевом суставе ограничивается двумя факторами:

- натяжением клювовидно-плечевой связки;
- сопротивлением, оказываемым малой и большой круглыми мышцами и подостной мышцей.

Вторая фаза сгибания (рис. 109) 60-120°.

Плечевой пояс участвует в этом движении следующим образом:

- поворотом лопатки на 60°, при этом суставная впадина поворачивается кверху и кпереди;
- осевой ротацией в грудино-ключичном и акромиально-ключичном суставах, каждый из которых добавляет по 30°.

Это движение обеспечивается теми же мышцами, что и отведение, - трапециевидной (не изображена) и передней зубчатой 6.

Сгибание в лопаточно-грудном «суставе» ограничено сопротивлением широчайшей мышцы спины и реберно-стернальных волокон большой грудной мышцы.

Третья фаза сгибания (рис. 110) 120-180°.

Поднятие верхней конечности продолжается при участии дельтовидной 1, надостной 4, нижних пучков трапециевидной 5 и большой зубчатой (или передней) 6 мышц. Когда сгибание приостанавливается в плечевом суставе и в лопаточно-грудном «суставе», *требуется участие позвоночника*. Если осуществляется сгибание одной верхней конечности, то можно завершить это движение переходом в положение максимального отведения, а затем боковым наклоном позвоночника. Если обе верхние конечности согнуты, то конечная фаза этого движения будет идентична тому, что мы наблюдаем при отведении, т.е. усугубится лордоз в поясничном отделе позвоночника под действием поясничных мышц.

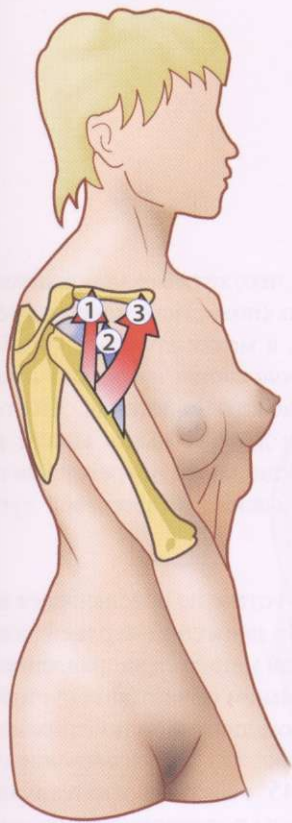


Рис. 108

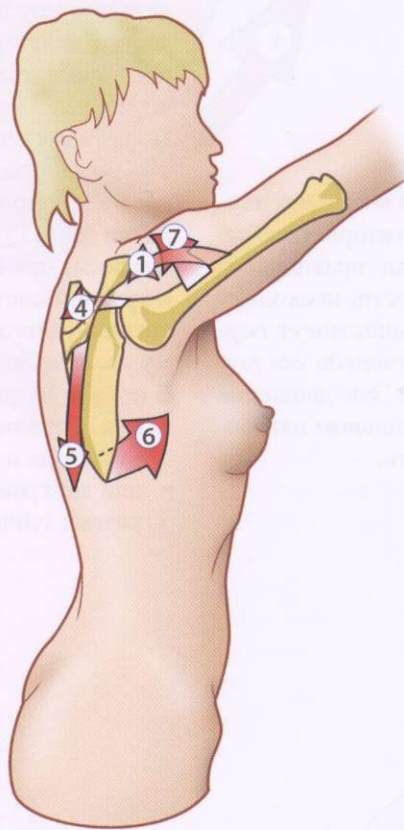


Рис. 109

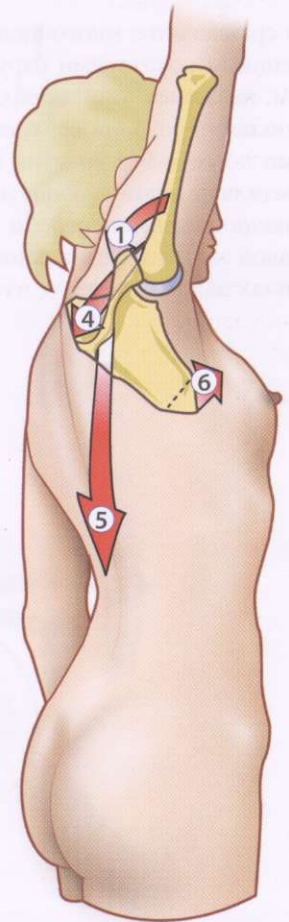


Рис. 110

Мышцы - ротаторы плеча

Вид плечевого сустава сверху показывает мышцы-ротаторы (рис. 111).

- **Внутренние ротаторы** (рис. 112):

1. Широчайшая мышца спины 1.
2. Большая круглая мышца 2.
3. Подлопаточная мышца 3.
4. Большая грудная мышца 4.

- **Наружные ротаторы** (рис. 113):

5. Подостная мышца 5.
6. Малая круглая мышца 6.

По сравнению с многочисленными и мощными внутренними ротаторами наружные ротаторы *слабые*. Тем не менее они необходимы для правильного функционирования верхней конечности, поскольку сами по себе без участия других мышц могут осуществлять *перемещения лежащей спереди от тыловища кисти кпереди и кнаружи*. Эти движения правой кисти в медиальном и латеральном направлениях важны для того, чтобы писать.

Здесь следует отметить, что, хотя эти мышцы имеют отдельную иннервацию (подостная иннервируется надлопаточным нервом, а малая круглая - огибающим), оба эти нерва *происходят из одного и того же корешка (C5)* плечевого сплетения. Поэтому одновременный паралич данных мышц может развиться в результате тракционного повреждения плечевого сплетения при падении на плечевой сустав (мотоциклетная травма).

Но ротация в плечевом суставе не обеспечивает всей амплитуды ротационных движений верхней конечности. В дополнение к ней меняется направление лопатки (рис. 75) (и тем самым ориентация суставной впадины) при ее круговом движении по отношению к грудной клетке (см. рис. 37). Это изменение ориентации лопатки на 40° - 45° ведет к соответствующему увеличению амплитуды ротационного движения. В его реализации участвуют следующие мышцы:

- для наружной ротации (приведение лопатки) ромбовидные и трапецевидная;
- для внутренней ротации (отведение лопатки) передняя зубчатая и малая грудная.

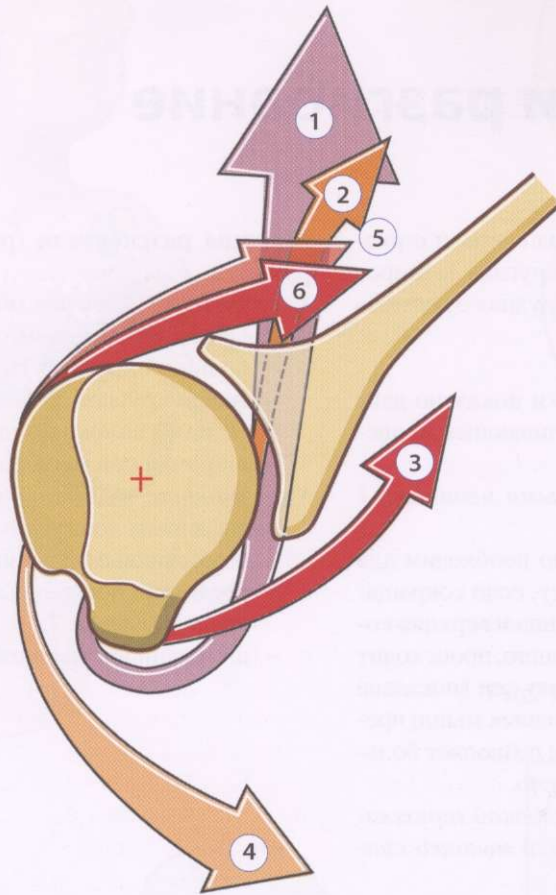


Рис. 111

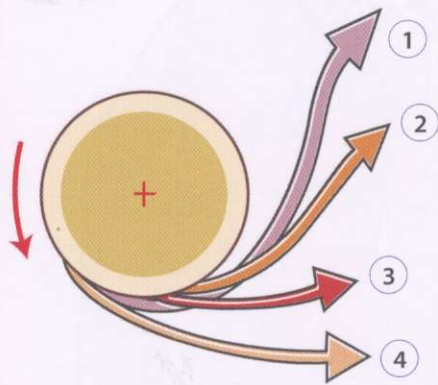


Рис. 112

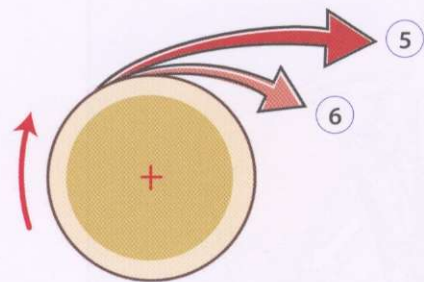


Рис. 113

Приведение и разгибание

Приводящие мышцы (рис. 114, вид спереди и рис. 115, вид сзади снаружи): большая круглая 1, широчайшая мышца спины 2, большая грудная 3, ромбовидные 4.

На вставке (рис. 117) схематически показано действие двух мышечных пар, обеспечивающее приведение верхней конечности.

- *Пара, образованная ромбовидными мышцами 1 и большой круглой 2.*

Синергизм этих мышц абсолютно необходим для реализации приведения, поскольку, если сокращается только большая круглая мышца и верхняя конечность сопротивляется приведению, происходит поворот лопатки кверху вокруг ее оси (показана крестиком). Сокращение ромбовидных мышц препятствует этой ротации лопатки и позволяет большой круглой мышце привести плечо.

- *Пара, образованная длинной головкой трехглавой мышцы плеча 4 и широчайшей мышцей спины 3.*

Сокращение широчайшей мышцы спины, которая является мощным аддуктором, стремится сместить головку плечевой кости книзу (черная стрелка).

Длинная головка трехглавой мышцы, являющаяся слабым аддуктором, противодействует этому смещению, сокращаясь и поднимая головку плеча (белая стрелка).

Мышцы разгибатели (рис. 116, вид сзади и снаружи):

- *разгибание в плечевом суставе* осуществляется следующими мышцами:
 - большой круглой 1;
 - малой круглой 5;
 - задними волокнами дельтовидной 6;
 - широчайшей мышцы спины 2;
- *разгибание в лопаточно-грудном «суставе»* с приведением лопатки осуществляется:
 - ромбовидными мышцами 4;
 - средними поперечными волокнами трапециевидной мышцы 7;
 - широчайшей мышцей спины 2.

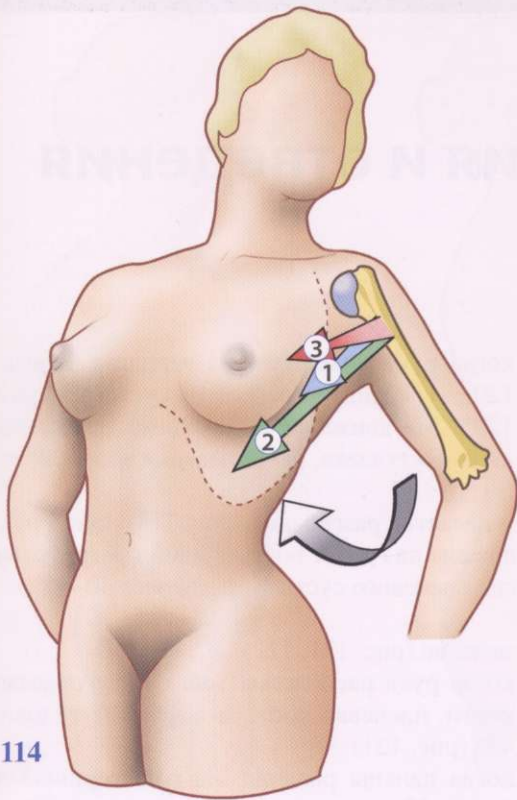


Рис. 114

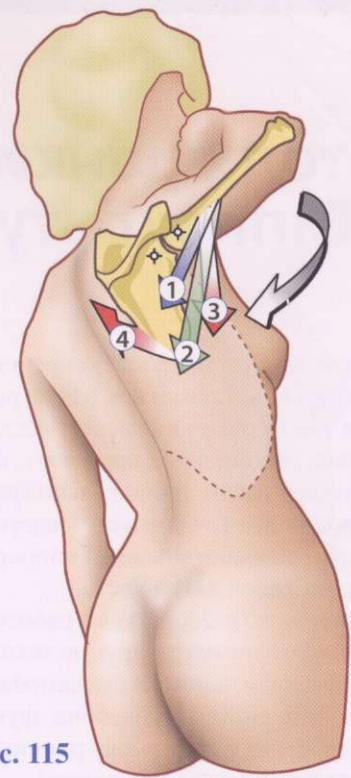


Рис. 115

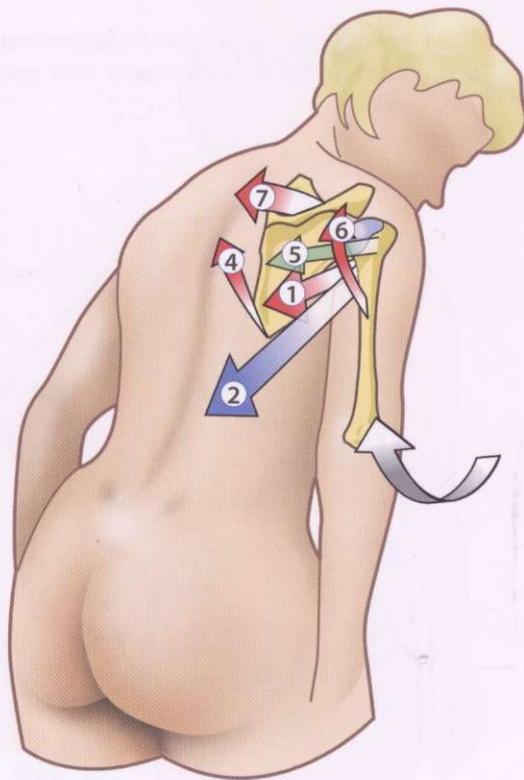


Рис. 116

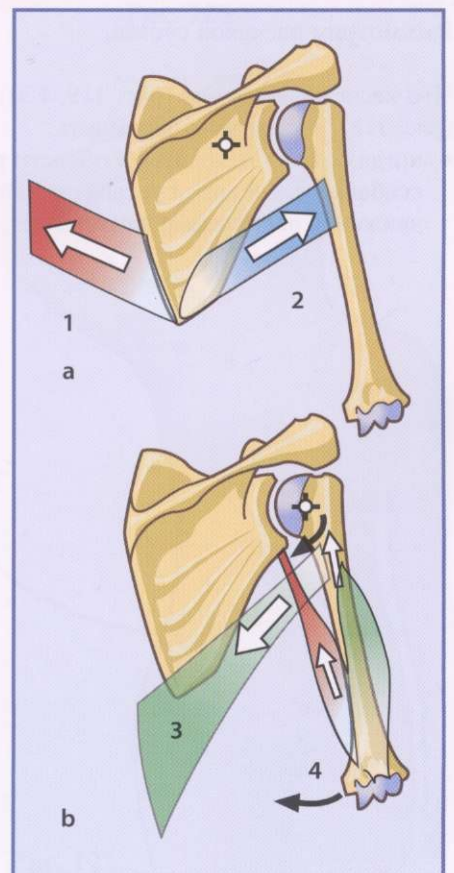


Рис. 117

Метод оценки сгибания и отведения по Гиппократу

Врачи не всегда располагали современными методами исследования, такими как радиография, томография или магнитно-резонансное исследование. Эти новшества, несомненно, помогают поставить верный диагноз и найти причину заболевания, однако и в наше время врачам следует владеть методами исследования, разработанными Гиппократом, и уметь использовать свои пять чувств.

Довольно просто разобраться в работе сустава, даже не используя гониометр и другую технику, если представить организм человека как самобалансирующую систему. Эта система способна функционировать сама по себе, без единого инструмента. Необходимо вернуться во времена Гиппократа!

Рассмотрим плечевой сустав.

Что касается сгибания (рис. 119, 120) и разгибания (рис. 118), необходимо запомнить:

- когда пальцы находятся в области рта (рис. 119), сгибание плечевого сустава составляет 45° . Это движение необходимо для питания;
- когда рука находится на вершине черепа (рис. 120), сгибание плечевого сустава составляет 120° . Это движение необходимо для выполнения личного туалета, расчесывания волос, например.

Что касается разгибания (рис. 118): когда рука расположена на гребне подвздошной кости, угол разгибания плечевого сустава составляет $40\text{—}45^\circ$.

Отведение (рис. 121, 122):

- когда рука расположена на гребне подвздошной кости, плечевая кость отведена от туловища на 45° (рис. 121);
- когда пальцы расположены на вершине черепа (рис. 122), отведение в плечевом суставе равно 120° . Это движение выполняется во время причесывания, например.

Этот метод применим для исследования подвижности практически всех суставов, как мы увидим далее.

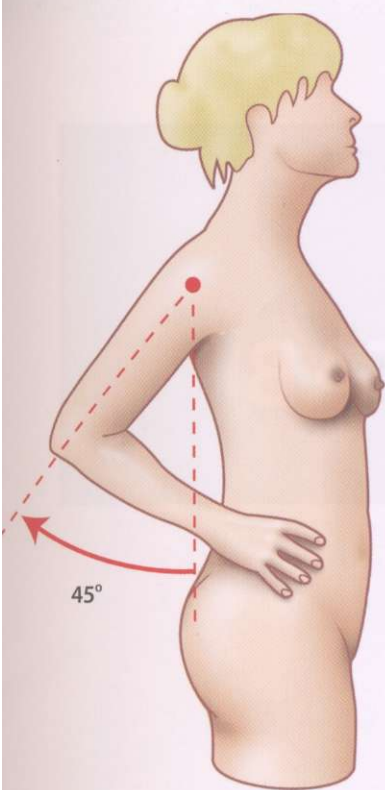


Рис. 118

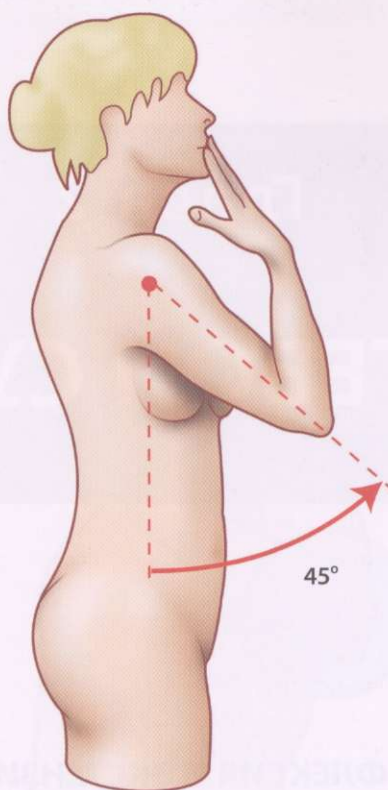


Рис. 119

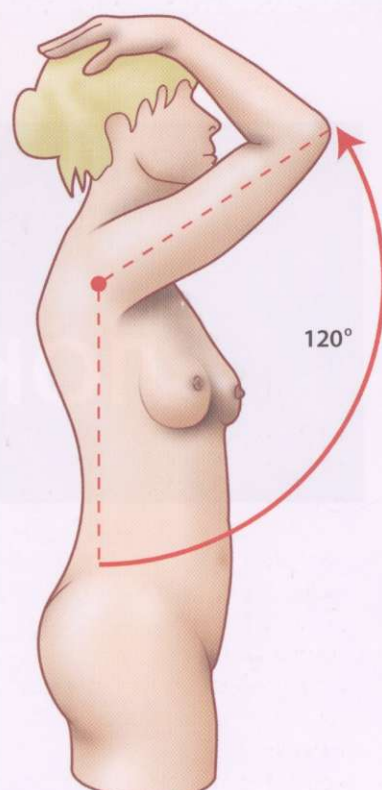


Рис. 120

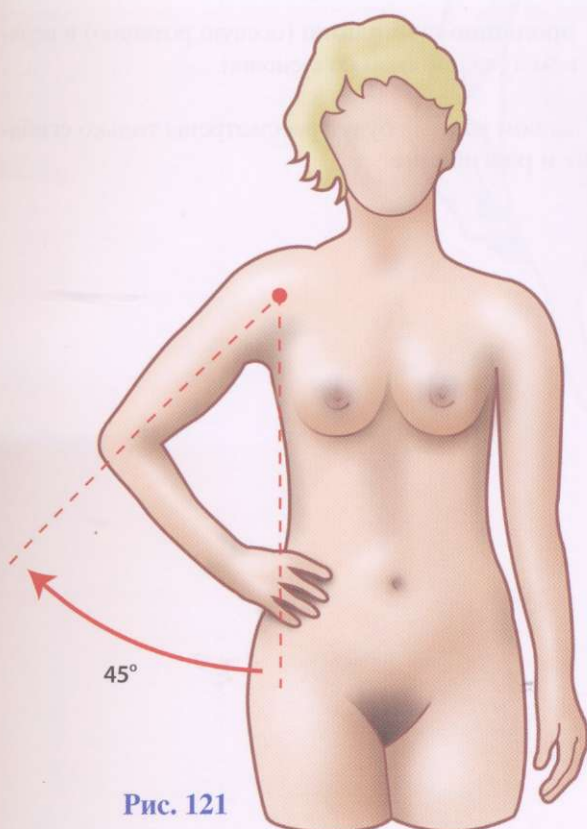


Рис. 121

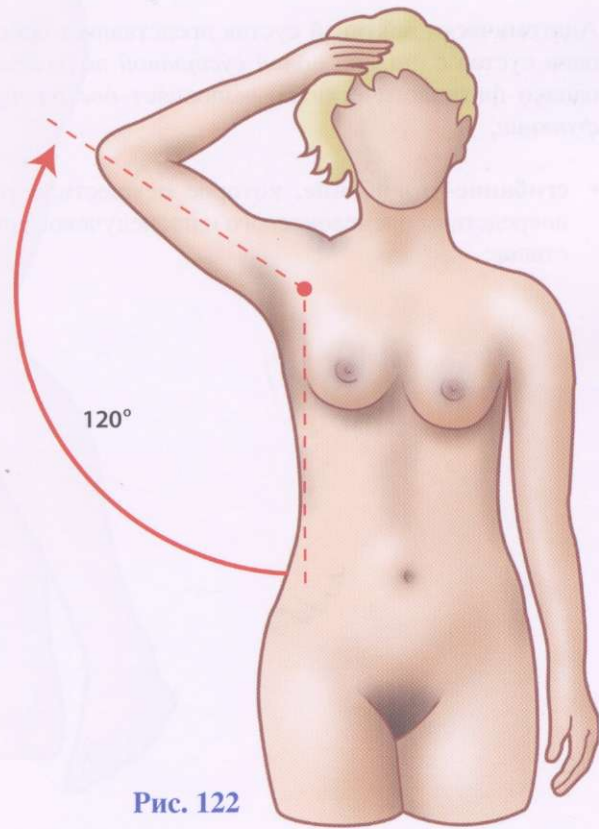


Рис. 122

Глава 2

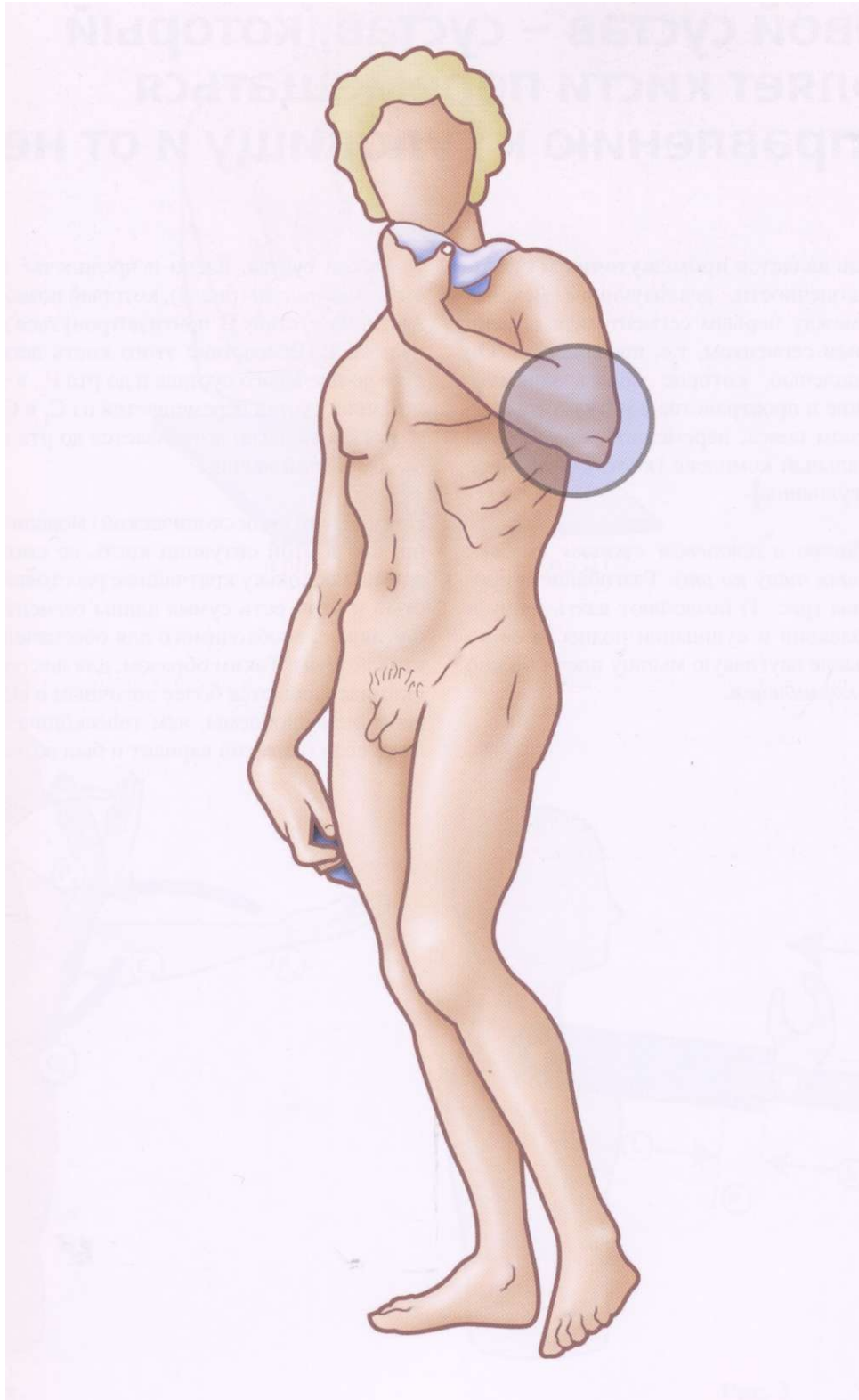
ЛОКТЕВОЙ СУСТАВ

ФЛЕКСИЯ И ЭКСТЕНЗИЯ

Анатомически локтевой сустав представляет собой один сустав с *только одной суставной полостью*, однако физиологически он выполняет *две разные функции*:

- **сгибание-разгибание**, которое осуществляется посредством плечелоктевого и плечелучевого суставов;
- **пронацию-супинацию** (осевую ротацию) в верхнем лучелоктевом сочленении.

В данном разделе будут рассмотрены только **сгибание и разгибание**.



Локтевой сустав - сустав, который позволяет кисти перемещаться по направлению к туловищу и от него

Локтевой сустав является **промежуточным суставом** верхней конечности, реализующим механическую связь между первым сегментом, а именно плечом, и вторым сегментом, т.е. предплечьем. Он позволяет предплечью, которое может занимать любое положение в пространстве в результате движений в плечевом поясе, перемещать самый важный функциональный комплекс (кость) на нужное расстояние от туловища.

Благодаря *сгибанию в локтевом суставе человек может подносить пищу ко рту*. Разгибание и пронация предплечья (рис. 1) позволяют взять пищу и в результате флексии и супинации поднести ее ко рту. В этом смысле двуглавую мышцу плеча можно назвать нашим *кормильцем*.

Локтевой сустав, плечо и предплечье можно сравнить с *компасом* (рис. 2), который позволяет лучезапястному суставу P_1 почти дотронуться до плечевого сустава E . Вследствие этого кисть легко дотягивается до плечевого сустава и до рта P_2 , в то время как локтевой сустав перемещается из C_1 в C_2 . Таким образом кисть легко дотягивается до рта и до области дельтовидной мышцы.

На складной (телескопической) модели (рис. 3) видно, что в этой ситуации кисть не сможет достать до рта, поскольку кратчайшее расстояние между кистью и ртом есть сумма длины сегмента L и длины футляра e , необходимого для обеспечения ригидности системы. Таким образом, для локтевого сустава «компас» является более логичным и выгодным разрешением проблемы, чем телескопическая модель, даже если бы такой вариант и был возможен.

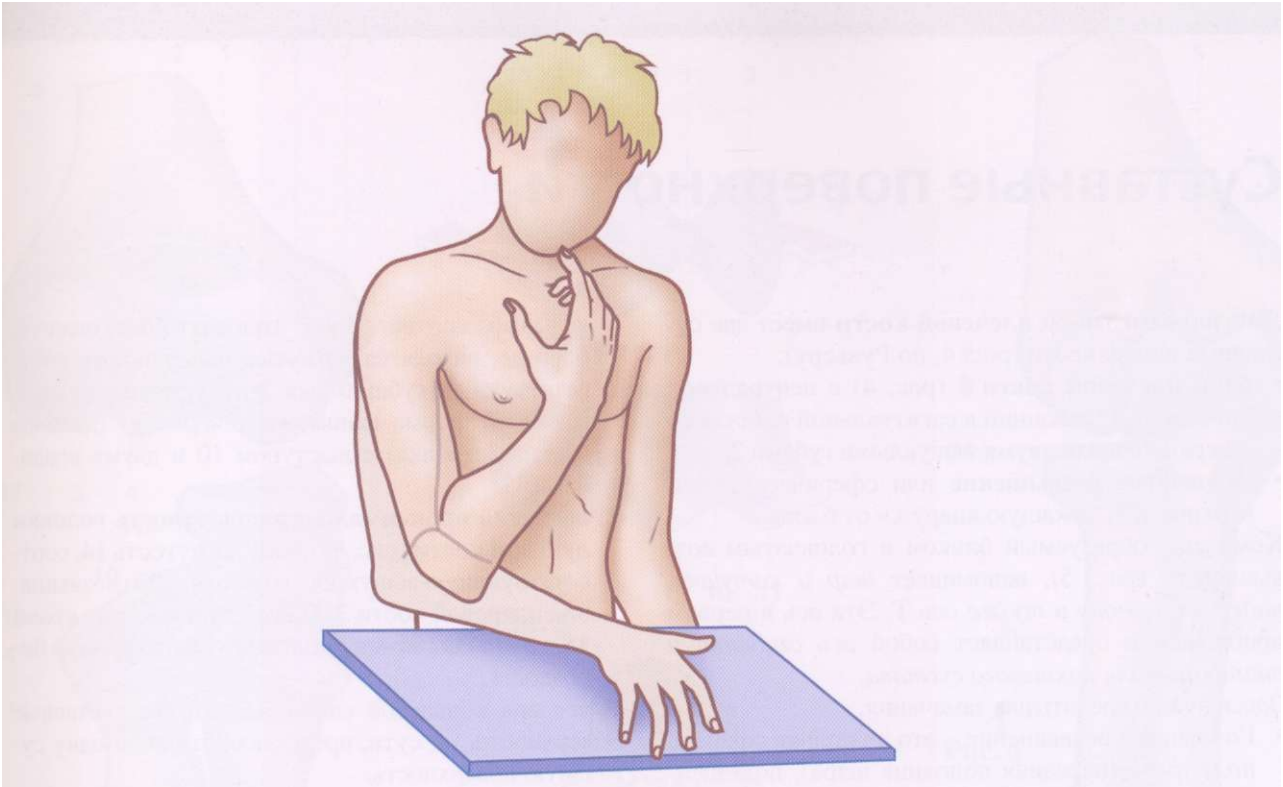


Рис. 1

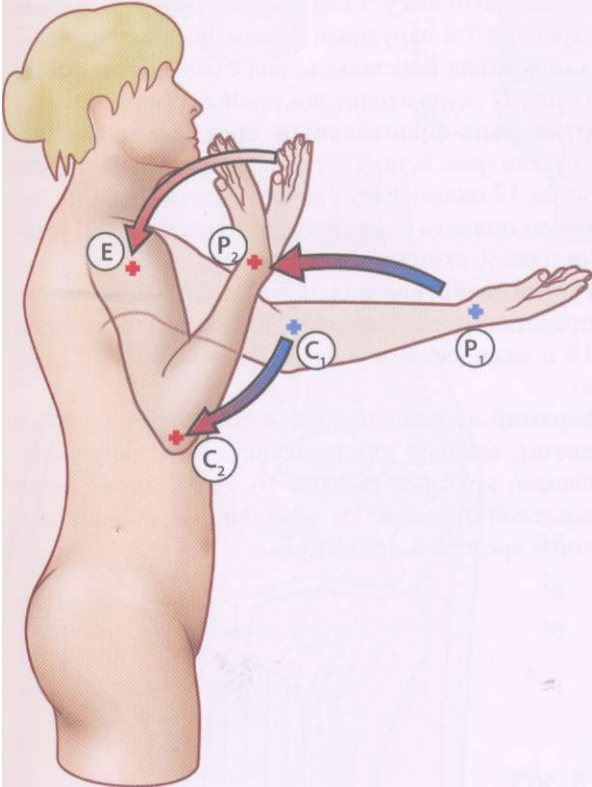


Рис.5

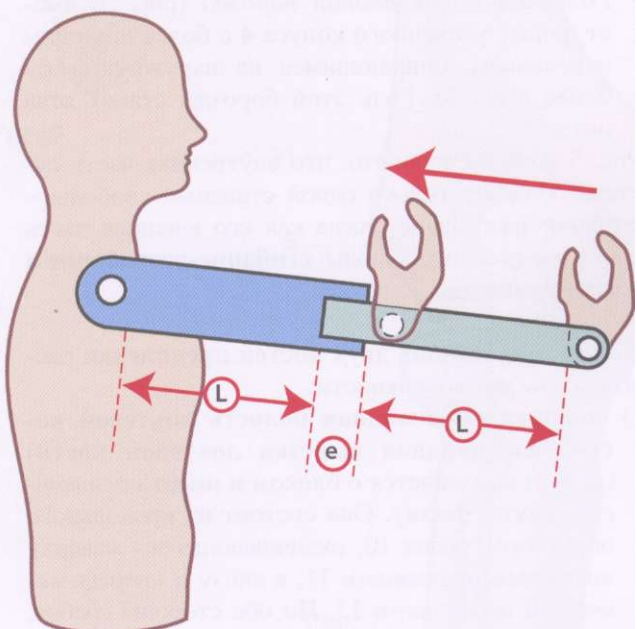


Рис.6

Суставные поверхности

Дистальный конец плечевой кости имеет две суставные поверхности (рис. 4, по Рувьеру):

- **блок плечевой кости 2** (рис. 4) с центральной бороздкой 1, лежащий в сагиттальной плоскости и ограниченный двумя выпуклыми губами 2;
- **головчатое возвышение** или сферическую поверхность 3, лежащую кнаружи от блока.

Комплекс, образуемый блоком и головчатым возвышением (рис. 5), напоминает *шар и катушку, надетые на одну и ту же ось Т*. Эта ось в первом приближении представляет собой *ось сгибания и разгибания для локтевого сустава*.

Здесь нужно сделать два замечания.

- Головчатое возвышение - это не полная сфера, а *полусфера* (передняя половина шара), помещенная «спереди» от нижнего конца плечевой кости. Таким образом, в отличие от блока, головчатое возвышение не простирается кзади и заканчивается у нижнего конца плечевой кости. Его поверхность позволяет осуществлять не только флексию-экстензию, но и осевое вращение (ротацию по оси верхней конечности) вокруг оси L (зеленая стрелка).
- *Головчато-блоковидная борозда* (рис. 5) имеет форму усеченного конуса 4 с более широким основанием, опирающимся на наружную губу блока (рис. 4). Роль этой борозды станет ясна позже.

Рис. 5 позволяет понять, что внутренняя часть сустава обладает только одной степенью свободы - сгибание-разгибание, тогда как его внешняя часть имеет две степени свободы: **сгибание-разгибание и осевое вращение**.

На верхних концах двух костей предплечья расположены две поверхности:

- 1) **большая сигмовидная полость локтевой кости (блоковидная вырезка локтевой кости)** (рис. 4) сочленяется с блоком и имеет *соответствующую форму*. Она состоит из продольного округлого гребня 10, оканчивающегося наверху *локтевым отростком* 11, а внизу и спереди *внешним отростком* 12. По обе стороны гребня,

который соответствует головчато-блоковидной бороздке, находятся вогнутые поверхности, соответствующие губам блока. Эти суставные поверхности по форме напоминают *черепицу* (двойная красная стрелка) с выступом 10 и двумя впадинами 11;

- 2) **вогнутая проксимальная поверхность головки лучевой кости** (рис. 4) имеет вогнутость 14, соответствующую выпуклости головчатого возвышения плечевой кости 3. Она ограничивается краем 15, сочленяющимся с головчато-блоковидной бороздой 4.

Благодаря кольцевой связке 16 эти две суставные поверхности, по сути, представляют собой одну суставную поверхность.

Рис. 6 и 7 иллюстрируют **положение суставных поверхностей по отношению друг к другу**. Рис. 6 (правая верхняя конечность, вид спереди) показывает локтевую ямку 5 над блоком, лучевую ямку 6, внутренний 7 и наружный 8 надмыщелки. На рис. 7 (левая верхняя конечность, вид сзади) видна локтевая ямка 21, куда входит локтевой отросток 11.

Вертикально-фронтальный срез, сделанный через сустав (рис. 8, по Тесту), позволяет увидеть, что капсула 17 охватывает единую анатомическую суставную полость с двумя функциональными суставами (рис. 9, схематический срез):

- 1) **сустав сгибатель-разгибатель** (голубого цвета), представленный блоково-локтевым сочленением 18 и мышечно-лучевым сочленением 19 (рис. 8);
- 2) **верхний лучелоктевой сустав** 20 (темно-синего цвета), важный для пронации-супинации, дополненный круговой связкой 16. Здесь также виден локтевой отросток 11, лежащий в локтевой ямке, когда предплечье разогнуто.

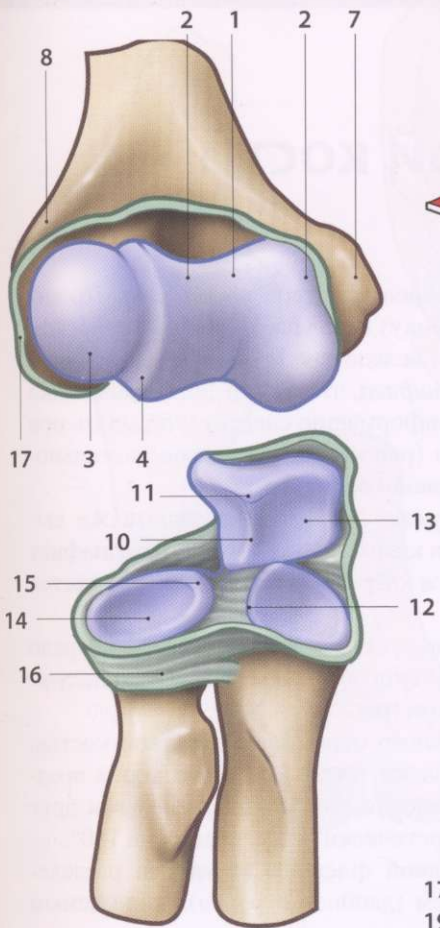


Рис. 4

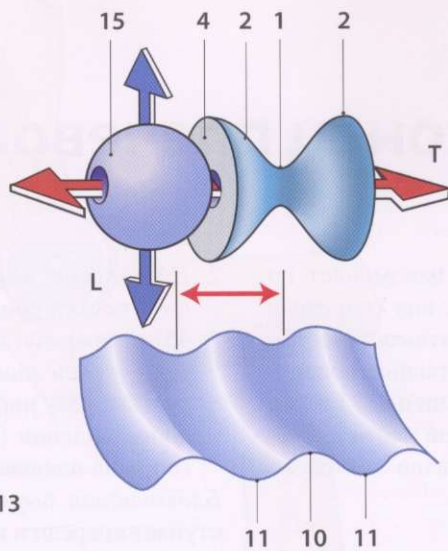


Рис. 5

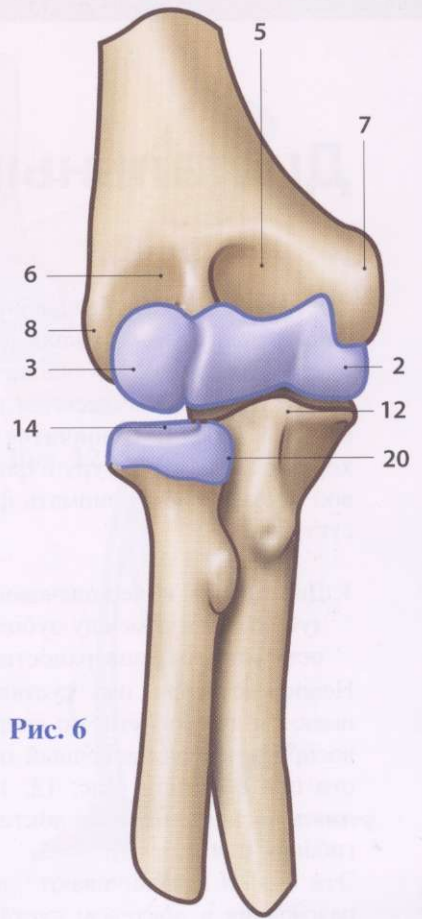


Рис. 6

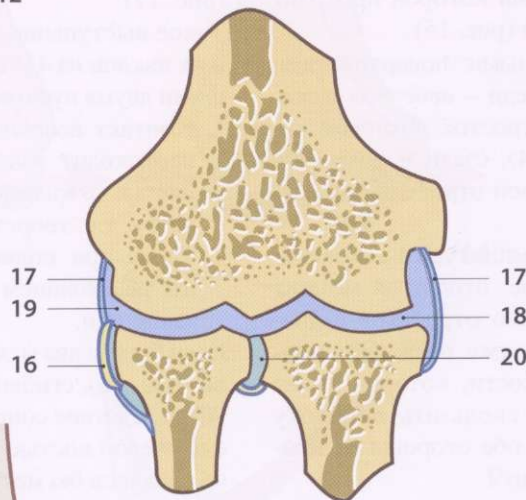


Рис. 9

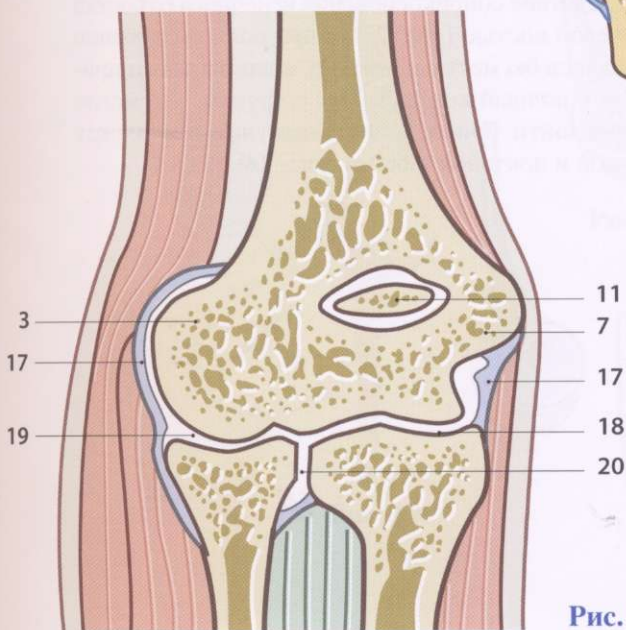


Рис. 8

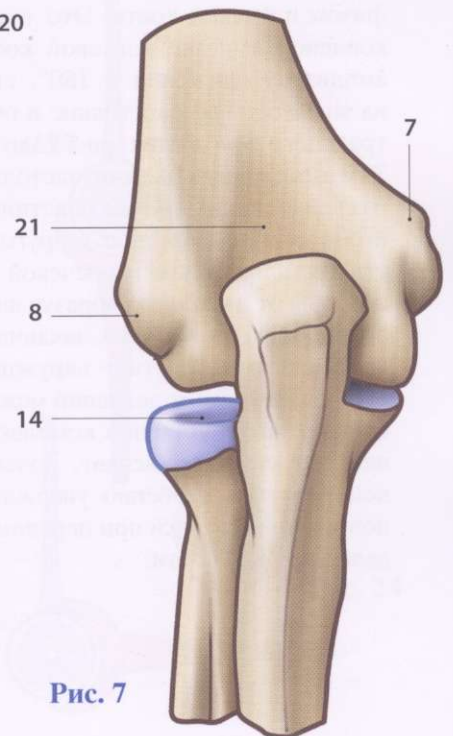


Рис. 7

Дистальный конец плечевой кости

Дистальный конец плечевой кости напоминает по форме палитру художника (рис. 13, вид спереди и рис. 14, вид сзади), он *уплощен в переднезаднем направлении*. На нем имеются две суставные поверхности — **блок** и **головчатое возвышение**. Важно хорошо знать структуру и форму этой части плечевой кости, чтобы понимать физиологию локтевого сустава.

1. Дистальный конец плечевой кости **похож на двузубую вилку**, между зубцами которой проходит ось суставных поверхностей (рис. 15).

Непосредственно над суставными поверхностями имеются две вогнутости: спереди - *венечная ямка*, воспринимающая венечный отросток локтевой кости при сгибании (рис. 12, 14), сзади - *локтевая ямка*, воспринимающая локтевой отросток при разгибании (рис. 10, 13).

Эти ямки увеличивают амплитуду сгибания-разгибания в локтевом суставе, отодвигая момент контакта венечного и локтевого отростков с диафизом плечевой кости. Это также позволяет блоковидной вырезке локтевой кости, которая имеет амплитуду движений в 180° , скользить по блоку на значительное расстояние в обе стороны от нейтрального положения (рис. 23).

Эти ямки иногда бывают настолько глубокими, что разделяющая их тонкая пластинка *перфорируется*, и они сообщаются друг с другом. Компактные части дистального конца плечевой кости лежат по обе стороны от этих ямок, образуя две расходящиеся колонны, одна из которых заканчивается внутренним надмыщелком, а другая - наружным (рис. 13, 14, 15); они поддерживают лежащий между ними головчатоблоковидный суставной комплекс. Эта вилкообразная структура объясняет, почему так трудно репонировать и особенно удержать во вправленном положении отломки при переломах дистального отдела плечевой кости.

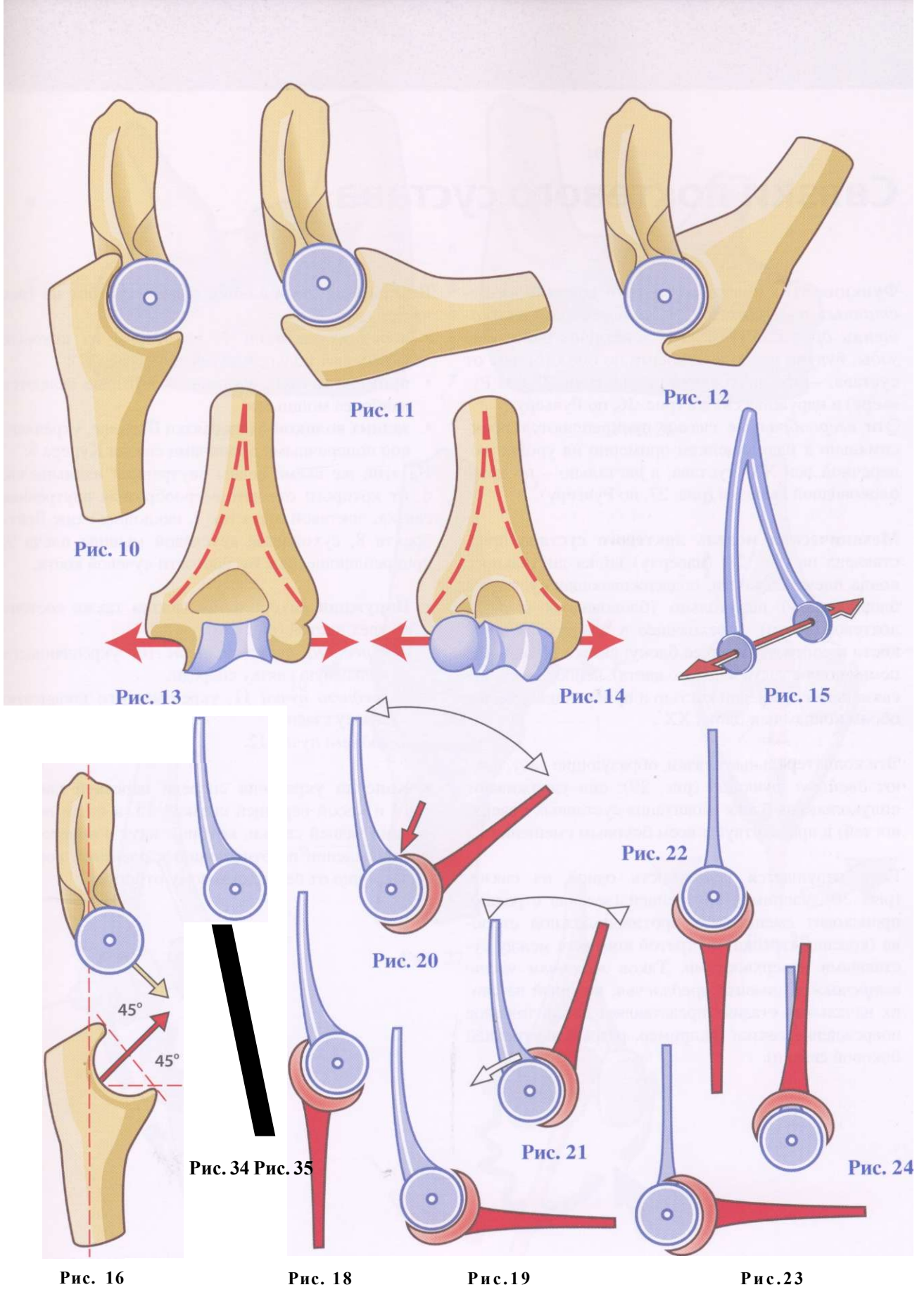
2. Дистальный конец плечевой кости (рис. 16, вид двух костей сбоку) выступает кпереди под углом 45° к диафизу, вследствие чего *блок лежит кпереди от оси диафиза*, что важно для биомеханики сустава. Эту информацию следует учитывать при сопоставлении (репозиции) отломков дистального конца плечевой кости.

Блоковидная вырезка локтевой кости также выступает кпереди и кверху под углом 45° к ее диафизу и тоже *находится кпереди от оси локтевой кости* (рис. 17).

Такое выступание суставных поверхностей кпереди и их наклон на 45° *способствуют сгибанию* следующими двумя путями (рис. 21):

1. Контакт венечного отростка с плечевой костью происходит только тогда, когда обе кости предплечья оказываются почти параллельными друг другу, т.е. теоретически при сгибании на 180° .
2. Даже при полной флексии эти кости разделены расстоянием (двойная стрелка), занимаемым мышцами.

Если бы эти два механических фактора отсутствовали (рис. 22), сгибание было бы возможно только до 90° вследствие соприкосновения венечного отростка с плечевой костью (рис. 23), а при полном сгибании не осталось бы места для мышц, если бы кости приходили в полный контакт друг с другом, что могло бы произойти при наличии коммуникаций между венечной и локтевой ямками (рис. 24).



Связки локтевого сустава

Функция этих связок состоит в *удержании суставных поверхностей в правильном соотношении друг с другом*. Они действуют наподобие узды, будучи расположенными по обе стороны от сустава, - это внутренняя связка (рис. 25, по Рувьеру) и наружная связка (рис. 26, по Рувьеру). Эти *веерообразные* связки прикрепляются проксимально к надмыщелкам примерно на уровне поперечной оси XX' сустава, а дистально - по краю блоковидной вырезки (рис. 27, по Рувьеру).

Механическая модель локтевого сустава представлена на рис. 28: (наверху) вилка дистального конца плечевой кости, поддерживающая суставной блок; (внизу) полукольцо (блоковидная вырезка локтевой кости), переходящее в диафиз локтевой кости и соответствующее блоку; связки по виду напоминающие узду (зеленого цвета), непосредственно связанные с плечевой костью и прикрепляющиеся к обоим концам оси блока XX'.

Эти коллатеральные связки, образующие узду, имеют *двойную функцию* (рис. 29): они удерживают полукольцо на блоке (коаптация суставных поверхностей) и препятствуют всем боковым смещениям.

Если нарушается целостность одной из связок (рис. 30), например внутренней (зеленая стрелка), происходит смещение к противоположной стороне (красная стрелка) с утратой контакта между суставными поверхностями. Таков *механизм часто встречаемого вывиха предплечья*, который на своих начальных стадиях представляет собой тяжелое повреждение связки (например, разрыв внутренней боковой связки).

Внутренняя латеральная связка состоит из трех частей (рис. 25):

- **передних волокон 1**, некоторые из которых укрепляют кольцевую связку 2 (рис. 27);
- **промежуточных волокон 3**, которые являются наиболее мощными;
- **задних волокон 4** или связки Бардине, укрепленной поперечными волокнами связки Купера 5.

На этой же схеме видны внутренний надмыщелок 6, от которого отходит веерообразная внутренняя связка, локтевой отросток 7, наклонный тяж Вейтбрехта 8, сухожилие двуглавой мышцы плеча 9, прикрепляющееся к бугристости лучевой кости.

- **Наружная латеральная связка** также состоит из трех частей (рис. 26):

- *переднего пучка волокон 10*, укрепляющего кольцевую связку спереди;
- *среднего пучка 11*, укрепляющего кольцевую связку сзади;
- *заднего пучка 12*.

- **Капсула** укреплена спереди передней связкой 14 и кривой передней связкой 15, а сзади волокнами задней связки, которые идут в поперечном направлении по отношению к плечевой кости и наклонно от нее к локтевому отростку.

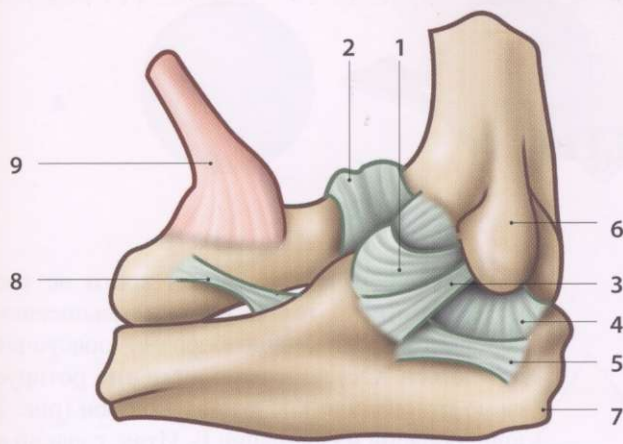


Рис. 25

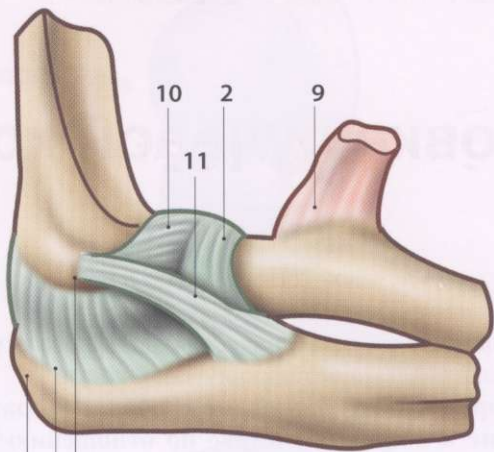


Рис. 26

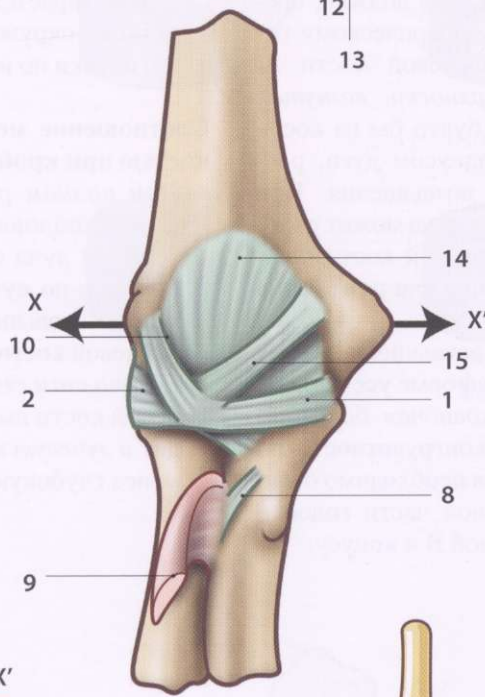


Рис. 27

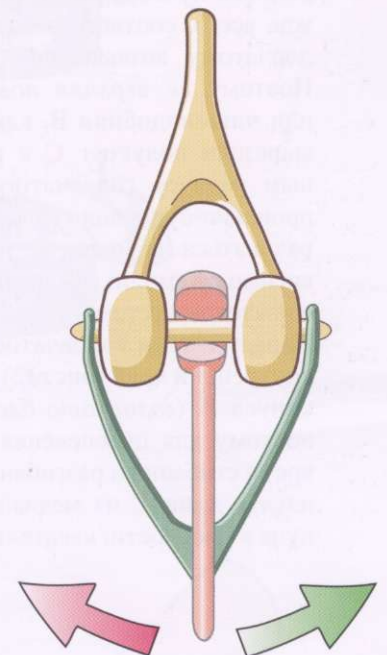


Рис. 29

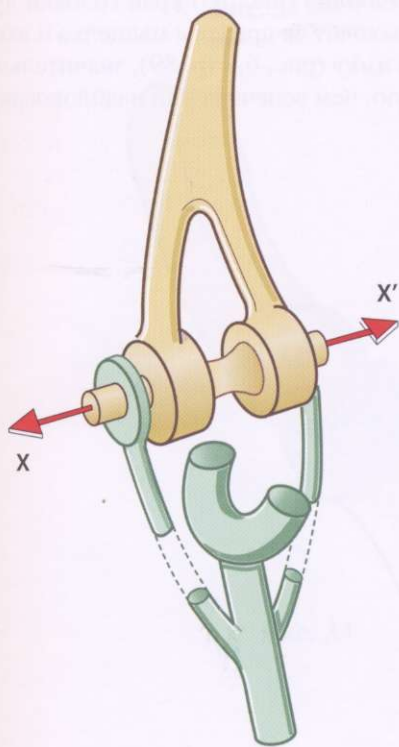


Рис. 28

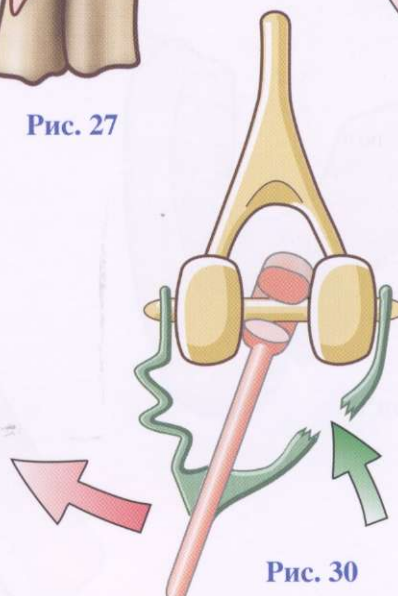


Рис. 30

Головка лучевой кости

Форма головки лучевой кости *целиком и полностью определяется ее функцией.*

- Благодаря своей *цилиндрической форме* она осуществляет осевую ротацию лучевой кости.
- **Ее форма также позволяет сгибание и разгибание в локтевом суставе по отношению к межмышцелковой оси XX'.**
 - Головка лучевой кости (рис. 31) должна, прежде всего, соответствовать сферическому головчатому возвышению плечевой кости А. Поэтому *ее верхняя поверхность вогнутая* или **чашеподобная В**, как будто бы из кости вырезали полукруг С с радиусом дуги, равным радиусу головчатого возвышения. При пронации-супинации головка луча может поворачиваться на мыщелке плечевой кости независимо от амплитуды сгибания или разгибания в локтевом суставе.
 - Наряду с этим головчатое возвышение имеет внутренний край (рис. 32) в форме усеченного конуса А (*головчато-блоковидная борозда*), поэтому для обеспечения конгруэнтности во время сгибания и разгибания необходимо было изъять клин С из медиальной части головки луча в плоскости, касательной **В** к конусу.

- И, наконец, головка лучевой кости не только скользит по головчатому возвышению и головчато-блоковидной борозде, поворачиваясь по оси XX', но и **одновременно** ротируется по отношению к вертикальной оси (рис. 24) при пронации и супинации В. Итак, гладкий полукруг, вырезанный по краю головки луча С, простирается еще на некотором протяжении по ее окружности, как будто бы при ротации головки по нему прошлись бритвой.

Соотношение между головкой луча и плечевой костью при крайних положениях:

- *При полном разгибании* (рис. 34) только передняя половина проксимальной поверхности головки луча сочленяется с головчатым возвышением; по сути, суставная поверхность головчатого возвышения доходит до нижнего конца плечевой кости, не распространяясь кзади.
- *При полном сгибании* (рис. 35) край головки лучевой кости выходит за пределы мыщелка и входит в *лучевую ямку* (рис. 6, стр. 89), значительно менее глубокую, чем венечная или надблоковая.

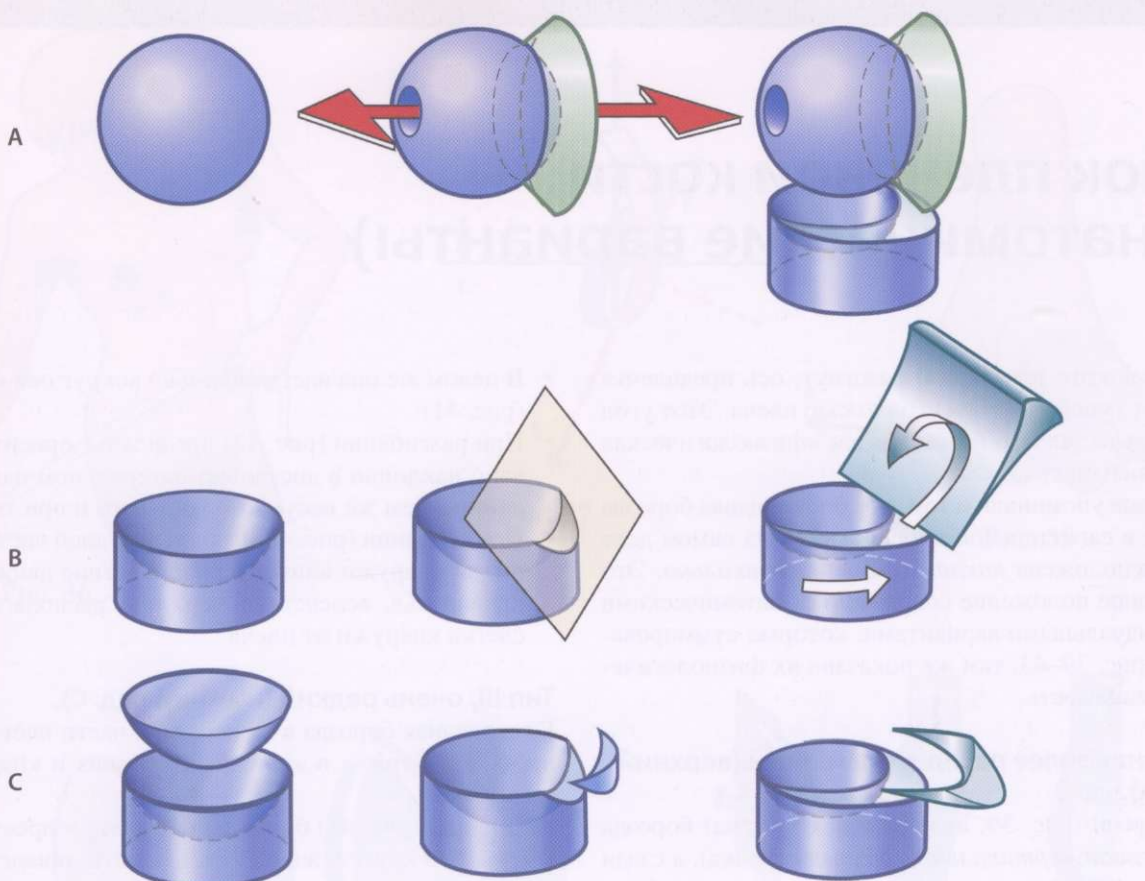


Рис. 31

Рис. 32

Рис. 33

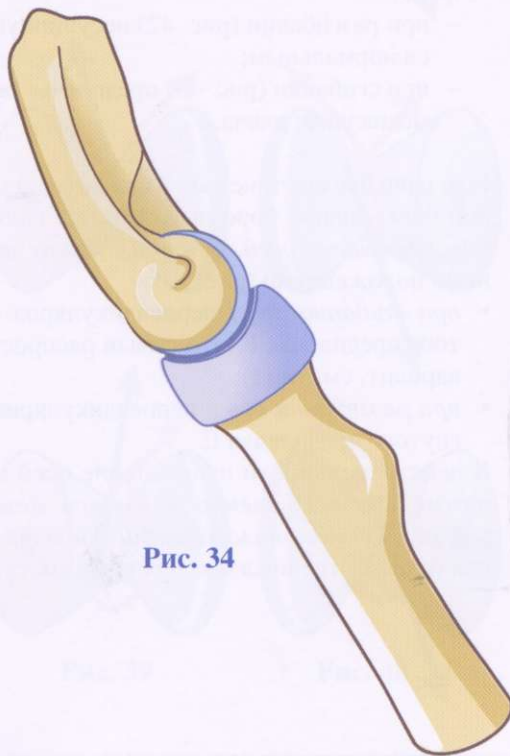


Рис. 34

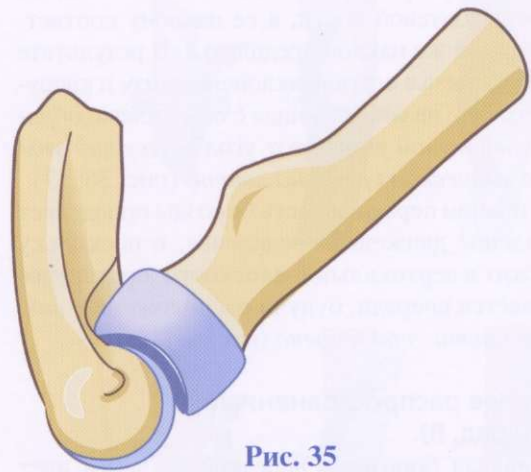


Рис. 35

Блок плечевой кости (анатомические варианты)

Когда локоть полностью разогнут, ось предплечья создает тупой кнаружи угол с осью плеча. Этот угол показан на рис. 36 и называется «физиологическая кривизна локтя».

Ранее мы упоминали о том, что блоковидная борозда лежит в сагиттальной плоскости, но на самом деле она расположена *наклонно, а не вертикально*. Это наклонное положение сопряжено с анатомическими индивидуальными вариантами, которые суммированы на рис. 39³, там же показана их физиологическая значимость.

Тип I, наиболее распространенный (верхний ряд, А).

- Спереди (рис. 39, вид спереди от блока) борозда выглядит *вертикальной* (черная стрелка), а сзади (рис. 40) она идет *косо дистально и кнаружи* (черная стрелка).
- В целом же (рис. 37,41) она проходит *по спирали* вокруг оси кости. Это ведет к следующим функциональным последствиям:
- При разгибании (рис. 42) (согласно Руду) задняя часть борозды приходит в контакт с блоковидной вырезкой локтевой кости, а ее наклону соответствует такой же наклон предплечья. В результате этого предплечье слегка наклонено книзу и кнаружи, и его ось, не совпадающая с осью плеча, образует с ней тупой угол. Этот угол - *несущий угол (физиологическая кривизна локтя)* (рис. 36, 37).
- При сгибании передняя часть борозды определяет направление движения предплечья, и поскольку она лежит в вертикальной плоскости, предплечье оказывается спереди, будучи расположено *в той же плоскости, что и плечо* (рис. 43).

Тип II, менее распространенный (средний ряд, В).

- Блоковидная борозда в передней ее части идет *наклонно в проксимально-наружном направлении* (рис. 39) и в задней части - *косодистально и кнаружи* (рис. 40).

- В целом же она идет *спирально* вокруг оси кости (рис. 41).
- При разгибании (рис. 42) предплечье ориентировано наклонно в дистально-латеральном направлении с тем же несущим углом, что и при типе I.
- При сгибании (рис. 43) наклон передней части борозды кнаружи влияет на направление движения предплечья, вследствие чего оно располагается слегка кнаружи от плеча.

Тип III, очень редкий (нижний ряд, С).

Блоковидная борозда в ее передней части идет косо вверх и кнутри, а в задней - косо вниз и кнаружи (рис.40).

- В целом (рис. 41) борозда описывает в пространстве или круг, лежащий в плоскости, ориентированной наклонно дистально и кнаружи, или очень закрытую спираль, нацеленную медиально. Это обеспечивает следующий функциональный эффект:
 - при разгибании (рис. 42) несущий угол остается нормальным;
 - при сгибании (рис. 43) предплечье оказывается медиальнее плеча.

Еще одно последствие такой спиральной конфигурации блоковидной борозды состоит в наличии *серии одновременных осей*, лежащих между двумя крайними положениями (рис. 37):

- *при сгибании ось /* перпендикулярна оси согнутого предплечья F (это самый распространенный вариант, см. тип I);
- *при разгибании ось e* перпендикулярна оси разогнутого предплечья E.

В действительности направление осей сгибания и разгибания *постепенно меняется между этими двумя крайними положениями сгибания и разгибания* (рис. 38, где показана плечевая кость).

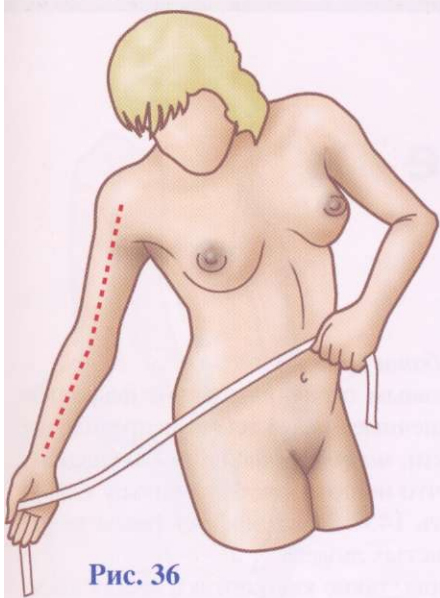


Рис. 36

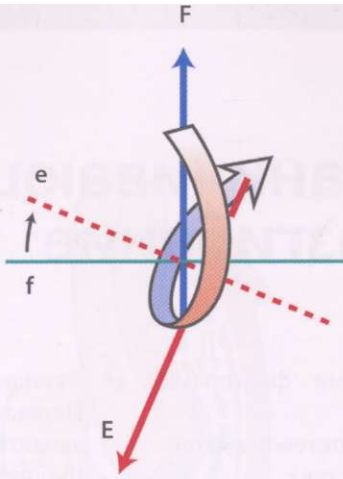


Рис. 37

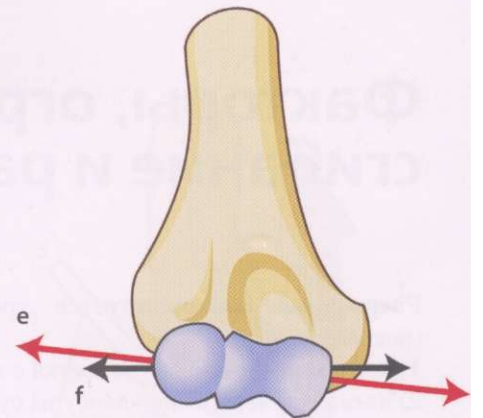
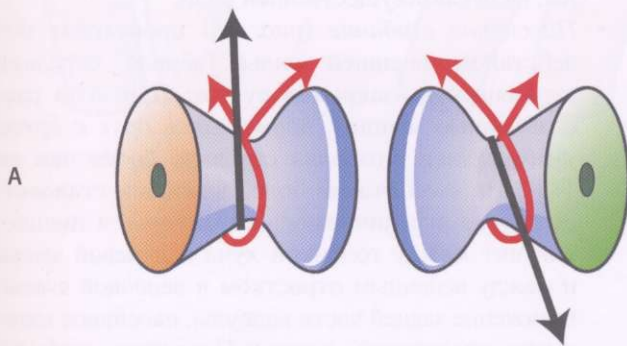
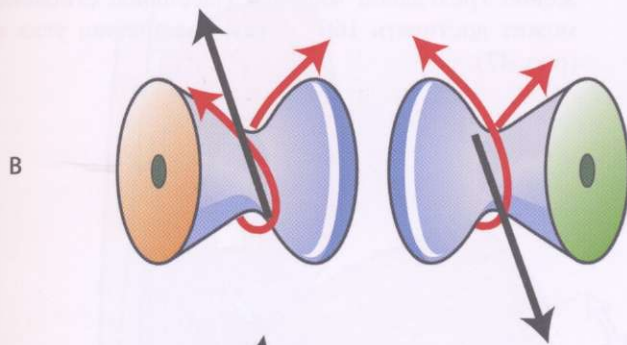


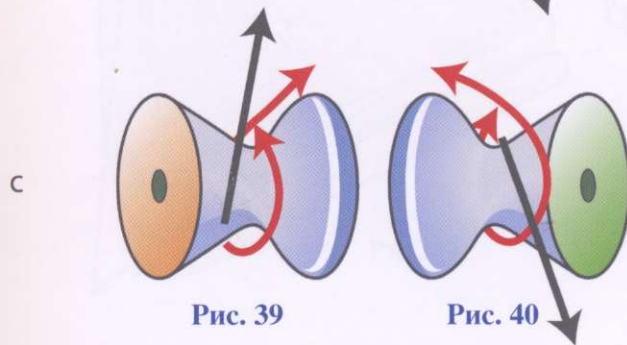
Рис. 38



A



B



C

Рис. 39

Рис. 40

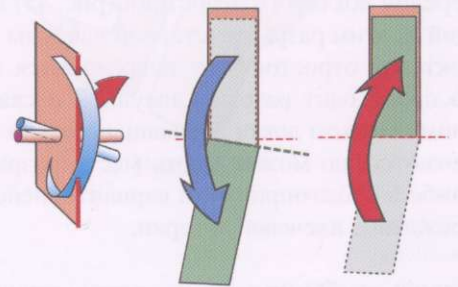


Рис. 41

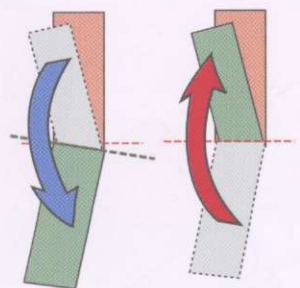


Рис. 42

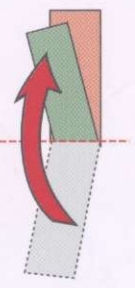


Рис. 43

Факторы, ограничивающие сгибание и разгибание

Разгибание контролируется тремя факторами (рис. 44):

- 1) контактом локтевого отростка с локтевой ямкой;
- 2) натяжением передней капсулы сустава;
- 3) сопротивлением мышц сгибателей (двуглавой, плечевой, плечелучевой).

Если разгибание насильственно продолжается, возникает повреждение одной из этих ограничивающих структур:

- перелом локтевого отростка 1 (рис. 45) и следующий за этим разрыв суставной капсулы 2,
- локтевой отросток 1 не повреждается (рис. 46), но происходит разрыв капсулы 2 и связок с задним вывихом локтя 3; мышцы обычно не затрагиваются, но может иметь место разрыв или, в наиболее благоприятном варианте, неполное повреждение плечевой артерии.

Контроль сгибания зависит от того, осуществляется оно **активно или пассивно**.

- *Активное сгибание* (рис. 47):

Первым и главным ограничивающим фактором являются мышечные массы плеча и предплечья (белые стрелки), *напрягающиеся вследствие их сокращения*, что не позволяет активному сгибанию превысить 145°. Этот эффект более выражен у мускулистых людей.

Другие факторы, такие как контакт между костными поверхностями и натяжение связок капсулы, не играют существенной роли.

- *Пассивное сгибание* (рис. 48) происходит под действием внешней силы (черная стрелка), стремящейся «закрыть» сустав. При этом ослабленные мышцы, *прижимаясь друг к другу, уплощаются*, позволяя сгибание более чем на 145°. На этой стадии более важными становятся другие ограничивающие факторы, а именно: контакт между головкой луча и лучевой ямкой и между венечным отростком и венечной ямкой, натяжение задней части капсулы, пассивное натяжение трехглавой мышцы. Пассивное сгибание может достигать 160° путем увеличения угла а (рис. 47).

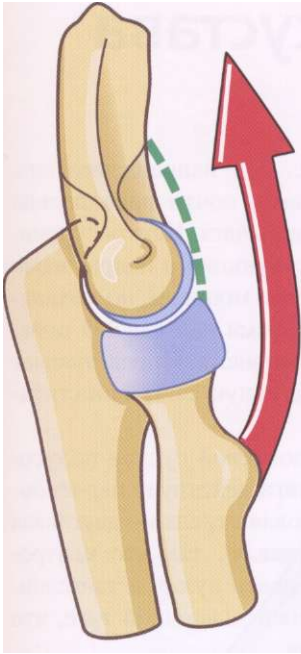


Рис. 44

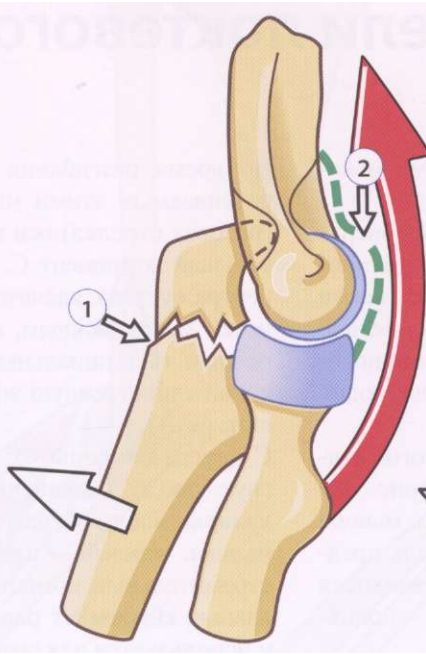


Рис. 45

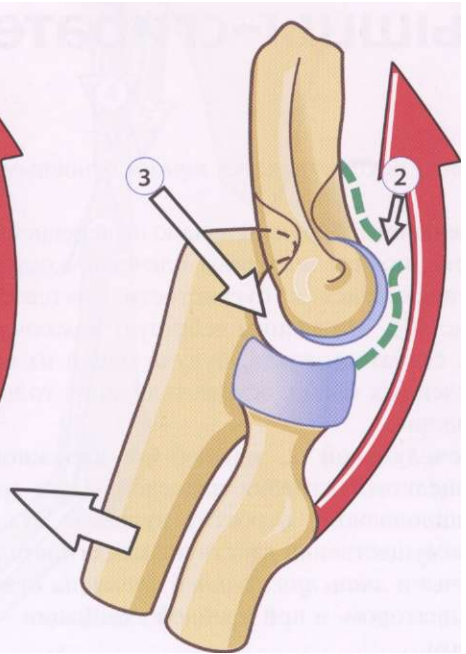


Рис. 46

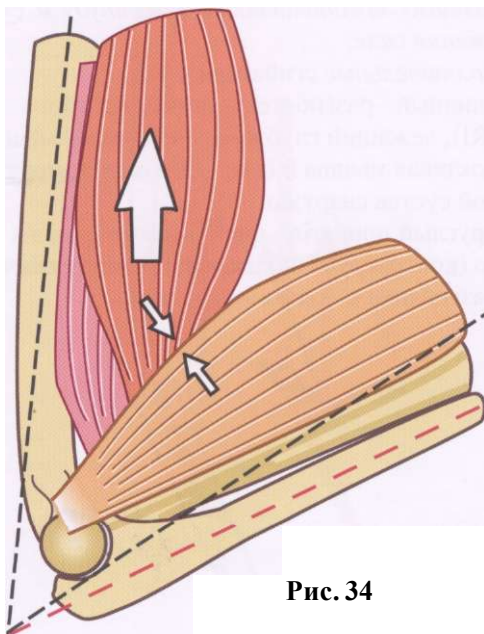


Рис. 34

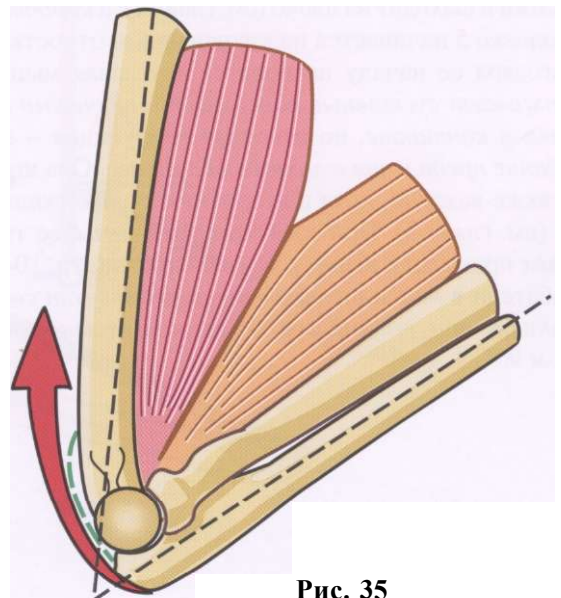


Рис. 35

Мышцы-сгибатели локтевого сустава

Сгибание осуществляется *тремя* основными мышцами.

- **Плечевой 1**, берущей начало на передней поверхности нижней половины плечевой кости и прикрепляющейся к бугристости локтевой кости (рис. 49). Эта мышца действует *исключительно* как сгибатель локтя, будучи одной из немногочисленных мышц, осуществляющих только одну функцию.
- **Плечелучевой 2**, идущей от наружного надмыщелкового гребня плечевой кости (рис. 49) к шиловидному отростку лучевой. Эта мышца преимущественно действует как сгибатель предплечья и *лишь при крайней пронации* становится супинатором, а при крайней супинации - пронатором.
- **Двуглавая мышца плеча 3** является **основным сгибателем локтевого сустава** (рис. 50). Она заканчивается на бугристости лучевой кости, а начинается не на плече, а на лопатке (поэтому она является двусуставной мышцей). Ее *длинная головка 4* берет начало от надсуставного бугорка лопатки и выходит на плечо (см. главу 1), а *короткая головка 5* начинается на клювовидном отростке.

Благодаря ее началу на лопатке двуглавая мышца *удерживает суставные поверхности плечевого сустава в контакте*, но основная ее функция - это *сгибание предплечья в локтевом суставе*. Она играет также важную, хотя и вторичную роль *в супинации* (см. главу 3). При согнутом предплечье ее тяга может привести к вывиху лучевой кости (стр. 104). Сгибатели *в наибольшей степени реализуют свою функцию при сгибании в локтевом суставе под углом 90°*.

Во время разгибания (рис. 51) направление сил, развиваемых этими мышцами, почти параллельно (розовая стрелка) оси плеча рычага. Центrostремительный компонент С, действующий в направлении центра сустава, является более мощным, но механически менее важным, в то время как слабый поперечный тангенциальный компонент Т представляет собой единственную эффективную силу при сгибании.

С другой стороны, когда локтевой сустав полусогнут (рис. 52), мышечная тяга действует *перпендикулярно* плечу рычага (розовая стрелка - двуглавая мышца, зеленая - плечелучевая), так что центrostремительный компонент равен нулю, а тангенциальный компонент равен мышечной тяге, что и используется для сгибания.

Этот *флексионный угол максимальной эффективности* равняется 80-90° для двуглавой мышцы и 100-110° для плечелучевой, т.е. для последней мышцы *этот угол больше, чем для бицепса*.

Мышцы-сгибатели в своей функции подчиняются законам физики, а именно закону рычага III типа и поэтому предпочитают амплитуду и скорость движения силе.

Дополнительные сгибатели:

- длинный разгибатель лучезапястного сустава (RI), лежащий глубже плечелучевой мышцы;
- локтевая мышца б (рис. 49) стабилизирует локтевой сустав снаружи;
- круглый пронатор, фиброзная ретракция которого (контрактура Фолькмана) ограничивает полное разгибание в локтевом суставе.

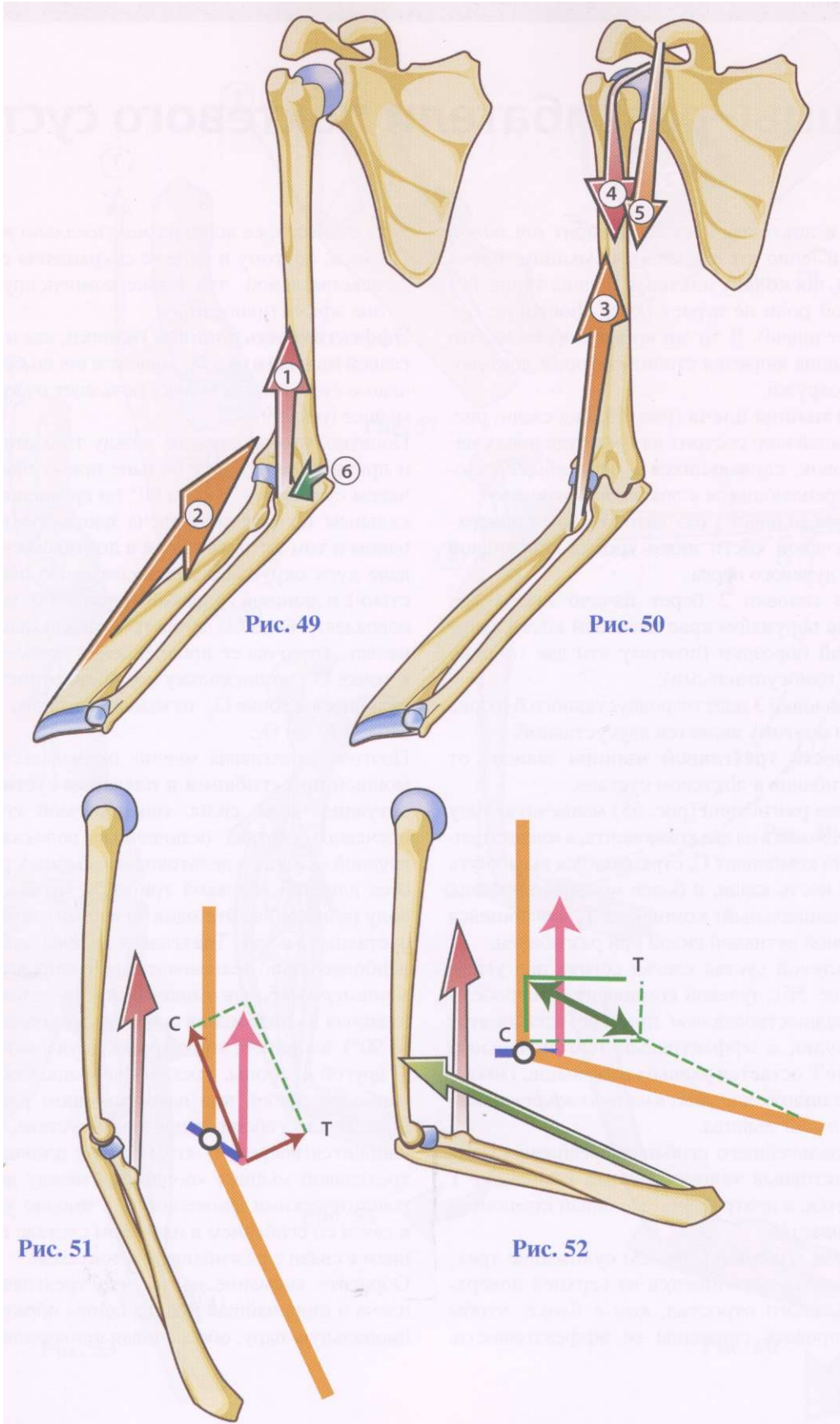


Рис. 49

Рис. 50

Рис. 51

Рис. 52

Мышцы-разгибатели локтевого сустава

Разгибание в локтевом суставе зависит от одной мышцы, а именно от трехглавой мышцы плеча (рис. 53, 54), поскольку локтевая мышца (рис. 60) существенной роли не играет (хотя Дюшан де Булонь считает иначе). В то же время считается, что локтевая мышца является стабилизатором локтевого сустава снаружи.

Трехглавая мышца плеча (рис. 53, вид сзади; рис. 54, латеральный вид) состоит из трех отдельных мышечных головок, сливающихся в одно *общее сухожилие*, прикрепляющееся к локтевому отростку:

- *внутренняя головка* 1 отходит от задней поверхности плечевой кости ниже уровня спиральной бороздки лучевого нерва;
- *наружная головка* 2 берет начало преимущественно на наружном крае плечевой кости выше спиральной бороздки (поэтому эти две головки являются односуставными);
- *длинная головка* 3 идет от подсуставного бугорка лопатки и поэтому является двусуставной.

Эффективность трехглавой мышцы зависит от величины сгибания в локтевом суставе.

- При полном разгибании (рис. 55) мышечную силу можно разложить на два компонента, а именно центробежный компонент С, стремящийся вывихнуть локтевую кость кзади, и более мощный нормальный (тангенциальный) компонент Т, являющийся единственной активной силой при разгибании.
- Когда локтевой сустав слегка согнут под углом 20-30° (рис. 56), лучевой компонент (центробежный в предшествовавшем примере) становится равным нулю, а эффективный тангенциальный компонент Т остается равным тяге мышц. Поэтому данное положение *максимально эффективно* для трехглавой мышцы.
- По мере дальнейшего сгибания предплечья (рис. 57) эффективный тангенциальный компонент Т уменьшается, а центростремительный компонент С увеличивается.
- При полном сгибании (рис. 58) сухожилие трехглавой мышцы натягивается на верхней поверхности локтевого отростка, *как в блоке*, чтобы скомпенсировать снижение ее эффективности.

Более того, ее волокна *максимально растягиваются*, поэтому и сила ее сокращения становится максимальной, что также компенсирует снижение эффективности.

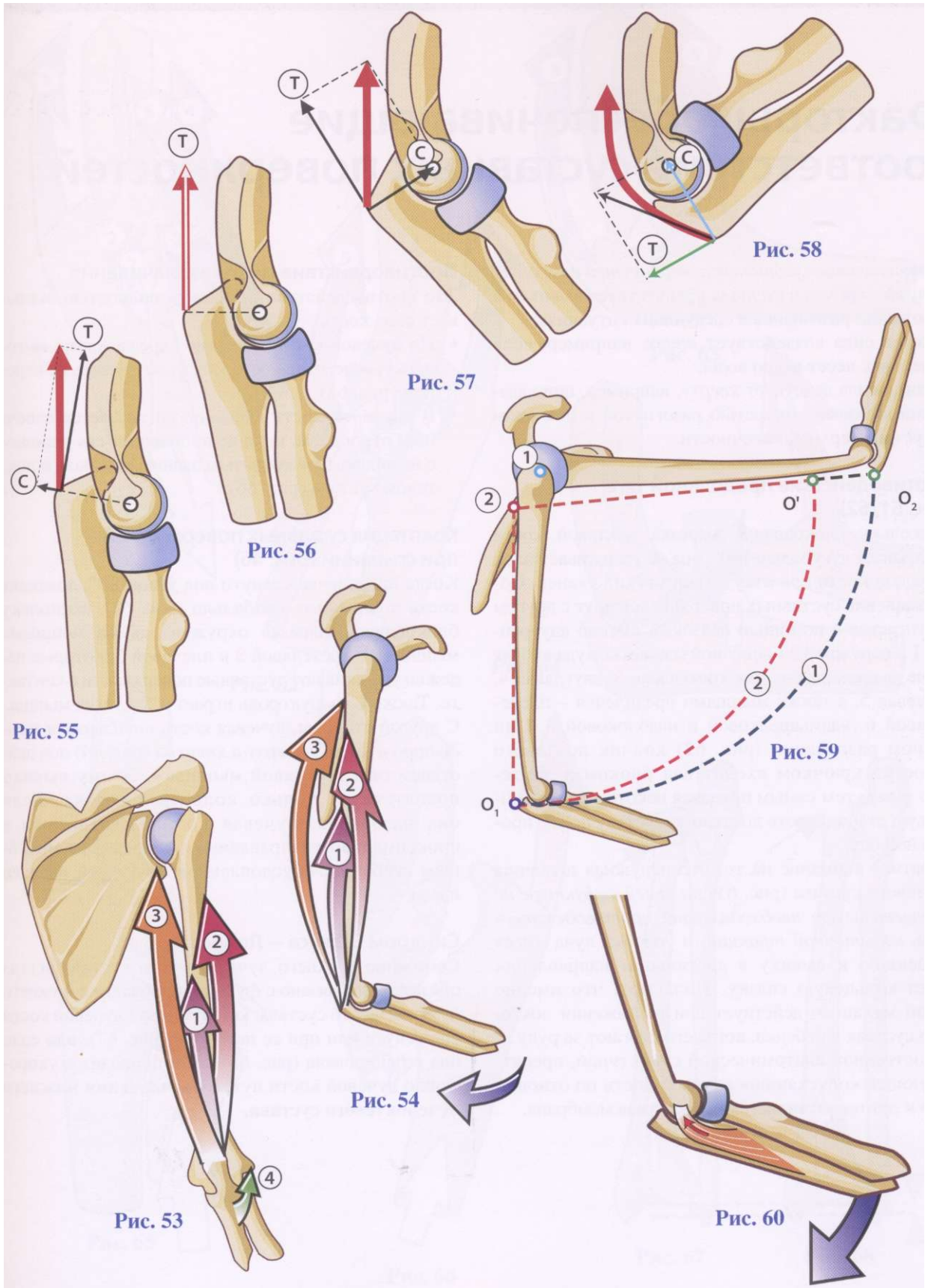
Эффективность длинной головки, как и всей трехглавой мышцы в целом, зависит и от *положения плечевого сустава*, поскольку речь идет о двусуставной мышце (рис. 59).

Понятно, что расстояние между точками ее начала и прикрепления будет больше при сгибании в плечевом суставе под углом 90° по сравнению с вертикальным положением плеча вдоль туловища (при одном и том же положении в локтевом суставе). На дуге окружности, описываемые плечевой костью 1 и длинной головкой трехглавой мышцы 2, не совпадают. Если бы длина трехглавой мышцы не менялась, то точка ее прикрепления приблизилась бы к точке О', но поскольку локтевой отросток теперь находится в точке О,, то мышца пассивно растягивается от О до О,.

Поэтому трехглавая мышца оказывается наиболее мощной **при сгибании в плечевом суставе**. В этой ситуации часть силы, генерируемой сгибателями плечевого сустава (ключичные волокна большой грудной мышцы и дельтовидная мышца), рекрутируется длинной головкой трицепса, чтобы увеличить силу разгибания. Это один из вариантов работы двусуставных мышц. Трехглавая мышца также может наиболее полно реализовать свою силу *при одновременном разгибании в локтевом и плечевом суставах* (начиная из положения сгибания в плечевом суставе на 90°), например, когда дровосек ударяет топором.

С другой стороны, трехглавая мышца оказывается наиболее слабой при одновременном разгибании в локтевом и сгибании в плечевом суставе, когда удар наносится вперед. В этом случае длинная головка трехглавой мышцы «попадает» между двумя антагонистическими движениями, а именно удлинением в связи со сгибанием в плечевом суставе и сокращением в связи с разгибанием в локтевом.

Обратите внимание на то, что трехглавая мышца плеча и широчайшая мышца спины образуют функциональную пару, обеспечивая приведение плеча.



Факторы, обеспечивающие соответствие суставных поверхностей

Соответствие суставных поверхностей друг другу по продольной оси сустава препятствует вывихам в положении разгибания в следующих ситуациях:

- когда сила воздействует *книзу*, например, если человек несет ведро воды;
- когда сила действует *кверху*, например, при падении на кисть полностью разогнутой в локтевом суставе верхней конечности.

Противодействие продольной тяге (рис. 61,62)

Поскольку блоковидная вырезка локтевой кости охватывает дугу менее 180°, она не удерживает блок плечевой кости при отсутствии мягких тканей. Сопоставление суставных поверхностей друг с другом достигается с помощью связок, а именно внутренней 1 и наружной 2 мышечной манжеты, куда входят такие мышцы плеча, как трехглавая 3, двуглавая 4, плечевая 5, а также мышцами предплечья - плечелучевой 6, надмыщелковой и надблоковой 8. При полном разгибании (рис. 62) кончик локтевого отростка крючком входит над блоком в локтевую ямку, тем самым придавая некоторую механическую стабильность локтевому суставу по его продольной оси.

Обратите внимание на то, что наружная половина локтевого сустава (рис. 61) *по своей структуре не соответствует необходимости противодействовать избыточной тракции*, и головка луча имеет тенденцию к вывиху в дистальном направлении через кольцевую связку. Полагают, что именно такой механизм действует при растяжении локтевого сустава у ребенка, когда его дергают за руку. Единственной анатомической структурой, препятствующей «опусканию» лучевой кости по отношению к локтевой, является межкостная мембрана.

Противодействие силам вколачивания

Это противодействие целиком и полностью оказывает сама кость.

- По лучевой кости давление передается на ее головку, вследствие чего может наступить ее перелом (рис. 65).
- В локтевой кости давление поглощается венечным отростком, пока не произойдет его перелом с невраймым закрытым задним вывихом в локтевом суставе (рис. 66).

Коаптация суставных поверхностей при сгибании (рис. 46)

Когда предплечье согнуто под углом 90°, локтевая кость *полностью стабильна* (рис. 63), поскольку блоковидная вырезка окружена двумя мощными мышцами - трехглавой 3 и плечевой 5, которые надежно удерживают суставные поверхности в контакте. Также большую роль играет и локтевая мышца. С другой стороны, лучевая кость *показывает тенденцию к вывиху кверху и кпереди* (рис. 64) под действием тяги двуглавой мышцы 4. Этому вывиху препятствует только кольцевая связка. Если она разорвана, лучевая кость вывихивается в проксимальном направлении и кпереди при малейшем сгибании, обусловленном двуглавой мышцей плеча.

Синдром Эссекса - Лопрести

Состояние верхнего лучелоктевого сустава всегда обязательно связано с функционированием нижнего лучелоктевого сустава: когда головка лучевой кости сплюснута или при ее переломе (рис. 67), или если она резецирована (рис. 68) - это приводит к укорочению лучевой кости путем **расчленения нижнего лучелоктевого сустава**.

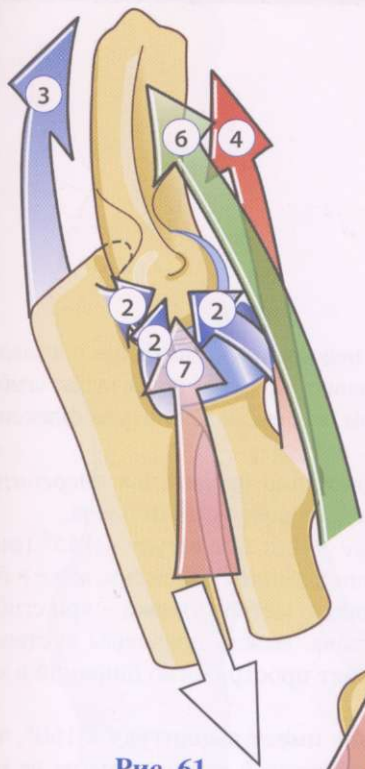


Рис. 61

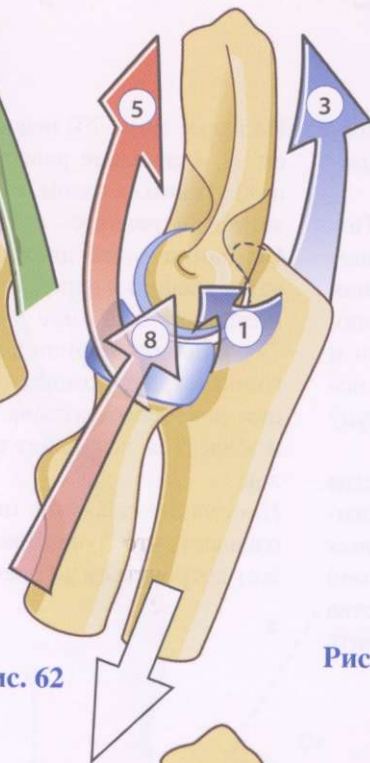


Рис. 62

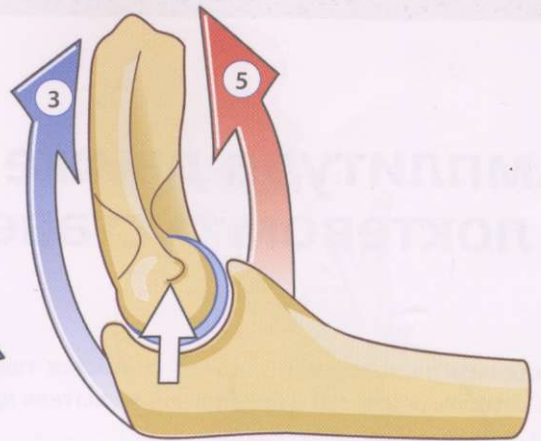


Рис. 63

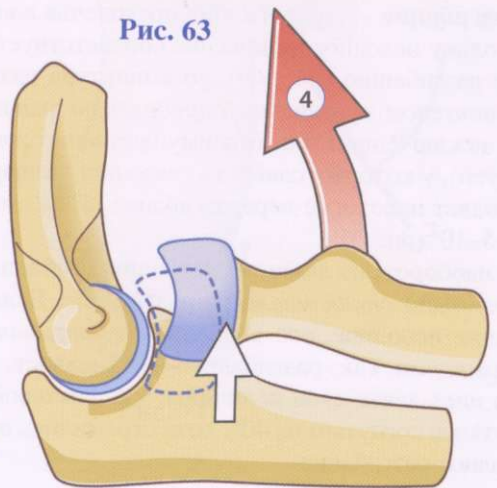


Рис. 64

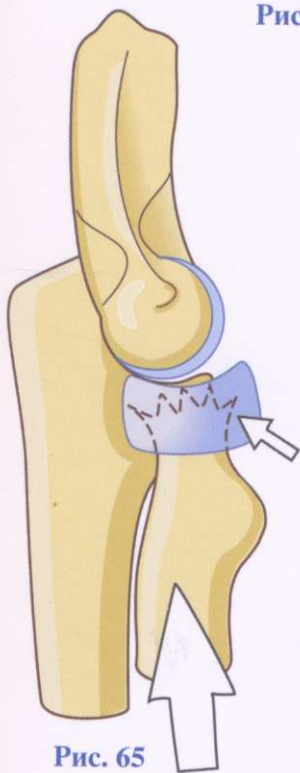


Рис. 65

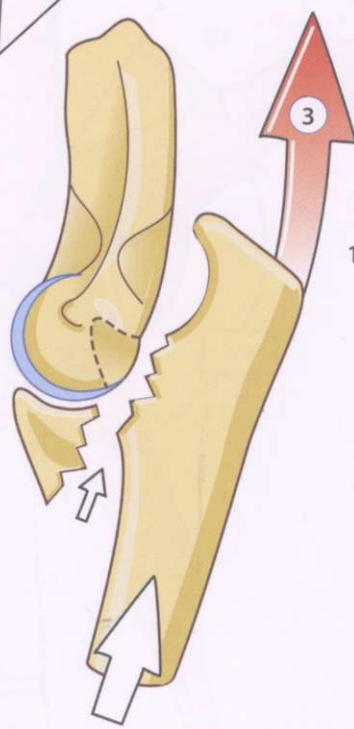


Рис. 66

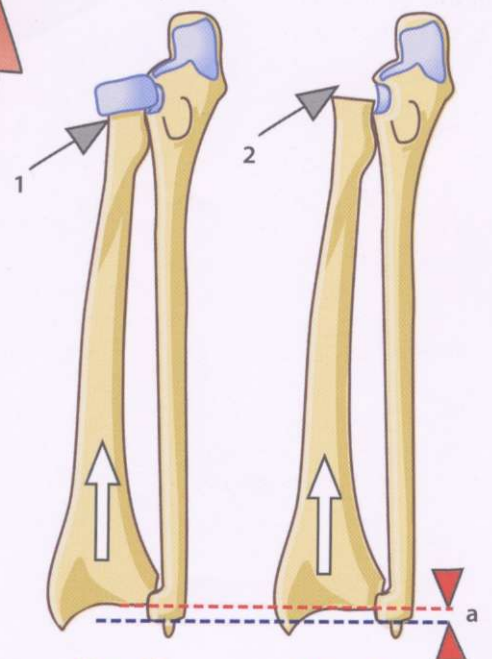


Рис. 67

Рис. 68

Амплитуда движений в локтевом суставе

Исходным положением (рис. 69) считается такое, при котором *оси плеча и предплечья образуют прямую линию*.

Разгибание - это движение предплечья *кзади*. Поскольку исходное положение соответствует полному разгибанию (рис. 69), то амплитуда разгибания в локтевом суставе *по определению* равна нулю, за исключением лиц (преимущественно женщин и детей), у которых слабость связочного аппарата позволяет некоторое переразгибание **нЕ** на амплитуду в $5-10^\circ$ (рис. 70).

И наоборот, из любого положения сгибания всегда возможно *относительное* разгибание. Если разгибание неполное, его выражают в *отрицательных величинах*. Так, разгибание -40° означает, что оно не идет далее этой величины, т.е. локтевой сустав остался согнутым на 40° , хотя стремились получить полное разгибание.

На схеме (рис. 70) недостаток разгибания составляет $-y$, а сгибание равно $4-x$ (**Dг** - недостаток сгибания). Таким образом, полезная амплитуда флексии-экстензии равна $x - y$.

Сгибание - это движение предплечья *кпереди* по направлению к передней поверхности плеча.

Активное сгибание имеет амплитуду в 145° (рис. 71). Оценить величину амплитуды легко, даже и без гониометра, с помощью метода кулака - при сгибании локтевого сустава, между плечевым суставом и запястьем возникает пространство шириной в кулак.

Пассивное сгибание имеет амплитуду в 160° , что означает, что лучезапястный сустав никогда не может дотронуться до плечевого.

140-145°

Клинические ориентиры локтевого сустава

Имеются *три видимых на глаз и пальпируемых ориентира*'.

- **локтевой отросток 2**, выступающий по средней линии локтевого сустава;
- **внутренний надмышелок 1** с внутренней стороны;
- **наружный надмышелок 3** с наружной стороны.

В **положении разгибания** (рис. 72, 75) эти три анатомических ориентира находятся *на горизонтальной линии*. Между локтевым отростком 2 и внутренним надмышелком 1 проходит надблоково-локтевой канал, где локтевой нерв проходит вертикально (белая стрелка), поэтому любая травма этого нерва в таком положении вызывает ощущение удара электрическим током в зоне, иннервируемой им (внутренний край кисти). Снаружи ниже надмышелка 3 можно пальпировать головку лучевой кости, когда она ротируется при пронации и супинации.

В **положении сгибания** (рис. 73, 76) эти три анатомических ориентира образуют *равнобедренный треугольник*, лежащий в вертикально-фронтальной плоскости по касательной к задней поверхности плеча (рис. 74). На рис. 75 и 76 ориентиры представлены на препарате сухой кости.

При вывихе эти взаимоотношения нарушаются:

- при разгибании локтевой отросток *оказывается выше* межмышелковой линии (задний вывих),
- при сгибании локтевой отросток *выстает кзади* за пределы фронтальной плоскости плечевой кости (задний вывих).

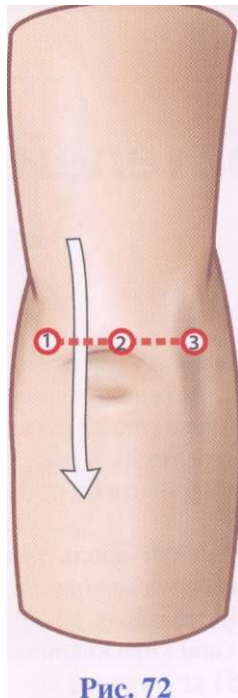


Рис. 72

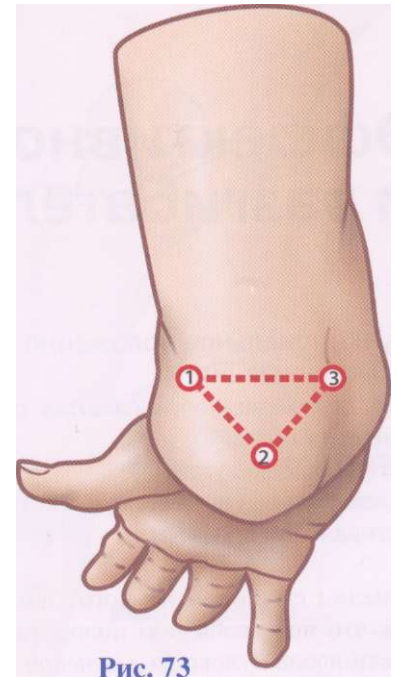


Рис. 73

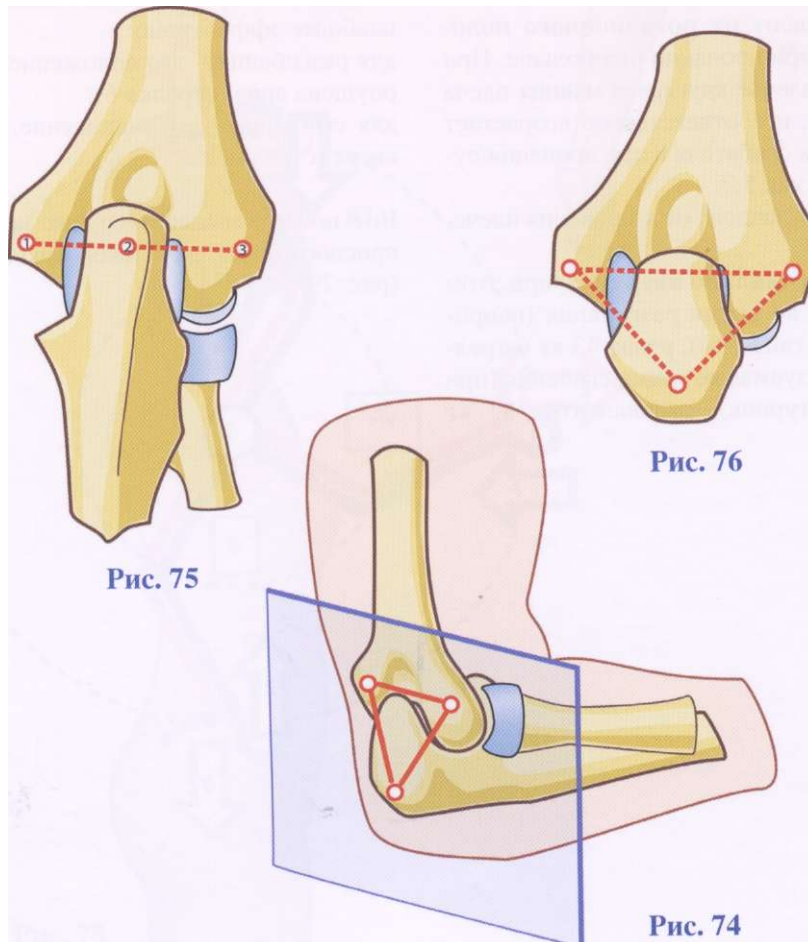


Рис. 75

Рис. 76

Рис. 74

Эффективность мышц-сгибателей и разгибателей

Функциональное положение и положение иммобилизации

Оба положения определяются по тем же самым критериям (рис. 77):

- сгибание под углом 90°;
- нейтральная ротация, т.е. кисть находится в вертикальной плоскости.

В целом сгибатели немного сильнее разгибателей, так что при свободном положении верхней конечности вдоль туловища локтевой сустав слегка согнут, и величина сгибания прямо пропорциональна развитости мышц.

Сила сгибателей зависит от **ротационного положения предплечья**, при пронации она больше. При пронированном предплечье двуглавая мышца плеча больше натягивается, и соответственно возрастает ее эффективность как сгибателя и при пронации/супинации соотносится как 5:3.

Сила мышечных групп зависит от положения плечевого сустава (рис. 78):

- **рука поднята вертикально кверху Н**, при этом сила, реализуемая во время разгибания (например, при поднятии гантелей), равна 43 кг (стрелка 1), а сила, реализуемая во время сгибания (при подтягивании на турник), эквивалентна 83 кг (стрелка 2);

- **плечо согнуто на 90° АВ**, при этом сила, развиваемая во время разгибания (например, при толкании перед собой очень тяжелого предмета), эквивалентна 37 кг (стрелка 3), а сила, продуцируемая при сгибании (во время гребли), составляет 66 кг (стрелка 4);
- **рука свободно свисает вдоль туловища В**, при этом сила при сгибании (например, при поднятии большого груза) равна 52 кг (стрелка 5), а при разгибании (при упражнениях на параллельных брусьях) - 51 кг (стрелка 6).

Таким образом, имеются *предпочтительные положения*, в которых группы мышц могут действовать наиболее эффективно:

для разгибания - это положение, при котором рука опущена вниз (стрелка 6);

для сгибания - это положение, когда она поднята вверх (стрелка 2).

Вот почему мышцы верхних конечностей хорошо приспособлены для такой функции, как **лазанье** (рис. 79).

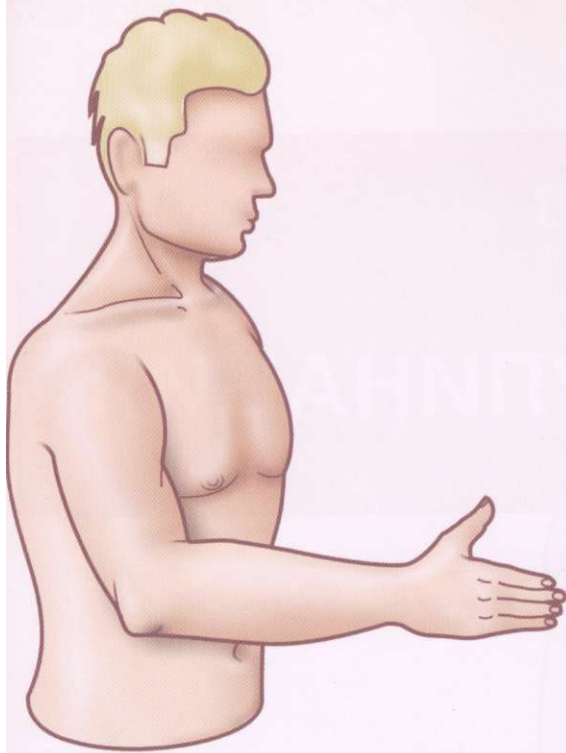


Рис. 77



Рис. 79

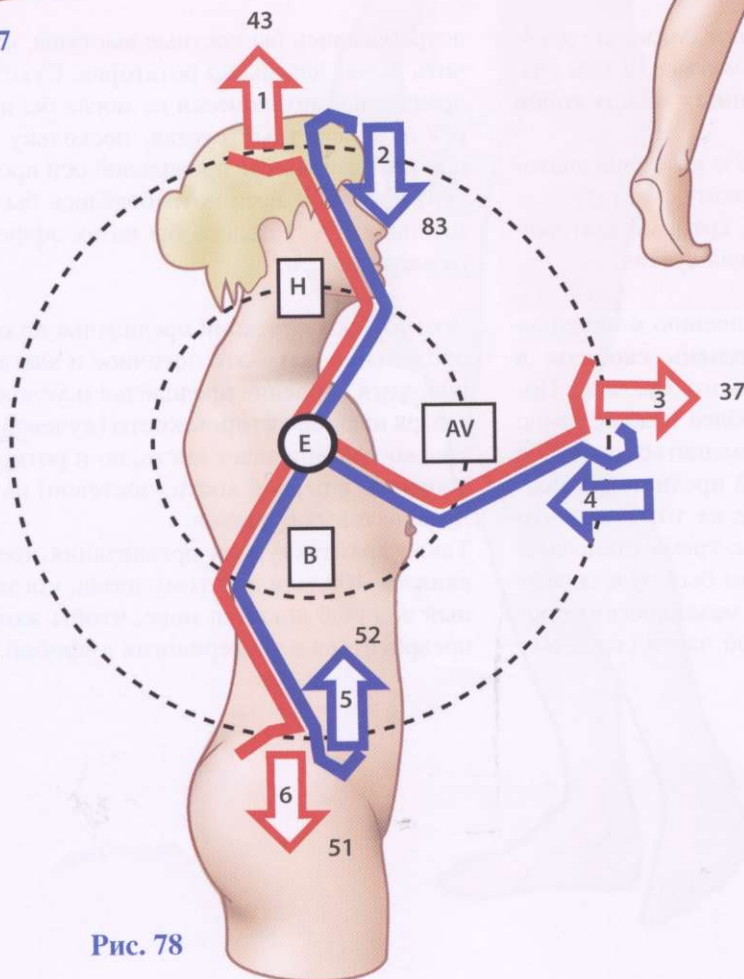


Рис. 78

Глава 3

ПРОНАЦИЯ-СУПИНАЦИЯ

Пронация-супинация - это *круговое движение предплечья по отношению к продольной оси*. В нем участвуют **два механически связанных между собой сустава:**

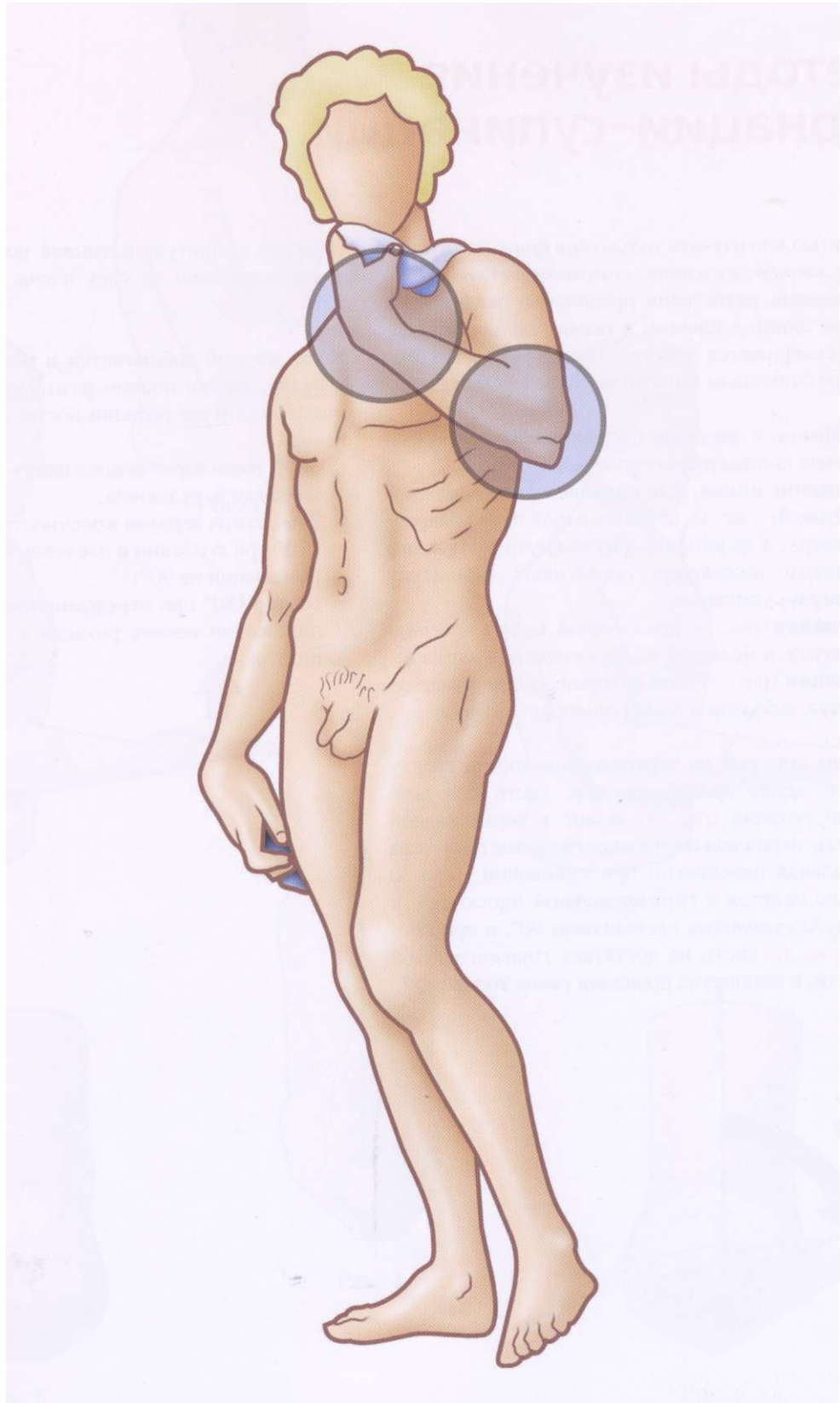
- **верхний лучелоктевой (SRU)**, который анатомически принадлежит к локтевому суставу;
- **нижний лучелоктевой (IRU)**, который анатомически не входит в лучезапястный сустав.

Эта ротация предплечья по отношению к продольной оси привносит **третью степень свободы** в суставной комплекс лучезапястного сустава. Посредством этого кисть как наиболее важное звено верхней конечности может перемещаться в любое положение, чтобы взять нужный предмет или поддержать его. Обратите внимание на тот факт, что наличие синовиального сустава с тремя степенями свободы, если бы таким суставом был лучезапястный, повлекло бы за собой массу механических проблем. Так, например, в мобильной части (запястье)

потребовались бы костные выступы, чтобы обеспечить рычаг для мышц-ротаторов. Сухожилия мышц предплечья механически не могли бы проходить через лучезапястный сустав, поскольку в последнем при ротации вокруг продольной оси происходило бы скручивание. Кисти потребовались бы все внешние мышцы, что сказалось бы на их эффективности и размерах кисти.

Возможность ротации предплечья по отношению к продольной оси - это логичное и элегантное решение, хотя строение предплечья и усложнилось благодаря наличию **второй кости** (лучевой), которая не только поддерживает кисть, но и ротируется по отношению к первой кости (локтевой) на уровне двух лучелоктевых суставов.

Такая архитектурная организация предплечья появилась 400 млн лет тому назад, когда определенный вид рыб покинул море, чтобы жить на суше и превратиться в четверногих амфибий.



Методы изучения пронации-супинации

Ротацию можно изучать только *при прижатом к туловищу локтевом суставе, согнутом под углом 90°*. В положении разгибания предплечье оказывается на одной линии с плечом, и *осевая ротация* предплечья совершается вместе с плечевой костью благодаря ротационным движениям в плечевом суставе.

При сгибании в локтевом суставе на 90° возможны следующие положения предплечья:

- **положение покоя, или среднее положение (положение 0)** (рис. 1), когда большой палец направлен вверх, а ладонь повернута кнутри. Из этого исходного положения определяют амплитуду пронации-супинации;
- **супинация** (рис. 2), при которой *ладонь повернута кверху, а большой палец смотрит кнаружи*;
- **пронация** (рис. 3), при которой *ладонь повернута вниз, а большой палец смотрит кнутри*,

Когда мы смотрим на верхнюю конечность сверху вниз, т.е. вдоль продольной оси, кисть при нейтральной ротации (рис. 4) лежит в вертикальной плоскости параллельно плоскости симметрии тела (сагиттальная плоскость); при супинации (рис. 5) она располагается в горизонтальной плоскости, и *амплитуда супинации составляет 90°*, а при пронации (рис. 6) кисть не достигает горизонтальной плоскости, и амплитуда пронации равна только 85°.

В целом амплитуда истинной ротации предплечья, т.е. без ротации за счет плеча, составляет около 180°.

Если же еще добавляется и ротация в плечевом суставе, то при полном разгибании в локтевом суставе амплитуда ротации достигает следующих значений:

- 360°, когда верхняя конечность свободно расположена вдоль туловища;
- 270°, когда верхняя конечность отведена на 90°;
- 270° при сгибании в плечевом суставе на 90° или разгибании на 90°;
- свыше 180° при отведении плеча на 180°; в этом положении осевая ротация в плечевом суставе ничтожна.

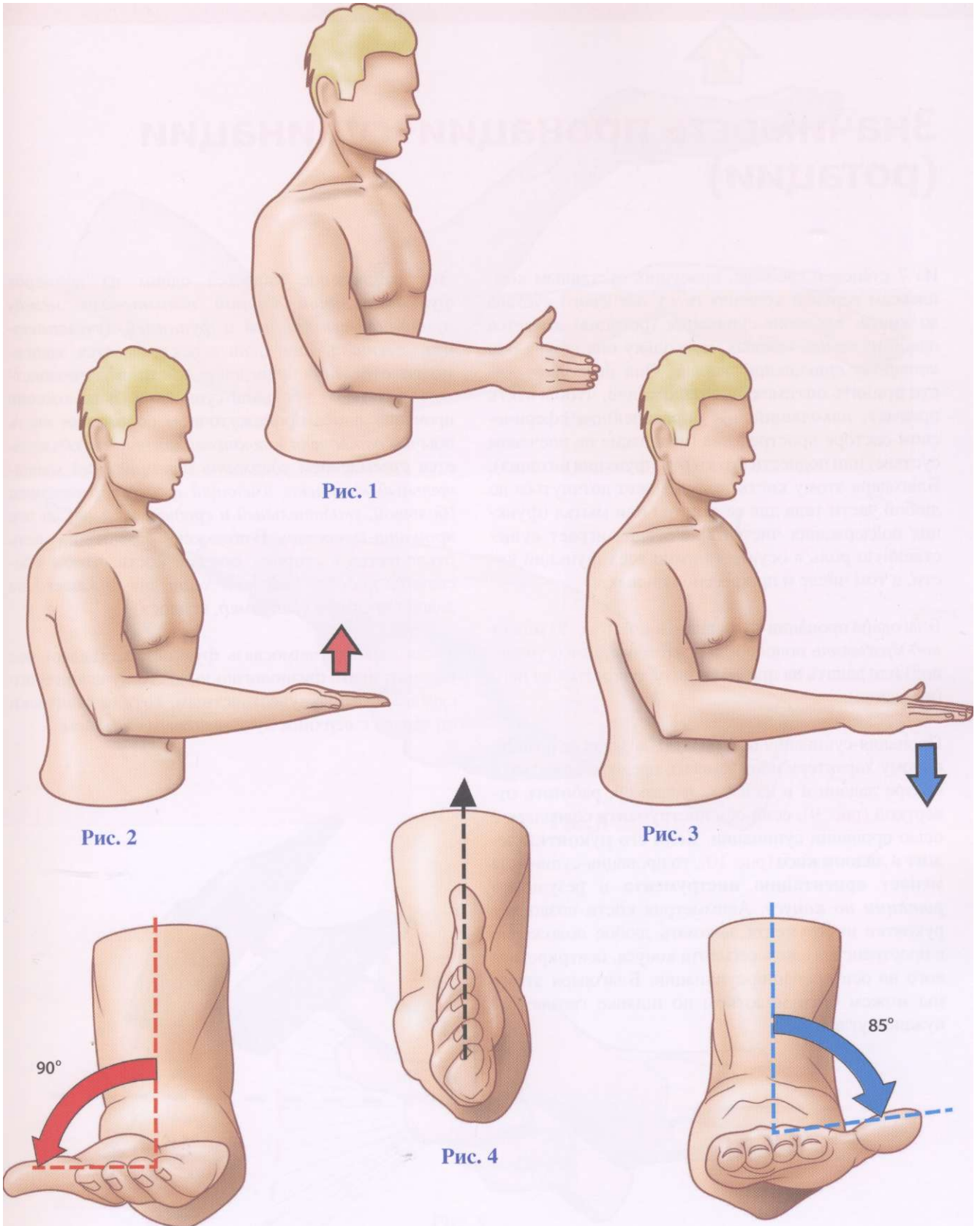


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис.5

Рис.6

Значимость пронации-супинации (ротации)

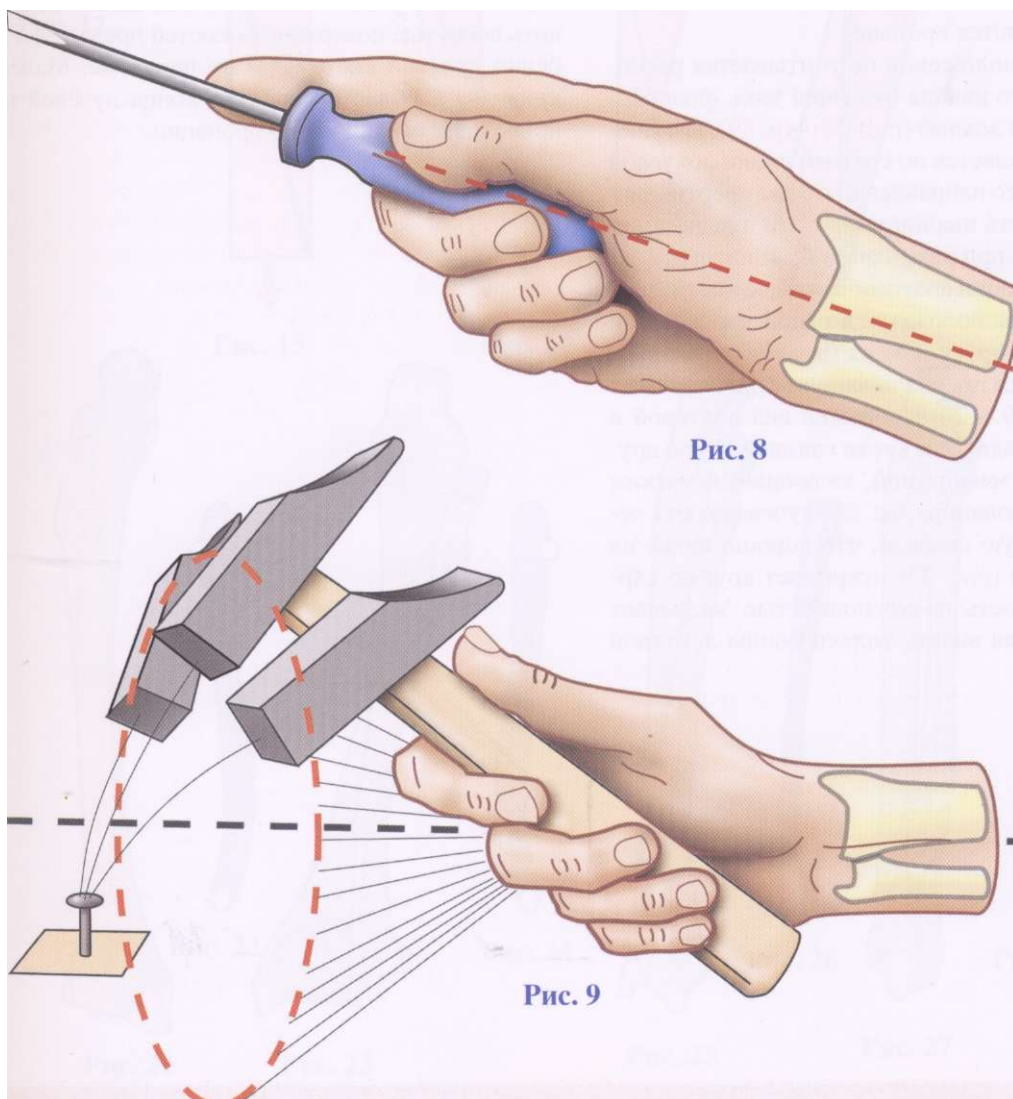
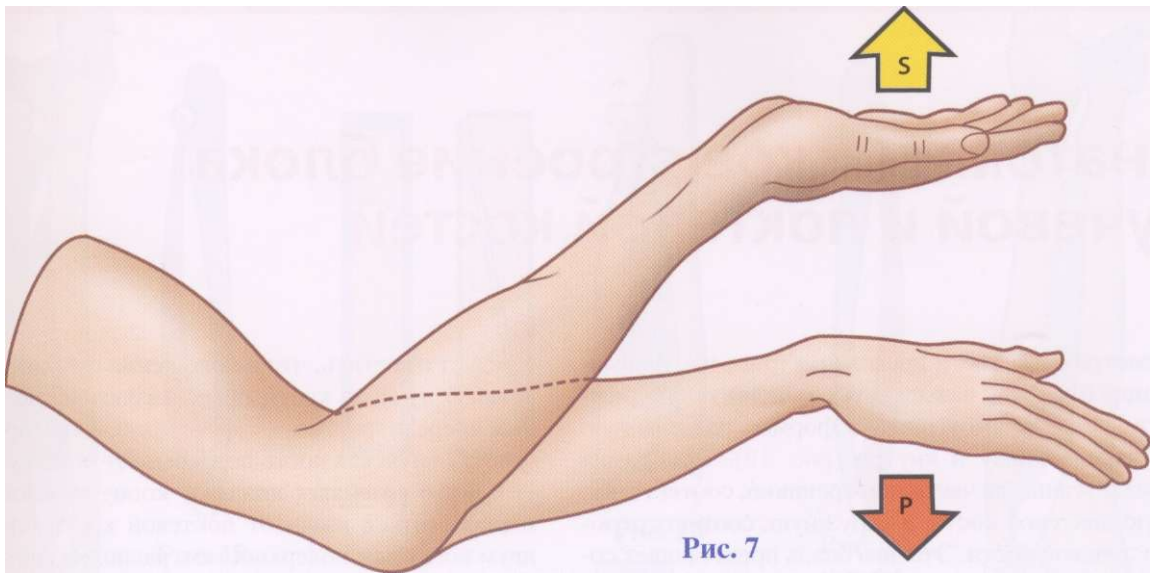
Из 7 степеней свободы, присущих суставным комплексам верхней конечности от плечевого сустава до кисти, пронация-супинация (ротация) является одной из самых важных, поскольку она нужна для *контроля ориентации кисти*. Она позволяет кисти принять оптимальное положение, чтобы взять предмет, находящийся в определенном сферическом секторе пространства (центрация на плечевом суставе) или поднести его ко рту (функция питания). Благодаря этому кисть также может дотянуться до любой части тела для ее защиты или мытья (функция поддержания чистоты). Ротация играет существенную роль в осуществлении всех функций кисти, в том числе и профессиональных.

Благодаря пронации-супинации кисть (рис. 8) может *поддерживать* поднос или другой предмет (супинация) или давить на предмет книзу, опираться на него (пронация).

Пронация-супинация позволяет благодаря ее ротационному характеру поворачивать предмет, зажатый в центре ладони и в пальцах, например, работать отверткой (рис. 9), если ось инструмента совпадает с осью пронации-супинации. **Если его рукоятка лежит в ладони косо** (рис. 10), то пронация-супинация **меняет ориентацию инструмента** в результате *ротации по конусу*. Асимметрия кисти позволяет рукоятке инструмента занимать любое положение в пространстве вдоль сегмента конуса, центрированного на оси пронации-супинации. Благодаря этому мы можем бить молотком по шляпке гвоздя под нужным углом.

Это наблюдение является одним из примеров *функциональной парной взаимосвязи между пронацией-супинацией и функцией лучезапястного сустава*. Еще один аспект касается зависимости отведения-приведения кисти в лучезапястном суставе от пронации-супинации. В положении пронации или в промежуточном положении кисть обычно *отклонена к локтевой кости*, что объясняется стремлением *удержать динамический хватательный комплекс, имеющий форму тренажника (большой, указательный и средний пальцы) на оси пронации-супинации*. В положении супинации кисть отклоняется в сторону лучевой кости, чтобы обеспечить *поддерживающий хват* для лежащего на ладони предмета (например, подноса).

Такая парная взаимосвязь функций заставляет нас рассматривать физиологию нижнего лучелоктевого сустава вместе с лучезапястным, хотя механически он связан с верхним лучелоктевым суставом.



Анатомическое строение блока лучевой и локтевой костей

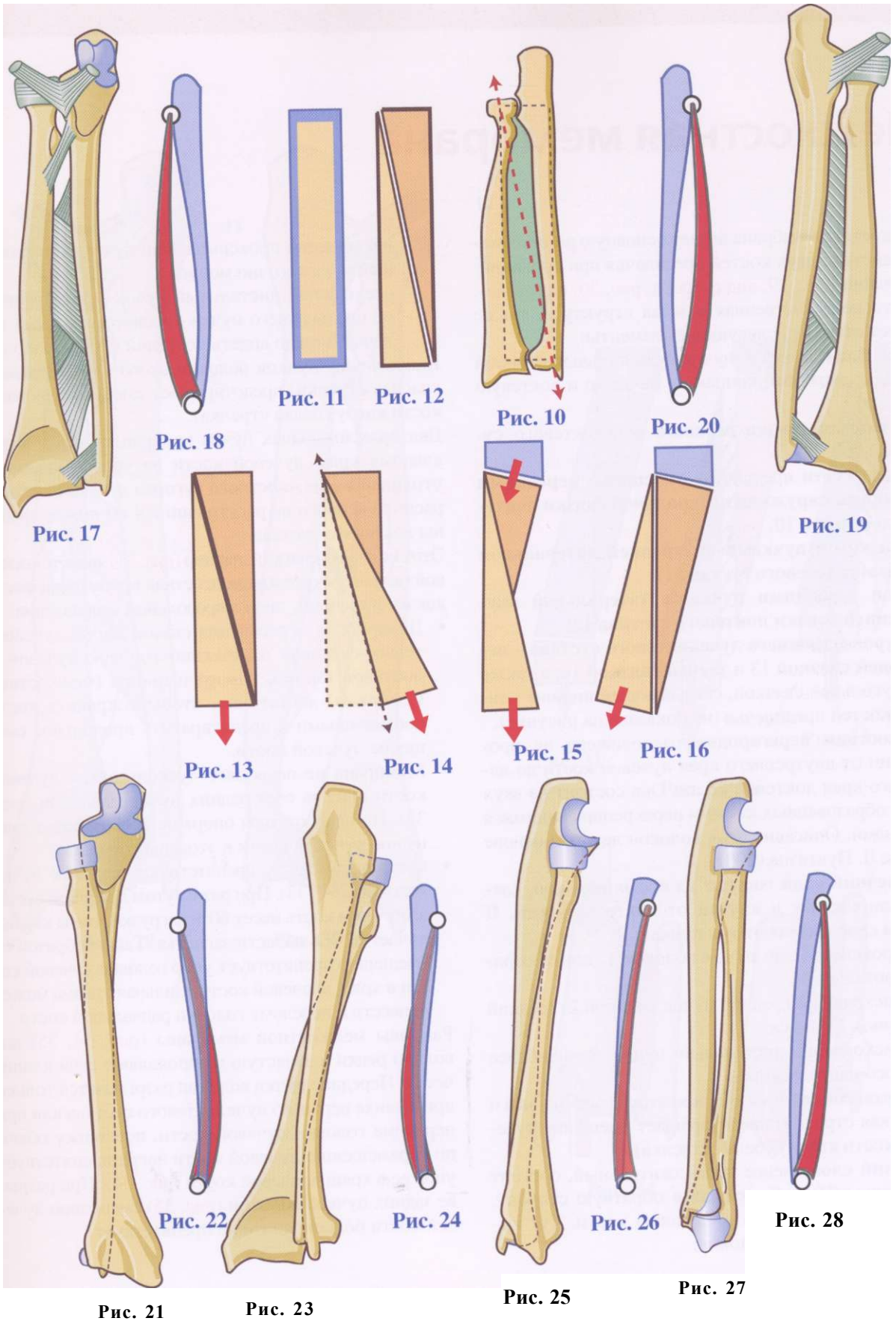
Рассмотрим две кости предплечья (рис. 10), формирующие блок, так называемую **лучелоктевую рамку** (рис. 11) прямоугольной формы, разделенную диагональю книзу и кнутри (рис. 12). Так, рамка разделяется на две части: внутреннюю, соответствующую локтевой кости, и наружную, соответствующую лучевой кости. Эта диагональ представляет собой **шарнир** (рис. 13), позволяющий лучевой кости перемещаться кпереди на 180° и поворачиваться в сторону локтевой кости (рис. 14). По большому счету так осуществляется пронация.

Однако в данном положении не учитывается расположение локтевого канала (*несущий угол, физиологическая кривизна локтя*) (рис. 36, стр. 89). Изменение угла осуществляется по средней линии локтевой кости, которая косо направлена, что дает вертикальную направленность шарниру (рис. 16) и выпрямляет локтевой канал при разгибании и супинации.

При полной супинации анатомически две кости (рис. 17, вид спереди) расположены в одной плоскости и параллельны друг другу. Схема (рис. 18) позволяет рассмотреть слегка преувеличенную кривизну этих костей. На рис. 19 и 20 изображен вид локтевой и лучевой костей сзади. Эти кости связаны друг с другом **межкостной мембраной**, являющейся мягким шарниром. При пронации (рис. 21) лучевая кость перекрывает локтевую спереди, что хорошо видно на рис. 22. Вид сзади (рис. 23) открывает другую картину - лучевая кость почти полностью закрывает локтевую, позволяя видеть только концы локтевой кости (рис. 24).

Следует отметить, что в положении супинации локтевая и лучевая кости представляют изгиб, вогнутый кпереди (рис. 25,26, вид сбоку). А при пронации (рис. 27) лучевая кость перекрывает локтевую (рис. 28), и это позволяет нижнему концу лучевой кости переместиться кзади от локтевой кости благодаря двум вогнутым поверхностям, расположенным друг против друга.

Большая амплитуда пронации возможна за счет этой двойной вогнутости. Поэтому так важно восстановить вогнутые поверхности костей предплечья (особенно лучевой кости) при их переломе. Малейшая кривизна в области верхнего конца лучевой кости приводит к ограничению пронации.



Межкостная мембрана

Межкостная мембрана играет основную роль во взаимодействии двух костей предплечья при пронации-супинации (рис. 29, вид спереди; рис. 30, вид сзади). Но это не единственная важная структура, также следует отметить следующие элементы:

- **тяж Вайтбрехта 8**, пучок сухожильных волокон входит верхними концами в лучевую и локтевую кости;
- **кольцевая связка** верхнего лучелоктевого сустава 9;
- также кости предплечья укреплены **передними пучками наружной латеральной связки локтевого сустава 10**;
- **передними пучками внутренней латеральной связки плечевого сустава 11**;
- сзади - **задними пучками латеральной внутренней связки локтевого сустава 12**;
- на уровне **нижнего лучелоктевого сустава - передней связкой 13** и **задней связкой 14**, а также треугольной связкой, связывающей нижние концы костей предплечья (не показана на рисунке).

Межкостная перегородка расположена на протяжении от внутреннего края лучевой кости до наружного края локтевой кости. Она состоит из двух слоев, образованных косыми перекрещивающимися волокнами. Описание этих волокон лежит в основе работы JI. Пуатвэна (2001).

- **Передний слой** состоит из косых волокон, следующих книзу и кнутри от локтевой кости. В этом слое выделяют три пучка:
 - проксимальный пучок волокон 1, почти горизонтальный;
 - нисходящий средний пучок волокон 2, средний пучок Хочкиса;
 - нисходящий дистальный пучок 3, наиболее косо направленный.

Направление пучков волокон этого слоя (черная и красная стрелки) предотвращает смещение лучевой кости вверх (белая стрелка).

- **Задний слой**, менее продолжительный, состоит из волокон, направленных в обратную сторону, т.е. вверх и кнутри от лучевой кости. Тут выделяют два пучка волокон:

- восходящий проксимальный пучок 4, постоянный и достаточно мощный;
- восходящий дистальный пучок 5, отделенный от предыдущего пучка просветом 6, через который можно видеть передний слой волокон.

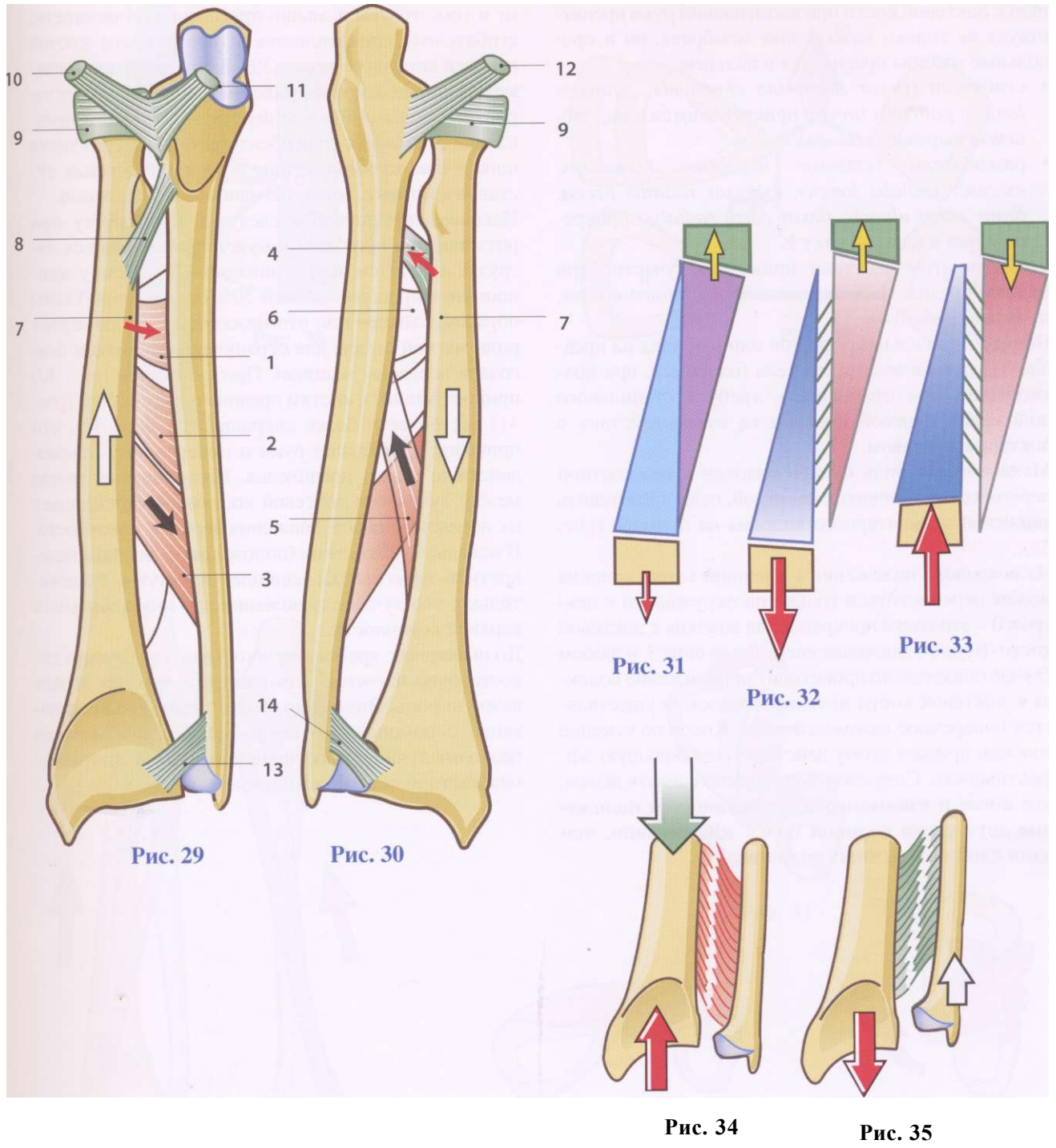
Направление пучков волокон этого слоя (черная и красная стрелки) предотвращает смещение лучевой кости книзу (белая стрелка).

Два проксимальных пучка прикрепляются к медиальному краю лучевой кости на уровне видимого утолщения - межкостного бугорка лучевой кости 7, расположенного на расстоянии 8,4 см ниже середины локтевого сустава.

Этот истинный мягкий шарнир (рис. 31) является основой механического взаимодействия костей предплечья как в поперечном, так и в продольном направлении:

- Даже после пересечения связок обоих лучелоктевых суставов и резекции головок лучевой и локтевой костей, одного шарнира (межкостной мембраны) достаточно, чтобы сохранить кости соединенными и предотвратить продольное смещение лучевой кости.
- Мембрана не позволяет «ускользнуть» лучевой кости вниз за счет задних пучков волокон (рис. 32). Ни одна костная опора не предотвратит смещение лучевой кости в этом направлении.
- Смещению вверх препятствуют передние пучки волокон (рис. 33). При разогнутом локтевом суставе лучевая кость несет 60% нагрузки, тогда как получает 82% в области запястья. Таким образом ее смещению препятствует упор головки лучевой кости в хрящ плечевой кости. Сильная травма может привести к перелому головки радиальной кости.

Разрывы межкостной мембраны (рис. 34, 35) довольно редки и зачастую не проявляют себя клинически. Передние пучки волокон разрываются только при вывихе верхнего лучелоктевого сустава или при переломе головки лучевой кости, поскольку обычно перемещению лучевой кости вверх препятствует упор ее в хрящ плечевой кости (рис. 34). При разрыве задних пучков волокон (рис. 35) смещению лучевой кости больше ничто не препятствует.



Увеличению нагрузки на лучевую кость по отношению к локтевой кости при вытягивании руки препятствует не только межкостная мембрана, но и продольные мышцы предплечья и пальцев:

- сгибатели (*flexor digitorum communis*, *palmaris longus*, *palmaris brevis*) прикрепляются к надблоковой вырезке (рис. 36);
- разгибатели (*extensor digitorum communis*, *extensor radialis longus*, *extensor radialis brevis*, *flexor carpi ulnaris*, *flexor carpi radialis*) прикрепляются к надмышелку **в**.

Также в этом действии принимают участие три мышцы предплечья - *supinator brevis*, *pronator teres*, *m. Brachioradialis*.

Ношение тяжелых предметов или нагрузка на предплечье, равная весу всего тела (например, при подтягивании или отжимании), требует стабильного положения лучевой кости и ее взаимодействия с локтевым суставом.

Механическая роль пучков волокон в межкостной перегородке становится понятной, если представить движение элементарного волокна на примере (рис. 38):

Из исходного положения 1 внешний конец волокна может переместиться только по окружности с центром 0 - это точка прикрепления волокна к локтевой кости. Будь то движение вверх 2 или вниз 3, в любом случае обязательно происходит приближение волокна к локтевой кости **п**; таким образом осуществляется поперечное взаимодействие. Косое положение волокон придает этому действию еще большую эффективность. Следовательно, можно сделать вывод, что **косое и взаимоперекрещивающееся положение двух слоев волокон более эффективно, чем один слой поперечных волокон.**

Другой фактор поперечного взаимодействия состоит в том, что часть мышц предплечья (в частности, сгибателей) прикрепляется к поверхности костей верхней конечности (рис. 39). В случае **а** расстояние между двумя костями максимально. С другой стороны, мышцы-сгибатели действуют на кости предплечья **б**, сближая края обеих костей и осуществляя поперечное взаимодействие двух лучелоктевых суставов в момент, когда это наиболее необходимо.

Наконец, предположим следующую нагрузку при ротации: при пронации у мужчины развивается нагрузка в 70 кг/см, при супинации - 85 кг/см; у женщин эти цифры составляют 50% от заданных. Таким образом, выясняется, что межкостная опора играет роль мягкой опоры для ограничения пронации благодаря передним мышцам. При супинации (рис. 40) прикрепленные к костям предплечья сгибатели (рис. 41) все более и более сокращаются (рис. 42), что приводит к сгибанию руки и поперечному взаимодействию мышц предплечья. Расположение мышц между лучевой и локтевой костями предотвращает их перелом в начале движения верхней конечности. В исходном положении (положение 0) волокна межкостной перегородки наиболее натянуты, следовательно, это лучшее положение для иммобилизации верхней конечности.

До нынешнего времени межкостная перегородка недостаточно изучена, хотя известно, что она играет важную роль. Возможно, более детальное исследование с помощью магнитно-резонансных методов позволит лучше узнать функциональную анатомию межкостной перегородки предплечья.

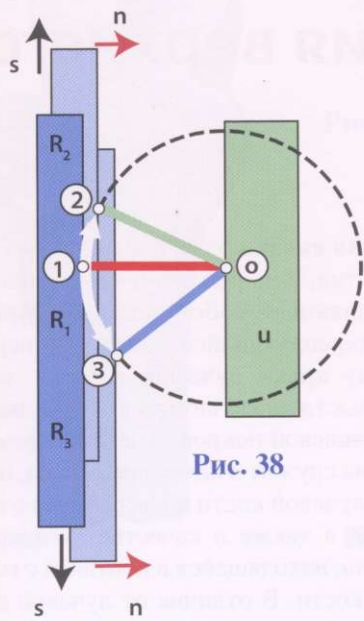


Рис. 38

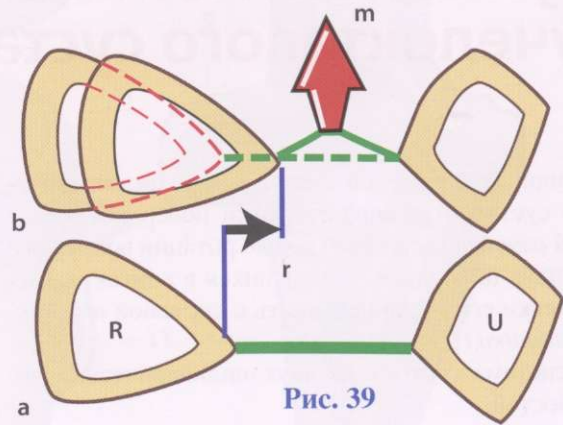


Рис. 39

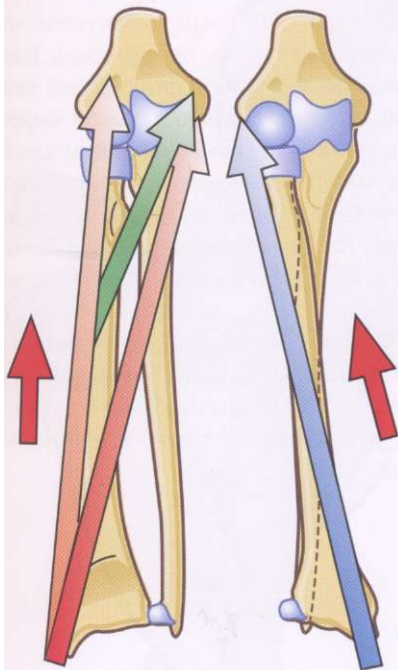


Рис. 36

Рис. 37

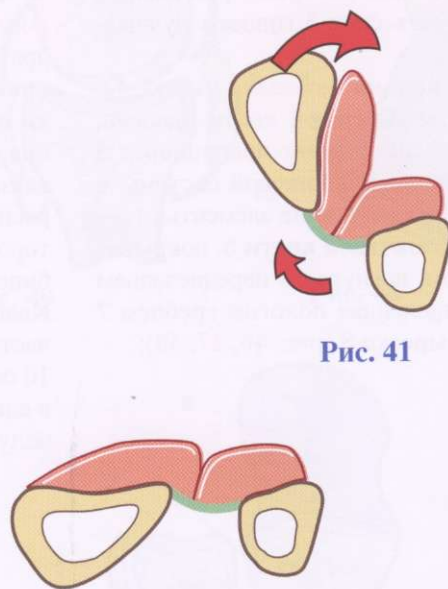


Рис. 41



Рис. 40

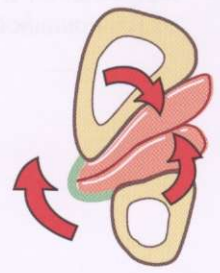


Рис. 42

Функциональная анатомия верхнего лучелоктевого сустава

Верхний лучелоктевой сустав - это **цилиндрический сустав** с цилиндрическими поверхностями с *одной степенью свободы* в виде ротации вокруг оси этих двух цилиндров, находящихся в контакте. Механически его можно сравнить с системой *шарикоподшипника* (рис. 44).

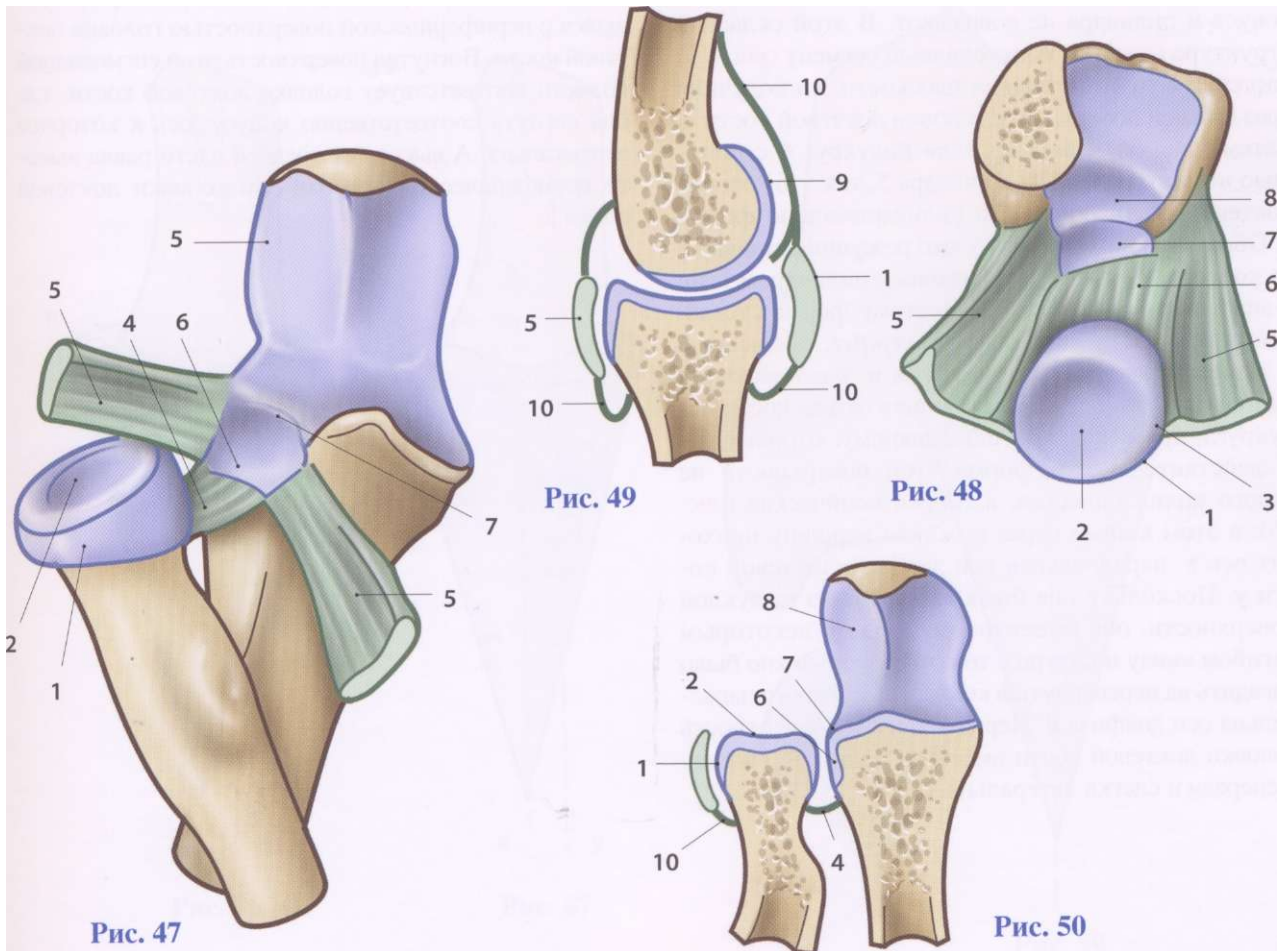
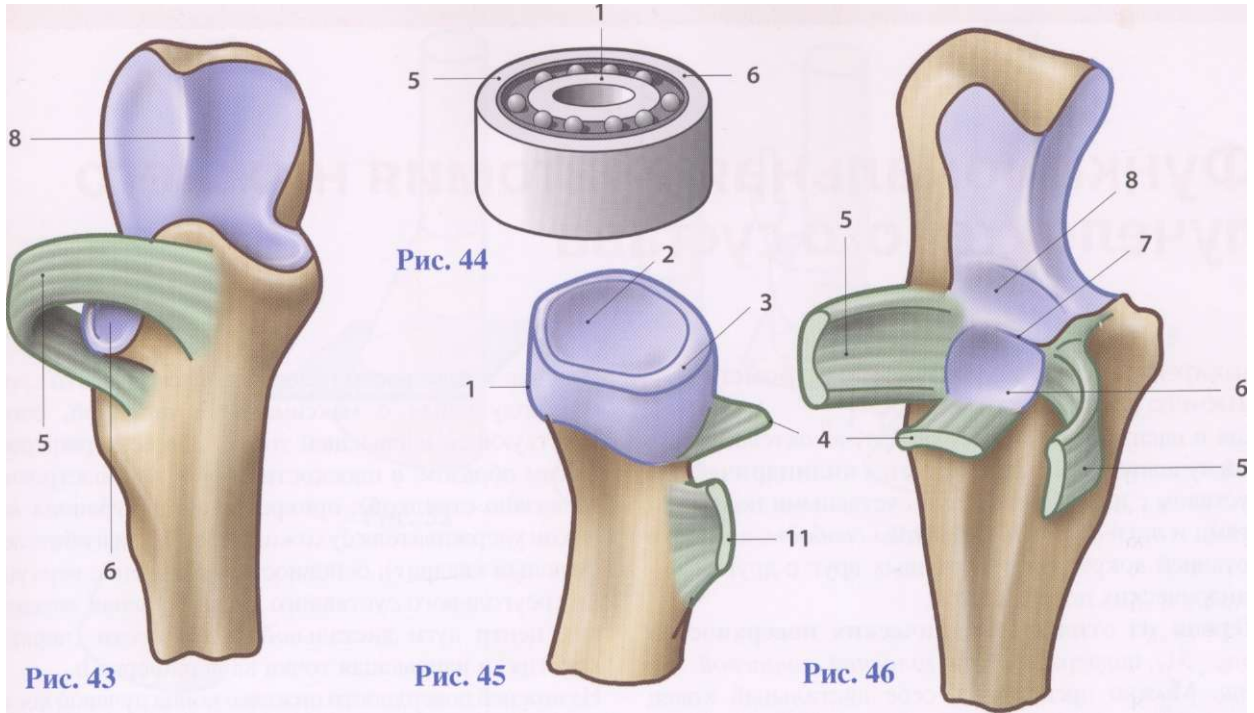
Эта система состоит из двух цилиндрических поверхностей.

- **Головка лучевой кости** (рис. 45) с ее цилиндрическим краем 1, покрытым суставным хрящом, расширяющимся кпереди и внутрь, соответствует проксимальному компоненту шарикоподшипниковой системы 1. Обратите также внимание на то, что вогнутая поверхность головки 2 сочленяется (рис. 49, сагиттальный срез) с головчатом возвышением плечевой кости 9. Поскольку головчатое возвышение не простирается кзади, то только передняя половина головки лучевой кости сохраняет контакт с ним во время разгибания. Здесь же можно видеть скос 3 головки лучевой кости (см. стр. 93).
- **Фиброзно-костное кольцо** (показано на рис. 43, по Тесту), где головка лучевой кости удалена, соответствует периферическому подшипнику 5 и компоненту шарикоподшипниковой системы 6 (рис. 44). Сюда входят следующие элементы:
 - **лучевая вырезка локтевой кости** 6, покрытая суставным хрящом, вогнутая в переднезаднем направлении и отделенная пологим гребнем 7 от блоковидной вырезки 8 (рис. 46, 47, 48);

- **кольцевая связка** 5 (на рис. 43 и 49 эта связка интактна, а на рис. 46 и 47 - пересечена), представляющая собой мощный фиброзный тяж, прикрепляющийся концами к переднему и заднему краям лучевой вырезки локтевой кости и выстланный внутри хрящом, переходящим в хрящевой покров лучевой вырезки. Тем самым она служит *в качестве связки*, окружая головку лучевой кости и связывая ее с лучевой вырезкой, а также в качестве *суставной поверхности*, находящейся в контакте с головкой лучевой кости. В отличие от лучевой вырезки локтевой кости она обладает *некоторой эластичностью*.

Еще одна связка данного сустава - это **квадратная связка** 4, которая на рис. 47 показана пересеченной, а на рис. 48 - интактной (здесь пересечена кольцевая связка, и лучевая кость смещена кнаружи), на рис. 49 она также сохранена (вид сверху, локтевой отросток удален, кольцевая связка пересечена). Квадратная связка представляет собой фиброзный тяж, прикрепляющийся к нижнему краю лучевой вырезки и к шейке лучевой кости. По внутренним краям она укрепляется волокнами нижнего края кольцевой связки. Под лучевой вырезкой квадратной связки расположена бугристая двуглавая мышца, к которой прикрепляется короткое сухожилие головки бицепса 11.

Квадратная связка служит для укрепления нижней части суставной капсулы. Остальная часть капсулы 10 объединяет все составляющие локтевого сустава в единую суставную систему: плечелоктевой и плечелучевой суставы.



Функциональная анатомия нижнего лучелоктевого сустава

Архитектоника и механическое устройство нижнего конца локтевой кости

Как и идентичный ему верхний лучелоктевой, нижний лучелоктевой сустав является **цилиндрическим** суставом с цилиндрическими суставными поверхностями и *только одной степенью свободы*, а именно ротацией вокруг осей связанных друг с другом цилиндрических поверхностей.

Первая из этих цилиндрических поверхностей (рис. 51) поддерживается *головкой локтевой кости*. Можно представить себе дистальный конец локтевой кости **a** в виде диафизарного цилиндра 1, который входит в эпифизарный конус 2, причем оси конуса и цилиндра не совпадают. В этой складной структуре (рис. 52) конусовидный сегмент (рис. 53) рассекли в горизонтальной плоскости 3 и получили срез нижней поверхности головки локтевой кости 4. Затем (рис. 54) сформировали полукруг 6 с помощью второго режущего цилиндра 5, так что головка локтевой кости приобрела цилиндрическую форму 7. Обратите внимание на то, что режущий цилиндр 5 не концентричен ни с диафизарным цилиндром 1, ни с эпифизарным конусом 2. Поэтому форма суставной поверхности напоминает *полукруг*, смещенный к задневнутренней части эпифиза и охватывающий цилиндр, причем передняя и задняя оконечности полукруга примыкают к шиловидному отростку 8. В действительности форма этой поверхности не строго цилиндрическая, а скорее коническая (рис. 56): в этом конусе через нижнюю вершину проходит ось *x*, параллельная оси диафиза локтевой кости *y*. Поскольку она была выкроена из выпуклой поверхности, она имеет форму *кегли* с некоторым изгибом книзу и кнутри с тем, чтобы ее можно было насадить на перевернутый конус, ось которого параллельна оси диафиза *d*. Периферическая поверхность головки локтевой кости имеет наибольшую ширину **h** спереди и слегка латеральна.

Нижняя поверхность головки локтевой кости (рис. 58) полулунная с максимальной шириной, соответствующей наивысшей точке **h** на ее периферии. Таким образом, в плоскости симметрии выстроены (показано стрелкой): прикрепление внутренних волокон удерживателя сухожилий мышц разгибателей (зеленый квадрат), основное прикрепление верхушки треугольного суставного диска (красная звездочка), центр дуги дистальной поверхности (черный крестик) и наивысшая точка на периферии **h**.

На нижней поверхности нижнего конца лучевой кости (рис. 59) расположена сигмовидная полость лучевой кости (локтевая вырезка лучевой кости), соприкасающаяся с периферической поверхностью головки локтевой кости. Вогнутая поверхность этой сигмовидной полости соответствует головке локтевой кости, т.е. она вогнута соответственно конусу, ось *x* которого вертикальна. А высота ее средней части равна высоте периферической поверхности головки локтевой кости **h**.

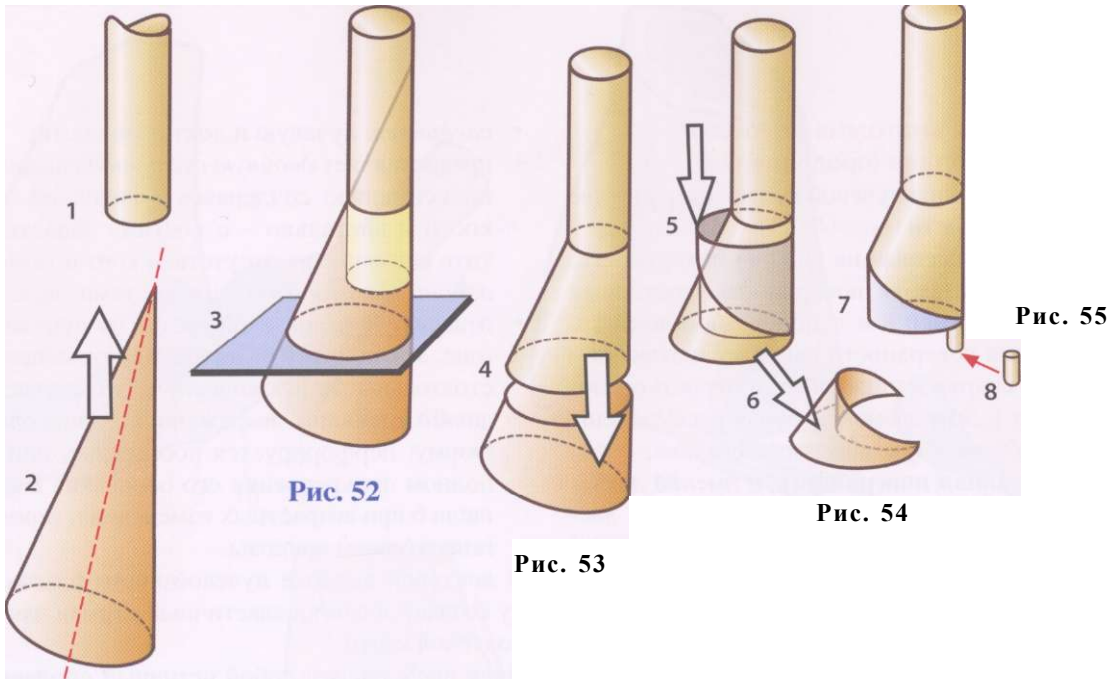


Рис. 51

Рис. 52

Рис. 53

Рис. 54

Рис. 55

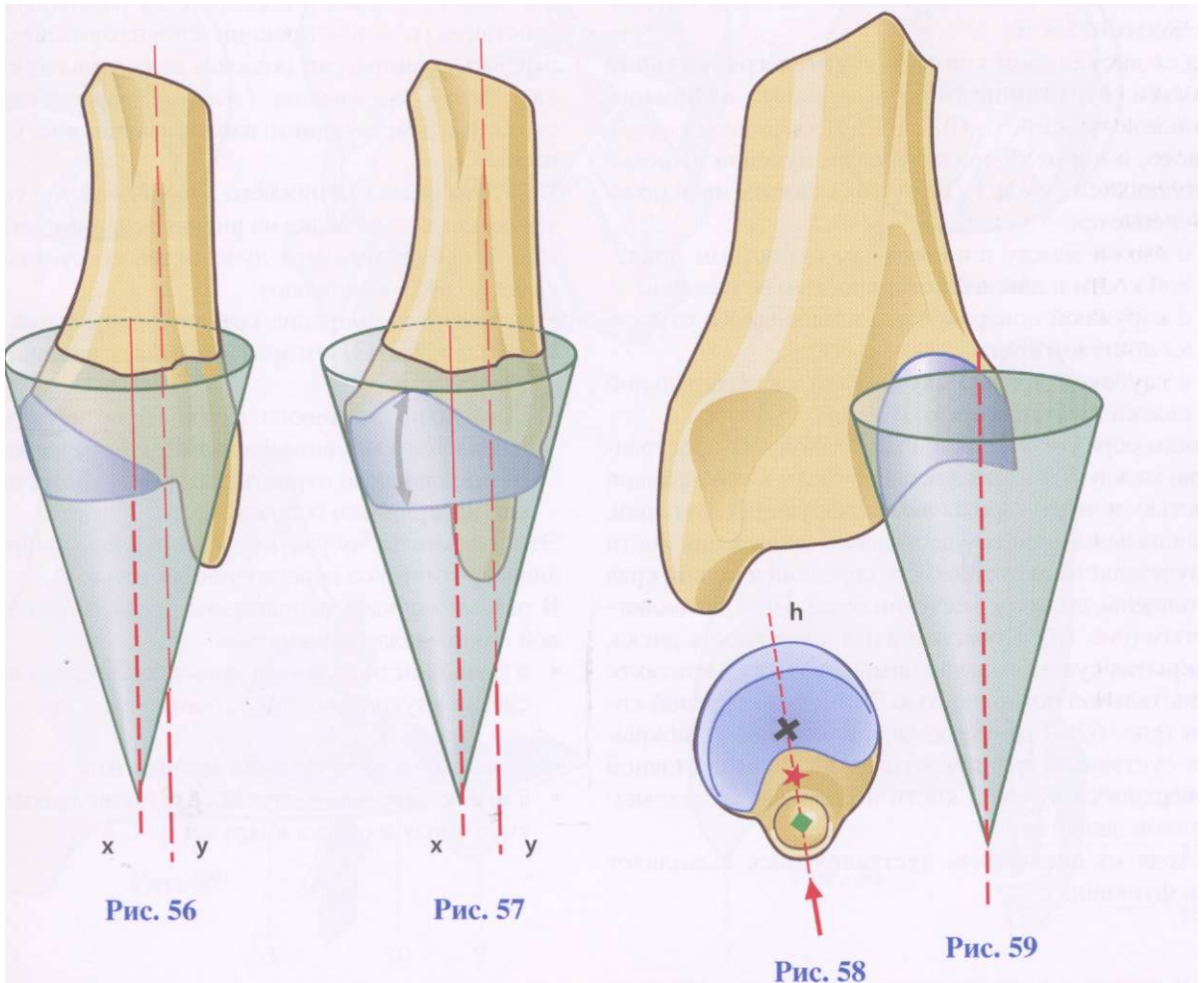


Рис. 56

Рис. 57

Рис. 58

Рис. 59

Функциональная анатомия нижнего лучелоктевого сустава (продолжение)

Эпифиз нижнего конца лучевой кости содержит две суставные поверхности (рис. 60, 61):

- **первая**, расположенная на нижней поверхности, это лучевая суставная поверхность, состоящая из ладьевидной ямки 8 и лунообразной ямки 16. Эта суставная поверхность наиболее вытянута и ограничена снаружи шиловидным отростком лучевой кости 1. Эти элементы будут рассмотрены подробнее в теме «лучезапястный сустав»;
- **вторая суставная поверхность**, а именно локтевая вырезка лучевой кости 3, находится на дистальном конце между двумя краями ее межкостной границы 2. Она повернута кнутри (рис. 61) и является вогнутой в переднезаднем направлении и плоской или слегка вогнутой в верхненижнем. Ее можно надеть на поверхность перевернутого конуса. Она наиболее широкая в средней части и сочленяется с цилиндрической частью 4 головки локтевой кости.

На ее дистальном конце находится **треугольная связка (суставной диск) 5**, лежащая в горизонтальной плоскости (рис. 62, фронтальный срез). Часто, в норме, в средней части лучевой вырезки расположена щель 6. Верхушка связки медиально сочленяется:

- с ямкой между шиловидным отростком локтевой кости и нижней поверхностью ее головки;
- с наружной поверхностью шиловидного отростка локтевой кости;
- с глубокой частью внутренней коллатеральной связки лучезапястного сустава.

Таким образом, суставной диск заполняет пространство между головкой локтевой кости и трехгранной костью и играет роль амортизирующей подушки, сдавливаемой при осуществлении приведения кисти в лучезапястном суставе. Его передний и задний края утолщены, поэтому в сечении он кажется двояковогнутым (рис. 61). Проксимальная поверхность диска, покрытая суставным хрящом, находится в контакте с дистальной поверхностью 7 головки локтевой кости (рис. 60). Его дистальная поверхность, покрытая суставным хрящом, входит в состав суставной поверхности лучевой кости и соприкасается с мышечком запястья.

Исходя из сказанного, суставной диск выполняет три функции:

- *соединяет* лучевую и локтевую кости;
- предоставляет *двойную суставную поверхность*, проксимально сочленяясь с головкой локтевой кости и дистально - с костями запястья (обратите внимание на отсутствие контакта между *головкой локтевой кости* и костями запястья);
- отделяет лучелоктевой сустав от лучезапястного (рис. 37), поэтому их полости анатомически самостоятельны за исключением тех случаев, когда диск, имеющий выраженную двояковогнутую форму, перфорируется посередине, или при неполном прикреплении его основания с наличием щели 6 при возрастных изменениях, вероятно, дегенеративной природы.

В локтевой вырезке лучевой кости благодаря диску создается слегка эластичный карман для головки локтевой кости.

Диск представляет собой истинный **«подвешенный мениск»** между верхним лучелоктевым и лучезапястным суставами и подвергается различным воздействиям (рис. 65): тракции (синяя горизонтальная стрелка), компрессии (красная вертикальная стрелка), силам срезывания (зеленые горизонтальные стрелки), действующим изолированно или в комплексе.

Передняя связка **14** нижнего лучелоктевого сустава, задняя связка (не видна на рисунке) принимают участие в работе нижнего лучелоктевого сустава. Но главную роль выполняют:

- ладонное расширение круговой дорзальной связки запястья **13**, которая обрамляет нижний край запястья;
- сухожилие локтевого разгибателя запястья **15** находится в мощном фиброзном футляре кнутри от шиловидного отростка локтевой кости, на задней поверхности головки кости.

Эти элементы образуют внутреннее фиброзно-апоневротическое пересечение запястья.

В разных случаях направление средней лучелоктевой линии может изменяться:

- в большинстве случаев линия наклонена книзу и слегка кнутри (рис. 62, фронтальный срез, красная стрелка);
- реже линия расположена вертикально (рис. 63);
- в исключительных случаях эта линия направлена косо книзу и слегка кнаружи (рис. 64).

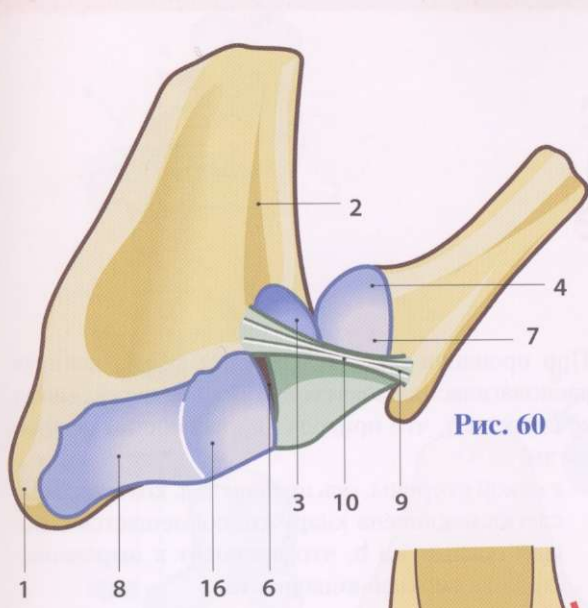


Рис. 60

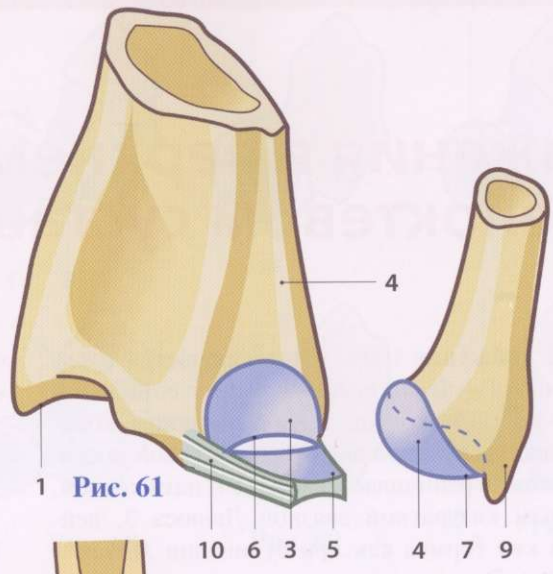


Рис. 61

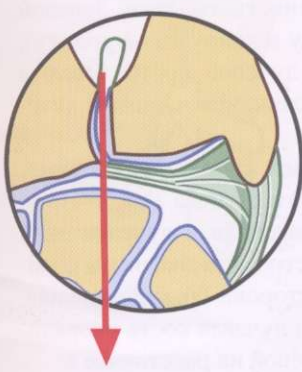


Рис. 63

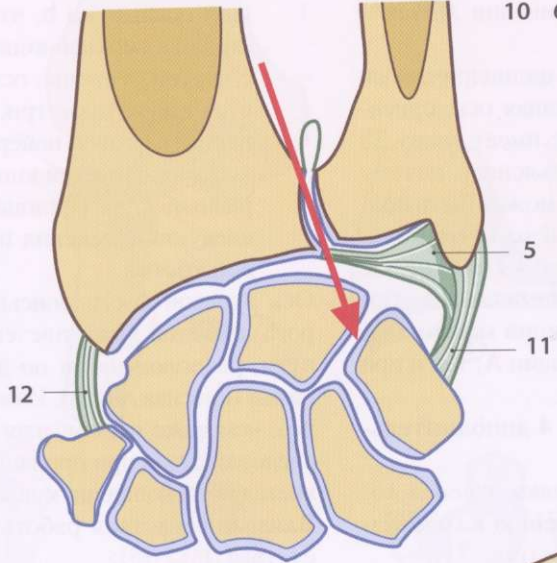


Рис. 62

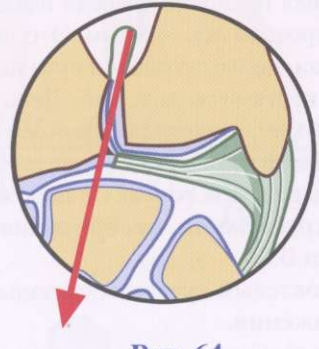


Рис. 64

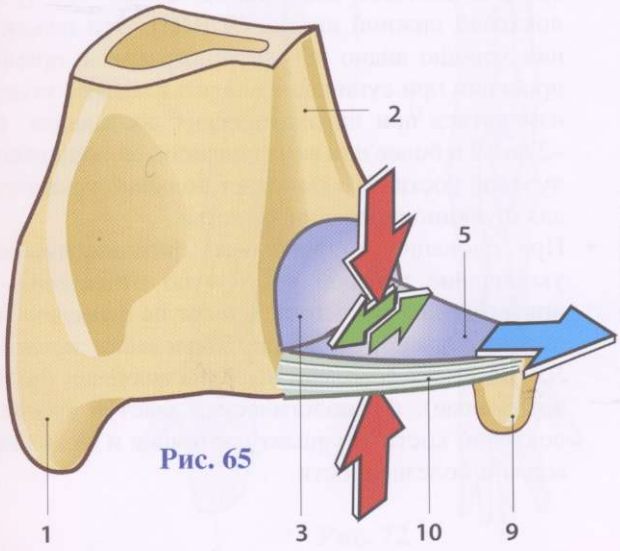


Рис. 65

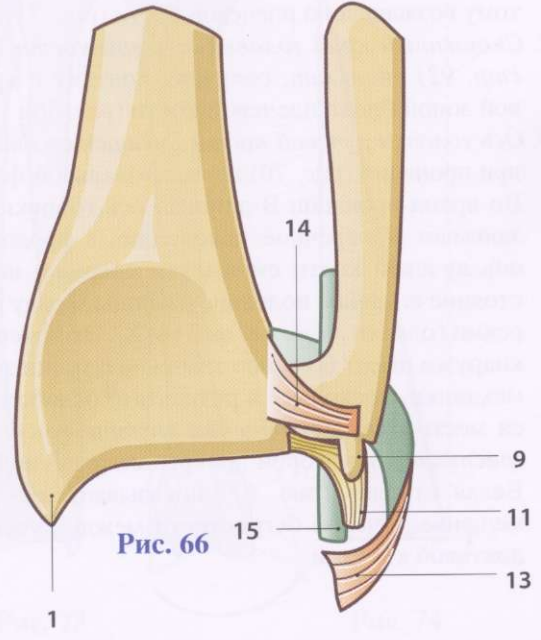


Рис. 66

Движения в верхнем лучелоктевом суставе

Основное движение (рис. 67) заключается в *ротации головки лучевой кости 1* вокруг ее оси X в фиброзно-костном кольце 2, образованном кольцевой связкой - лучевой вырезкой локтевой кости. Это движение ограничивается (рис. 68) натяжением, развиваемым квадратной связкой Дэньюэ 3, действующей как тормоз как при супинации А, так и при пронации В.

Головка лучевой кости не совсем цилиндрическая, а слегка овальная (рис. 69), ее длинная ось, ориентированная наклонно спереди назад, имеет длину 28 мм, а короткая ось - 24 мм. Это объясняет, почему кольцевая манжета головки луча не может быть полностью костной и ригидной. Дело в том, что *кольцевая связка, составляющая около 3/4 манжеты, эластична и способна слегка растягиваться*, тем самым удерживая головку в положении максимальной конгруэнтности, как при супинации А, так и при пронации В.

С лучелоктевым суставом связаны **4 дополнительных движения**.

1. *Чашеподобная поверхность головки лучевой кости 1 поворачивается* по отношению к головчатому возвышению плечевой кости (рис. 71).
2. *Скошенный край головки лучевой кости 2 (см. стр. 92) скользит*, сохраняя контакт с хрящевой зоной блока плечевой кости (рис. 36).
3. *Ось головки лучевой кости смещается кнаружи* при пронации (рис. 70) из-за ее овальной формы. Во время пронации **В** длинная ось головки луча занимает поперечное положение, а продольная ось лучевой кости смещается кнаружи на расстояние **e**, равное половине разницы между двумя осями головки луча, т.е. на 2 мм X'. Это смещение кнаружи имеет большое значение с точки зрения механики, поскольку в результате освобождается место для перемещения *кнутри лучевой бугристости*, к которой прикрепляется супинатор. Белая стрелка (рис. 67) показывает это перемещение лучевой бугристости между лучевой и локтевой костями.

4. При пронации (рис. 72) лучевая кость, которая располагалась за локтевой костью **a**, перекрывает ее спереди **Б**, что приводит к следующим результатам:

- с одной стороны, ось предплечья, которая была слегка наклонена кнаружи, совмещается с общей осью руки **Б**, что приводит к выравниванию оси верхней конечности;
- с другой стороны, ось лучевой кости наклоняется книзу и кнутри, в то время как при пронации верхняя поверхность головки лучевой кости склоняется книзу и кнаружи на угол (**y**), равный углу наклона лучевой кости. Отсюда следуют изменения положения чашечки лучевой кости.

Ось лучевой кости описывает круг, центром которого является хрящ плечевого сустава (рис. 74), по пути, расположенном по диагонали в лучелоктевой рамке (красная линия). Известно, что диагональ длиннее, чем даже наибольшая сторона прямоугольника, следовательно, при пронации лучевая кость укорачивается по отношению к локтевой на расстояние **г**.

Важные следствия работы нижнего лучелоктевого сустава (рис. 75):

- При супинации **a** лучевая кость опускается ниже головки локтевой кости на 1,5-2 мм - это лучелоктевой нижний индекс (ЛЛНИ). Это положение хорошо видно на рентгенограмме в прямой проекции при супинации запястья. ЛЛНИ может изменяться при патологических состояниях: от -2 до +2 и более при вколачивании, сплющивании лучевой кости, что вызывает большие трудности для функционирования запястья.
- При пронации **b** происходит физиологическое укорочение лучевой кости **г** по отношению к локтевой на 2 мм, что не влияет на функцию запястья. Однако, если при заболевании запястья ЛЛНИ имеет довольно высокие значения (положительные), физиологический выступ головки локтевой кости ухудшает состояние и даже приводит к болезненности.

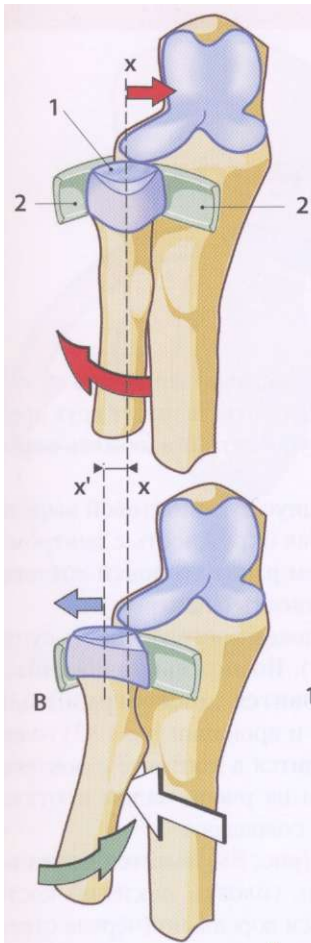


Рис. 67

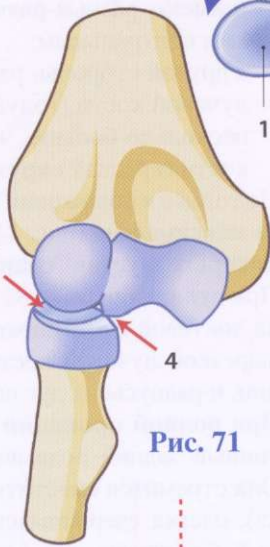


Рис. 71

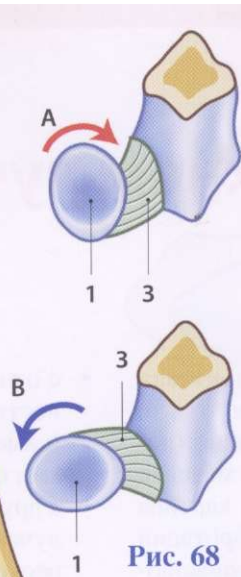


Рис. 68

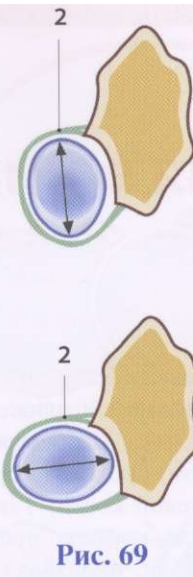


Рис. 69

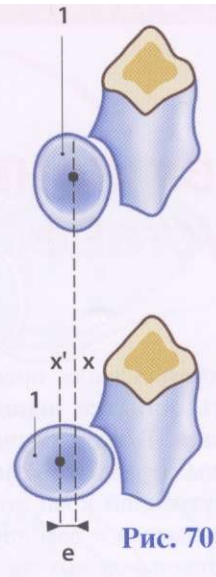


Рис. 70

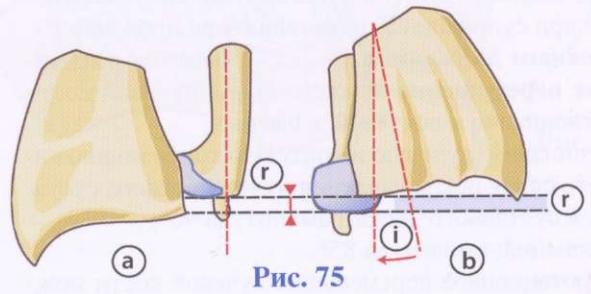


Рис. 75

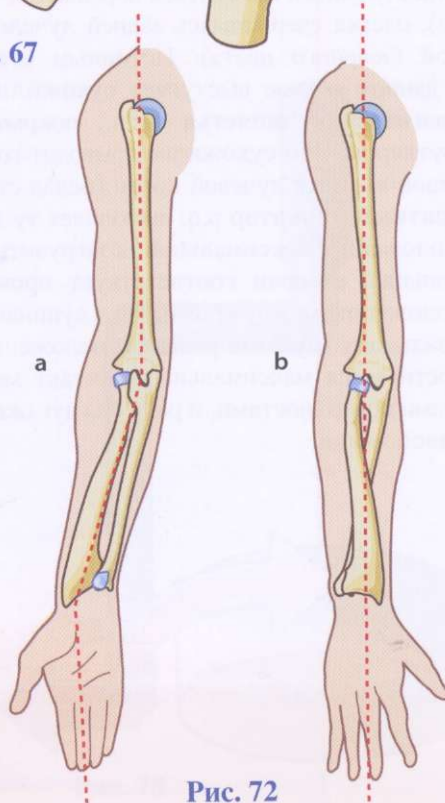


Рис. 72

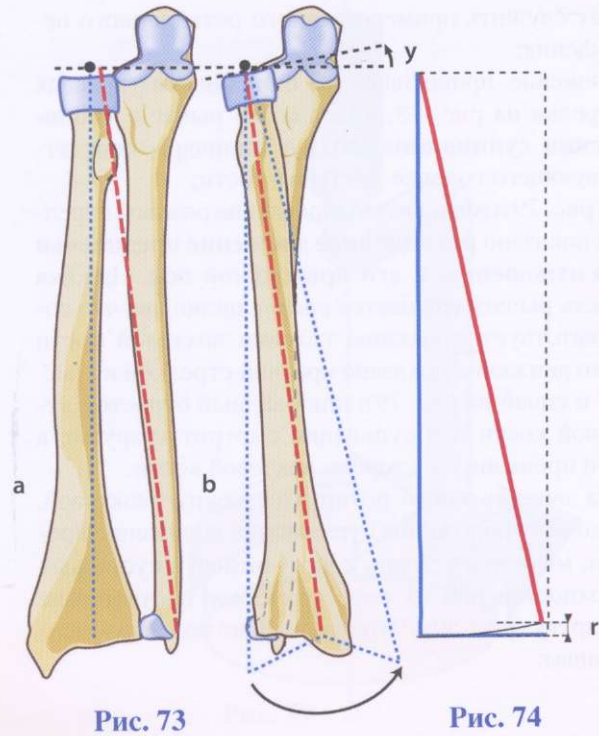


Рис. 73

Рис. 74

Движения в нижнем лучелоктевом суставе

Давайте сначала представим себе, что **локтевая кость остается неподвижной** и движется только лучевая. В этом случае (рис. 76) ось ротации (помечена черным крестиком) проходит через мизинец и внутренний край локтевой кости. Такая картина наблюдается в том случае, когда во время ротации предплечье лежит на столе, производя пронацию-супинацию, не теряя контакта со столом. Большой палец контактирует со столом тыльной поверхностью при супинации S, и ладонной при пронации P. **Основным движением** (рис. 77) является **ротационное перемещение** нижнего конца лучевой кости по отношению к локтевой, а именно:

- супинация (лучевую и локтевую кости можно видеть снизу после удаления лучезапястного сустава и суставного диска); амплитуда 90°;
- пронация; амплитуда 85°.

Это ротационное перемещение лучевой кости можно сравнить с коленчатым рычагом. Путь, проходимый одним его плечом (второе плечо стационарное), может служить примером такого ротационного перемещения:

- движение происходит по окружности (красная стрелка на рис. 78, коленчатый рычаг в «**положении супинации**») вокруг цилиндра, соответствующего головке локтевой кости;
- на рис. 79 изменением направления розовой стрелки показано **ротационное движение предплечья по отношению к его продольной оси**. Нижняя часть рычага вращается вокруг цилиндра, что соответствует движению головки локтевой кости (это движение показано красной стрелкой на рис. 78 и синей на рис. 79); шиловидный отросток лучевой кости при супинации смотрит кнаружи, а при пронации - в сторону локтевой кости.

Когда лучевая кость ротируется вокруг локтевой, переходя из положения супинации в положение пронации, меняется степень конгруэнтности суставных поверхностей или их геометрическое соответствие друг другу (рис. 80). Это происходит по следующим причинам:

- с одной стороны, суставные поверхности не полностью геометрически соответствуют друг другу и имеют разные радиусы дуги с наиболее коротким центральным;
- с другой стороны, радиус дуги локтевой вырезки лучевой кости (голубая окружность с центром г) несколько больше, чем радиус головки локтевой кости (красная окружность с центром и).

Не только в положении покоя конгруэнтность сустава максимальна (рис. 81). Возможны **положения, в которых сустав становится дисконгруэнтным**. При супинации (рис. 82) и пронации (рис. 83) головка локтевой кости находится в контакте с локтевой вырезкой лучевой кости на очень малом протяжении, и радиусы их дуг не совпадают.

При **полной пронации** (рис. 88) имеется почти истинный задний подвывих головки локтевой кости. Она стремится сместиться дорсально (черная стрелка), слегка сдерживаясь задней лучелоктевой связкой (зеленого цвета). Истинным стабилизатором в данном случае выступает **сухожилие локтевого разгибателя запястья е.с.и.**, покрытое мощным футляром. Это сухожилие приводит головку к локтевой вырезке лучевой кости (белая стрелка). **Квадратный пронатор р.к.** выполняет ту же функцию. Положение максимальной конгруэнтности в наибольшей степени соответствует промежуточному положению между пронацией и супинацией или нейтральному (нулевая ротация) положению, при этом достигается максимальный контакт между суставными поверхностями, и радиусы дуг оказываются на одной линии.

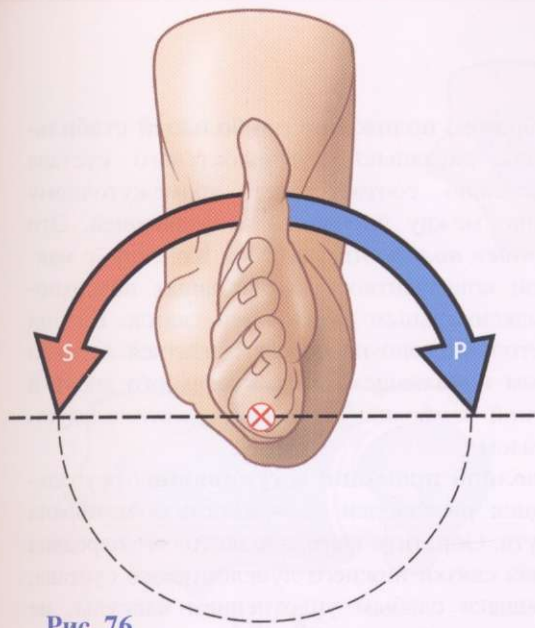


Рис. 76

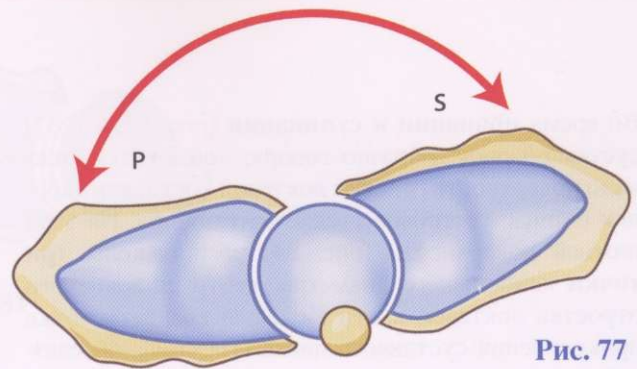


Рис. 77

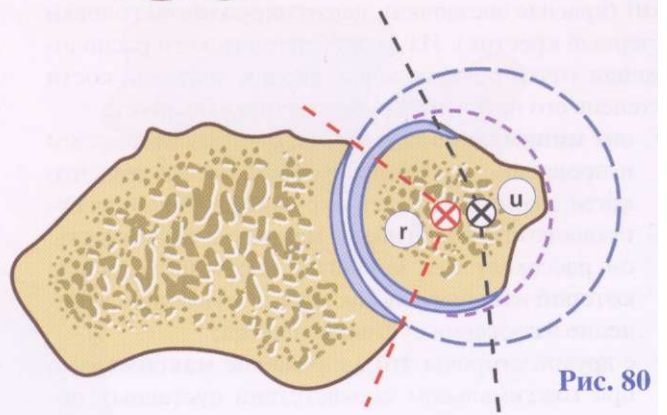


Рис. 80

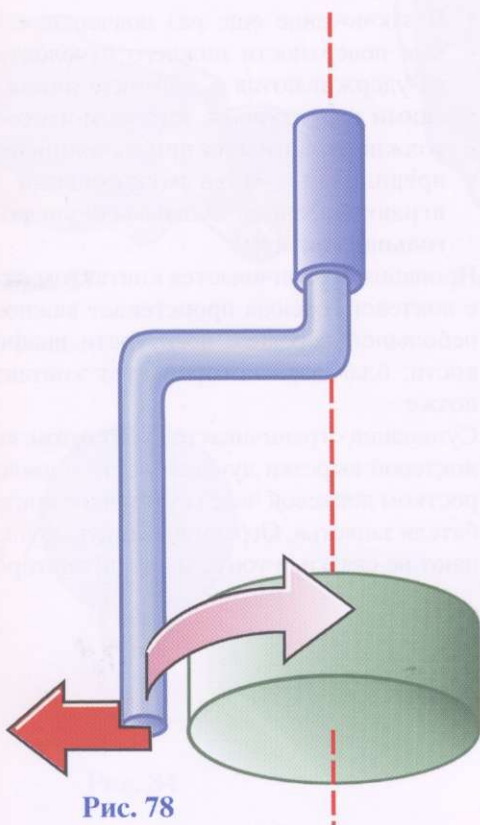


Рис. 78

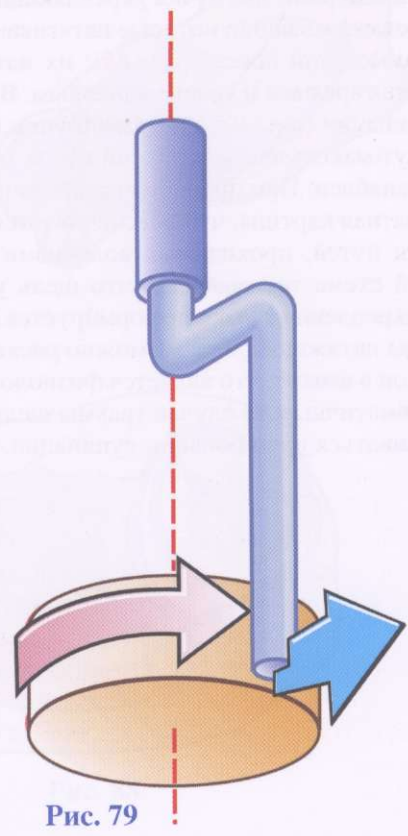


Рис. 79

Во время **пронации и супинации** (рис. 85, 86, 87) суставной диск, образно говоря, «обметает» нижнюю поверхность головки локтевой кости, как дворник очищает ветровое стекло автомобиля. На этой нижней поверхности (рис. 84) расположены **три точки** наибольшего диаметра: центр шиловидного отростка локтевой кости (зеленый квадрат), точка прикрепления суставного диска (треугольной связки) (красная звездочка), центр окружности головки (черный крестик). Из-за эксцентрического расположения точки прикрепления диска к локтевой кости степень его натяжения существенно варьирует:

- она **минимальна** при полной супинации (рис. 86) и пронации (рис. 87). Это объясняется тем, что когда диаметр большей окружности (волокну суставного диска) огибает меньшую окружность, он рассекает эту меньшую окружность, длина которой изменяется. Так можно объяснить изменение натяжения суставного диска;
- с другой стороны это напряжение **максимально** при максимальном соответствии суставных поверхностей, т.е. в положении, при котором связка максимально натянута. В то же время суставной диск содержит два пучка укрепляющих волокон - передний и задний, которые натягиваются только в положении покоя (рис. 85); их натяжение является средним и уравновешенным. В положении супинации (рис. 87) передний пучок волокон натянут максимально, а задний пучок максимально расслаблен. При пронации (рис. 86) наблюдается обратная картина, что обеспечивается разностью длин путей, проходимых волокнами связок. На этой схеме также видно, что щель у основания прикрепления связки деформируется за счет разницы натяжения. Тут возможно расхождение волокон в центре, что является физиологичным или травматичным. В случае травмы щель будет увеличиваться при пронации-супинации.

Таким образом, **положение наибольшей стабильности** для дистального лучелоктевого сустава приблизительно соответствует промежуточному положению между пронацией и супинацией. Это **«замкнутое» положение**, по Мак Конэллу, с максимальной конгруэнтностью суставных поверхностей и максимальным натяжением связок. Будучи промежуточным, оно не может считаться истинно замкнутым положением. Роль суставного диска и межкостной мембраны можно определить следующим образом.

- При **полной пронации и супинации** треугольный диск расслаблен, а межкостная мембрана натянута. Обратите внимание на то, что передняя и задняя связки нижнего лучелоктевого сустава, являющиеся слабым уплотнением капсулы, не играют никакой роли в удержании суставных поверхностей в контакте или в ограничении движений в суставе.
- В **положении максимальной стабильности**, близком к промежуточному, суставной диск натянут, а межкостная мембрана относительно расслаблена, не считая тяги прикрепляющихся к ней мышц.
- В заключение еще раз подчеркнем, что суставные поверхности нижнего лучелоктевого сустава удерживаются в контакте двумя анатомическими структурами, которым часто не уделяют должного внимания при лечении повреждений предплечья, - это **межкостная мембрана**, играющая очень существенную роль, и **треугольная связка**.

Пронация ограничивается контактом лучевой кости с локтевой, отсюда проистекает важность наличия небольшой передней вогнутости диафиза лучевой кости, благодаря которой этот контакт наступает позже.

Супинация ограничивается контактом заднего конца локтевой вырезки лучевой кости с шиловидным отростком локтевой через сухожилие локтевого разгибателя запястья. Ограничивающую функцию выполняют не связки, а тонус мышц пронаторов.

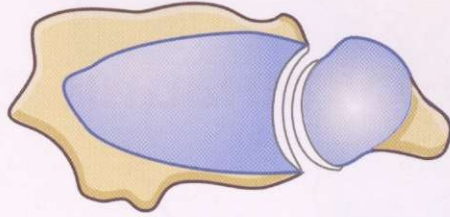


Рис. 81

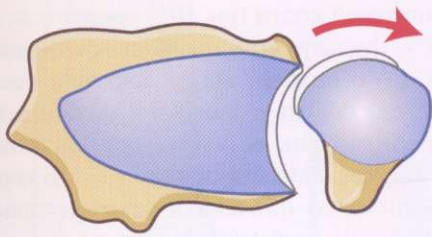


Рис. 82

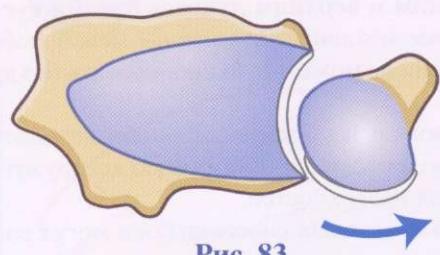


Рис. 83

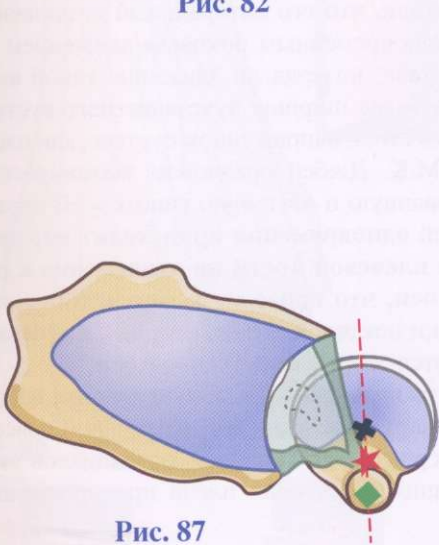


Рис. 87

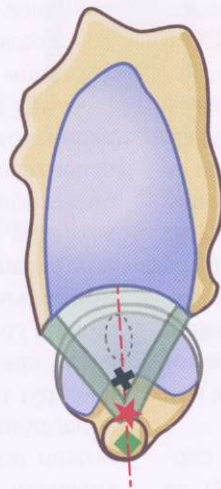


Рис. 85

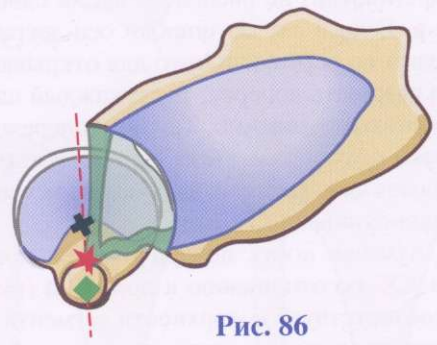


Рис. 86

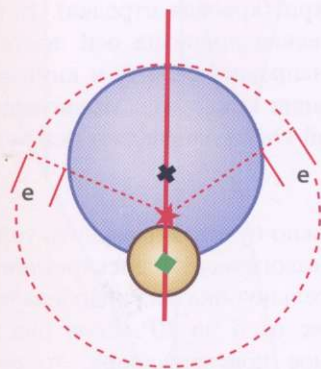


Рис. 84

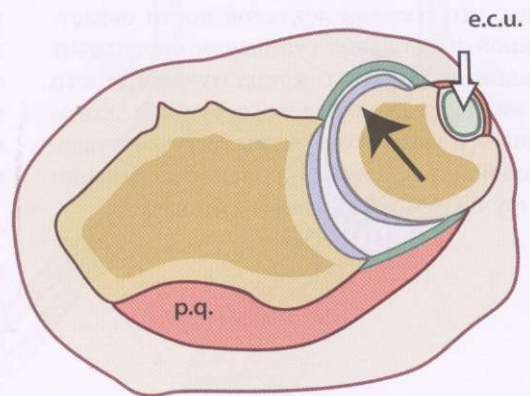


Рис. 88

Ось пронации-супинации

До сих пор функция нижнего лучелоктевого сустава рассматривалась изолированно, но нетрудно понять, что существует **функциональная взаимосвязь между нижним и верхним лучелоктевыми суставами**, которые механически *связаны* между собой, поскольку один не может функционировать без другого.

Это функциональная взаимосвязь обеспечивается взаимосвязью их осей и взаимосвязью конгруэнтности суставных поверхностей.

Лучелоктевые суставы соосевые: они могут работать нормально только тогда, когда оси их движения (рис. 89) выстраиваются на одной линии XX' и совпадают с фулькрумом пронации-супинации, который проходит через головки локтевой и лучевой костей. Для лучшего понимания представим дверь (рис. 90). Она не может легко открываться, если ее шарниры (петли) не расположены на одной ровной линии **а**. Если в случае ошибки оси двери **1** и **2** не совпадают по вертикали **б**, то для открывания дверь нужно разрезать поперек; тогда каждый шарнир будет работать независимо. Так и при переломе одной из костей предплечья, когда центры суставов не совмещаются по вертикали, наступает затруднение при пронации-супинации.

Когда лучевая кость поворачивается вокруг своей оси XX' по отношению к локтевой (рис. 89), ее путь соответствует поверхности сегмента конуса **С** с вогнутостью кзади, основание которого находится внизу, а вершина - на уровне локтевого сустава.

Предположим, что головка локтевой кости остается неподвижной и пронация-супинация происходит за счет ротации дистального конца лучевой кости вокруг оси нижнего лучелоктевого сустава, которая идентична оси верхнего лучелоктевого сустава. В этой уникальной ситуации ось пронации-супинации совпадает с фулькрумом пронации-супинации.

Если пронация-супинация осуществляется вокруг оси, проходящей через большой палец кисти, то лучевая кость ротируется по обе стороны шиловидного отростка локтевой кости (рис. 91) вокруг оси, не совпадающей с фулькрумом пронации-супинации. В результате этого нижний конец локтевой кости сначала описывает полукруг книзу и кнаружи, а затем - кверху и кнаружи, оставаясь параллельным самому себе. Вертикальный компонент этого перемещения можно легко объяснить одновременным разгибанием, а затем сгибанием в локтевом суставе. Ранее считали, что его латеральный компонент обусловлен одновременным боковым движением в локтевом суставе, но вряд ли движение такой амплитуды (почти две ширины лучезапястного сустава) возможно в столь напряженном суставе, как плечелоктевой. М.К. Джбей предложил механически более обоснованную и логичную гипотезу. В соответствии с ней **одновременно происходит наружная ротация плечевой кости по отношению к ее продольной оси**, что приводит к наружному смещению головки локтевой кости (рис. 92), а лучевая кость вращается вокруг собственной оси (рис. 93) и вокруг центра вращения. Подобную теорию, предполагающую наружное вращение в плечевом поясе, можно подтвердить регистрацией потенциалов активности мышц-ротаторов плеча при пронации-супинации.

Следует отметить, что изменение направления лучевой кости вызывает наклон (рис. 95) оси верхней конечности кнутри (красная стрелка). В то время как физиологическая кривизна оси локтевого сустава (рис. 96) направлена книзу и кнутри, а шарнир пронации-супинации приводит к вытягиванию. Так пронация лучевой кости направляет ось руки точно продольно.

Эту гипотезу можно будет подтвердить только тогда, когда рентгенологически и электромиографически будет убедительно показана подобная наружная ротация в объеме от 5 до 20°. Если она получит экспериментальное подтверждение, то ее можно будет применять только к пронации-супинации при

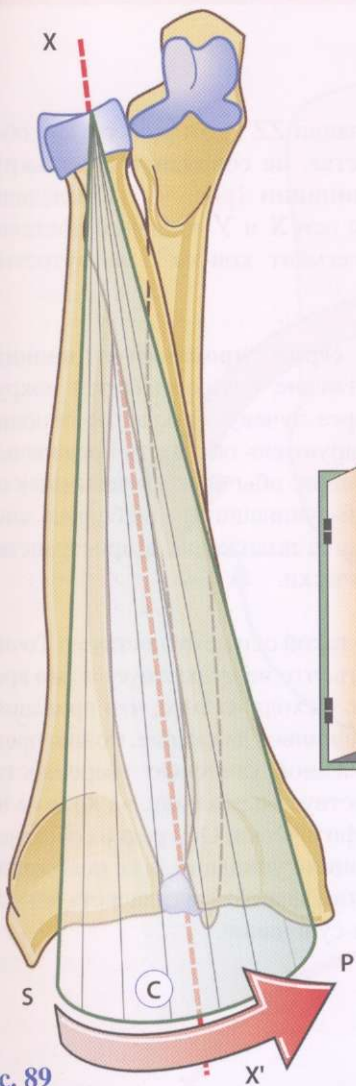


Рис. 89

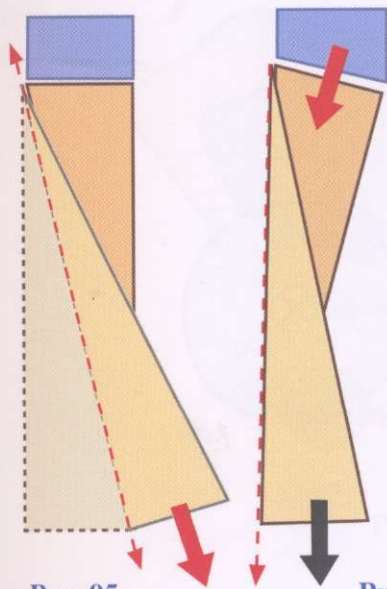


Рис. 95

Рис. 96

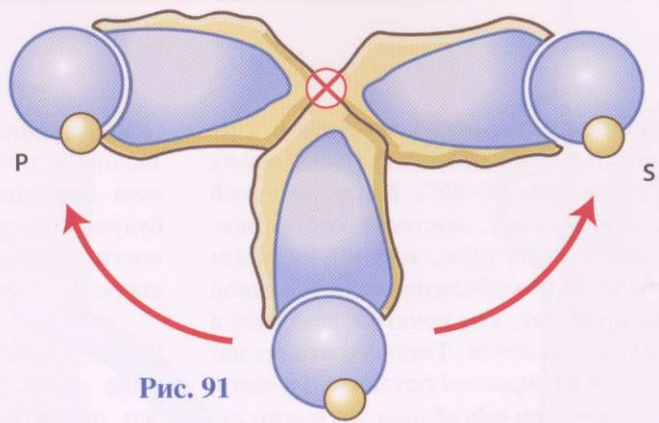


Рис. 91

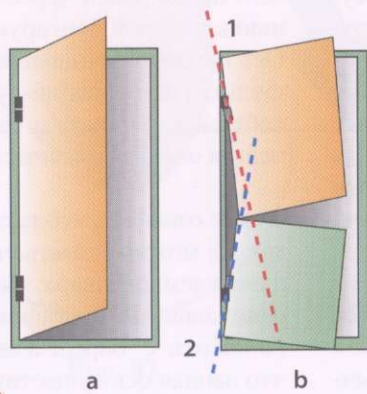


Рис. 90

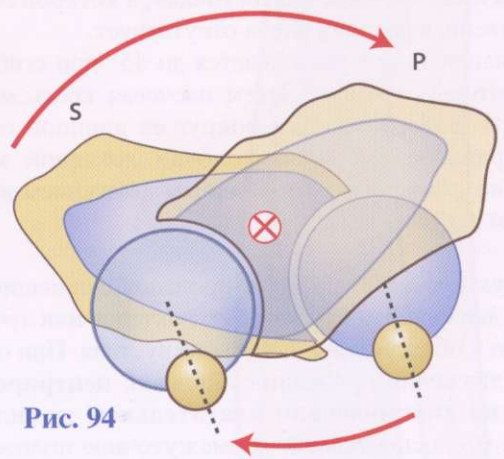


Рис. 94

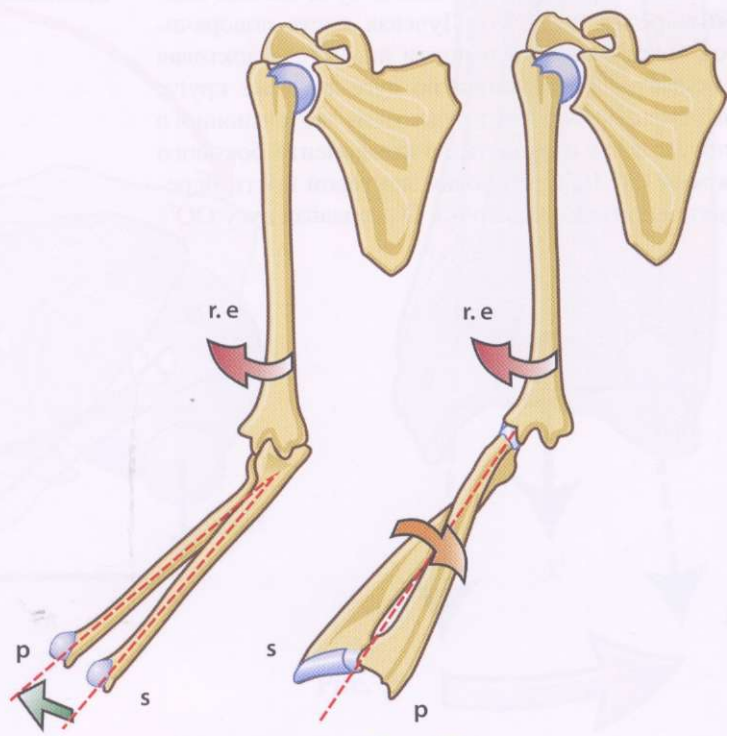


Рис. 92

Рис. 93

согнутом под прямым углом локтевом суставе, когда амплитуда ротационных движений максимальна (супинация 90° , пронация $80-85^\circ$). Когда локтевой сустав полностью разогнут, локтевая кость фиксируется локтевым отростком, плотно сидящим в своей ямке, и если иммобилизовать локтевой сустав, никакой пронации, как понятно, не будет, а на супинации это не скажется. Такая утрата пронации компенсируется *внутренней* ротацией плечевой кости. Таким образом, при разгибании локтевого сустава имеется «переходная точка», в которой содружественная ротация плеча отсутствует.

Пронация также уменьшается до 45° при сгибании в локтевом суставе. Затем плечевая кость может просто поворачиваться вокруг ее длинной оси, и латеральное смещение головки локтевой кости можно объяснить латеральным движением в локтевом суставе.

В двух крайних вариантах пронации-супинации ось этих движений проходит через локтевой или лучевой конец в области лучезапястного сустава. При обычном движении пронации-супинации, **центрированным на динамическом хватательном комплексе** (рис. 97), ось занимает промежуточное положение и проходит через нижний конец луча вблизи локтевой вырезки (рис. 98). Лучевая кость поворачивается вокруг своей оси почти на 180° , а локтевая перемещается без ротации по дуге того же круга, это перемещение состоит отчасти из экстензионного компонента ext и отчасти из компонента бокового движения lat. Центр головки локтевой кости перемещается из точки O в точку O', создавая дугу OO'.

Ось пронации-супинации ZZ', которую трудно обозначить в пространстве, **не совпадает с фулькрумом пронации-супинации** (рис. 99). Последний, будучи сдвинутым с оси X и Y головкой локтевой кости, описывает сегмент конуса с вогнутостью впереди.

Итак, существует **серия пронаций-супинаций**, чаще всего это движение осуществляется вокруг оси, проходящей через лучевую кость, по отношению к которой «ротируются» обе кости предплечья. Ось пронации-супинации, обычно отличающаяся от фулькрума пронации-супинации, переменна, способна к адаптации, и ее положение в пространстве нельзя описать физически.

Это не означает, что такой оси не существует. Точно так же можно сказать, что не существует и оси вращения земного шара. Исходя из того, что пронация-супинация - это ротационное движение, можно предположить с определенной степенью уверенности, что данная ось существует в реальности, хотя ее не удастся определить физически. Она редко совпадает с фулькрумом пронации-супинации, и ее положение по отношению к костям зависит от типа и стадии выполняемой пронации-супинации.

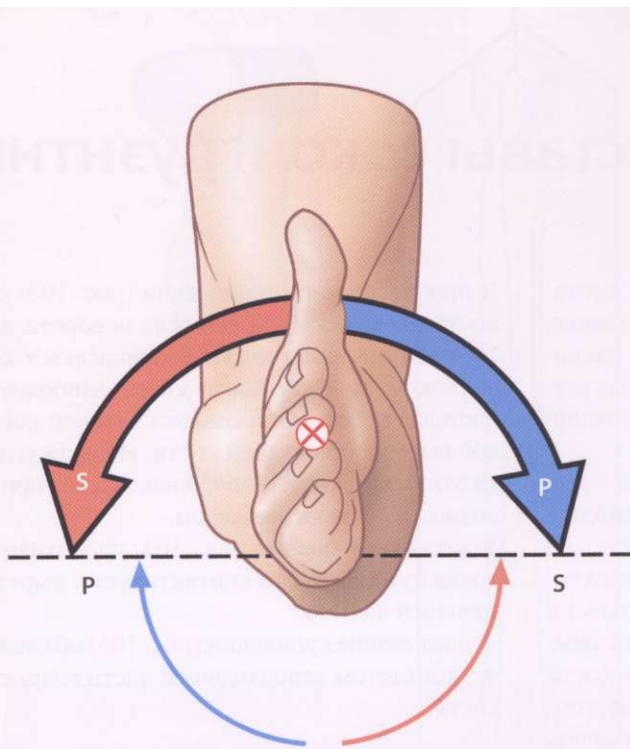


Рис. 97

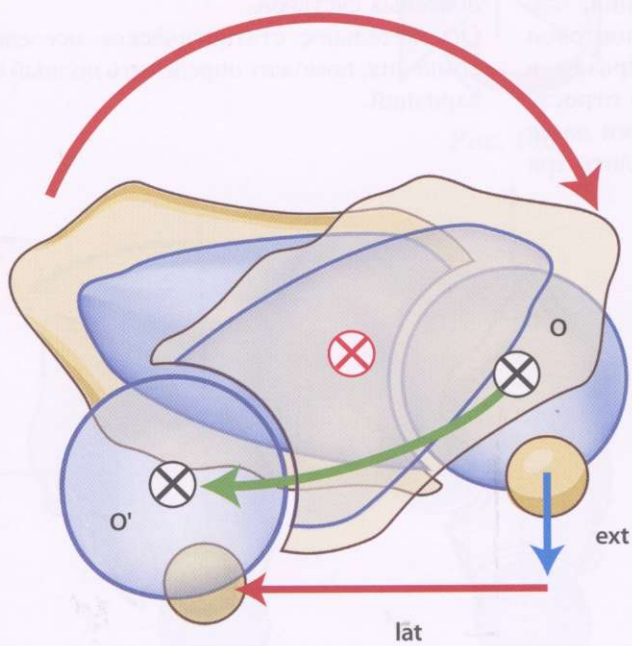


Рис. 98

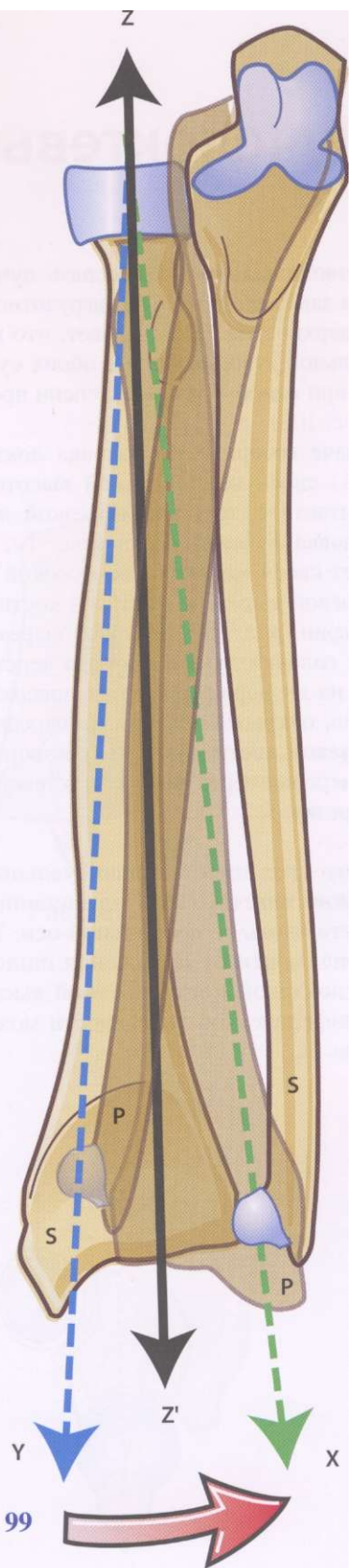


Рис. 99

Лучелоктевые суставы соконгруэнтны

Функциональная взаимосвязь лучелоктевых суставов зависит также от конгруэнтности их суставных поверхностей. Это означает, что положение максимальной стабильности в обоих суставах достигается при одной и той же степени пронации-супинации (рис. 100).

Иначе говоря, если головка локтевой кости (рис. 101) своей максимальной высотой h находится в контакте с локтевой вырезкой лучевой кости, то головка лучевой кости (рис. 102) тоже контактирует своей максимально высокой поверхностью i с лучевой вырезкой локтевой кости. Плоскости симметрии (рис. 100) локтевой вырезки лучевой кости s и головки луча t , проходя через наивысшие точки на их периферических поверхностях, образуют угол, открытый кнутри и кпереди. **Угол поворота лучевой кости равен углу поворота локтевой** при измерении через головку локтевой кости и лучевую вырезку.

Этот угол имеет индивидуальные вариации, что можно видеть, глядя на нижний конец локтевой кости вдоль ее продольной оси. Таким образом, в зависимости от положения шиловидного отростка локтевой кости и самой высокой точки на ее периферической поверхности можно выделить три типа.

В промежуточном положении (рис. 103) конгруэнтность идеальна, если два угла поворота идентичны. Головка локтевой кости соприкасается с локтевой вырезкой лучевой кости своей наиболее широкой частью так же, как и головка лучевой кости с лучевой вырезкой локтевой кости. Но если углы поворота этих двух костей не одинаковы, то при пронации возможны сбои в движении.

Ускорение пронации (рис. 104) происходит, если головка лучевой кости контактирует с вырезкой своей меньшей частью.

Запаздывание супинации (рис. 105) объясняется также контактом неподходящей части головки лучевой кости.

Для каждого из этих типов существует угол торсии локтевой кости, который тем больше, чем «раньше» начинается пронация. Но во всех этих случаях угол торсии локтевой кости $и$ равен углу торсии луча $г$, чем и обеспечивается соконгруэнтность обоих лучелоктевых суставов.

Основательное статистическое исследование, без сомнения, поможет определить полный спектр этих вариаций.

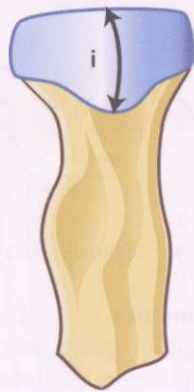


Рис. 102

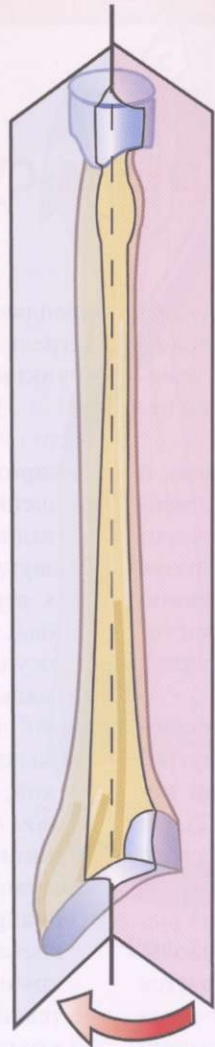


Рис. 100

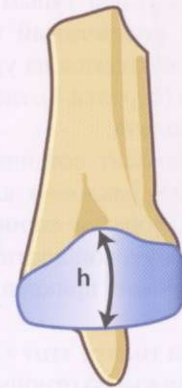


Рис. 101

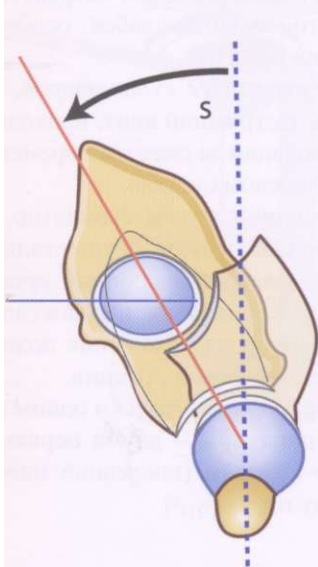


Рис. 105

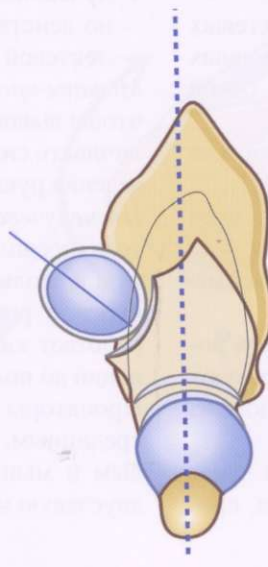


Рис. 103

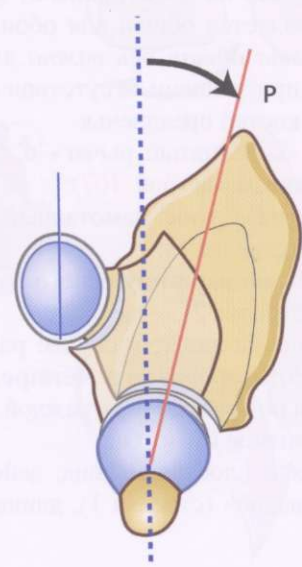


Рис. 104

Мышцы пронаторы и супинаторы

Чтобы понять характер действия этих мышц, нужно проанализировать форму лучевой кости с механической точки зрения (рис. 106). Лучевая кость представлена тремя сегментами, которые придают ей некоторое сходство с **коленчатым рычагом т**:

- 1) шейка (верхний сегмент, идущий косо книзу и кнутри) соединяется с промежуточным сегментом (верхняя половина диафиза, идущая наклонно книзу и кнаружи) под тупым углом, образуя **«супинационный коленчатый изгиб»** лучевой кости. Этот изгиб находится на уровне бугристости лучевой кости (стрелка 1), где прикрепляется двуглавая мышца плеча;
- 2) промежуточный сегмент соединяется с нижним сегментом (идущим наклонно книзу и кнутри) под тупым углом, образуя **«пронационный коленчатый изгиб»** лучевой кости (стрелка 2). Он расположен на уровне прикрепления круглого пронатора 3.

Обратите внимание на то, что этот «коленчатый рычаг» *т наклонен под углом* по отношению к продольной оси XX' (на маленькой схеме), которая является и осью ротации. Поэтому данная ось проходит через оба конца плеч коленчатого рычага, но не через сами плечи. Таким образом, вершины двух «коленчатых изгибов» лежат по обе стороны от этой оси.

Ось XX' является общей для обоих лучелоктевых суставов, *эта общая ось важна* для ротационных движений при условии отсутствия перелома одной или обеих костей предплечья.

Привести «коленчатый рычаг» в движение можно двумя механизмами (рис. 107):

- 1) **«раскрутить» трос**, намотанный на одно из плеч рычага (стрелка 1);
- 2) **потянуть на вершину** одного из коленчатых изгибов (стрелка 2).

Эти механизмы лежат в основе работы мышц ротаторов. Ротаторов всего **четыре**, они образуют две группы по две мышцы в каждой. Для каждого из этих механизмов имеются:

- короткая и плоская мышца, действующая через «раскручивание» (стрелка 1), длинная мышца, при-

крепляющаяся к вершине «коленчатого изгиба» (стрелка 2).

Функция супинации (рис. 108, вид спереди; рис. 111 и 112: правая сторона, вид нижнего фрагмента сверху) обеспечивается следующими мышцами:

- 1) **коротким супинатором 1**, закрученным вокруг шейки луча и реализующим эффект «раскручивания» (рис. 110);
- 2) **двуглавой мышцей плеча 2**, прикрепляющейся к вершине «супинационного коленчатого изгиба», т.е. к бугристости лучевой кости (рис. 111), осуществляющей тягу и достигающей максимальной эффективности при согнутом под углом **90°** локтевом суставе. Это самая мощная из всех мышц ротаторов, поэтому мы работаем отверткой, супинируя предплечье при согнутом локтевом суставе.

Функция пронации (рис. 109, 110) обеспечивается следующими мышцами:

- 1) **квадратным пронатором 4**, закрученным вокруг дистального конца локтевой кости, при его «раскручивании» лучевая кость движется вокруг локтевой (рис. 109);
- 2) **круглым пронатором 3**, прикрепляющимся к вершине «пронационного коленчатого изгиба» лучевой кости и действующим посредством тяги; но действие этой мышцы слабое, особенно если локтевой сустав разогнут.

Мышцы-пронаторы слабее супинаторов, поэтому, чтобы вывинтить застрявший винт, приходится увеличивать силу пронации за счет одновременного отведения руки в плечевом суставе.

Плечелучевая мышца - это не супинатор, а сгибатель предплечья. Она может осуществлять супинацию только из положения полной пронации до нулевой ротации. Как это ни парадоксально, она работает как пронатор из положения полной супинации до положения нулевой ротации.

Пронаторы иннервируются только одним нервом - срединным, а супинаторы - двумя нервами: лучевым и мышечно-кожным (последний иннервирует двуглавую мышцу плеча).

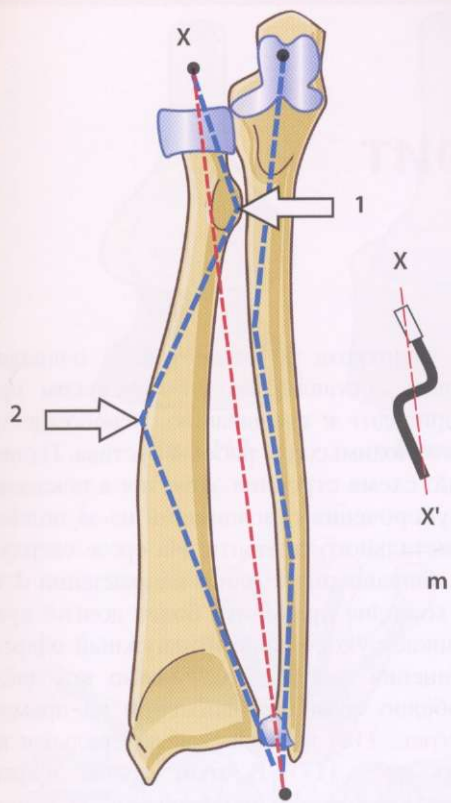


Рис. 106

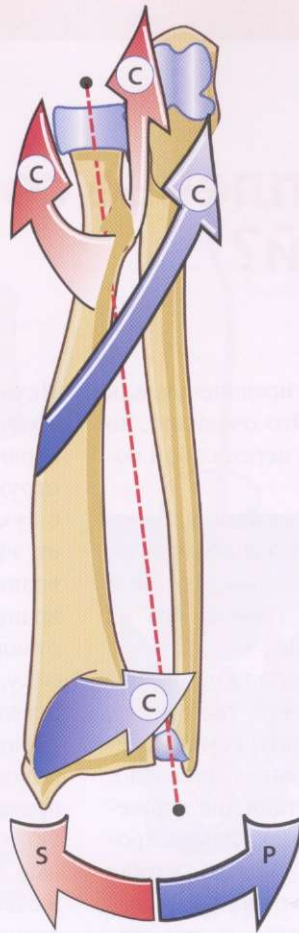


Рис. 108

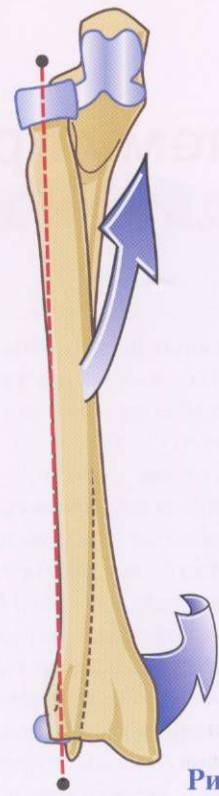


Рис. 109

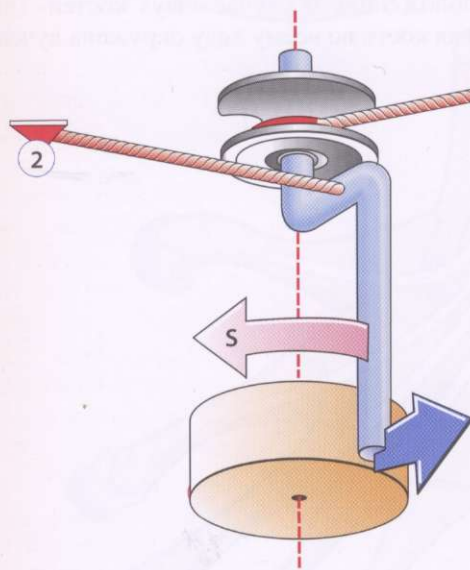


Рис. 107

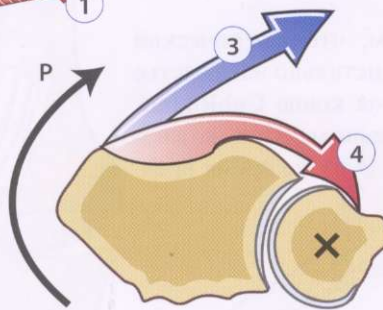


Рис. 110

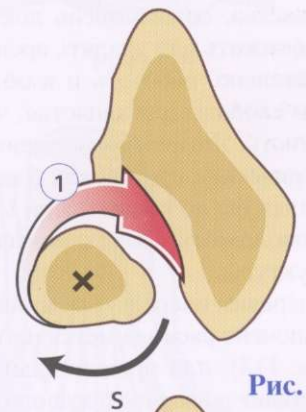


Рис. 111

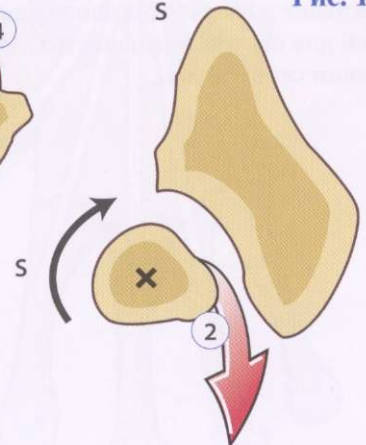


Рис. 112

Почему предплечье состоит из двух костей?

У всех земных позвоночных скелет предплечья, как и голени, состоит из двух костей. Это очевидно, но совсем не многие анатомии ставили перед собой вопрос - почему?

Для того чтобы дать этому факту логичное объяснение, произведем аргументацию путем абсурдных предположений. Представим фантастическую биомеханическую модель предплечья, состоящего из одной-единственной кости **CubRadius**.

Чтобы захватывать предметы, рука должна принимать многочисленные положения, что требует от суставов верхней конечности обладать **семью степенями свободы**, ни больше ни меньше! Детально: три степени свободы плечевого сустава для движения верхней конечности во всех направлениях пространства, одна степень локтевого сустава, чтобы приближать или удалять предплечье от плеча, а следовательно, работать и в области рта... и три степени свободы для запястья, чтобы функционировала кисть. Логическим решением является энартроз, сферический сустав, как плечевой, который располагался бы по краям кости CubRadius... Попробуем предположить биомеханические последствия такой структуры.

В первую очередь представим, что сферический компонент располагается или дистально на запястье (рис. 113), или проксимально на конце CubRadius. Доставит ли первое предположение меньше сложностей для построения запястья? В то же время представим себе второе...

Неудобство энартроза на этом уровне очевидно: вращение двух составляющих в маленьком пространстве приводит к срезыванию, освобождению структур, необходимых для работы сустава. Начнем с сухожилий: схема строения запястья **a** показывает эффект укорочения **г**, возникший из-за полного вращения дистального сегмента. На срезе сверху **b** вращение в направлении **с** или в направлении **d** заставляет сухожилие проходить более долгий путь, откуда возникает укорочение и ненужный эффект псевдосокращения мышц. Это сложно компенсировать, особенно если при движении из прямого положения (рис. 116) добавляется латеральная направленность (рис. 117). В этом случае эффект укорачивания удваивается и возникающие ненужные движения невозможно компенсировать. Такие же механические проблемы касаются и построения сосудов такой конечности (рис. 118). Сосуды тоже подверглись укорочению из-за разворота, но это легче компенсируется благодаря их спиралеобразному расположению. В случае «двух костей» (рис. 119) лучевая кость по всему ходу окружена лучевой артерией.

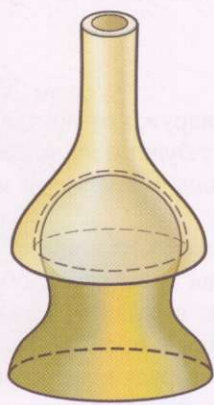


Рис. 113

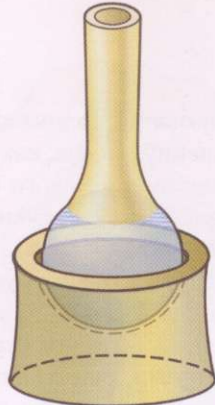


Рис. 114

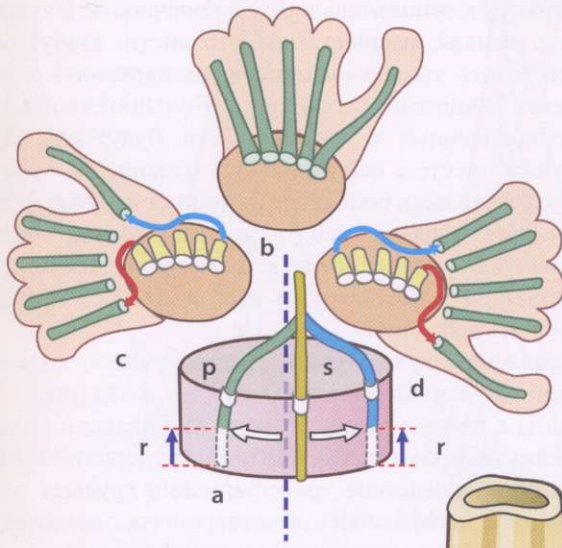


Рис. 115

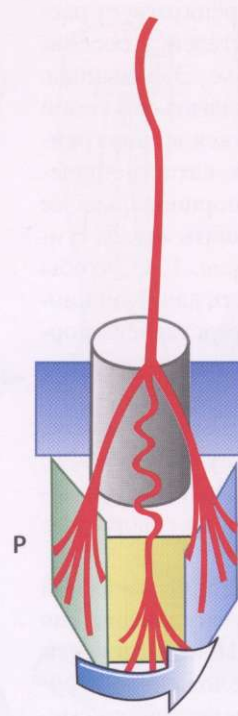


Рис. 118

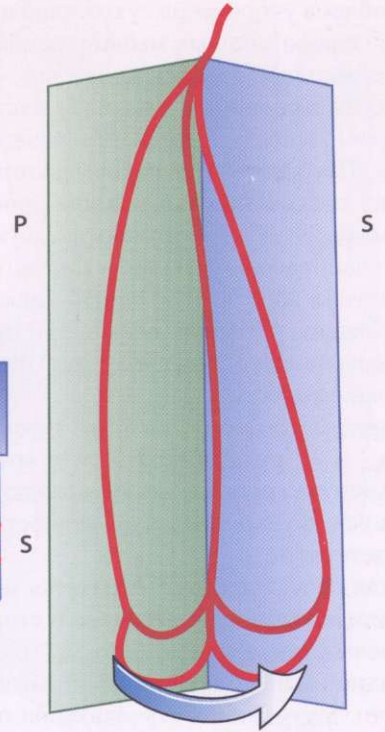


Рис. 119

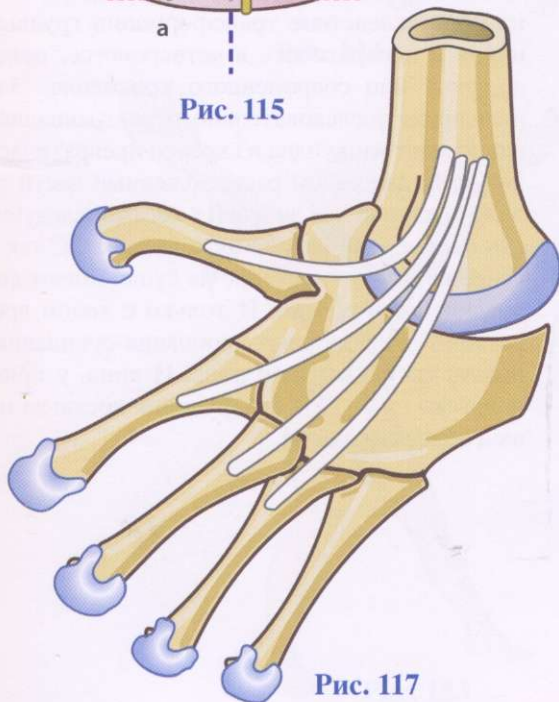


Рис. 117

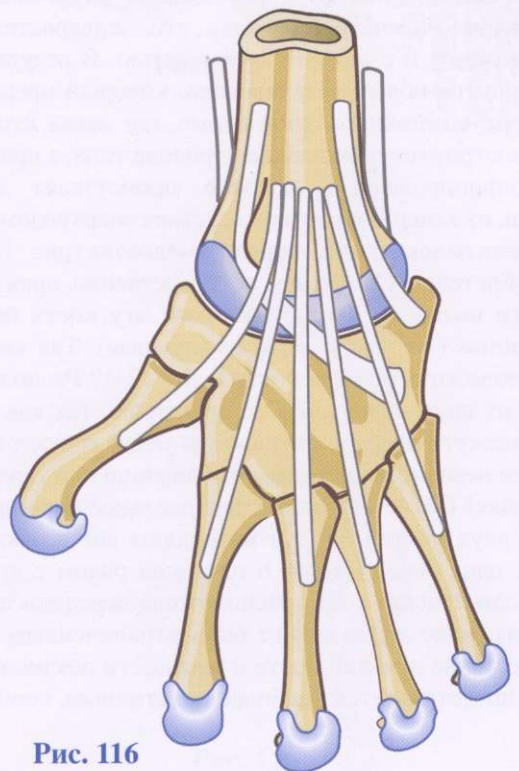


Рис. 116

Проблема укорочения сухожилий препятствует расположению мощных мышц-разгибателей, а особенно сгибателей пальцев на предплечье. Эти мышцы, назовем их **внешние**, должны располагаться в самой кисти и, в свою очередь, превращаться во **внутренние**. Последствия вырисовываются катастрофические, поскольку сила мышцы пропорциональна ее объему. И тут достаточно представить массу сгибателей, расположенных в кисти (рис. 121), чтобы понять ее абсолютную непригодность для функционирования, тогда как на рис. 120 представлена нормальная кисть, способная захватить довольно объемный предмет.

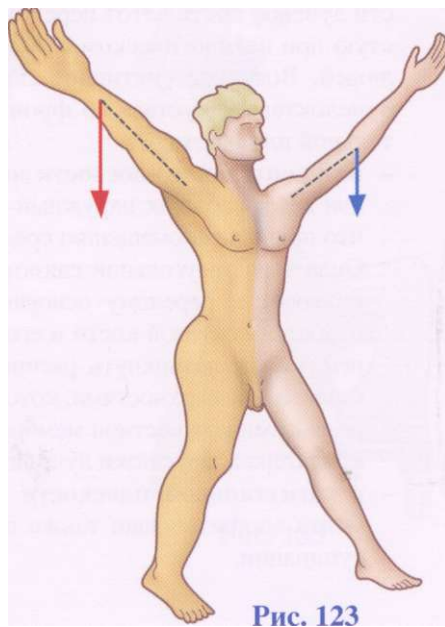
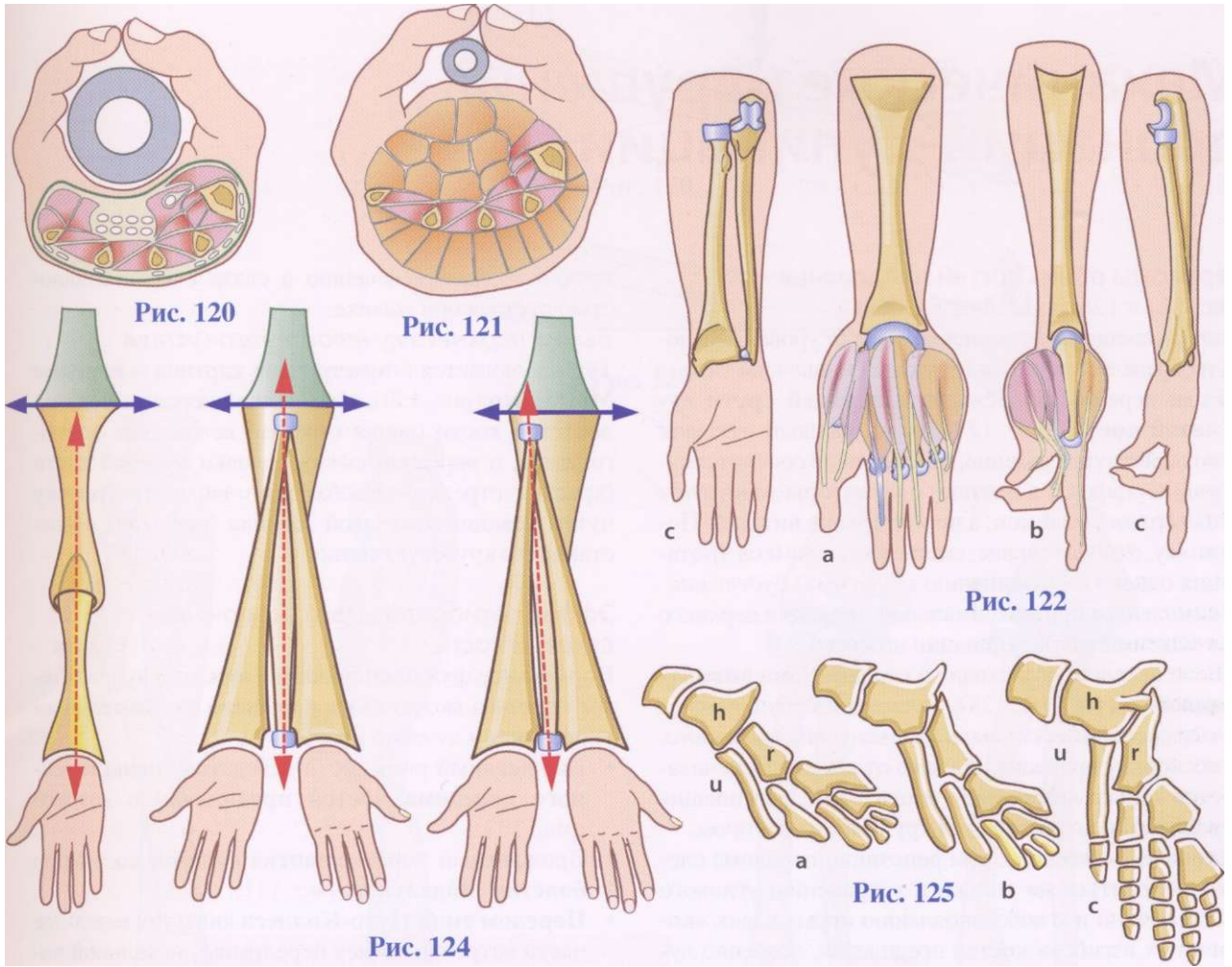
Контуры и размер руки будут совершенно изменены (рис. 122): рука превратится в «руку-скалку» а, б, объемную, громоздкую, которая потеряет практически всю функциональную ценность, не говоря уже об эстетике **с, д!**

Такая структура руки отразится на анатомической перестройке всего организма в сторону увеличения конечностей в целом (рис. 123). **Центр тяжести верхней конечности**, обычно расположенный в области локтя (синяя стрелка), при перестройке сместится ближе к запястью (красная стрелка). Увеличение моментов силы при работе мышц верхней конечности приведет к укреплению и увеличению лопаточно-плечевого пояса, что, следовательно, произойдет и с нижней конечностью. В результате получится новый вид человека, который представлен на комбинированной схеме, где левая сторона иллюстрирует нормальное строение тела, а правая - модифицированное, которое проистекает всего лишь из замены запястного сустава энартрозом. Эта модель далека от нормального человека (рис. 126)! Изобретение SubRadius не представило практического интереса. Тогда разложим эту кость на две - cubitus (локтевая) и radius (лучевая). Так как же расположить эти две кости (рис. 124)? Расположение их друг за другом **а** не практично, так как этот промежуточный сустав кажется менее выносливым; с ним невозможно приподнять пианино или тяжелый рюкзак! Остается только параллельное расположение двух костей, но тут возникают две возможности: одна перед другой **б** или одна рядом с другой **с**. Если лучевая кость расположена перед локтевой, то сгибание локтя может быть ограниченным. Расположение лучевой кости в плоскости локтевой кости представляется наиболее практичным, особенно

если она расположена снаружи от локтевой кости; но не внутри, так как тут будет использовано преимущественно локтевого канала и последует изменение направления оси руки.

Использование двух костей неоспоримо усложнит работу локтевого сустава и запястья, образуя два дополнительных сустава: верхний и нижний луче-локтевые. Так же решатся и проблемы с сосудами и нервами, они больше не будут скручены на протяжении короткого участка. Но в первую очередь это решение позволит расположить мощные мышцы в пределах предплечья. Таким образом, внешние мышцы соответствующего размера приблизят центр тяжести к основанию верхней конечности. Внутренние мышцы, расположенные в кисти, станут осуществлять только «уточняющие движения», будут менее мощными и изящными. Большинство мышц, прикрепленных к лучевой кости, будут поворачиваться вместе с ней и не будут изменяться в длине. Следовательно, больше не возникнет ненужных движений пальцев при работе запястья. Редкие мышцы-сгибатели, прикрепленные к локтевой кости, подвергнутся к повороту по всей длине без эффекта лишних движений.

Появление двух костей на среднем участке конечностей произошло около 400 млн лет назад (рис. 125), когда в эпоху среднего девона наш далекий предок, безвестная кистеперая рыба Eusthenopteron вышла из моря вследствие трансформации грудных плавников и превратилась в четвероногое, похожее на ящерицу или современного крокодила. Элементы плавников последовательно перестраивались а-б-с; непосредственно одна из костей превратилась в плечевую **h**, две рядом расположенные части дали начало локтевой **и** и лучевой **г** костям, следующие кости пястья дали начало пяти пальцам. С тех пор все позвоночные, обитающие на суше, имеют две кости предплечья и голени. И только с ходом времени у высших позвоночных пронация-супинация стала играть такую важную роль. И лишь у приматов и человека (рис. 125) эта функция достигла наибольшей эффективности.



Механические нарушения пронации-супинации

Переломы обеих костей предплечья

(рис. 127 и 128, по Мерлю д'Обинэ)

Степень смещения отломков зависит от уровня перелома и определяется результирующей мышечной тяги.

1. Если перелом происходит **в верхней трети лучевой кости** (рис. 127), то на каждый отломок воздействуют мышцы, обеспечивая соответствующий эффект, а именно: супинаторы действуют на верхний отломок, а пронаторы на нижний. Поэтому относительное смещение отломков (ротация одного по отношению к другому) *будет максимальным* при максимальной пронации верхнего и максимальной супинации нижнего.

2. Если перелом происходит **в середине диафиза лучевой кости** (рис. 128), то смещение будет менее выраженным, *составляя половину максимального*, поскольку пронация нижнего отломка обеспечивается только квадратным пронатором, а супинация верхнего контролируется круглым пронатором.

Исходя из сказанного, при репозиции перелома следует стремиться не только к устранению углового смещения, но и к восстановлению нормальных «коленчатых изгибов» костей предплечья, особенно лучевой. *Коленчатый изгиб лучевой кости находится в сагиттальной плоскости* и имеет вогнутость спереди. Если он уплощен или его вогнутость смотрит в противоположную сторону, амплитуда пронации уменьшается. Восстановлению подлежат и *изгибы во фронтальной плоскости*, особенно «пронационный изгиб». Его деформация приводит к ограничению пронации из-за сниженной эффективности круглого пронатора.

Вывихи в лучелоктевых суставах

Такие вывихи редко бывают сами по себе, поскольку предплечье состоит из двух костей, зачастую вывих сочетается с переломом.

ВЫВИХ В нижнем лучелоктевом суставе

Он может быть изолированным или сочетаться с переломом диафиза лучевой кости (синяя стрелка). Это **перелом Галеацци** (рис. 129). Это повреждение

трудно поддается лечению в связи с нестабильностью сустава при вывихе.

Вывих верхнего лучелоктевого сустава

Тут наблюдается симметричная картина - **перелом Монтеджи** (рис. 130), сочетающий перелом диафиза локтевой кости (синяя стрелка) вследствие прямого удара, и передний вывих головки лучевой кости (красная стрелка). Необходимо вправить головку путем тракции двуглавой мышцы (рис. 130) и восстановить круговую связку.

Эффект относительного укорочения лучевой кости

Нормальное функционирование нижнего лучелоктевого сустава может быть нарушено относительным укорочением лучевой кости:

- Нарушенный рост кости вследствие **невывеленного перелома костей предплечья** в детстве (рис. 132).
- Врожденный порок развития лучевой кости при **болезни Маделунга** (рис. 131).
- **Перелом типа Путо-Коллеса** является наиболее часто встречающимся переломом дистальной части лучевой кости. Этот перелом возникает зачастую при патологическом состоянии у пожилых людей. Возникает истинное смещение нижнего лучелоктевого сустава во фронтальной и сагиттальной плоскости:
 - **во фронтальной плоскости** эпифиз лучевой кости ведет себя как наружный рычаг (рис. 133), что приводит к смещению средней линии книзу. Сила тяги треугольной связки (рис. 134) часто приводит к перелому основания шиловидного отростка локтевой кости и его отрыву. И наконец, может возникнуть расширение между суставными поверхностями, которое усугубляется разрывами межкостной мембраны и внутренней коллатеральной связки лучезапястного сустава;
 - **в сагиттальной плоскости** смещение фрагмента эпофиза кзади также вредит пронации-супинации.

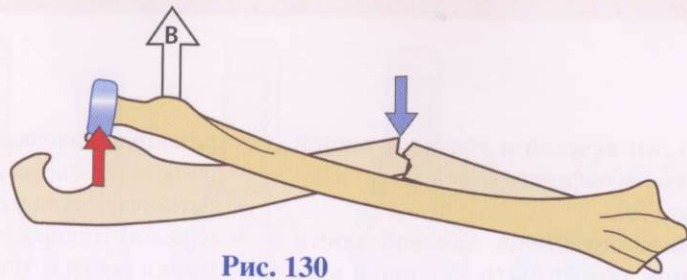


Рис. 130

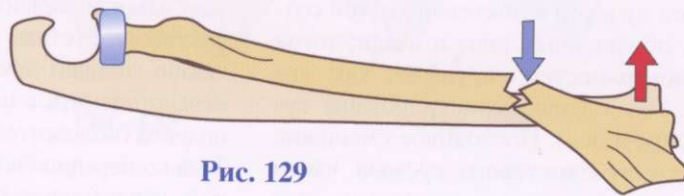


Рис. 129



Рис. 127

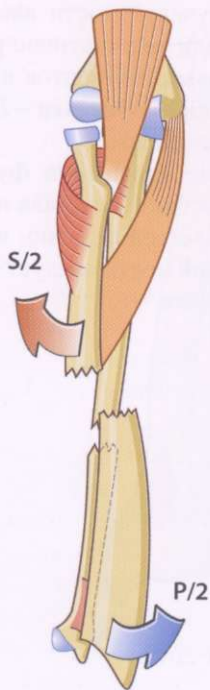


Рис. 128

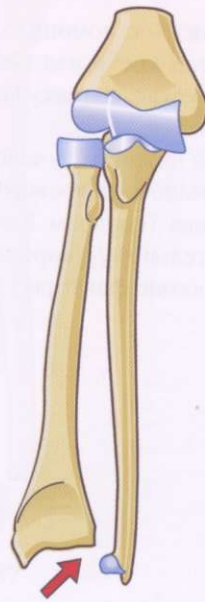


Рис. 132

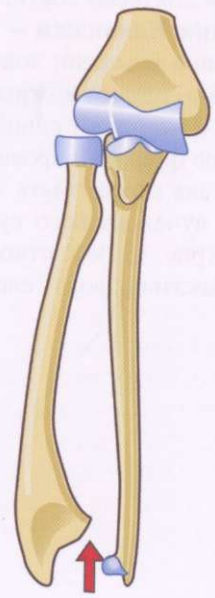


Рис. 131

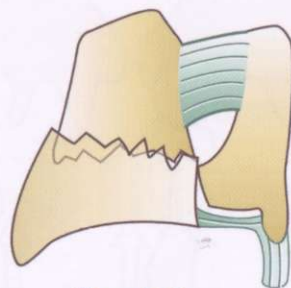


Рис. 133

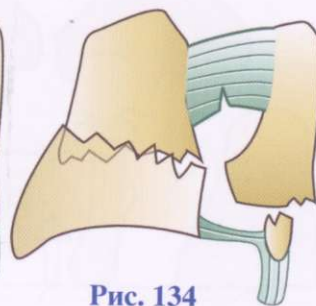


Рис. 134

В норме (рис. 135) оси лучевой и локтевой костей совпадают: тут две кости показаны отдельно (а) и наложены друг на друга (б).

При переломах нижнего конца лучевой кости дистальный отломок может быть наклонен кзади (рис. 136, а), оси лучевой и локтевой костей создают тупой угол, обращенный вниз и кзади; тогда конгруэнтность поверхностей нарушена, как это показано на рис. 136, б (продемонстрированы суставные поверхности и оси). Постоянное смещение элементов нижнего лучелоктевого сустава часто приводит к нарушению пронации-супинации, что может лечиться следующим образом:

- **операция Мура - Дарраха** - полная резекция головки локтевой кости;
- **операция Капанджи - Совэ** - с помощью сегментарной резекции локтевой кости над местом перелома создают ложный сустав, головку вправляют и фиксируют спицами (рис. 137).

Нарушение функционирования нижнего лучелоктевого сустава может быть связано с повреждением верхнего лучелоктевого сустава (синдром Essex - Lopresti) (рис. 138). К относительноному укорочению лучевой кости приводят следующие факторы:

- резекция головки лучевой кости **а** вследствие общего перелома костей предплечья;
- патологическая узора в плечелоктевом суставе **б**;
- перелом головки лучевой кости с вколачиванием шейки кости в головку **с**.

Что наконец приводит к смещению нижнего лучелоктевого сустава вверх **d** и аномальному выступанию головки локтевой кости вниз. Этот процесс можно оценить с помощью нижнего лучелоктевого индекса (положительные значения).

Только передние волокна (розового цвета) межкостной перегородки (рис. 139) могут предотвратить смещение лучевой кости вверх. Если эти волокна разорваны или недостаточно развиты, то это приводит к смещению элементов нижнего лучелоктевого сустава (**синдром Эссекса - Лопрести**, сложно поддающийся лечению).

Исследование нарушений функционирования нижнего лучелоктевого сустава находится еще в разработке, но уже сейчас ясно, что переломы нижнего конца лучевой кости следует лечить основательно и с самого начала.

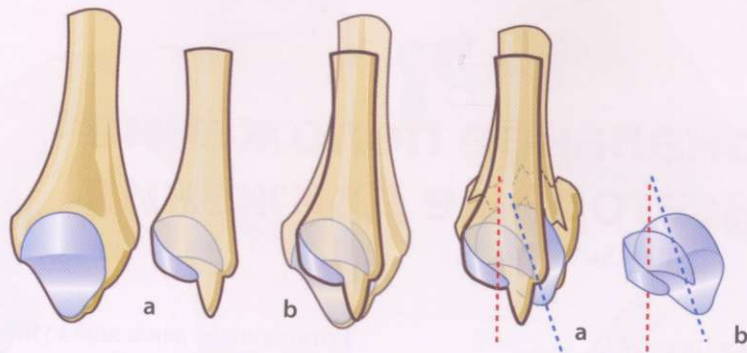


Рис. 135

Рис. 136

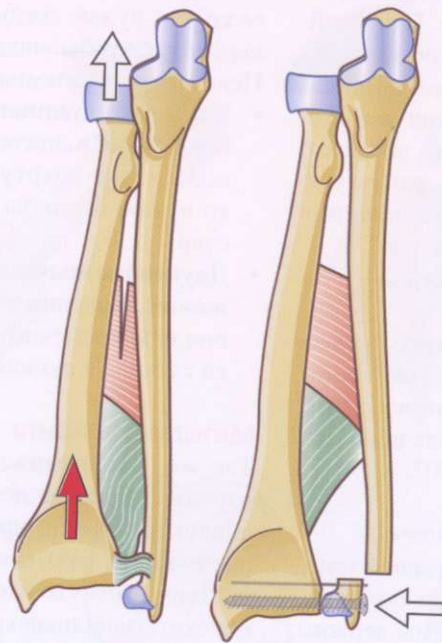


Рис. 139

Рис. 137

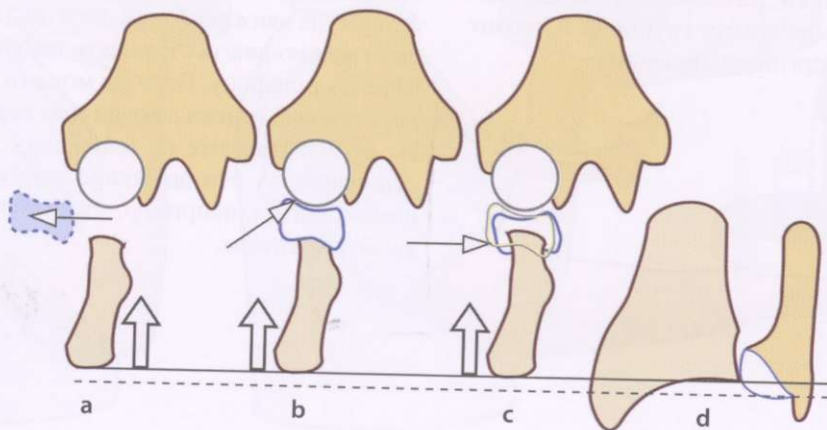


Рис. 138

Функциональное положение и компенсаторные движения

Супинация предплечья (рис. 140)

Поскольку верхняя конечность обычно свободно висит вдоль туловища, супинацию предплечья в этом положении удастся получить только в лучелоктевых суставах (истинная супинация). Мы выполняем такое движение, открывая дверь ключом. Плечевой сустав в супинации не участвует, и это объясняет, почему паралич супинаторов так трудно компенсируется. Однако некоторая компенсация все же достигается, так как полный паралич наблюдается редко, поскольку двуглавая мышца иннервируется другим нервом (мышечно-кожным), чем супинатор (лучевым).

Пронация с помощью плечевого сустава (рис. 141)

С другой стороны, при пронации действие пронаторов можно *дополнить или усилить отведением плеча в плечевом суставе*. Мы пользуемся этим, опорожняя кастрюлю. При отведении плеча на 90° достигается обычная пронация кисти в 90°.

Функциональное положение предплечья

Это положение между нейтральной ротацией (рис. 142) (например, при работе молотком) и полупронацией (рис. 143, 144) (например, когда мы держим ложку или пишем).

Функциональное положение соответствует состоянию **естественного равновесия** между антагонистическими мышечными группами и сводит затраты мышечной энергии до минимума.

Ротационные движения **существенны для поднесения пищи ко рту**. Когда мы берем еду, лежащую на горизонтальной плоскости (на столе или на земле), захват осуществляется при пронированном предплечье и разогнутом локтевом суставе. Чтобы поднести ее ко рту, нужно согнуть локоть, а предплечье *супинировать*, чтобы «подать» пищу в рот.

Целесообразно упомянуть о двух моментах.

- **Благодаря супинации «экономится» флекссионное усилие в локтевом суставе.** Если бы мы подносили пищу ко рту пронированной конечностью, то нужно было бы больше сгибать локтевой сустав.
- **Двуглавая мышца самая подходящая для движений, связанных с приемом пищи,** поскольку она одновременно является сгибателем локтевого сустава и супинатором предплечья.

Метод официанта

Так же, как и движения плеча, можно полностью изучить движения локтя с помощью теста (метода) официанта. Когда официант несет поднос над своим плечом (рис. 145), его локоть согнут, а запястье полностью разогнуто и пронировано. Когда он начинает опускать заполненный поднос на стол (рис. 146), он выполняет три последовательных движения: разгибает локоть, сгибает запястье, достигая полной прямоты, производит супинацию. При этом методе амплитуда движений наиболее полная, и с его помощью можно диагностировать нарушения супинации даже по телефону. Если вы можете пронести на подносе полный стакан с водой и не перевернуть его, то вы не испытываете ни малейшего затруднения при супинации. А это движение необходимо в повседневной жизни, например, чтобы собрать монеты на кассе в магазине.

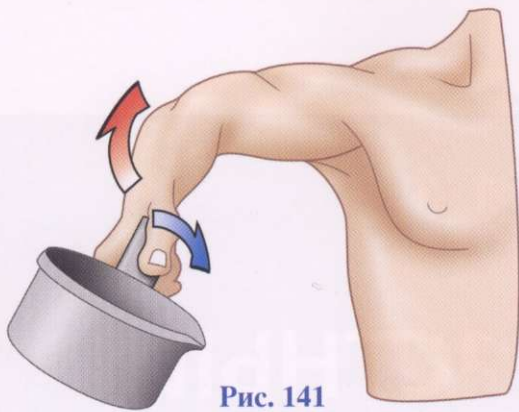


Рис. 141

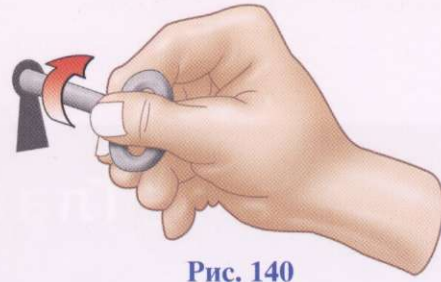


Рис. 140

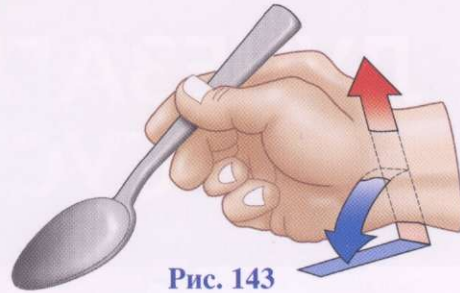


Рис. 143

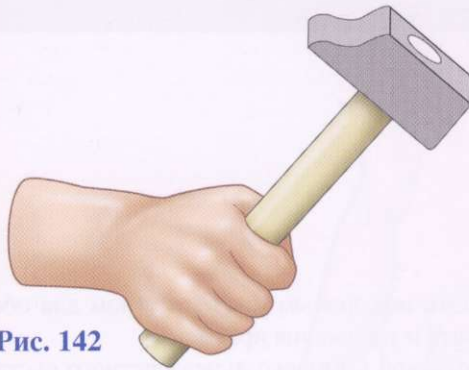


Рис. 142

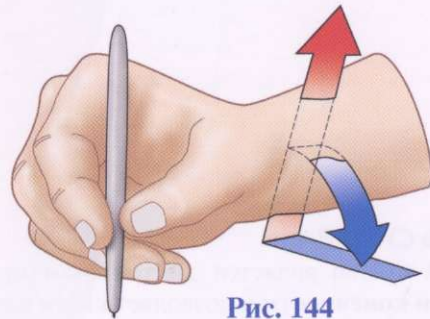


Рис. 144



Рис. 145

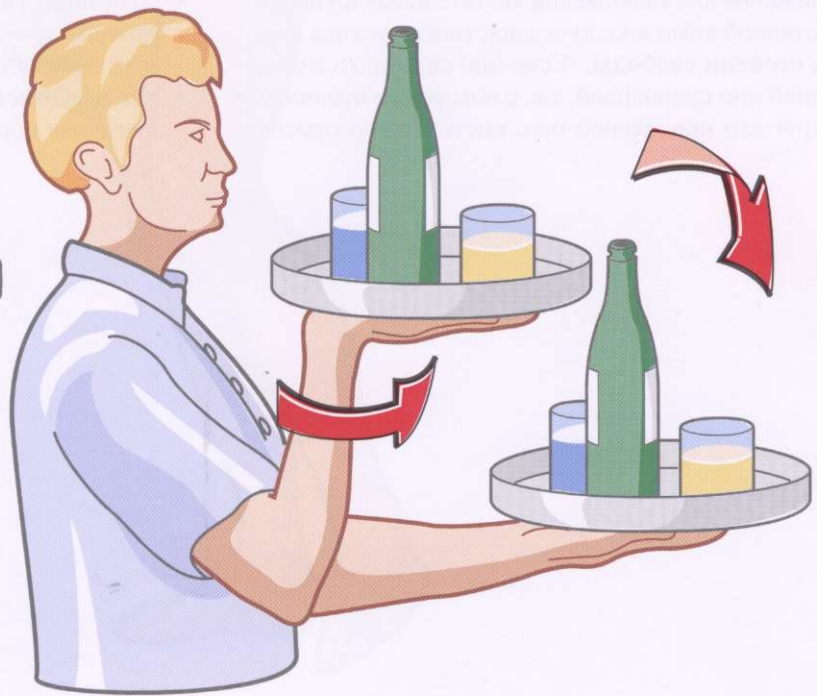


Рис. 146

Глава 4

ЛУЧЕЗАПЯСТНЫЙ СУСТАВ

ЗНАЧИМОСТЬ СУСТАВА

Лучезапястный сустав является **дистальным суставом верхней конечности** и позволяет кисти как исполнительному сегменту принимать оптимальное положение для выполнения хватательных функций. Суставной комплекс лучезапястного сустава имеет **две степени свободы**. Если они сочетаются с пронацией или супинацией, т.е. с поворотом предплечья вокруг его продольной оси, кисть можно ориенти-

ровать под любым нужным углом для обеспечения схвата и удержания предмета.

Суставной комплекс лучезапястного сустава состоит из двух суставов:

- **лучезапястного (ЛЗ)**, образуемого дистальным концом лучевой кости и проксимальным рядом костей запястья;
- **среднезапястного (СЗ)** между проксимальным и дистальным рядами костей запястья.



Движения в лучезапястном суставе

Движения в лучезапястном суставе (рис.1) происходят **вокруг двух осей**, когда кисть находится в анатомическом положении, т.е. в положении полной супинации.

• **Поперечная ось AA'** лежит во фронтальной плоскости T и контролирует движения сгибания и разгибания, осуществляемые **в сагиттальной плоскости** (заштрихована горизонтально):

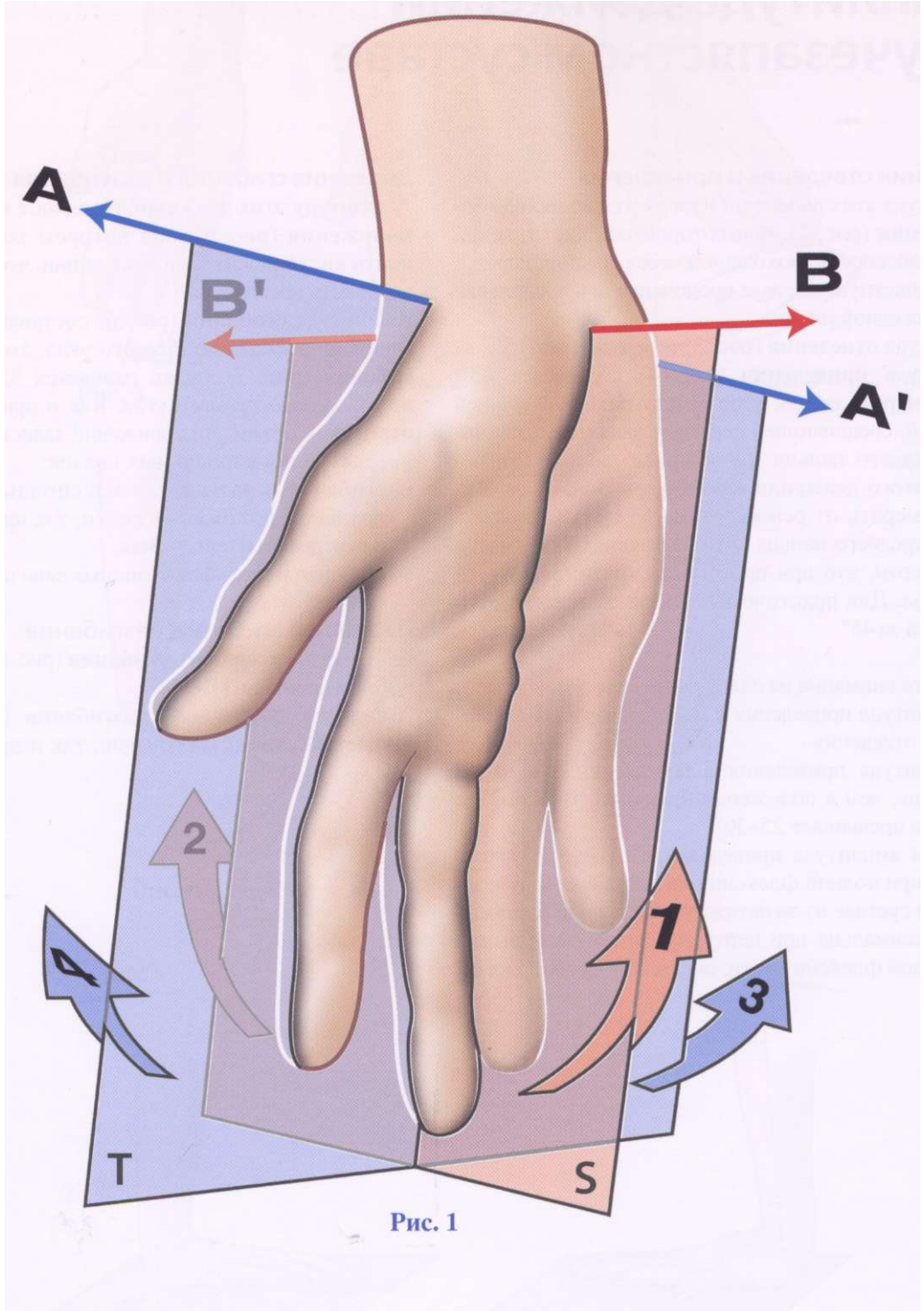
- **флексия** (стрелка **1**) - передняя (ладонная) поверхность кисти движется к передней поверхности предплечья;
- **экстензия** (стрелка **2**) - задняя (тыльная) поверхность кисти движется к задней поверхности предплечья. (Желательно избегать терминов тыльная и ладонная флексия.)

• **Переднезадняя ось ВВ** лежит в сагиттальной плоскости S и контролирует движения приведения и отведения, происходящие во **фронтальной** плоскости:

- **приведение** или локтевая девиация (стрелка **3**) - перемещение кисти по направлению к продольной оси тела, ее внутренний (ульнарный) край образует тупой угол с внутренним краем предплечья;
- **отведение** или лучевая девиация (стрелка **4**) - перемещение кисти от продольной оси тела, ее наружный (лучевой) край образует тупой угол с наружным краем предплечья.

В действительности движения запястья сочетаются следующим образом:

- **сгибание/ приведение;**
- **разгибание/ отведение.**



Амплитуда движений в лучезапястном суставе

Движения отведения и приведения

Амплитуда этих движений измеряется из **исходного положения** (рис. 2), при котором ось кисти, лежащая в плоскости, проходящей через средний палец и третью пястную кость, и продольная ось предплечья лежат на одной линии.

Амплитуда **отведения** (рис. 3) не превышает 15° .

Амплитуда **приведения** (рис. 4) составляет 45° , если измерять ее как угол между исходной линией и линией, соединяющей середину запястья с кончиком среднего пальца (пунктирная линия). Однако объем этого движения может варьировать от 30° , если измерять от оси кисти, до 55° , если измерять от оси среднего пальца. Эти вариации объясняются тем фактом, что при приведении кисти приводятся и пальцы. Для практических целей амплитуда принимается за 45° .

Обратите внимание на следующие моменты.

- Амплитуда приведения *в 2-3 раза больше* амплитуды отведения.
- Амплитуда приведения в положении супинации больше, чем в положении пронации (Bunnel), где она не превышает $25-30^\circ$.

В целом амплитуда приведения и отведения минимальна при полной флексии или экстензии в лучезапястном суставе из-за натяжения карпальных связок. Она максимальна при нейтральном положении или небольшой флексии кисти, поскольку связки расслаблены.

Движения сгибания и разгибания

Амплитуду этих движений измеряют из **исходного положения** (рис. 5), при котором задняя поверхность кисти лежит на той же линии, что и задняя поверхность предплечья.

Амплитуда **сгибания** (рис. 6) составляет 85° и немного не доходит до прямого угла, амплитуда **разгибания** (рис. 7) также равняется 85° и немного не доходит до прямого угла. Как и при приведении/отведении, объем этих движений зависит от степени расслабления карпальных связок:

- сгибание и разгибание максимальны при нейтральном положении кисти, т.е. при отсутствии и отведения, и приведения;
- сгибание и разгибание минимальны при пронации.

Пассивное сгибание-разгибание

Амплитуда **пассивного сгибания** (рис. 8) превышает 90° при пронации (100°).

Амплитуда **пассивного разгибания** (рис. 9) превышает 90° как при пронации, так и при супинации (95°).

шго
ерх-
I по-
[не-
раз-
иого
нии/
лени
ней-
гвии
дии.
тст
пре-
ции

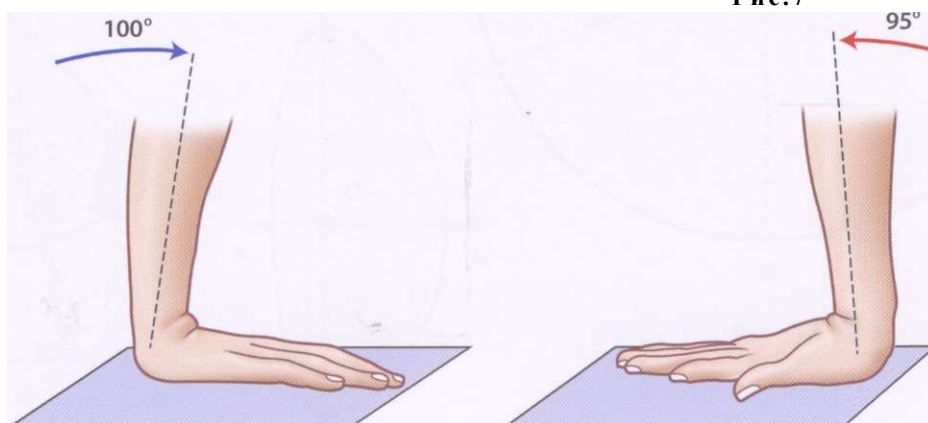
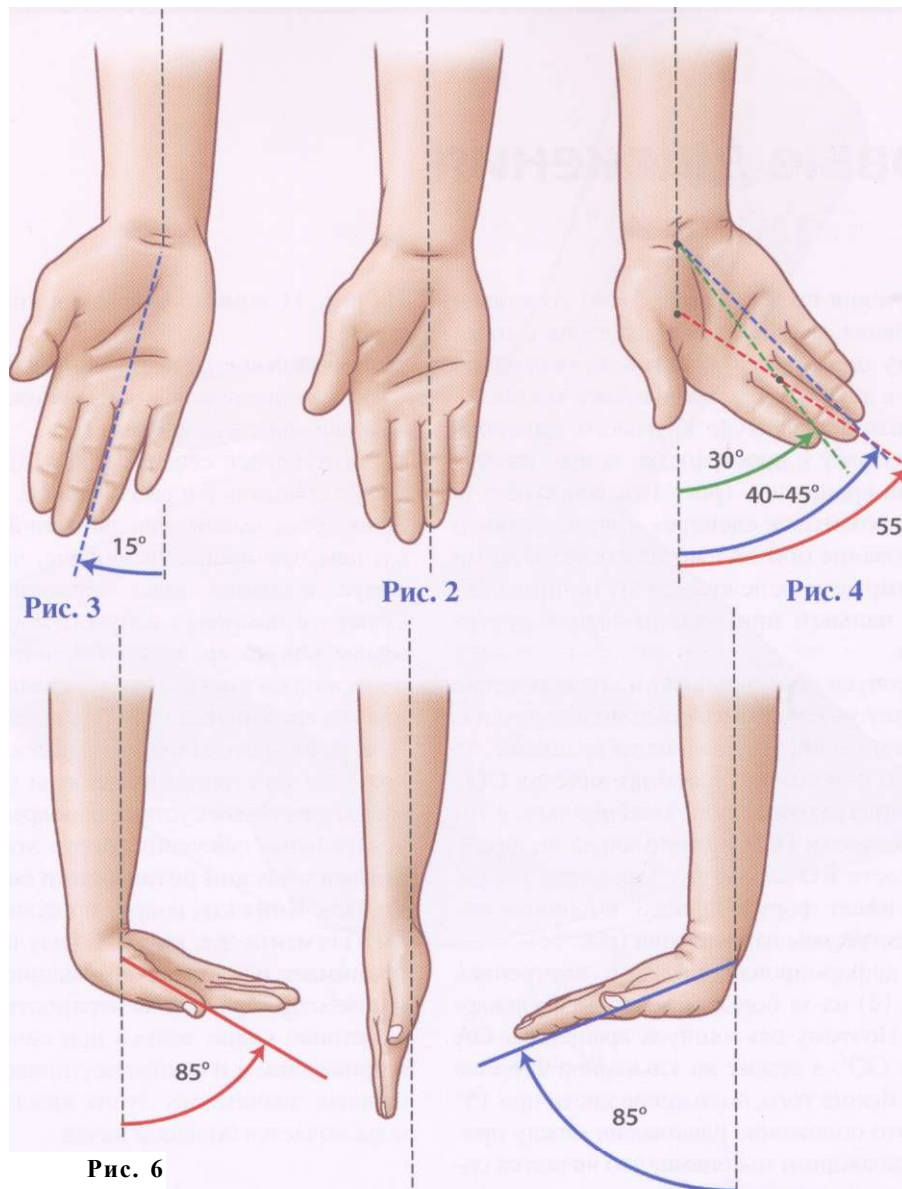


Рис.8

Рис.9

Круговые движения

Круговые движения представляют собой сочетание движений сгибания, разгибания, приведения и отведения. Поэтому они осуществляются одновременно по отношению к двум осям лучезапястного сустава.

При максимальной амплитуде кругового движения ось кисти описывает в пространстве конус, известный как «конус вращения» (рис. 10). Верхушка O этого конуса находится в «центре» лучезапястного сустава, а основание обозначено на схеме точками F , R , E , C , которые прослеживают путь, проходимый средним пальцем при максимальных круговых движениях.

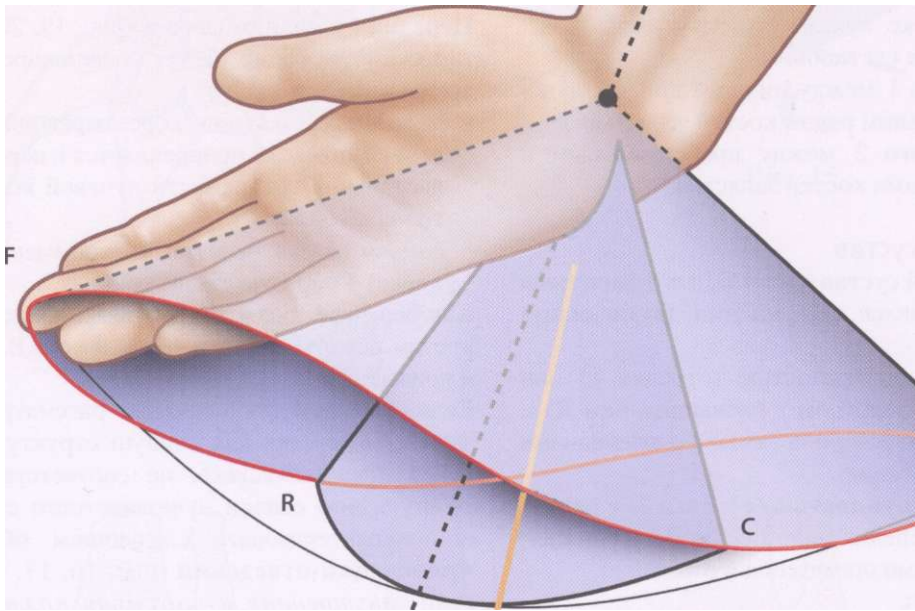
Форма этого конуса неправильная, и его основание не соответствует кругу, так как амплитуда различных простых движений, составляющих вращение, не симметрична по отношению к оси предплечья OO' . Поскольку амплитуда движений максимальна в сагиттальной плоскости FOE и минимальна во фронтальной плоскости ROC , то конус уплощен с боков, его основание имеет форму эллипса, и длинная ось FE идет в заднепереднем направлении (рис. 5с).

Этот эллипс деформирован также с внутренней стороны (рис. 12) из-за большей величины ульнарной девиации. Поэтому ось «конуса вращения» OA не совпадает с OO' , а лежит на ульнарной стороне под углом 15° . Кроме того, положение кисти при 15° приведения - это положение равновесия между приводящими и отводящими мышцами, что является одним из элементов функционального положения.

На рис. 11 помимо основания конуса вращения показаны:

- фронтальное сечение конуса (рис. 12), включая положение отведения R , положение приведения C и ось конуса вращения OA ;
- сагиттальное сечение (рис. 13) конуса в положении сгибания F и разгибания E .

Поскольку амплитуда движений в лучезапястном суставе при пронации меньше, чем при супинации, конус вращения более «уплощен» при пронации. Однако с помощью сопутствующей ротации уплощение конуса вращения частично компенсируется, поэтому ось кисти может занимать любое положение внутри конуса с углом апертуры от 160 до 170° . Кроме того, что типично для всех двухосевых суставов с двумя степенями свободы (см. далее трапецо-метакарпальный сустав), одновременные или последовательные движения вокруг этих осей приводят к **автоматической ротации или связанной ротации, по Мак Конэллу**, вокруг продольной оси движущегося сегмента, т.е. кисти. В результате этого ладонь принимает наклонное положение по отношению к плоскости передней поверхности предплечья. Это отчетливо видно только при сочетании разгибания с приведением и сгибания с приведением. Функциональная значимость этого явления меняется, если подключается большой палец.



O'

Рис. 10

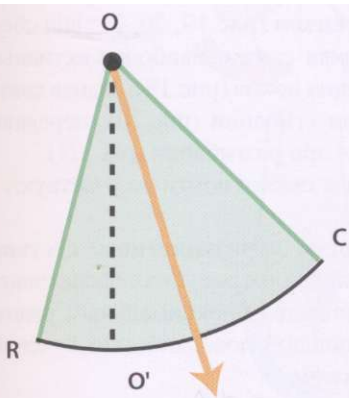


Рис. 12

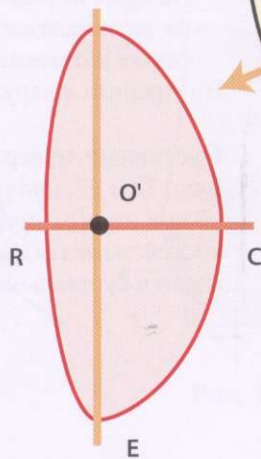


Рис. 11

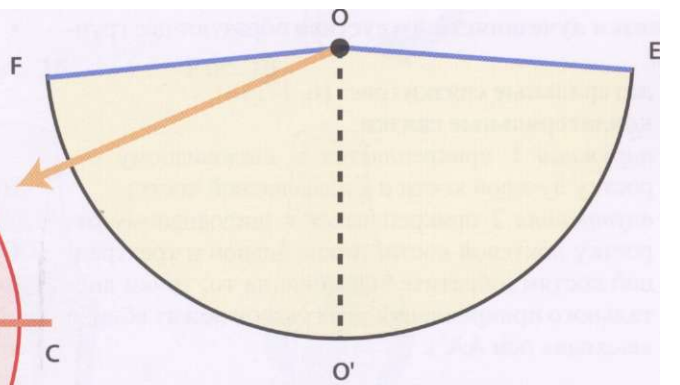


Рис. 13

Суставной комплекс лучезапястного сустава

Суставной комплекс лучезапястного сустава (рис. 14) состоит из двух суставов:

- **лучезапястного 1** между нижним концом лучевой кости и верхним рядом костей запястья;
- **среднезапястного 2** между проксимальным и дистальным рядами костей запястья.

Лучезапястный сустав

Это эллипсоидный сустав (рис. 15), и его запястный компонент представлен следующими двумя выпуклостями:

- **переднезадней выпуклостью** (стрелка 1) или сагиттальная, с радиусом r (меньшим, чем R) и поперечной осью AA' , она связана с движениями сгибания и разгибания;
- **поперечной выпуклостью** (стрелка 2) с радиусом дуги R и переднезадней осью BB' , она связана с движениями приведения и отведения.

На скелете (рис. 8):

- ось AA' сгибания и разгибания проходит между полудунной и головчатой костями;
- ось BB' приведения и отведения проходит через головку головчатой кости вблизи ее интеркарпальной суставной поверхности.

Связки лучезапястного сустава образуют две группы:

- **латеральные связки** (рис. 16, 17, 18);
- **коллатеральные связки:**
- *наружная* 1 прикрепляется к шиловидному отростку лучевой кости и к ладьевидной кости;
- *внутренняя* 2 прикрепляется к шиловидному отростку локтевой кости, гороховидной и трехгранной костям (обратите внимание на то, точки дистального прикрепления этих связок лежат вблизи «выхода» оси AA').

Передняя и задняя связки (рис. 19, 20, 21, схематический вид сбоку) будут более подробно рассмотрены далее:

- *передняя* связка (или скорее передний лигаментозный комплекс) 3 прикрепляется к переднему краю дистальной поверхности лучевой кости и шейке головчатой кости;
- *задняя* связка (или задний лигаментозный комплекс) 4 образует задний тяж.

Как передняя, так и задняя связки прикрепляются к костям запястья у точки «выхода» оси BB' отведения и приведения.

Если в первом приближении рассматривать лучезапястный сустав как единую структуру, что, как будет показано позже, не соответствует истине, то **функцию связок** лучезапястного сустава можно охарактеризовать следующим образом: при **приведении-отведении** (рис. 16, 17, 18, вид спереди) *внутренняя и наружная коллатеральные связки активны*. Начиная из положения покоя (рис.16), при **приведении** (рис. 17) наружная связка натягивается, а внутренняя расслабляется, при **отведении** (рис.18) происходит обратное. Передняя связка, прикрепляющаяся вблизи центра ротации, в этих движениях почти не участвует.

- При **флексии-экстензии** (рис.19, 20, 21: вид сбоку) передняя и задняя связки наиболее активны. Начиная из положения покоя (рис.19), задняя связка натягивается при сгибании (рис.20), передняя связка натягивается при разгибании (рис. 21).

Внутренняя и наружная связки почти не участвуют.

Суставные поверхности лучезапястного сустава (рис. 22 и 23, цифры на обоих рисунках обозначают одно и то же) представлены проксимальным рядом костей запястья, дистальной поверхностью лучевой кости и суставным диском.

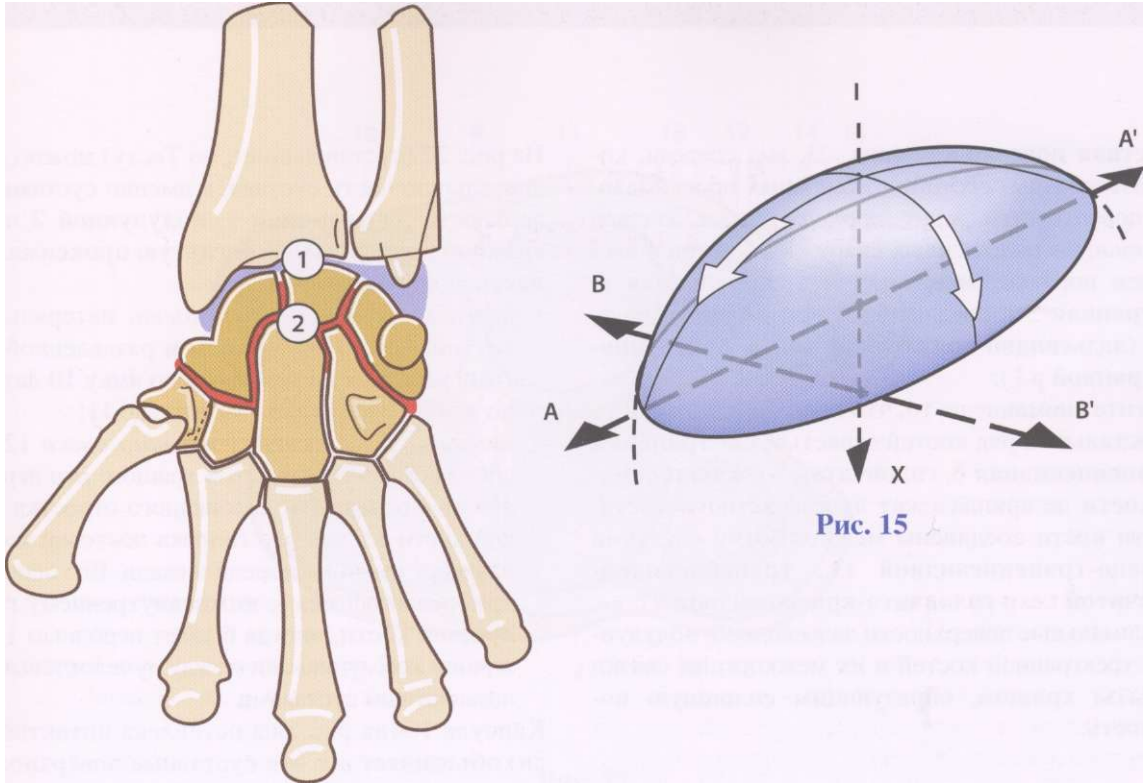


Рис. 15

Рис. 14

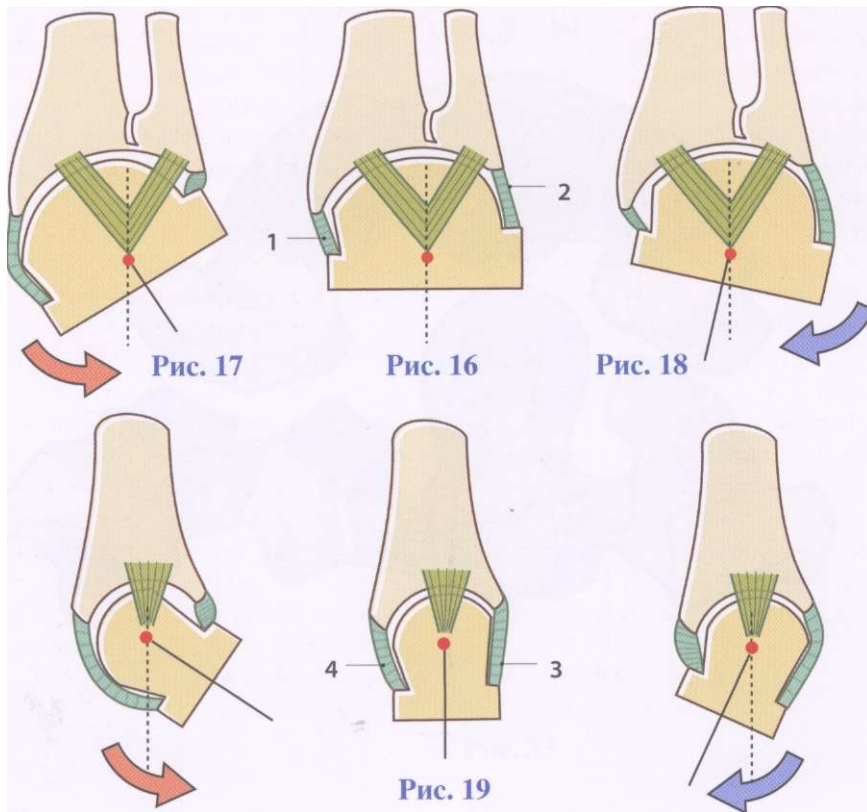


Рис. 20

Рис. 21

Запястная поверхность (рис. 23, вид спереди, кости разъединены) состоит из смежных проксимальных поверхностей *трех проксимальных костей запястья*, расположенных снаружи и кнутри в следующем порядке: **ладьевидная 1**, **полулунная 2**, **трехгранная 3** и соединенных межкостными связками (**ладьевидно-полулунной s.l.**, и **полулунно-трехгранной p.l.**).

Обратите внимание на то, что **гороховидная кость 4** и дистальный ряд костей запястья, т.е. **трапеция 5**, **трапециевидная 6**, **головчатая 7** и **крючковидная кости** не принадлежат лучезапястному суставу. Эти кости соединены межкостными связками (**трапецо-трапециевидной t.t.**, **трапециевидно-головчатой t.c.** и **головчато-крючковидной h.c.**). Проксимальные поверхности ладьевидной, полулунной и трехгранной костей и их межкостные связки **покрыты хрящом, образующим сплошную поверхность.**

На рис. 22 (сустав вскрыт, по Тесту) можно видеть дистальную часть сустава, а именно суставные поверхности **ладьевидной 1**, **полулунной 2** и **трехгранной 3** костей, и его **вогнутую проксимальную часть**, состоящую из:

- **нижнего конца лучевой кости** латерально вогнутой, покрытой хрящом и разделенной пологим гребнем 9 на ладьевидную ямку 10 латерально и полулунную ямку медиально 11;
- **нижней поверхности суставного диска 12** медиально вогнутой, покрытой хрящом. Его верхушка лежит у основания шиловидного отростка локтевой кости 13, так что головка локтевой кости 14 нависает над ним спереди и сзади. Его основание, прикрепляющееся к нижневнутреннему гребню лучевой кости, иногда бывает неполным 15 с наличием коммуникации между лучелоктевым и лучезапястным суставами.

Капсула 16 (на рис. она оставлена интактной сзади) объединяет все эти суставные поверхности.

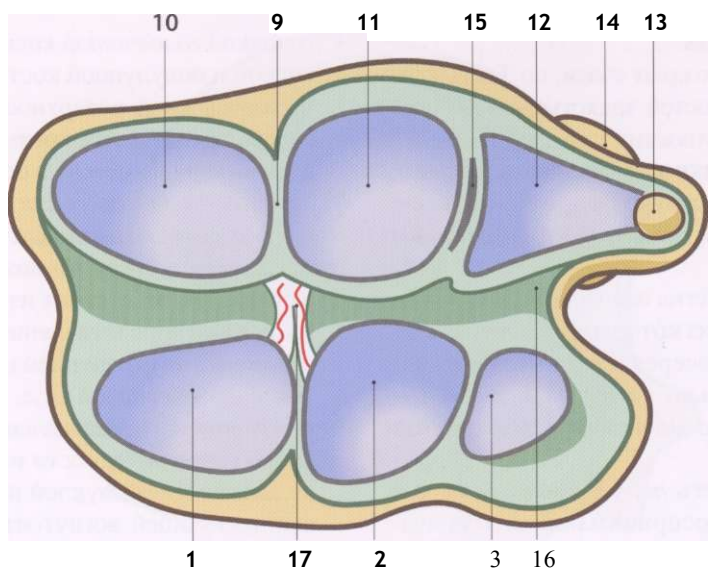


Рис. 22

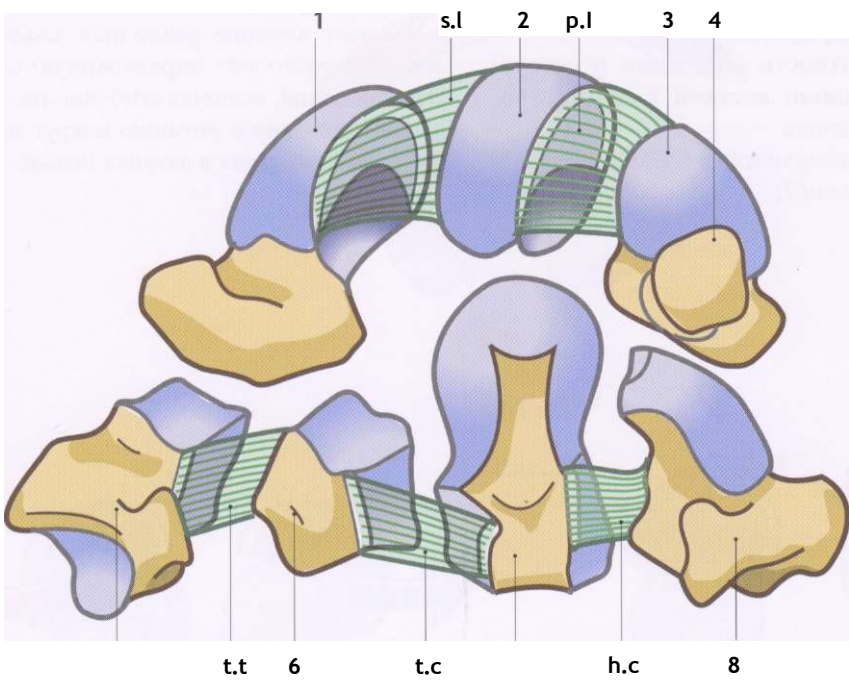


Рис. 23

Среднезапястный сустав

Данный сустав (рис. 24, открыт сзади, по Тесту) образуется двумя рядами костей запястья, имеет следующие суставные поверхности:

1) Проксимальная поверхность (вид сзади и снизу), образованная тремя костями, расположенными в латерально-медиальном направлении следующим образом:

- *ладьевидная* с двумя слегка выпуклыми поверхностями дистально, одна из которых 1 сочленяется с трапецией, а другая посередине 2 - е трапецевидной костью, и сильно вогнутой медиальной поверхностью 3 для сочленения с головчатой костью;
- дистальная поверхность *полулунной кости* 4 с полулунной ямкой, воспринимающей головчатую кость;
- дистальная поверхность *трехгранной кости* 5, вогнутая дистально и латерально и сочленяющаяся с проксимальной поверхностью крючковидной кости.

Гороховидная кость, находящаяся в контакте с ладонной поверхностью трехгранной кости, не принадлежит среднезапястному суставу.

2) Дистальная поверхность (вид сзади и сверху) образована следующими костями в латерально-медиальном направлении:

- проксимальными поверхностями *трапеции* 6 и *трапецевидной кости* 7;

- головкой *головчатой кости* 8 в контакте с ладьевидной и полулунной костями;
- проксимальной поверхностью *крючковидной кости* 9, находящейся преимущественно в контакте с трехгранной костью, а ее маленькая боковая фасетка 10 - в контакте с полулунной костью.

Если рассматривать каждый ряд костей запястья как отдельную структуру, то можно сказать, что среднезапястный сустав состоит из двух частей:

- **наружной**, представленной двумя плоскими поверхностями (трапецией и трапецевидной в контакте с ладьевидной), т.е. плоскостной сустав;
- **внутренней**, представленной поверхностью головки головчатой кости и поверхностью крючковидной кости, выпуклой во всех плоскостях и соответствующей вогнутости трех проксимальных костей запястья, т.е. мыщелковый сустав.

Головка головчатой кости формирует центральный стержень, на котором полулунная кость может латерально перемещаться (рис. 25), производя осевое вращение (рис. 26), и особенно смещаться в переднезаднем направлении (рис. 19): кпереди (рис. 27 а) и кзади (рис. 27 б). На движения в этом суставе оказывает влияние различная *эластичность связок*, что позволяет определить определенную степень «игры». Эти движения, включая сгибание-разгибание, приведение-отведение и ротацию вокруг продольной оси, будут рассмотрены в деталях позже.

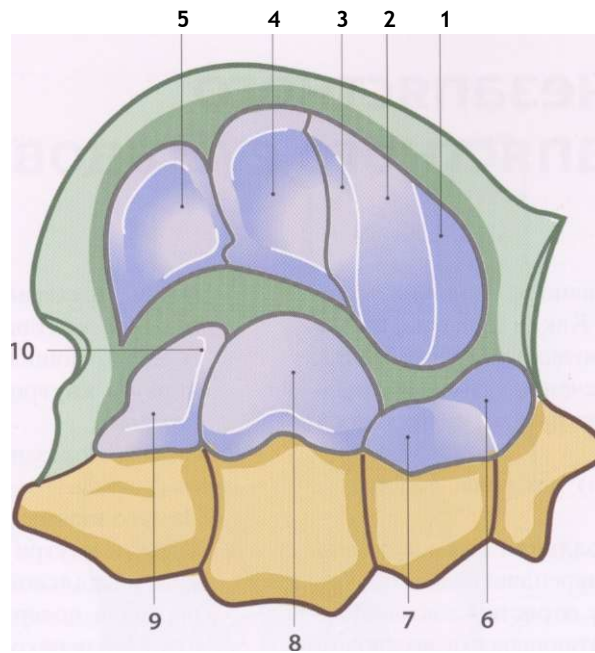


Рис. 24

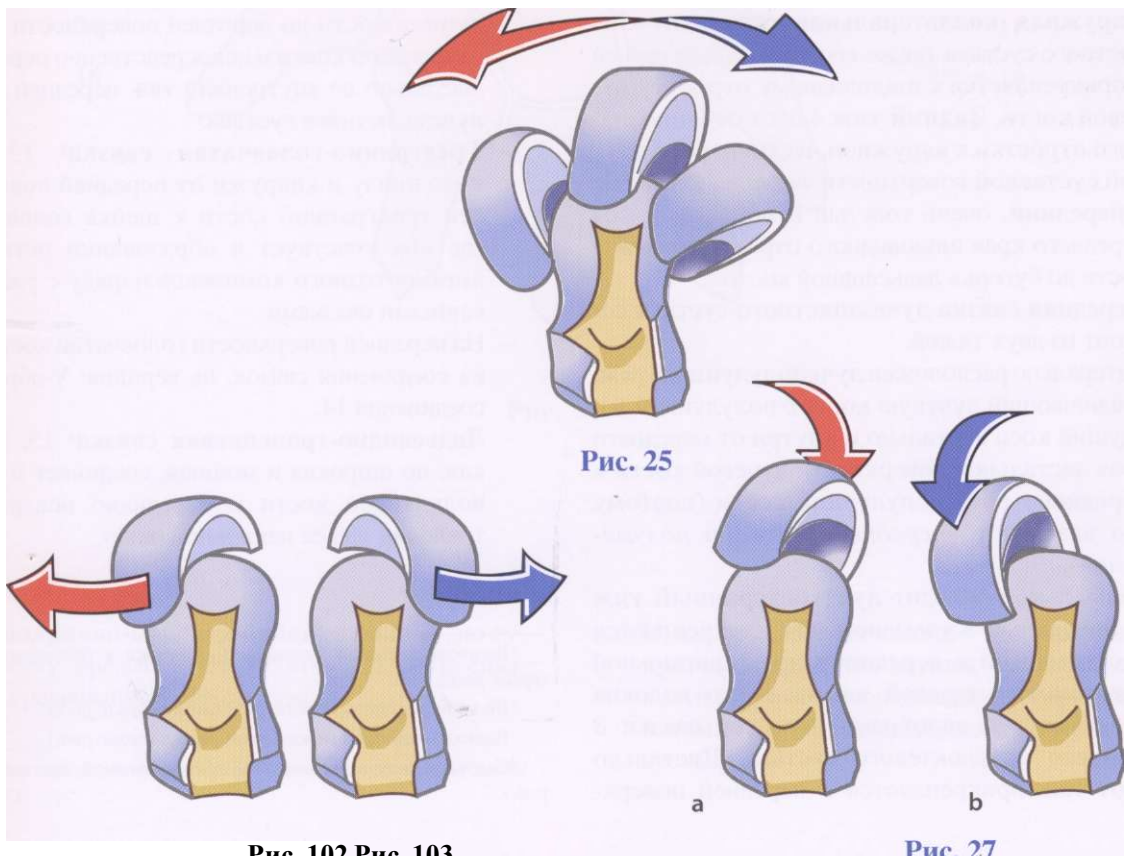


Рис. 102 Рис. 103

Рис. 27

Связки лучезапястного и среднезапястного суставов

Описание этих связок основано на недавних исследованиях Кульмана (1978). Как станет ясно позже, этот современный взгляд позволяет лучше понять роль данных связок в обеспечении стабильности запястья и его соответствия нагрузкам, сопряженным с движениями кисти.

- На рис. 28 (вид спереди) показаны следующие структуры.
 - **Внутренняя коллатеральная связка** лучезапястного сустава, прикрепляющаяся проксимально к шиловидному отростку локтевой кости и сложно переплетающаяся с волокнами верхушки суставного диска 1. Она делится на **задний тяж** 2, прикрепляющийся к трехгранной кости, и **передний тяж**, прикрепляющийся к гороховидной кости 3.
 - **Наружная коллатеральная связка** лучезапястного сустава также состоит из двух тяжей и прикрепляется к шиловидному отростку лучевой кости. **Задний тяж** 4 идет от шиловидного отростка к наружной части проксимальной суставной поверхности ладьевидной кости, а **передний**, очень толстый и мощный 5 - от переднего края шиловидного отростка лучевой кости до бугорка ладьевидной кости.
 - **Передняя связка лучезапястного сустава** состоит из двух тяжей.
 - Латерально расположен **лучеполулунный тяж**, соединяющий лучевую кость с полулунной 6 и идущий косо дистально и кнутри от переднего края дистальной поверхности лучевой кости к переднему рогу полулунной кости (поэтому его называют «*передней стяжкой полумесяца*»),
 - Медиально проходит **лучетрехгранный тяж** 7, описанный Кульманом. Он прикрепляется проксимально к переднему краю дистальной поверхности лучевой кости, и его волокна сплетаются с волокнами передней связки 8 нижнего лучелоктевого сустава. Дистально этот тяж прикрепляется к передней поверх-

ности трехгранной кости слегка кнаружи от зоны контакта с гороховидной. Эта треугольная, мощная, очень прочная связка идет книзу и кнутри, образуя часть «трехгранной петли».

- На рис. 28 показаны также **связки среднезапястного сустава**.
 - **Лучеголовчатая связка**¹ 10 проходит косо книзу и кнутри от наружной части переднего края дистальной поверхности лучевой кости к передней поверхности шейки головчатой кости. Она переходит в два тяжа передней связки лучезапястного сустава и тем самым принадлежит к обоим суставам запястья.
 - **Полулунно-головчатая связка**² 12 простирается вертикально от переднего рога полулунной кости до передней поверхности шейки головчатой кости и непосредственно переходит дистально во внутренний тяж передней связки лучезапястного сустава.
 - **Трехгранно-головчатая связка**³ 13 идет косо книзу и кнаружи от передней поверхности трехгранной кости к шейке головчатой, где она участвует в образовании истинного лигаментозного комплекса наряду с уже описанными связками.
 - На передней поверхности головчатой кости точка соединения связок, на вершине V-образного соединения 14.
 - **Ладьевидно-трапециевая связка**⁴ 15, короткая, но широкая и мощная, соединяет бугорок полулунной кости и переднюю поверхность трапеции над ее наклонной осью.

¹Волокна ладонной лучезапястной связки к головчатой кости (прим. ред.).

²Волокна ладонной межпястной связки (прим. ред.).

³Волокна ладонной межпястной связки (прим. ред.).

⁴Связка между ладьевидной и трапециевидной костями (прим. ред.).

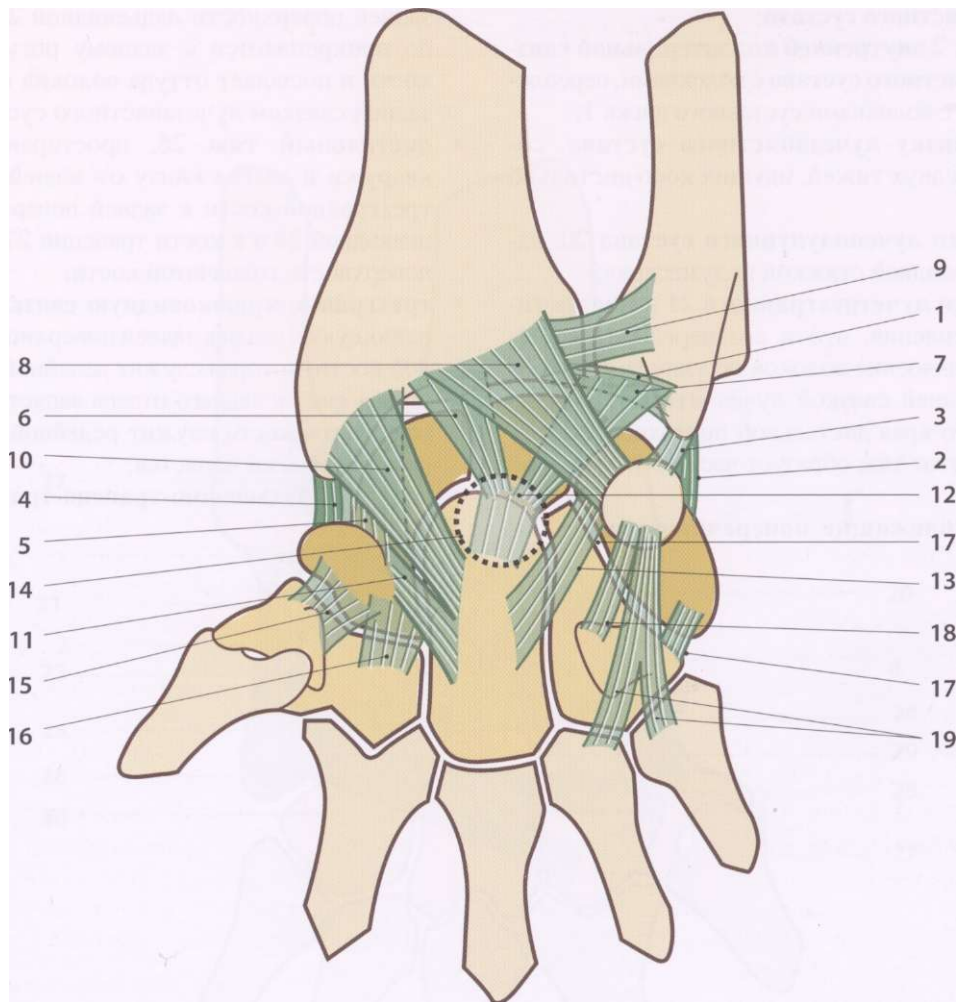


Рис. 28

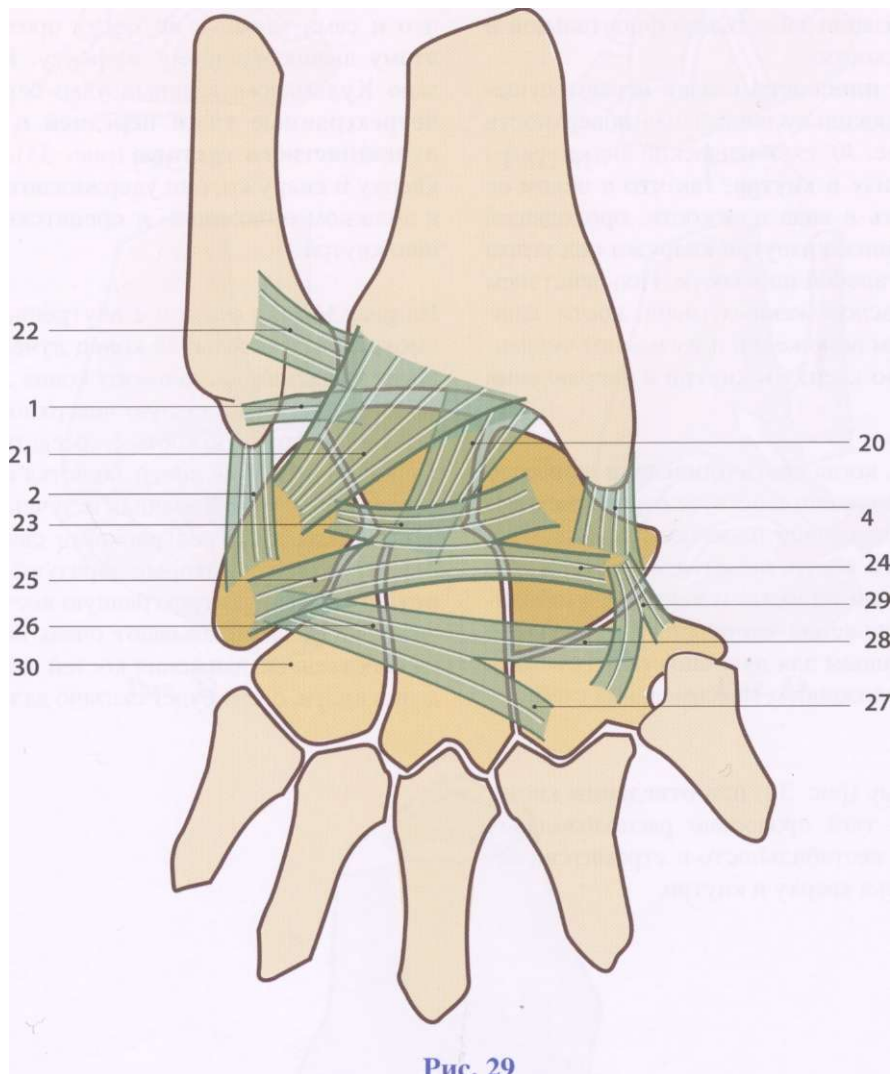
- **Трехгранно-крючковидная связка¹ 17**, по существу, представляет собой медиальную связку среднезапястного сустава.

¹Волокна ладонной лучезапястной связки к головчатой кости (прим. ред.).

- И, наконец, еще две связки - это **гороховидно-крючковидная 18**, идущая от гороховидной кости к крючку крючковидной, и **гороховидно-пястная 19**, принадлежащая запястно-пястному суставу.

Рис. 29 а (вид сзади) показывает:

- **задний тяж 4 наружной коллатеральной связки лучезапястного сустава;**
- **задний тяж 2 внутренней коллатеральной связки лучезапястного сустава** с волокнами, переплетающимися с волокнами суставного диска 1;
- **заднюю связку лучезапястного сустава**, состоящую из двух тяжей, идущих косо дистально и кнутри;
- задние пучки **лучеполулунного сустава 20**, называемого «задней стяжкой полумесяца»;
- задние пучки **лучетрехгранного 21** с тем же типом прикрепления, что и его передний аналог, включая раздвоение волокон по типу голубинового хвоста с задней связкой лучелоктевого сустава 22, у заднего края дистальной поверхности лучевой кости (этот тяж образует часть «трехгранной петли»);
- **две глубоколежащие поперечные связки запястья:**
 - **проксимальный тяж 23**, идущий поперечно от задней поверхности трехгранной кости 25 к задней поверхности ладьевидной 24; он частично прикрепляется к заднему ругу полулунной кости и посылает оттуда волокна к наружной и задней связкам лучезапястного сустава;
 - **дистальный тяж 26**, простирающийся косо кнаружи и слегка книзу от задней поверхности трехгранной кости к задней поверхности трапециевидной 28 и к кости трапеции 27 вдоль задней поверхности головчатой кости;
 - **трехгранно-крючковидную связку 30**, прикрепляющуюся сзади к задней поверхности трехгранной кости, которая служит релейной станцией для задних связок заднего отдела запястья, как шейка головчатой кости служит релейной станцией для передних связок запястья;
 - **заднюю ладьевидно-трапецо-трапециевидную связку 29.**



Стабилизирующая функция связок

Стабилизация во фронтальной плоскости

Основная функция связок лучезапястного сустава состоит в стабилизации запястья во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Во фронтальной плоскости связки играют существенную роль, поскольку дистальная поверхность лучевой кости (рис. 30, схематический вид спереди) ориентирована книзу и кнутри, так что в целом ее можно представить в виде плоскости, проходящей наклонно сверху вниз и изнутри кнаружи под углом 25-30° к горизонтальной плоскости. Под действием тяги продольно расположенных мышц кости запястья в нейтральном положении показывают тенденцию к скольжению кверху и кнутри в направлении белой стрелиг.

С другой стороны, когда кисть **приведена** примерно на 30° (рис. 31), тяга мышц действует перпендикулярно к только что описанной плоскости скольжения. В результате этого кости запястья отталкиваются обратно в суставную полость, и запястье стабилизируется. Это положение небольшого приведения является естественным для лучезапястного сустава, совпадающим с положением максимальной стабильности.

В противовес этому (рис. 32) при **отведении** кисти, даже небольшом, тяга продольно расположенных мышц усугубляет нестабильность и стремится сместить кости запястья кверху и кнутри.

Внутренняя и наружная коллатеральные связки лучезапястного сустава, имеющие ту же ориентацию, что и сами мышцы, не могут противодействовать этому вывихивающему эффекту. Как было показано Кульманом, главный удар берут на себя **лучетрехгранные тяжи передней и задней связок лучезапястного сустава** (рис. 33). Проходя косо кверху и кнаружи, они удерживают кости запястья в должном положении и препятствуют их смещению кнутри.

На рис. 34 (вид сзади и с внутренней стороны) мы смотрим на дистальный конец лучевой кости сзади после удаления дистального конца локтевой. Здесь можно видеть дистальную поверхность лучевой кости 1 и трехгранную кость 2, соседствующую с гороховидной 3 (другие кости запястья на этом рисунке отсутствуют). Трехгранная и лучевая кости соединены двумя лучетрехгранными связками - передней 4 и задней 5, которые образуют «**трехгранную петлю**», тянущую трехгранную кость кверху и кнутри. Они также оказывают очень большое влияние на собственные движения костей запястья при отведении кисти, о чем будет сказано дальше.

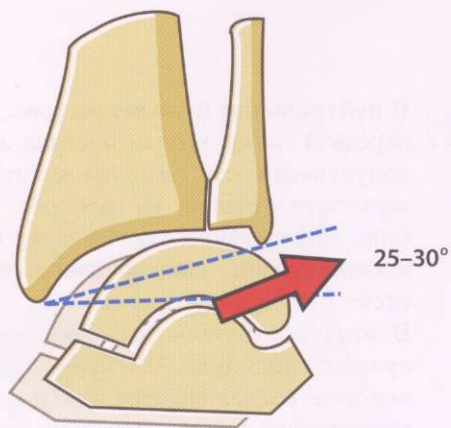


Рис. 30

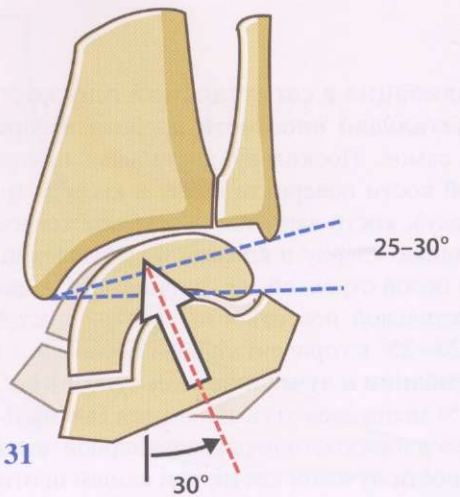


Рис. 31

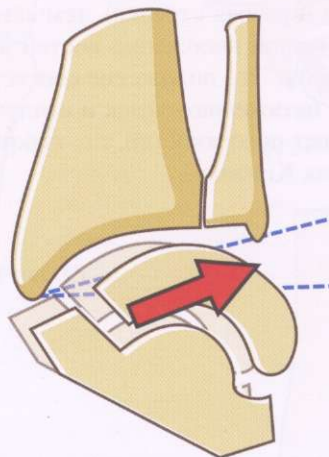


Рис. 32

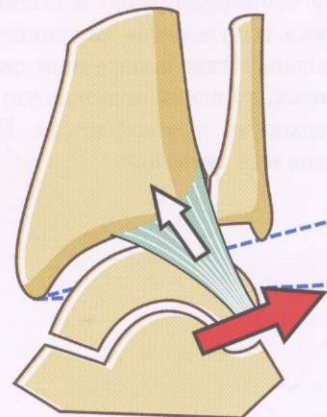


Рис. 33

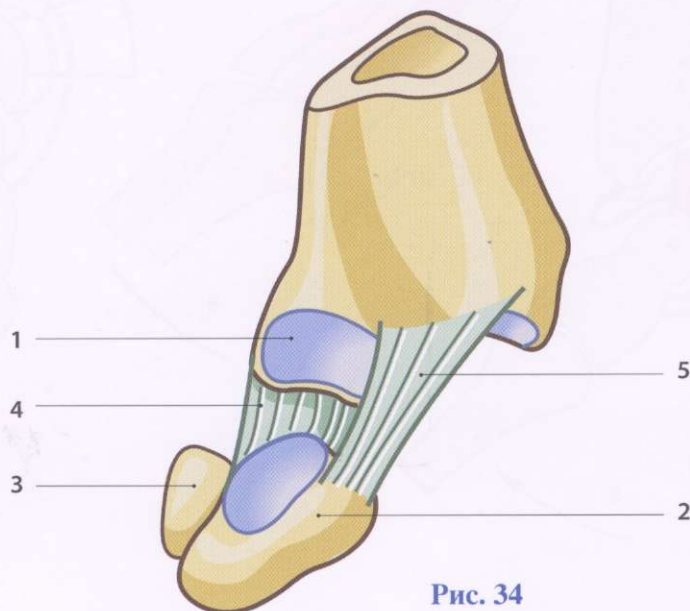


Рис. 34

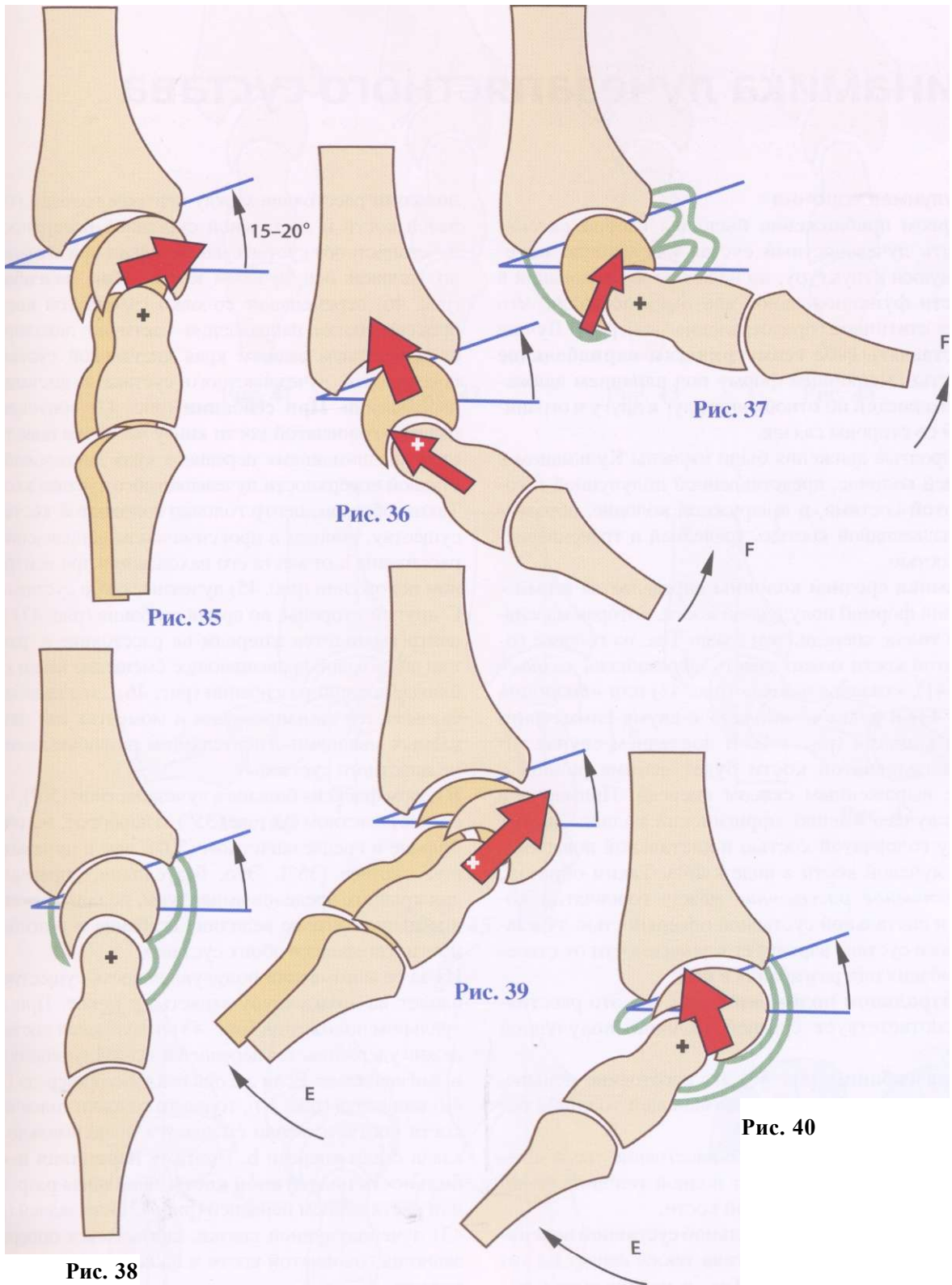
Стабилизация в сагиттальной плоскости

В **сагиттальной плоскости** происходит примерно то же самое. Поскольку дистальная поверхность лучевой кости повернута книзу и кпереди (рис. 34, вид сбоку), кости запястья проявляют тенденцию к скольжению кверху и кпереди в направлении, показанном белой стрелкой, т.е. в плоскости, параллельной дистальной поверхности лучевой кости и под углом 20- 25° к горизонтальной плоскости.

При сгибании в лучезапястном суставе на 30-40° (рис. 35) мышечная тяга стремится сместить кости запястья в плоскости перпендикулярной дистальной поверхности лучевой кости, тем самым противодействуя указанному выше смещению и стабилизируя их. «Задняя стяжка полумесяца» (лучеполулунный тяж) и проксимальный тяж поперечной связки запястья натягиваются, сближая полулунную кость и дистальную поверхность лучевой кости. Передние связки расслаблены и не активны.

В нейтральном положении (рис. 37) тяга задней и передней связок сбалансирована, в результате чего полулунная кость тесно прилежит к дистальной поверхности лучевой. **И**, наоборот, **при разгибании** (рис. 38) тенденция костей запястья к смещению в проксимальном направлении и кпереди усиливается.

В этих обстоятельствах роль связок становится существенной (рис. 39), причем не столько задних, натягивающихся пропорционально амплитуде разгибания. Их глубокие поверхности смещают полулунную кость и головку головчатой кости проксимально и кзади (красная стрелка), тем самым восстанавливая правильное положение костей запястья и стабилизируя их. Это положение соответствует максимальному натяжению связок и наилучшей кооптации суставных поверхностей, т.е. «закрытому положению» по Мак Конэллу.



Динамика лучезапястного сустава

Полулунная колонна

В первом приближении было бы удобно рассматривать лучезапястный сустав как единую неменяющуюся структуру, но недавние исследования в области функциональной анатомии показали, что такое статичное представление неверно. Лучше представлять себе **геометрически переменное запястье**, меняющее форму под влиянием движений его костей по отношению друг к другу и ограничений со стороны связок.

Эти простые движения были изучены Кульманом в средней колонне, представленной полулунной и головчатой костями, и в наружной колонне, образуемой ладьевидной костью, трапецией и трапециевидной костью.

Динамика средней колонны определяется асимметричной формой полулунной кости, которая массивней и толще спереди, чем сзади. Так, на головке головчатой кости может сидеть «фригийский колпак» (рис. 41), «казахья шапка» (рис. 42) или «тюрбан» (рис. 43) и редко - «шапка» с двумя симметричными концами (рис. 44). В последнем случае головка головчатой кости будет асимметричной с более выраженным скосом кпереди. Примерно в 50% случаев именно «фригийский колпак» лежит между головчатой костью и дистальной поверхностью лучевой кости в виде клина. Таким образом, *эффективное расстояние* между головчатой костью и дистальной суставной поверхностью лучезапястного сустава варьирует в зависимости от степени сгибания или разгибания в нем.

В нейтральном положении (рис. 45) это расстояние соответствует средней толщине полулунной кости.

При разгибании (рис. 46) это расстояние меньше, поскольку соответствует наименьшей толщине полулунной кости.

При сгибании (рис. 47) это расстояние увеличивается, так как соответствует полной толщине самой массивной части полулунной кости.

Однако **скошенность дистальной суставной поверхности лучезапястного сустава** также влияет на это эффективное расстояние. Так, **в нейтральном по-**

ложении расстояние между центром головки головчатой кости и дистальной суставной поверхностью лучезапястного сустава максимально при измерении по длинной оси лучевой кости. **При разгибании** (рис. 46) перемещение головки головчатой кости в проксимальном направлении частично нивелируется опусканием заднего края дистальной суставной поверхности лучезапястного сустава в дистальном направлении. **При сгибании** (рис. 47) «опускание» головки головчатой кости книзу частично нивелируется «подниманием» переднего края дистальной суставной поверхности лучезапястного сустава кверху. Таким образом, центр головки головчатой кости, по существу, смещен в проксимальном направлении на расстояние **h** от места его нахождения при нейтральном положении (рис. 45) лучезапястного сустава.

С другой стороны, во время сгибания (рис. 47) этот центр **смещается кпереди** на расстояние **a**, равное или даже вдвое превышающее смещение кзади **г**, наблюдаемое при разгибании (рис. 46). Это неизбежно сказывается на напряжениях и моментах сил, развиваемых мышцами-сгибателями и разгибателями лучезапястного сустава.

В целом флексия больше в лучезапястном (50°), чем в среднезапястном суставе (35°), и наоборот, экстензия больше в среднезапястном (50°), чем в лучезапястном суставе (35°). Это, безусловно, справедливо для крайних пределов амплитуды, но при движениях в меньшем объеме величина сгибания и разгибания почти одинакова в обоих суставах.

Из-за ее асимметрии полулунная кость существенно влияет на архитектуру запястья в покое. При нейтральном положении (рис. 48) полулунная кость надежно удерживается передней и задней лучеполулунными связками. Если же она наклонена кпереди (рис. 49) или кзади (рис. 50), то центр головки головчатой кости соответственно смещается проксимально **e** и кзади **с** или кпереди **Б**. Поэтому **первичная нестабильность полулунной кости**, вызванная разрывом или растяжением передней (рис. 42) или задней (рис. 43) лучеполулунной связки, сказывается опосредованно на головчатой кости и на всем лучезапястном суставе.

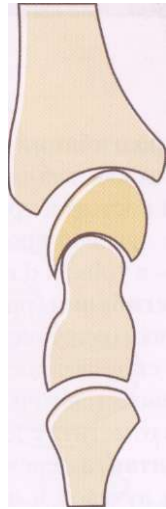


Рис. 41

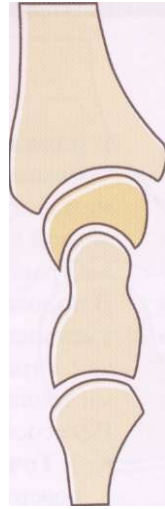


Рис. 42

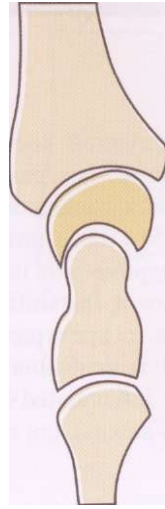


Рис. 43

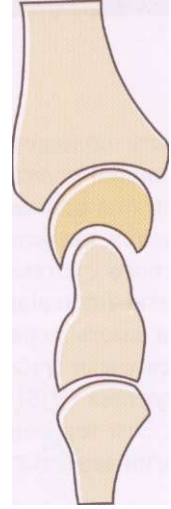


Рис. 44

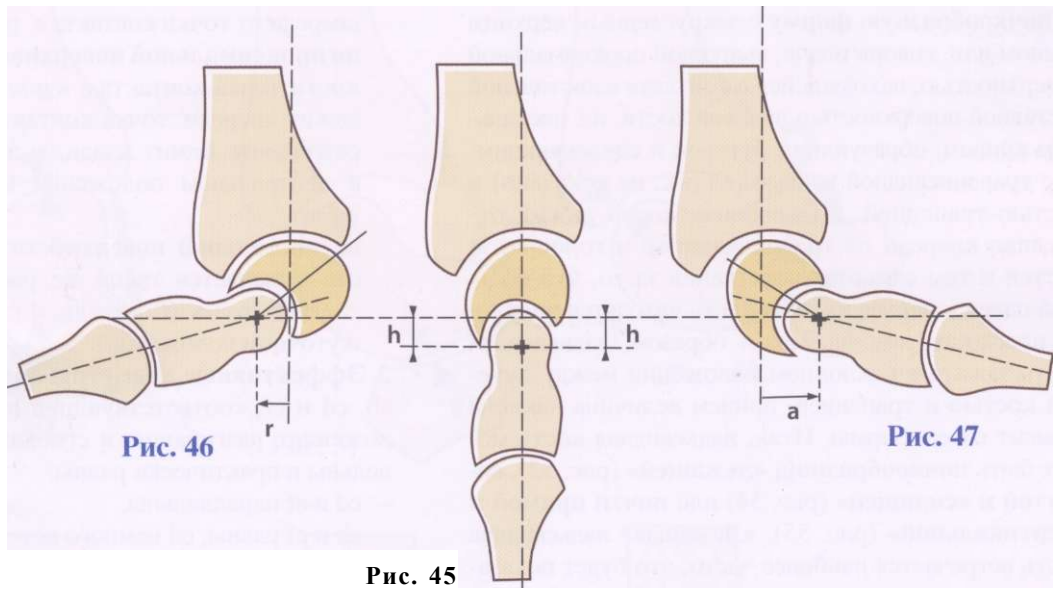


Рис. 46

Рис. 45

Рис. 47

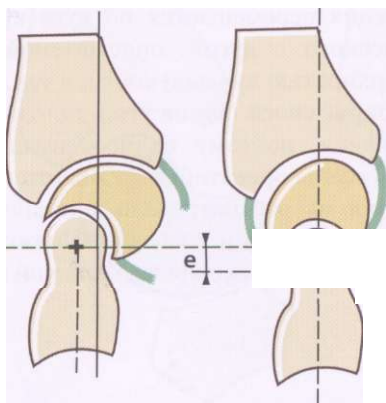


Рис. 102

Рис. 103

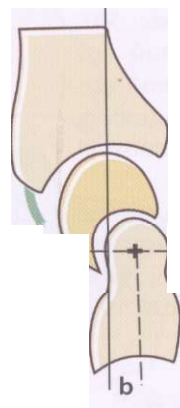


Рис. 50

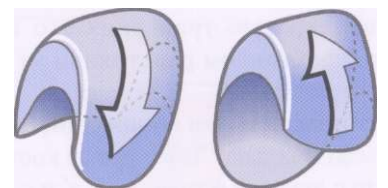


Рис. 51

Рис. 52

Стабильность положения полулунной кости зависит от ее связей с ладьевидной и трехгранной костями. Если она отрывается от ладьевидной кости, то наклоняется кпереди (рис. 51) из-за разгибания лучезапястного сустава. В Америке это называют DISI - Dorsal Intercalated Segment Instability. Если полулунная кость теряет связь с трехгранной, то наклоняется кзади (рис. 52) из-за сгибания лучезапястного сустава (VISI - Volar Intercalated Segment Instability). Эти термины очень важны для объяснения патологии запястья.

Ладьевидная колонна

Форма и пространственная ориентация ладьевидной кости определяют динамику наружной колонны запястья. Ладьевидная кость (рис. 53, вид сбоку) имеет **почкообразную форму** с закругленным верхним концом или, говоря иначе, выпуклой проксимальной поверхностью, находящейся в контакте с дистальной суставной поверхностью лучевой кости, и с дистальным концом, образующим бугорок и сочленяющимся с трапециевидной костью (на рис. не показано) и костью-трапецией. Ладьевидная кость лежит отчетливо кпереди от трапециевидной и головчатой костей и тем самым ответственна за то, что большой палец и первая пястная кость находятся кпереди от плоскости ладони. Таким образом, ладьевидная кость зажата в наклонном положении между лучевой костью и трапецией, причем величина наклона зависит от ее формы. Итак, ладьевидная кость может быть **почкообразной**, «лежащей» (рис. 53), **согнутой** и «сидящей» (рис. 54) или **почти прямой** и «вертикальной» (рис. 55). «Лежащая» ладьевидная кость встречается наиболее часто, что будет показано на схемах.

Из-за ее вытянутой формы ладьевидная кость имеет длинный диаметр и короткий диаметр (рис. 56), которые вариabельно связаны с дистальной поверхностью лучевой кости и проксимальной поверхностью трапеции. Это ведет к вариациям в эффективном расстоянии между лучевой костью и трапецией.

В нейтральном положении (рис. 57) это расстояние максимально. Ладьевидная кость находится в контакте с лучевой в точках **a** и **a'** и с трапецией - в точках **b** и **g** посередине проксимальной поверхности трапеции.

В положении разгибания (рис. 58) это расстояние уменьшается, так как ладьевидная кость оказывается между лучевой костью и трапецией. Контакт ладьевидной кости с лучевой происходит в точках **c** и **c'**, а с трапецией - в точках **d** и **g**.

В положении сгибания (рис. 59) расстояние также уменьшается, поскольку ладьевидная кость «ложится», а трапеция скользит кпереди. Теперь контактными точками становятся точки **e** и **e'**, **f**, **g**.

Целесообразно отметить следующее.

- 1. **Точки контакта** перемещаются по дистальной поверхности лучевой и ладьевидной костей (рис. 60):
 - **на лучевой кости** точка контакта при разгибании **c'** лежит кпереди от точки контакта **a'** в нейтральном положении, и обе они находятся кпереди от точки контакта **e'** при сгибании;
 - **на проксимальной поверхности ладьевидной кости** точка контакта **e** в положении сгибания лежит кпереди, точка контакта **c** в положении разгибания лежит кзади, и точка контакта **a** в нейтральном положении находится между ними;
 - **на дистальной поверхности** ладьевидной кости отмечается такое же расположение контактных точек (**f** спереди, **d** сзади и **b** в промежуточном положении).
- 2. **Эффективные диаметры ладьевидной кости** **ab**, **cd** и **ef**, соответствующие нейтральному положению, разгибанию и сгибанию, почти параллельны и практически равны:
 - **cd** и **ef** параллельны,
 - **ab** и **ef** равны, **cd** немного короче.
- 3. **Смещение кости-трапеции относительно лучевой кости** (рис. 61). При сгибании **F** и разгибании **E** из нейтрального положения **R** трапеция перемещается по дуге круга концентрического с дугой, описываемой дистальной поверхностью лучевой кости, и также ротируется вокруг своей оси на угол, почти равный углу смещения, поэтому ее проксимальная поверхность всегда ориентирована к центру круга **C**.

До сих пор мы рассматривали сочетанные движения ладьевидной кости и трапеции. Позже мы опишем изолированные движения ладьевидной кости.

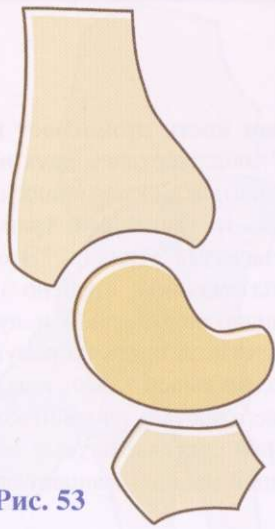


Рис. 53

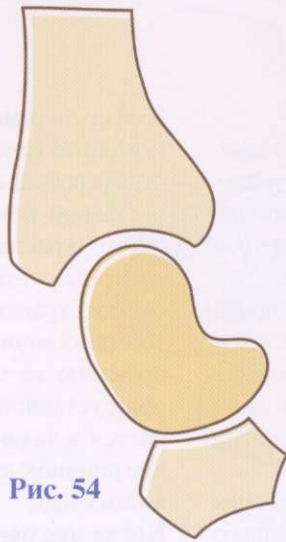


Рис. 54

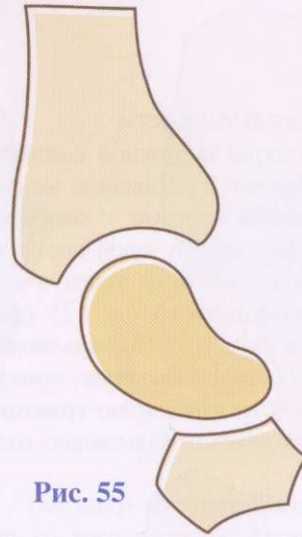


Рис. 55

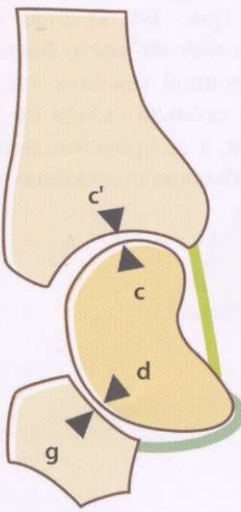


Рис. 58

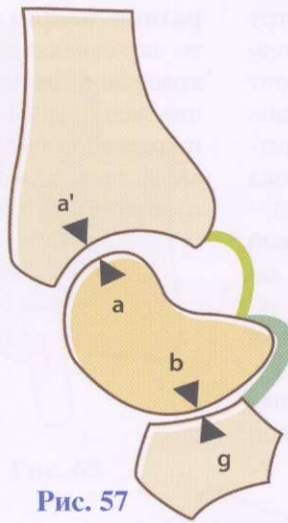


Рис. 57

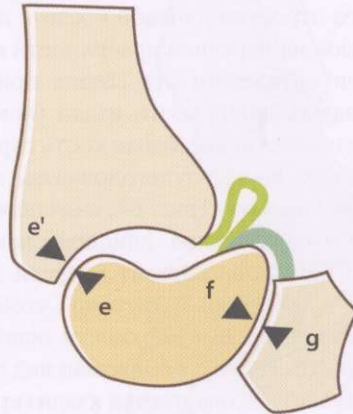


Рис. 59

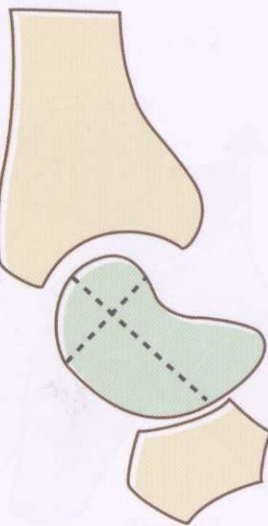


Рис. 56

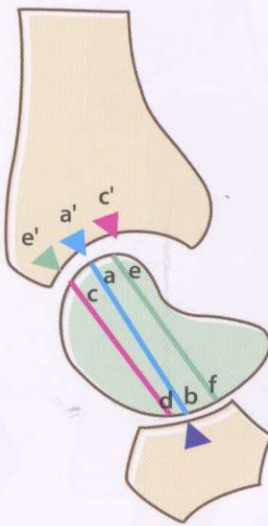


Рис. 60

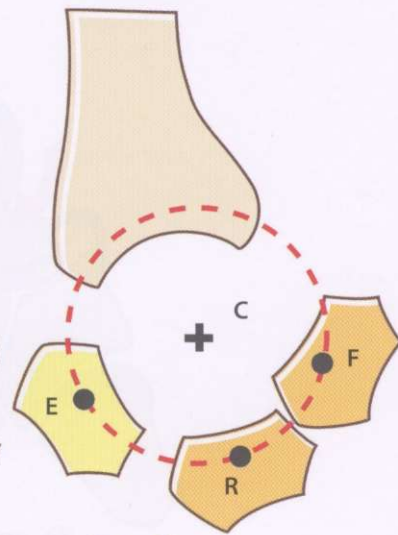


Рис. 61

Движения ладьевидной кости

Расположенная в пазухе наружной колонны ладьевидная кость подвергается сдавлению между трапецией и трапециевидной костями, с одной стороны, и суставной поверхностью лучевой кости, с другой стороны, так что она уходит под лучевую кость.

Первый фактор стабильности (рис. 62)-соединение с трапецией посредством трапецо-ладьевидной связки, которая имеет большое значение; прикрепление к трапециевидной кости ладьевидно-трапециевидной связкой и к головчатой кости ладьевидно-головчатой связкой.

Второй фактор стабильности (рис. 63) - мощная лучеголовчатая связка, которая идет от переднего края шиловидного отростка лучевой кости к центру расхождения связок на передней поверхности головчатой кости. При натяжении эта связка приводит нижний полюс ладьевидной кости кзади (показано стрелкой). При сгибании ладьевидная кость стремится уйти под лучевую кость, лучеголовчатая связка препятствует этому наклону (рис. 64, вид спереди).

Третий фактор - сухожилие длинной ладонной мышцы (рис. 65), которое скользит кпереди от ладьевидной кости в фиброзный футляр, чтобы зафиксироваться на передней поверхности основания второй пястной кости. На рис. 66 показан вид сбоку, когда ладьевидная кость отодвигается кзади (красная стрелка), благодаря сокращению сухожилия длинной ладонной мышцы (зеленая стрелка).

Когда ладьевидная кость принимает положение сгибания (рис. 67) под действием двух пястных костей (красная стрелка), ее нижний полюс скользит по суставной поверхности трапеции и трапециевидной кости (красная изогнутая стрелка). Это движение контролируется натяжением трапецо-ладьевидной связки, трапециевидно-ладьевидной и лучеголовчатой (просвечивают сквозь кость на рисунке). Одновременно ее проксимальный конец поворачивается под суставной поверхностью лучевой кости и упирается в задний край сустава. К тому же сокращение длинной ладонной мышцы смещает ладьевидную кость кзади.

Когда две первые пястные кости действуют в обратном направлении (рис. 68, красная стрелка), то ладьевидная кость встает на место благодаря сокращению длинной ладонной мышцы; так, основание ладьевидной кости скользит кзади по трапеции и трапециевидной кости, а ее проксимальный конец вновь возвращается в обычное положение в полости лучезапястного сустава.

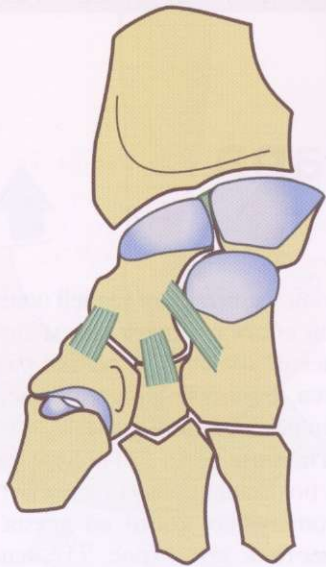


Рис. 62

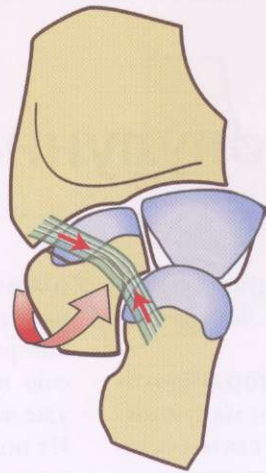


Рис. 64

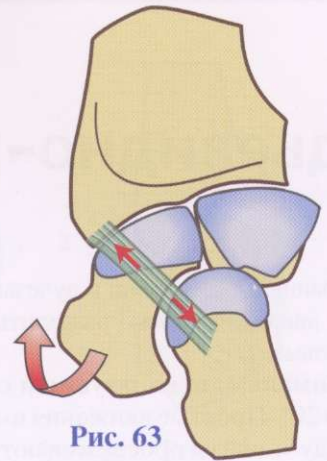


Рис. 63

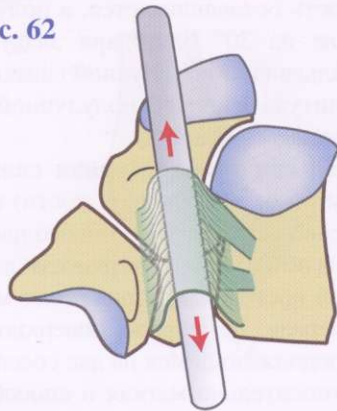


Рис. 65

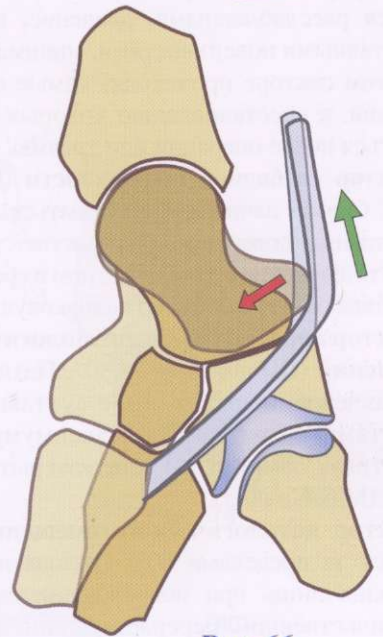


Рис. 66

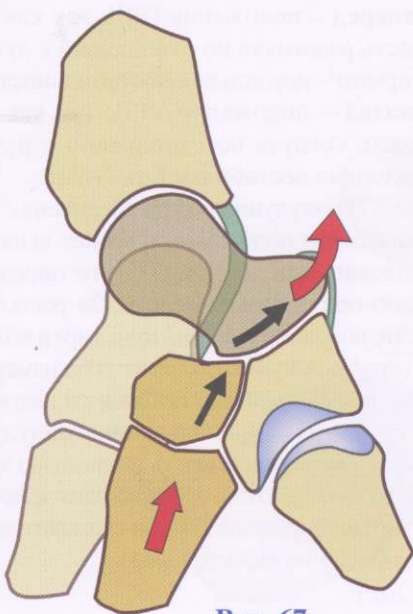


Рис. 67

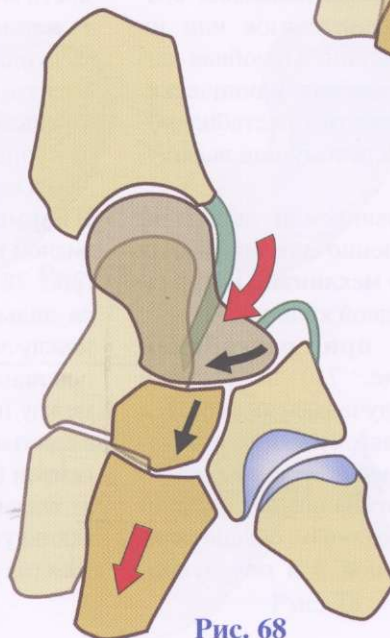


Рис. 68

Ладьевидно-полулунная пара

При сгибании и разгибании в лучезапястном суставе (рис. 69) движения можно разделить на четыре сектора (Кульман).

- **Максимально используемый сектор (I)** доходит до 20°. Простые движения имеют малую амплитуду и плохо прослеживаются, связки остаются расслабленными, давление, испытываемое суставными поверхностями, минимально. Именно в этом секторе происходят самые основные движения, к восстановлению которых следует стремиться после операции или травмы.
- **Сектор свободной подвижности (II)** доходит до 40°. Связки начинают натягиваться, и давление на суставные поверхности возрастает. До этого момента движения в лучезапястном и среднезапястном суставе имеют примерно одинаковую амплитуду.
- **Сектор нарастающего физиологического ограничения (III)** доходит до 80°. Натяжение связок и давление, испытываемое суставными поверхностями, возрастают до максимума, постепенно достигая замкнутого или «закрытого» положения (Мак Конэлл).
- **Сектор патологического смещения (IV)** находится за пределами 80°. Отсюда движения возможны лишь при повреждении связок или их насильственном перерастяжении. Подобная ситуация, часто не обнаруживаемая клинически, может в конечном счете привести к нестабильности запястья и вторичному перелому или вывиху, о чем пойдет речь позже.

Такое представление об ограничении движений и замыкании сустава существенно для понимания **асинхронности замыкающего механизма при разгибании** полулунной и ладьевидной колонн.

По существу, **замыкание при разгибании ладьевидной колонны** (рис. 71) вследствие максимального натяжения лучеладьевидной 1 и ладьевидно-трапециевидной 2 связок и зажимания ладьевидной кости между трапецией и лучевой костью происходит ранее, чем при разгибании полулунной колонны (рис. 70), где этот механизм обеспечивается натяжением лучеполулунной 3 и полулунно-

головчатой 4 связок и контактом задней поверхности шейки головчатой кости с задним краем дистальной поверхности лучевой кости. Тем самым разгибание еще продолжается в полулунной колонне, будучи уже заблокированным в ладьевидной.

Из положения **сгибания** (рис. 72, полулунная и ладьевидная кости показаны сбоку) сначала (рис. 73) ладьевидная и полулунная кости во время экстензии движутся вместе, а затем (рис. 75) ладьевидная кость останавливается, а полулунная перемещается еще на 30° благодаря эластичности межкостной ладьевидно-полулунной связки. Таким образом, амплитуда движения полулунной кости (S) на 30° больше ладьевидной (s).

Ладьевидно-полулунная связка (рис. 76, вид изнутри от ладьевидной кости) изображена преувеличенно вытянутой (розового цвета) и прозрачной (L); она объединяет поверхности ладьевидной и полулунной костей. Сзади она более мощная и толстая, чем впереди. Ее верхняя поверхность покрыта хрящом, продолжающимся на две соседние кости. Эта связка относительно мягкая и способна вращаться по оси X (рис. 76). В отличие от ладьевидной, полулунная кость способна выполнять следующие движения:

- **наклон вперед** - положение DISI, так как полулунная кость разогнута по отношению к лучевой, отсюда термин - дорзальная нестабильность;
- **наклон назад** - положение VISI, так как полулунная кость согнута по отношению к лучевой, отсюда ладонная нестабильность (volar).

В норме (рис. 77) полулунная кость соединена с ладьевидной в правильном положении и может выполнять (рис. 78) движения амплитудой 30°, что определяется **ладьевидно-полулунным углом**. Он расположен между ладьевидной линией (синий пунктир) и полулунной линией (красный пунктир). Этот угол измеряется между положениями крайнего сгибания и разгибания запястья. В случае разрыва **ладьевидно-полулунной связки** (рис. 79) полулунная кость полностью западает вперед в положении DISI, что приводит к исчезновению угла. Обычно, равный 60°, он становится нулевым (на рис. обе линии параллельны).

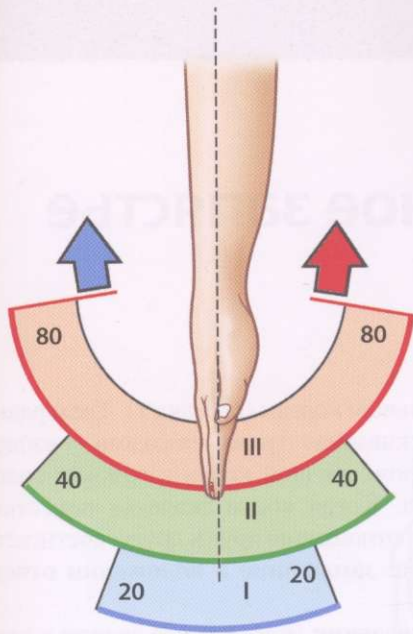


Рис. 69

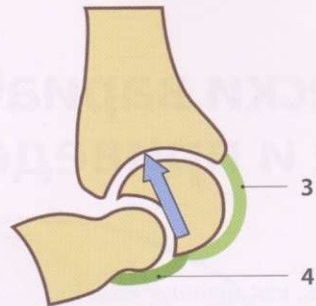


Рис. 70

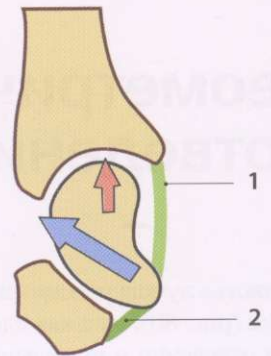


Рис. 71

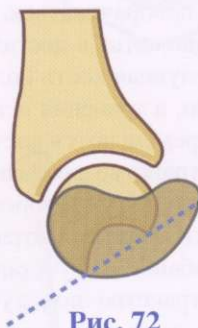


Рис. 72



Рис. 73

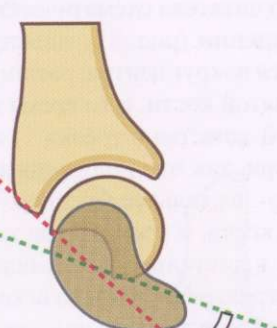


Рис. 74

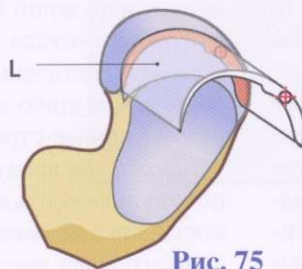


Рис. 75

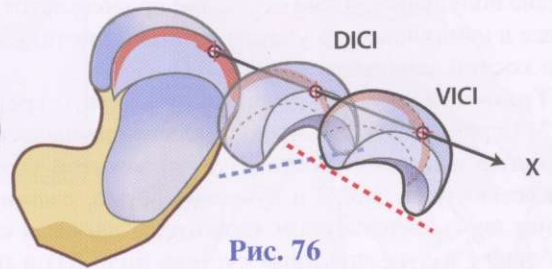


Рис. 76

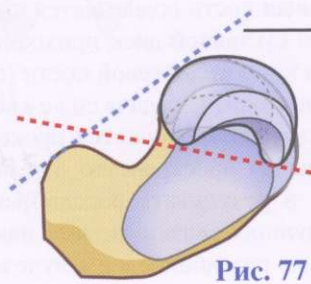


Рис. 77

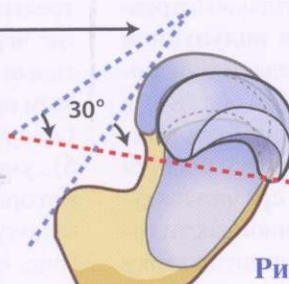


Рис. 78

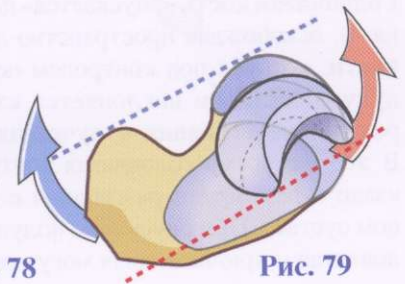


Рис. 79

Геометрически вариабельное запястье (отведение и приведение)

Запястье лучше рассматривать, как *мешок с камешками* (рис. 80), а не как единую структуру, особенно при отведении и приведении, когда его форма меняется вследствие взаимодействия между костями и натяжения, развиваемого связками. Это можно хорошо видеть при изучении переднезадних рентгенограмм лучезапястного сустава в положении отведения и приведения кисти. На них и основаны предлагаемые вниманию читателя схематические рисунки.

При отведении (рис. 81) запястье в целом сначала ротируется вокруг центра, расположенного на головке головчатой кости, в то время как проксимальный ряд костей запястья (стрелка 1) перемещается вверх и кнутри, так что полулунная кость оказывается несколько дистальнее нижнего суставного конца локтевой кости, а трехгранная кость отходит от полулунной в дистальном направлении. Но это перемещение трехгранной кости вскоре контролируется внутренней коллатеральной связкой лучезапястного сустава I и в наибольшей степени - «трехгранной петлей» F. Будучи остановленной таким образом, трехгранная кость, в свою очередь, блокирует движение полулунной. Если отведение продолжается, то далее в нем принимает участие только дистальный ряд костей запястья.

- **Трапеция и трапециевидная кость** (стрелка 2) перемещаются в проксимальном направлении ближе к лучевой кости. Будучи зажатой между костью-трапецией 2 и лучевой костью, ладьевидная кость опускается и «ложится», вызывая сгибание f в лучезапястном суставе (рис. 83) и разгибание e в среднезапястном.
- **Головчатая кость** «опускается» дистально (стрелка 4), освобождая пространство для **полулунной кости**, которая под контролем передней лучеполулунной связки наклоняется кзади (рис. 84) в результате сгибания в лучезапястном суставе. В это же время головчатая кость перемещается кзади в результате разгибания e в среднезапястном суставе. При опускании полулунной кости головчатая и крючковидная могут скользить вверх

к проксимальным костям (стрелка 1). Трехгранная кость, удерживаемая тремя связками, «взбирается» по крючковидной кости к головке головчатой кости. Когда кости запястья перестают двигаться по отношению друг к другу, достигается фиксация или **замыкание в положении отведения**.

Во время приведения (рис. 82) все запястье начинает поворачиваться, но на сей раз проксимальный ряд движется в дистальном направлении и кнаружи. Полулунная кость полностью соскальзывает под лучевую, а трапеция и трапециевидная кость (стрелка 1) перемещаются дистально, тем самым увеличивая пространство для ладьевидной кости. Последняя, испытывая тягу со стороны ладьевидно-трапециевидной связки, подтягивается (рис. 86) кпереди e, вызывая разгибание в лучезапястном суставе, и заполняет пространство под лучевой костью. Тем временем кость-трапеция скользит кпереди f под ладьевидной костью, вызывая сгибание в среднезапястном суставе. Поскольку «опускание» ладьевидной кости в дистальном направлении (стрелка 2) контролируется наружной коллатеральной связкой лучезапястного сустава E, то приведение продолжается только в дистальных костях, которые перемещаются по отношению к проксимальным следующим образом (черные стрелки): головка головчатой кости скользит под вогнутой поверхностью ладьевидной, полулунная кость скользит под головкой головчатой кости, пока не натолкнется на крючковидную кость, а трехгранная кость «опускается» дистально по наклонной поверхности крючковидной. В это же время трехгранная кость поднимается кпереди (стрелка 3), где через суставной диск приходит в контакт с дистальным концом локтевой кости (стрелка 4), тем самым происходит передача сил с кисти на предплечье. Головчатая кость движется проксимально (стрелка 5), уменьшая пространство для полулунной кости, которая в результате расслабления передней лучеполулунной связки может наклониться вперед (рис. 87) с разгибанием e в лучезапястном суставе.

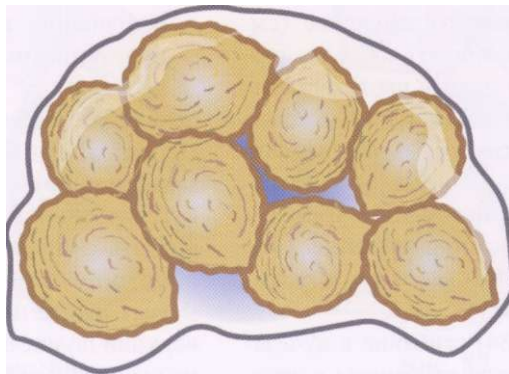


Рис. 80

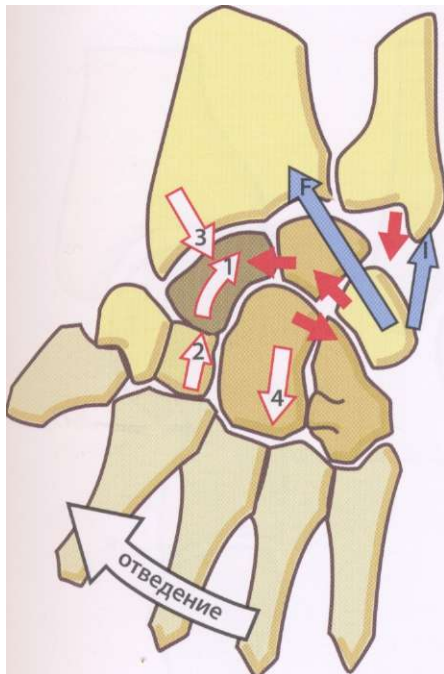


Рис. 81

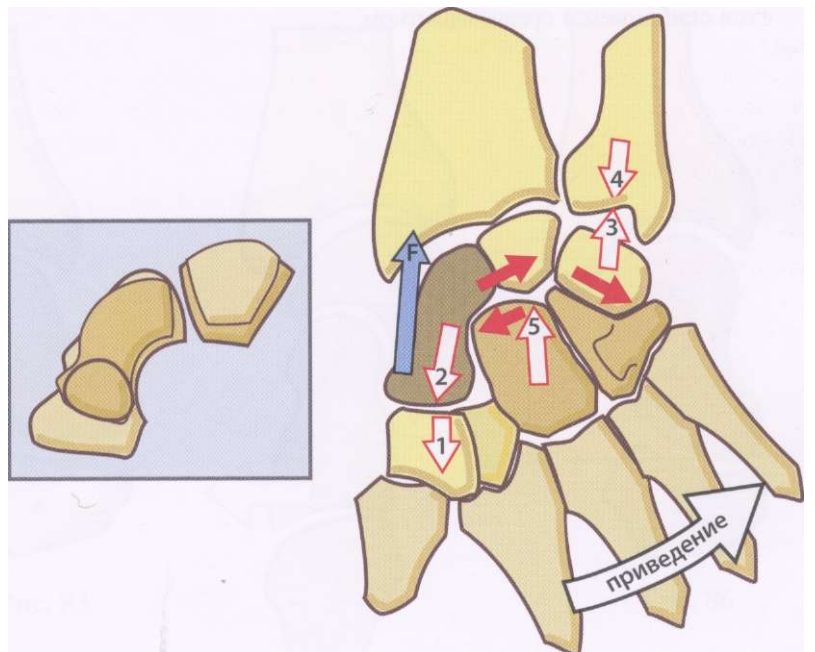


Рис. 82



Одновременно головчатая кость также перемещается кпереди со сгибанием в среднезапястном суставе f. Когда кости запястья перестают двигаться, наступает **замкнутое или закрытое положение в приведении.**

Суммируя сказанное, подчеркнем следующее (см. рисунок в рамке). Если сравнивать ладьевидно-полулунную пару в отведении (серый цвет) и приведении (белый цвет), то станет ясно, что положение обеих костей меняется в противоположном направлении. При отведении активная поверхность ладьевидной кости уменьшается, а полулунной увеличивается, а при приведении происходит обратное. Эти изменения являются результатом сгибания и разгибания в двух суставах запястья:

- **при отведении** (рис. 83 и 84) сгибание в лучезапястном суставе нивелируется сгибанием в среднезапястном;
- **при приведении** (рис. 85 и 86), наоборот, разгибание в лучезапястном суставе компенсируется сгибанием в среднезапястном.

Из сказанного можно сделать следующий логический вывод:

- **сгибание кисти связано с отведением в лучезапястном и приведением в среднезапястном суставах;**
- **разгибание кисти реализуется приведением в лучезапястном и отведением в среднезапястном суставах.**

Это подтверждается механизмом, описанным Хэнке. Что касается формы и положения **верхнего полюса крючковидной кости**, то серия рентгенологических исследований выявила, что эта кость в 71% случаев представляет собой маленькую фасетку в постоянном контакте с полулунной костью (рис. 87), что помогает лучше перераспределять нагрузку. В 29% ее верхний полюс заострен (рис. 88) и соприкасается с *полулунной костью* только при приведении.

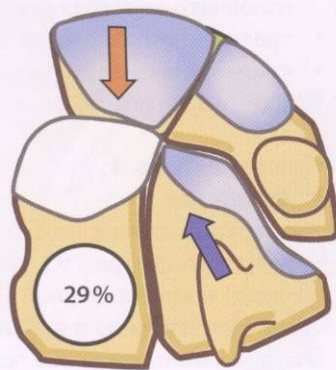


Рис. 88

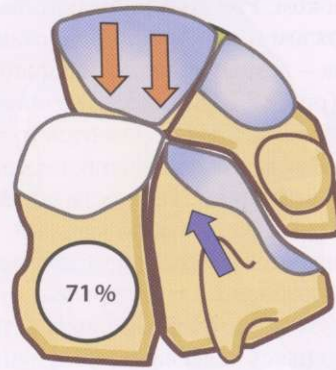


Рис. 87

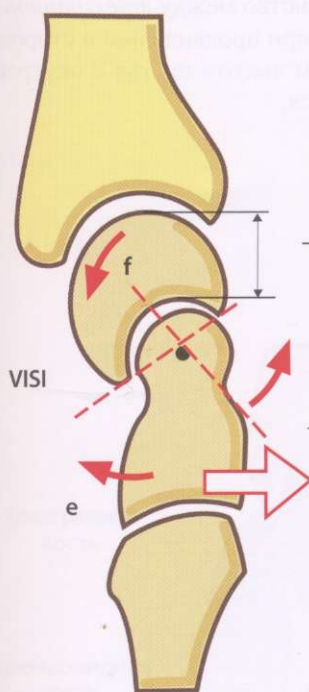


Рис. 84

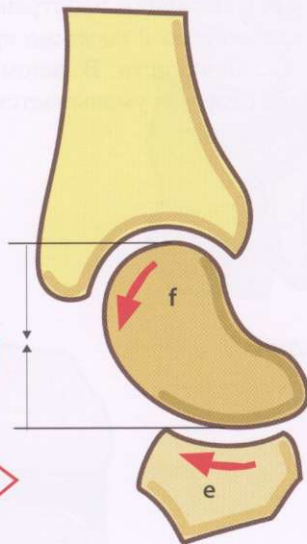


Рис. 83

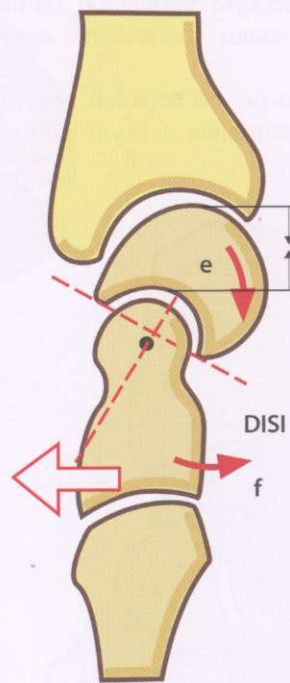


Рис. 85

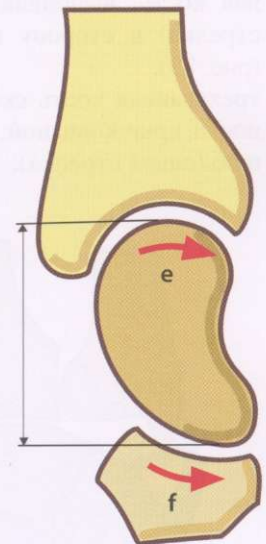


Рис. 86

Вставочный сегмент

Верхний (проксимальный) ряд костей пястья более подвижен, нежели дистальный ряд, являющийся практически моноблоком. Ряд этих костей вставлен между дистальным рядом и лучеястным суставом, отсюда название ряда - вставочный, вклинившийся. К костям этого ряда (рис. 89, вид спереди) не прикрепляются никакие мышцы, и они подвергаются только давлению со стороны соседних элементов, передающемуся по межкостным связкам. Три кости вставочного ряда перемещаются при сгибании (рис. 90, вид сбоку), что обеспечивается натяжением ладонных межкостных связок (двойная желтая стрелка) лучеястной дорсальной связкой (двойная синяя стрелка). Кроме того, соединяясь ладьевидно-полулунной связкой снаружи и трехгранно-полулунной связкой изнутри, три кости вставочного ряда выполняют не совсем покачивание, а следующие движения:

- ладьевидная кость наклоняется тем больше, чем в более согнутом положении находится полулунная кость, выполняя легкую пронацию (синяя стрелка) в сторону головки головчатой кости (рис. 89).
- трехгранная кость скользит по верхней поверхности крючковидной, выполняя легкую супинацию (синяя стрелка).

Ладонные связки приводят в движение трехгранную кость:

- внутренняя ветвь нижней V-образной связки, головчато-трехгранная связка 1;
- трехгранно-головчатая связка 2;
- крючковидно-трехгранная связка 3.

Также выделяют пирамидальную группу (Кульман):

- передний тяж 4:
- задний тяж 5.

Эта группа связок позволяет трехгранной кости «привинтиться» (рис. 92, вид сбоку, головчатая кость удалена) к крючковидной **Наш** и одновременно обеспечивает сгибание и супинацию (синяя стрелка).

Это движение еще более четко при приведении (рис. 93), когда *трехгранная мышца* супинирована под действием ладонных связок, особенно внутренней ветвью V-образной связки Пуарье (красная стрелка). В то же время расстояние между головкой локтевой кости и *трехгранной костью* уменьшается, равно как и свободное пространство между *трехгранной и крючковатой костями* при продвижении в сторону локтевой кости. В целом высота пястья с внутренней стороны уменьшается.

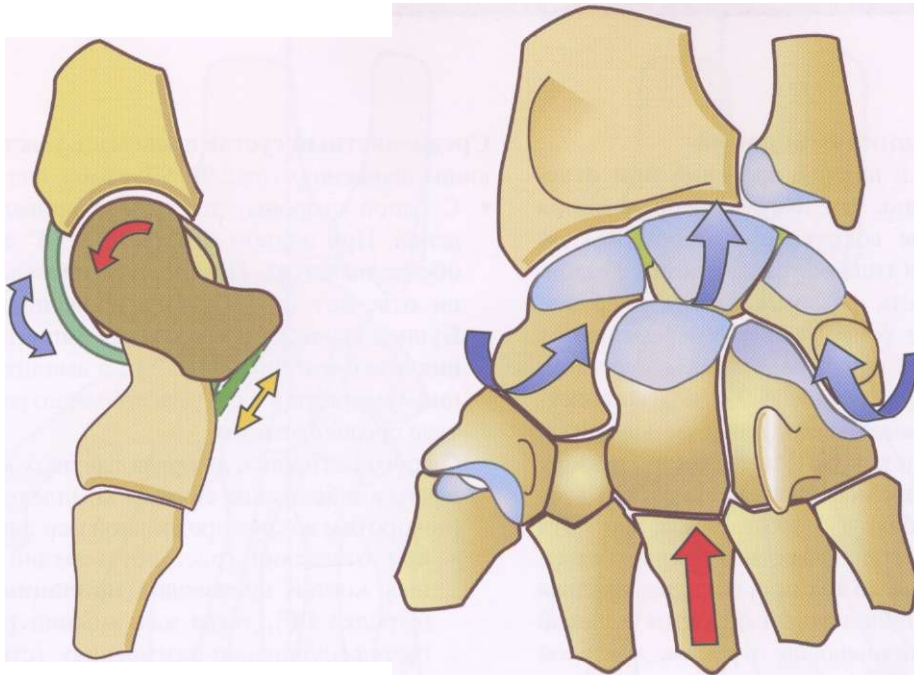


Рис. 90

Рис. 89

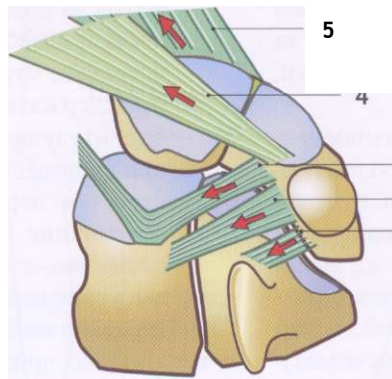


Рис. 91

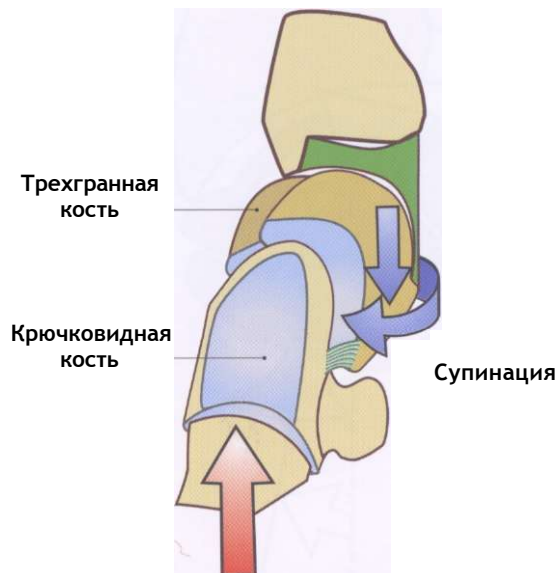


Рис. 92

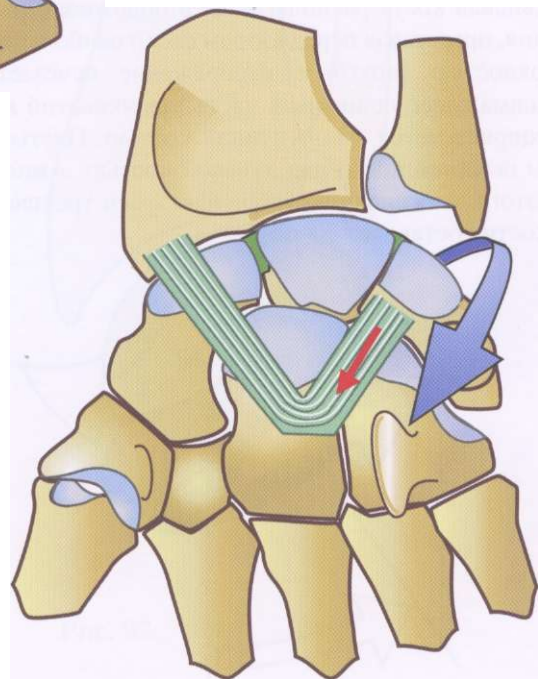


Рис. 93

Динамика приведения-отведения

На рентгенограмме в прямой проекции **при отведении** (рис. 94) видно, что пясть поворачивается в запястном суставе вокруг оси, расположенной между полулунной и головчатой костями (звездочка). Головчатая кость разворачивается кнаружи, а полулунная (более темного цвета) перемещается кнутри, располагаясь под лучелоктевым суставом. С внешней стороны ладьевидная кость наклоняется в положение сгибания, и ее высота уменьшается. Таким образом кости как бы «сминаются», и взору открывается кольцевидное изображение. Это вращение происходит вокруг определенной оси. Эта ось несколько сдвигается. Известно, что пясть разворачивается кнаружи до тех пор, пока ладьевидная кость не упрется в шиловидный отросток лучевой кости, ниже, чем шиловидный отросток локтевой кости. Таким образом, отведение более ограничено, чем приведение. С внутренней стороны пирамидная кость отстает от локтевой на 15 мм. **Амплитуда движения**, измеренная по оси трехпястной кости, составляет 15°.

При приведении (рис. 95) головчатая кость поворачивается кнутри, а полулунная кнаружи (более темного цвета), полностью проецируясь под лучевой костью. Тогда как пирамидальная кость поднимается почти вплотную к локтевой кости. В то же время ладьевидная кость располагается в положении разгибания, представляя перед взором своей наибольшей поверхностью (круговое изображение исчезает). Проксимальная удлиненная часть крючковатой кости соприкасается с полулунной костью. Пясть в целом остается четко под лучевой костью. Амплитуда этого движения по отношению к оси трехпястной кости составляет 30-45°.

Среднепястный сустав принимает участие в следующих движениях (рис. 96, 97: схема, вид спереди):

- С одной стороны, это основа приведения-отведения. При полном отведении в 15° этот сустав обеспечивает 8°. При полном приведении в 45°, он отвечает за 15° этого движения. Стерлинг Буннел вычислил, что полная амплитуда движения этого сустава равна 23°, а амплитуда движения лучеястного сустава примерно равна амплитуде среднепястного.
- С другой стороны, два ряда пястных костей приводятся в движение единым комплексным актом (поворотом вокруг продольной оси пястья):
 - при отведении (рис. 96) верхний ряд пястных костей производит **пронацию-сгибание** (стрелка PF), тогда как нижний ряд подвергается супинации-разгибанию (стрелка SE), которые уравнивают первые. Движение верхнего ряда слегка продвигает ладьевидную кость и позволяет ей избежать контакта с шиловидным отростком лучевой кости, или хотя бы задержать его. Это несколько увеличивает амплитуду приведения;
 - при приведении (рис. 97) движение происходит наоборот: верхний ряд производит **супинацию-разгибание** (стрелка SE), а нижний ряд - **пронацию-сгибание** (стрелка PF), что погашает движение верхнего ряда.

Эти движения малой амплитуды можно хорошо изучить только при скрупулезном рентгенографическом исследовании в крайних положениях.

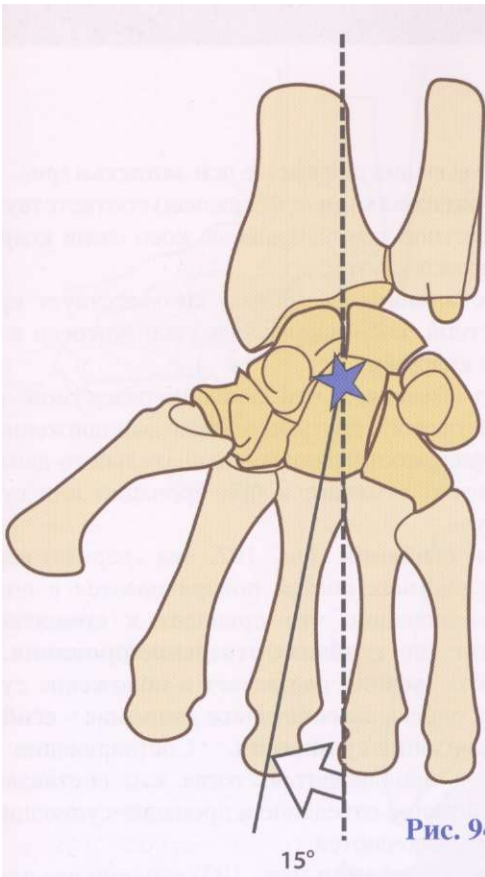


Рис. 94

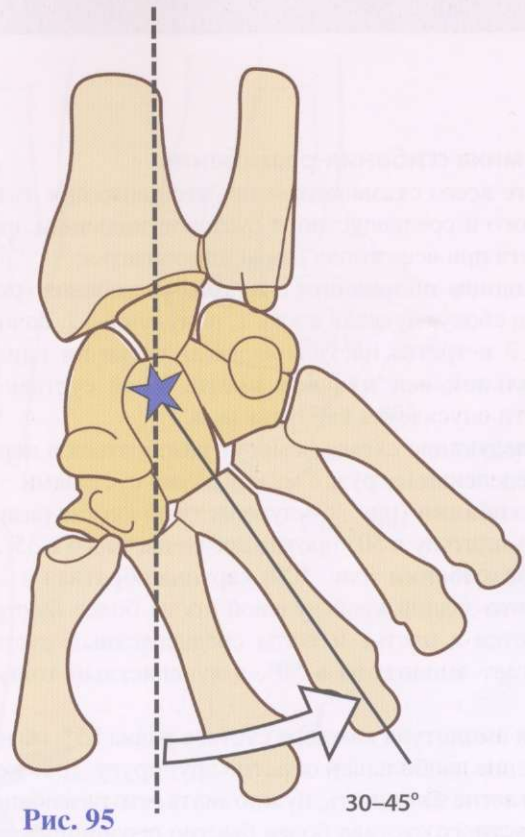


Рис. 95

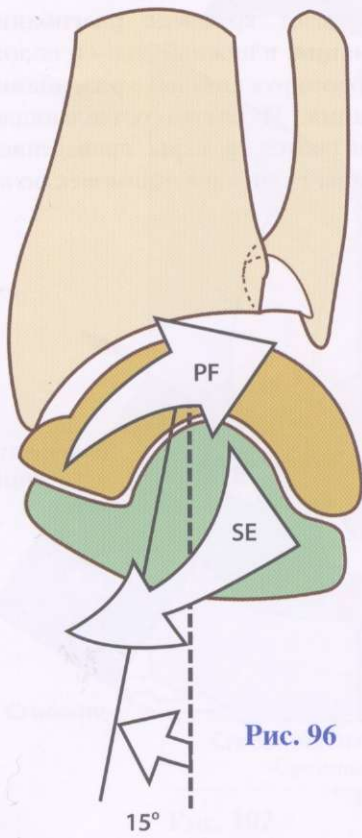


Рис. 96

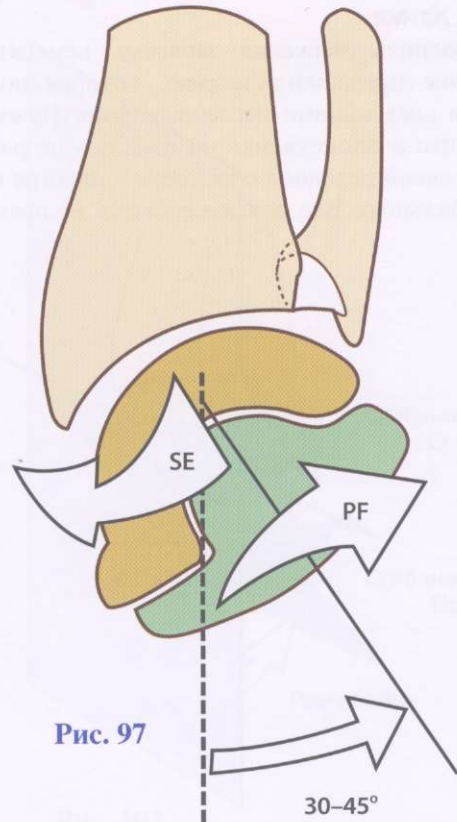


Рис. 97

Динамика сгибания-разгибания

В свете всего сказанного ясно, что движения луче-пястного и среднепястного суставов зависимы друг от друга при всех типах движения запястья.

В **исходном положении** сгибания-разгибания (рис. 98, вид сбоку) лучевая кость 1, полулунная 2, головчатая 3 и третья пястная 4 лежат четко **на одной продольной оси лучевой кости**. Край суставной полости опускается книзу и кзади.

Две следующие схемы помогут разобраться в перераспределении нагрузки между двумя суставами.

При сгибании (рис. 99) лучепястный сустав развивает амплитуду в 50° против среднепястного в 35° .

При разгибании (рис. 100) картина обратная из-за того, что задний край лучевой кости более быстро упирается в пястье и тогда среднепястный сустав достигает амплитуды в 50° , а лучепястный только 35° .

Общая амплитуда каждого сустава равна 85° , но направление наибольшей обратно друг другу. Для того чтобы легче запомнить, нужно знать, что разгибание лучепястного сустава более быстро ограничивается низким расположением заднего края.

Механизм Хэнке

Чтобы объяснить движения запястья, немецкий анатом Хэнке предложил теорию, которая подтверждается следующими исследованиями. Нужно запомнить, что в биомеханике ни одна ось не расположена в одной исходной плоскости и никогда не бывает стабильной. Все оси изменяются во время движения.

Хэнке выделил **две косые оси запястья** (рис. 101):

- **Проксимальная ось** (красная) соответствует луче-пястной оси, направлена косо сзади кпереди и снаружи кнутри.
- **Дистальная ось** (синяя) соответствует средне-пястной, косо направлена сзади кпереди и изнутри кнаружи.
- Это объясняет, что сгибание-разгибание всегда сочетается с другими элементами движения. Например, составляющая вращательного движения взаимно отменяется при пронации или супинации:
- **При сгибании** (рис. 102, вид спереди) верхний ряд пястных костей поворачивается в положение пронации, что приводит к комплексному движению **сгибание/отведение/пронация**. Тогда как нижний ряд встает в положение супинации, определяя сочетанное движение - **сгибание/приведение/супинация**. Составляющие сгибания прибавляются, тогда как составляющие приведение-отведение и пронация-супинация взаимоисключаются.
- **При разгибании** (рис. 103) верхний ряд пястных костей располагается в положении супинации, что создает комплекс **разгибание/отведение/супинация**, а нижний ряд - в положении пронации, формируя комплекс **разгибание/отведение/пронация**. И опять составляющие разгибания прибавляются, а пары приведение-отведение и пронация-супинация взаимоисключаются.

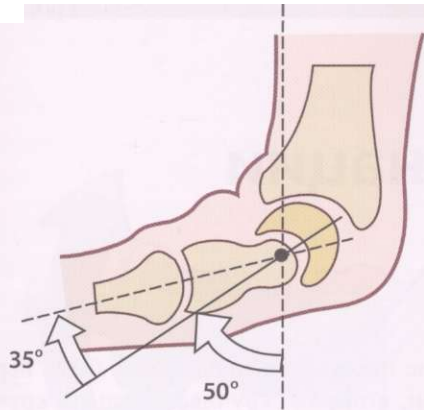


Рис. 99

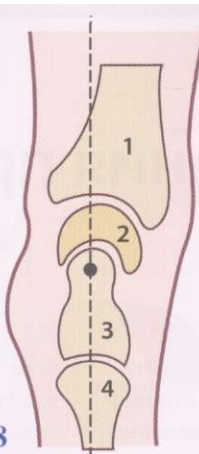


Рис. 98

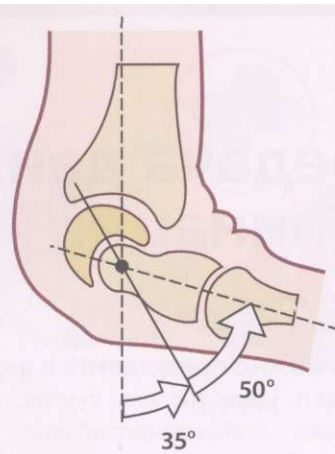


Рис. 100

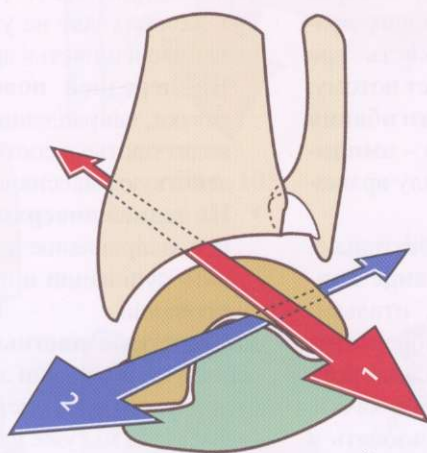


Рис. 101

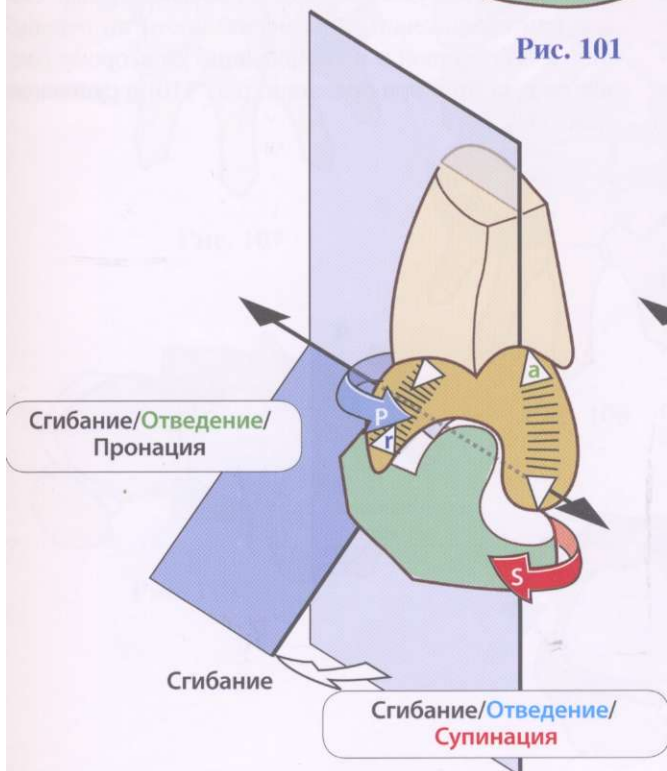


Рис. 102

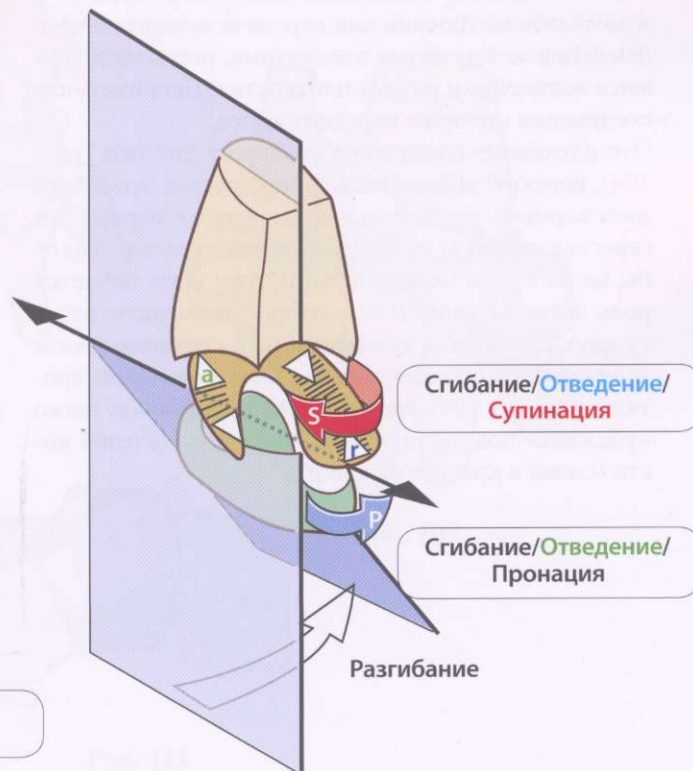


Рис. 103

Передача движения пронации и супинации

Запястье можно представить в виде кардана

Представлять запястье как сустав, осуществляющий только сгибание-разгибание и отведение-приведение, является большой ошибкой, которая уменьшает его значение в перераспределении вращательной нагрузки с предплечья на кисть при пронации-супинации. Эта ошибка возникает потому, что мы измеряем **амплитуду сгибания-разгибания и отведения-приведения**, но очень редко - **амплитуду пронации-супинации** и особенно силу вращения руки с упором.

Через запястье проходят две оси, следовательно, его можно **механически представить в виде кардана**. Джераламо Кардано (1501-1576), итальянский математик эпохи Возрождения, изобрел этот тип соединения для подвешивания компаса на борту корабля для избежания действия морской качки. Однако подобное соединение стали использовать и в автомобилестроении для передачи вращательного движения между двумя элементами, располагающимися нелинейно в разных плоскостях. Например, для соединения мотора и передних колес.

Это суставное соединение содержит **две оси** (рис. 104), перекрещивающиеся друг с другом, что позволяет передать вращательное движение с первой оси (красная стрелка) на вторую (синяя стрелка), каков бы ни был угол между ними. В этом и заключается роль запястья (рис. 105), которое совмещает работу двух суставов - лучеястного и среднепястного. Лучеястный сустав покрыт хрящом на малом протяжении (рис. 106), где **пястный хрящ** может легко «убежать» под суставную поверхность лучевой кости (синяя и красная стрелки).

Как усилие проносупинации может быть передано кисти руки, которая скручивает или раскручивает что-либо, прилагая при этом некоторую силу (синяя стрелка) (рис. 105)?

Тут же приходят на ум связки, соединяющие кости предплечья и пястья друг с другом.

- **На передней поверхности пястья** (рис. 107) связки, направленные косо вверх и кнаружи, приводят пястье в состояние супинации или противодействуют пассивной пронации пястья.
- **На задней поверхности пястья** (рис. 108) обратное направление связок будет противодействовать супинации и приводить пястье в положение пронации.

Межкостные пястные связки (рис. 109) противодействуют пронации и супинации. Это особо касается первого ряда пястных костей (рис. 110, 111, вид сверху), где мы уже наблюдали противодействие связок при скольжении ладьевидной кости по отношению к полулунной и по отношению ко второму ряду пястных костей при пронации (рис. 110) и супинации (рис. 111).

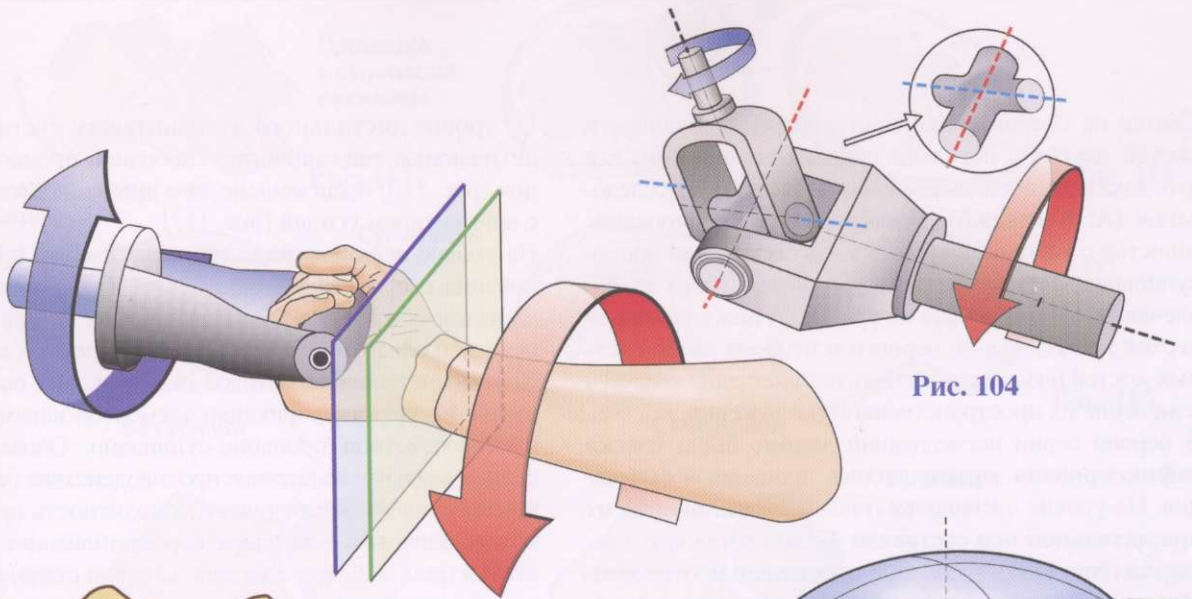


Рис. 104

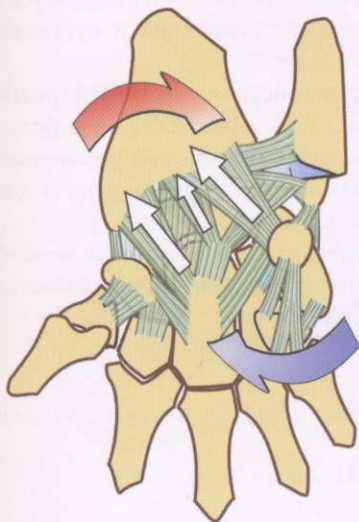


Рис. 107

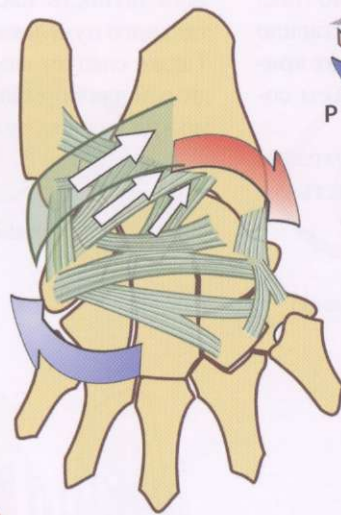


Рис. 108

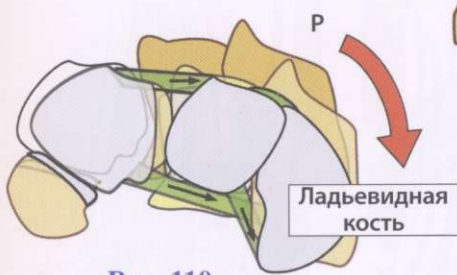


Рис. 110

Ладьевидная кость

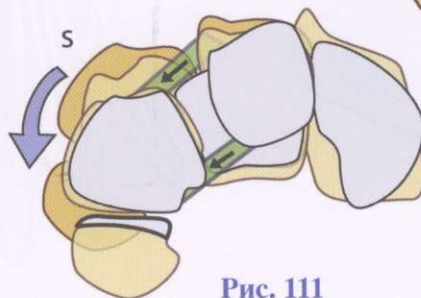


Рис. 111

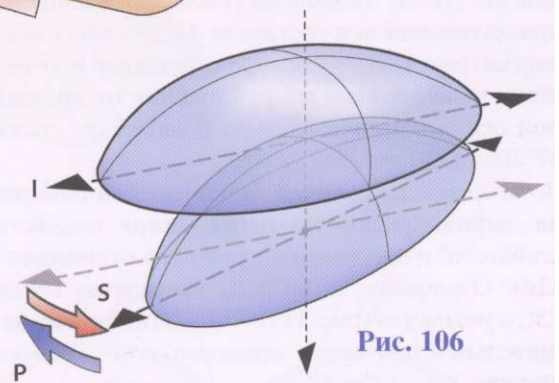


Рис. 106

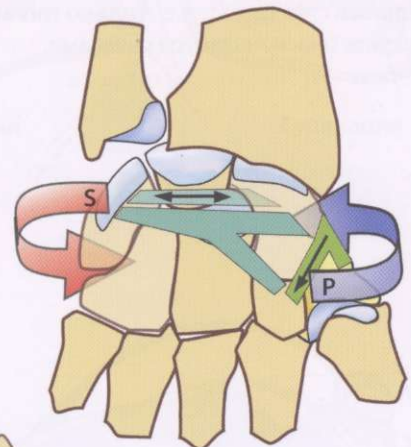


Рис. 109

Связки не обеспечивают достаточной сплоченности костей пястья и передачи пронации-супинации, как это доказали последние сканографические исследования (А. Капанджи). Производилось сканирование запястья с толщиной среза 5 мм в положении проносупинации, вовлекая мышцы-сгибатели и без их вовлечения. **Серия срезов** на уровне от нижних концов костей предплечья до первого и второго рядов пястных костей позволила оценить перемещение костей и изменение их пространственного положения.

В первой серии исследований **ладонь была слегка зафиксирована**, производились пронация и супинация. На уровне предплечья (рис. 112) **отклонение от вращательной оси** составило $47^{\circ}30'$, тогда как у запястья (рис. 113) - $4^{\circ}30'$. при отсутствии противодействия мышц-сгибателей **отклонение от вращательной оси** между предплечьем и запястьем составило $47^{\circ}30' - 4^{\circ}30' = 43^{\circ}$.

Во второй серии исследований **рука сильно давила на зафиксированную перекладину** (задействовав сгибатели) и производила пронацию-супинацию (рис. 114). Отклонение в области предплечья составило 25° , а у запястья (рис. 115) - 17° . **Отклонение от вращательной оси** между предплечьем и запястьем составило $25^{\circ} - 17^{\circ} = 8^{\circ}$.

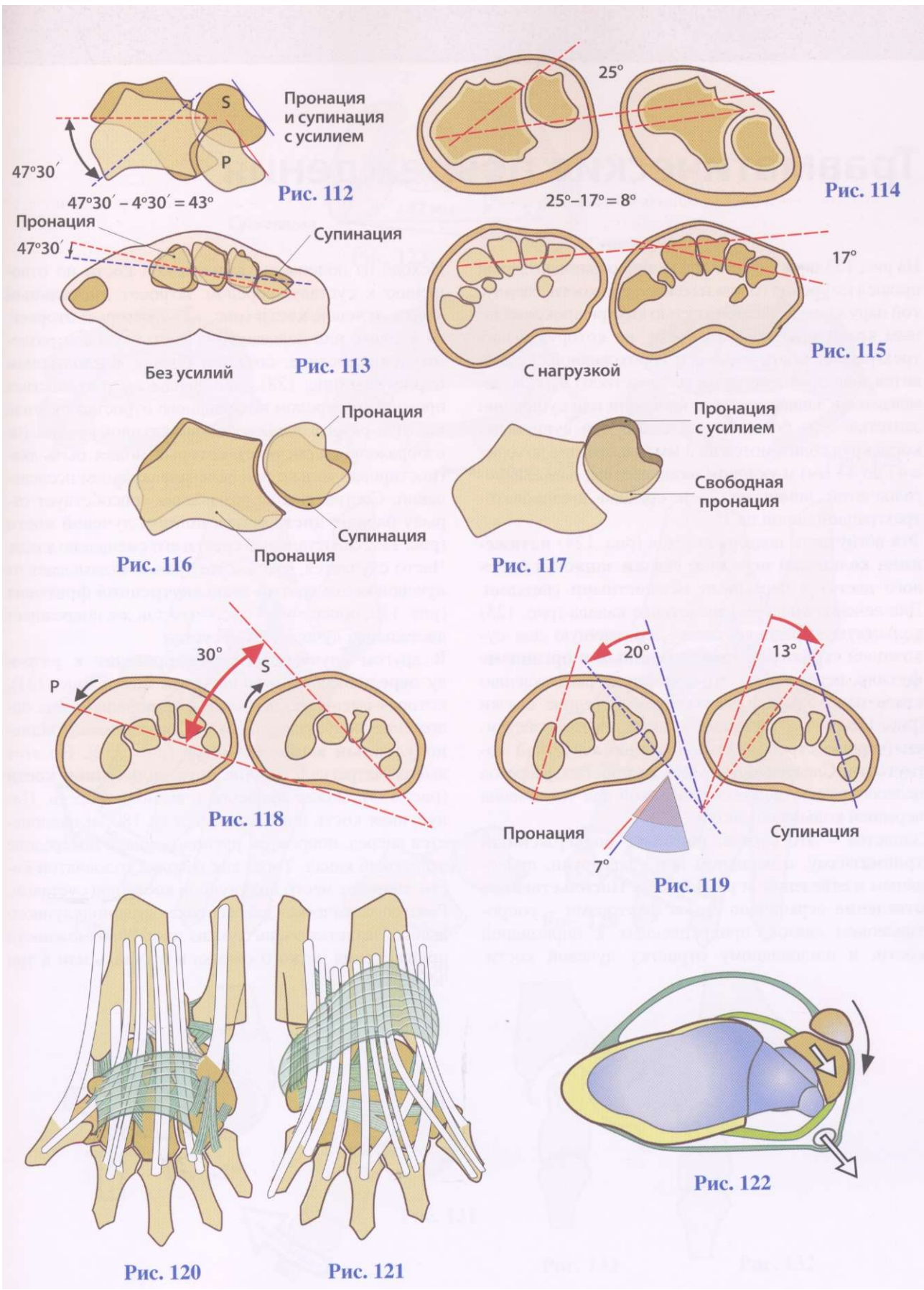
Таким образом, противодействие мышцам-сгибателям уменьшилось с 43° до 8° , т.е. **только пятая часть** сопротивления обеспечивается связками.

На **уровне дистального лучелоктевого сустава** вывихивающая тенденция при свободной проносупинации (рис. 116) была меньше, чем при проносупинации с применением усилий (рис. 117).

На уровне **верхнего ряда пястных костей** проносупинация с противодействием (рис. 118) вызвала отклонение оси 30° . Также изменилась на 7° вогнутость передней поверхности верхнего ряда пястных костей. Совершенствование методов сканирования позволит лучше изучить модификации элементов запястья при противодействии пронации-супинации. Однако уже сейчас ясно, что мышечное противодействие (особенно сгибателей) обеспечивает монолитность суставов костей запястья. Благодаря перекрещиванию связок пястья (рис. 120, вид спереди; 121, вид сзади) мускулатура производит эффект сцепления в суставном комплексе запястья.

Одновременное противодействие **локтевого разгибателя запястья** (рис. 122) играет большую роль в удержании тяжа кольцевых связок, что увеличивает монолитность пястных костей первого ряда и дистального лучелоктевого сустава.

Также следует отметить, что этот механизм, необходимый для нормального функционирования запястья, можно изучать только на живых.



Травматические повреждения

На рис. 123 показан срез при сканировании, который прошел на уровне головки головчатой кости, сдвинутой наружу ладьевидной костью кнутри проксимальным краем крючковатой кости, на которую давит трехгранная кость вместе с гороховидной. Становится видно, что вогнутость запястного столба изменяется в зависимости от пронации или супинации запястья. Это более показательно при супинации, когда края сближаются на 3 мм (расстояние доходит с 47 до 44 мм) и уклоном назад средней ладьевидно-головчатой линии на 2° и средней крючковато-трехгранной линии на 7°.

Эта вогнутость поддерживается (рис. 124) **натяжением кольцевой передней связки запястья** (зеленого цвета) и передними межкостными связками. Для лечения синдрома запястного канала (рис. 125) кольцевую переднюю связку, создающую для сухожилий сгибателей **самый мощный в организме футляр**, пересекают. Это приводит к расхождению краев на 3-5 мм, а межкостные передние связки (рис. 126) остаются единственным противодействием (черные стрелки) сплющиванию запястной вогнутости. Следовательно, вместо простых разрезов целесообразнее заняться пластикой для увеличения передней кольцевой связки.

Запястье - это сустав, **наиболее подверженный травматизму**, в основном при ударе руки, приводящем к отведению и разгибанию. **Насильственное отведение** ограничено двумя факторами - сопротивлением связок, прикрепленных к пирамидной кости, и шиловидному отростку лучевой кости.

Исходя из положения ладьевидной кости по отношению к суставу, перелом затронет **дистальный конец лучевой кости** (рис. 127), который оторвется блоком, или ладьевидную кость, которая разломится посередине, создавая блок с **шиловидным отростком** (рис. 128). При других обстоятельствах произойдет перелом шиловидного отростка лучевой кости и разрыв ладьевидно-полулунной связки (не изображена на рисунке), который может быть диагностирован только при целенаправленном исследовании. Составляющая разгибания способствует отрыву блока с **дистальным концом лучевой кости** (рис. 129, сагиттальный срез) и его смещению кзади. Часто случается, что эта же травма отламывает от лучевой кости **третий задневнутренний фрагмент** (рис. 130, поперечный срез), что так же повреждает дистальный лучелоктевой сустав.

В другом случае разгибание приводит к разрыву **передней связки головчатой кости** (рис. 131), которая смещается кзади от сохранившей свое положение полулунной кости. Так возникает **задне-полулунный вывих запястья** (рис. 132). Но этот вывих, затрагивая **задние рога полулунной кости** (рис. 133), может привести к вывиху кпереди. Полулунная кость поворачивается на 180° и наклоняется вперед, повреждая расположенный посередине запястный канал. Тогда как головка головчатой кости занимает место полулунной кости под суставом. Рентгенологическая диагностика околополулунного вывиха запястья очень сложна из-за невозможности произведения четкого снимка в профиль или в три четверти.

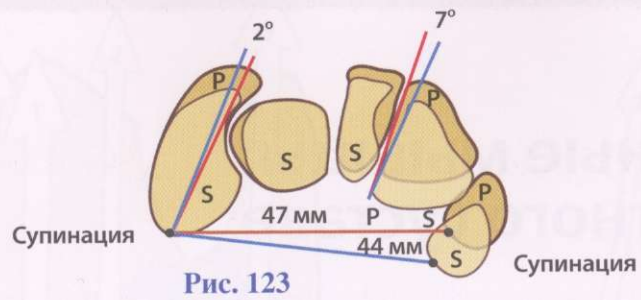


Рис. 123

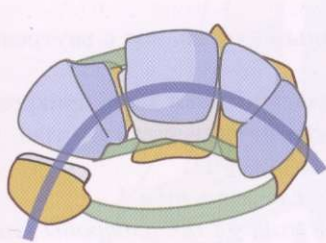


Рис. 124

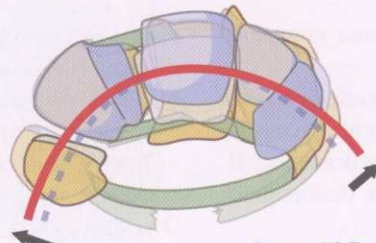


Рис. 125

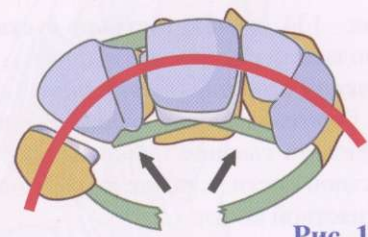


Рис. 126

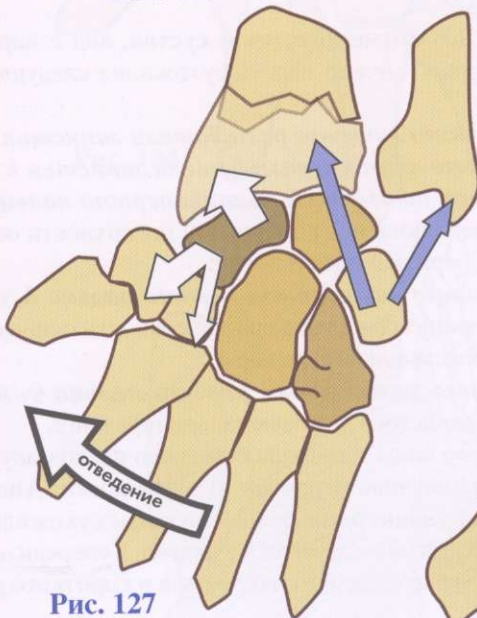


Рис. 127

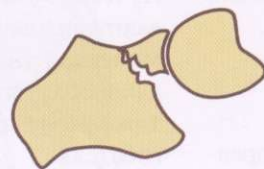


Рис. 130

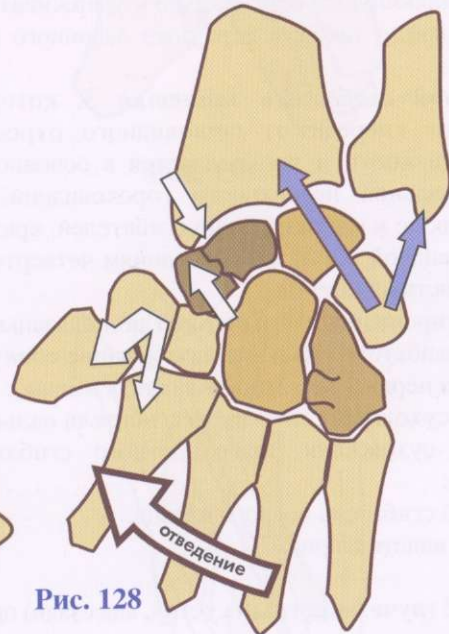


Рис. 128

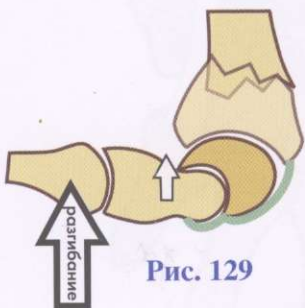


Рис. 129



Рис. 131

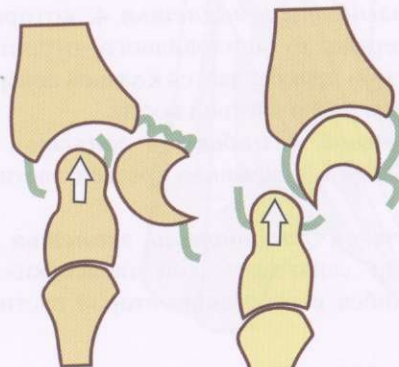


Рис. 133

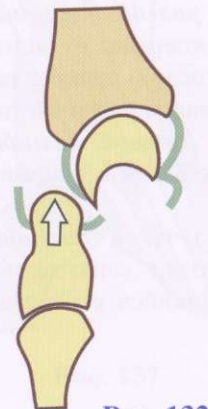


Рис. 132

Двигательные мышцы лучезапястного сустава

На рис. 134 (лучезапястный сустав, вид спереди) можно видеть следующие мышцы:

- **лучевой сгибатель запястья 1**, лежащий в своей борозде глубже удерживателя сгибателей и имеющий главное прикрепление к основанию II пястной кости, а также к трапеции и к основанию III пястной кости;
- **длинную ладонную мышцу 2**, менее мощную, прикрепляющуюся вертикально к удерживателю сгибателей, а также к верхушке ладонного апоневроза;
- **локтевой сгибатель запястья 3**, который проходит кпереди от шиловидного отростка локтевой кости и прикрепляется в основном к проксимальной поверхности гороховидной кости, а также к удерживателю сгибателей, крючку крючковидной кости и к основаниям четвертой и пятой пястных костей.

С целью упрощения схемы на ней не показаны сухожилия сгибателей пальцев, проходящие сбоку от срединного нерва в запястном канале, а именно:

- четыре сухожилия глубокого сгибателя пальцев;
- четыре сухожилия поверхностного сгибателя пальцев;
- длинный сгибатель первого пальца.

Их можно видеть на рис. 71.

На рис. 135 (лучезапястный сустав, вид сзади) представлены:

- **локтевой разгибатель запястья 4**, который проходит кпереди от шиловидного отростка локтевой кости и прикрепляется к задней поверхности основания пятой пястной кости;
- **короткий лучевой разгибатель запястья 5**, прикрепляющийся к основанию третьей пястной кости;
- **длинный лучевой разгибатель запястья 6**, идущий позади «анатомической табакерки» и прикрепляющийся к основанию второй пястной кости.

Рис. 136 (лучезапястный сустав, вид с внутренней стороны) показывает:

- **локтевой сгибатель запястья 3**; его прикрепление оттянуто кпереди гороховидной костью, что повышает его эффективность;
 - **локтевой разгибатель запястья 4**.
- Эти два сухожилия лежат по обе стороны шиловидного отростка локтевой кости.

На рис. 137 (лучезапястный сустав, вид с наружной стороны) можно видеть сухожилия следующих мышц:

- **короткого лучевого разгибателя запястья 5** и **длинного лучевого разгибателя запястья 6**;
- **длинной отводящей мышцы первого пальца 7**, прикрепляющейся к наружной поверхности основания первой пястной кости;
- **короткого разгибателя первого пальца 8**, прикрепляющегося к тыльной поверхности основания его проксимальной фаланги;
- **длинного разгибателя первого пальца 9**, прикрепляющегося к его дистальной фаланге.

Лучевые мышцы и мышцы большого пальца окутывают шиловидный отросток лучевой кости. **Анатомическая табакерка** ограничена сзади сухожилием длинного разгибателя первого пальца, а спереди - сухожилиями его длинного абдуктора и короткого разгибателя.

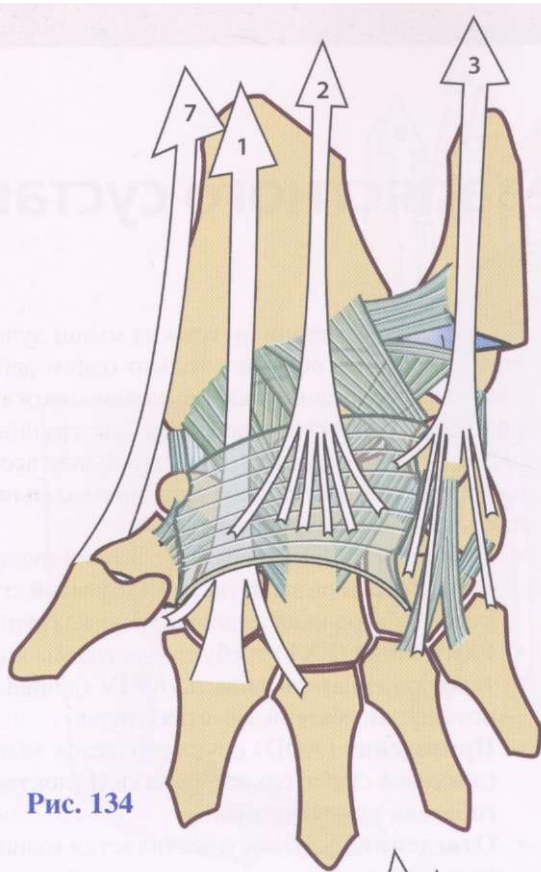


Рис. 134

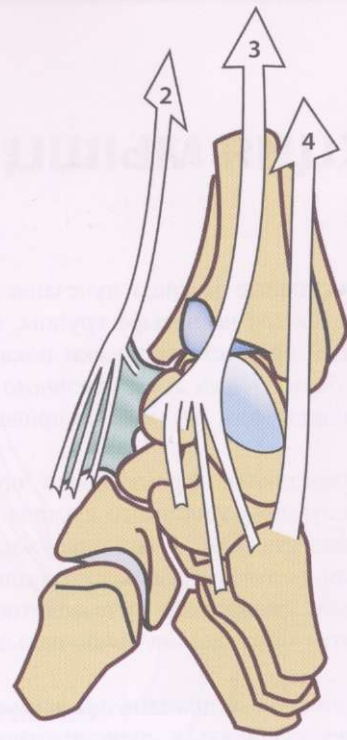


Рис. 136

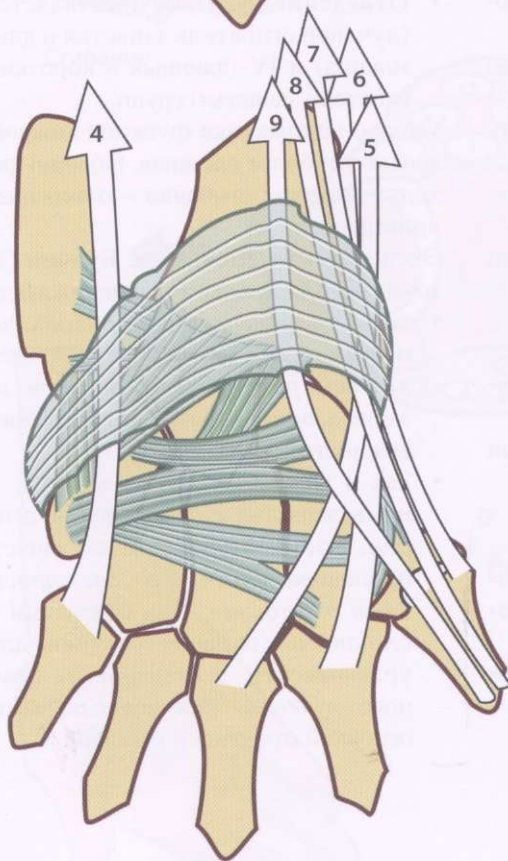


Рис. 135

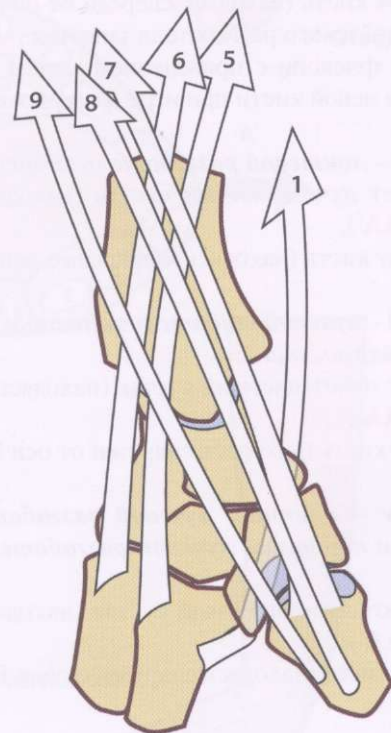


Рис. 137

Функция мышц лучезапястного сустава

Классически основные мышцы лучезапястного сустава распределяются на четыре группы, и на рис. 138 (поперечный срез) схематически показано, как они связаны с двумя осями лучезапястного сустава: осью флексии/экстензии AA' и осью приведения/отведения BB'.

(На схеме представлен фронтальный срез через дистальную часть лучезапястного сустава: В' - вид спереди, В - вид сзади, А' - вид снаружи, А - вид изнутри. Серым цветом показаны сухожилия мышц, осуществляющих движения в лучезапястном суставе, белым цветом - сухожилия мышц пальцев.)

Группа I - локтевой сгибатель запястья 1:

- осуществляет сгибание в лучезапястном суставе (находясь спереди от оси AA') и в запястно-пястном суставе пятого пальца благодаря сухожильному растяжению;
- приводит кисть (находясь спереди от оси BB'), но слабее локтевого разгибателя запястья.

Примером флексии с приведением может служить положение левой кисти при игре на скрипке.

Группа II - локтевой разгибатель запястья 6:

- разгибает лучезапястный сустав (находясь сзади от оси AA');
- приводит кисть (находясь медиальнее оси BB').

Группа III - лучевой сгибатель запястья 2 и длинная ладонная мышца 3:

- сгибают лучезапястный сустав (находясь спереди от оси AA');
- отводят кисть (находясь снаружи от оси BB').

Группа IV - длинный лучевой разгибатель запястья 4 и короткий лучевой разгибатель запястья 5:

- разгибают лучезапястный сустав (находясь сзади от оси AA');
- отводят кисть (находясь снаружи от оси BB').

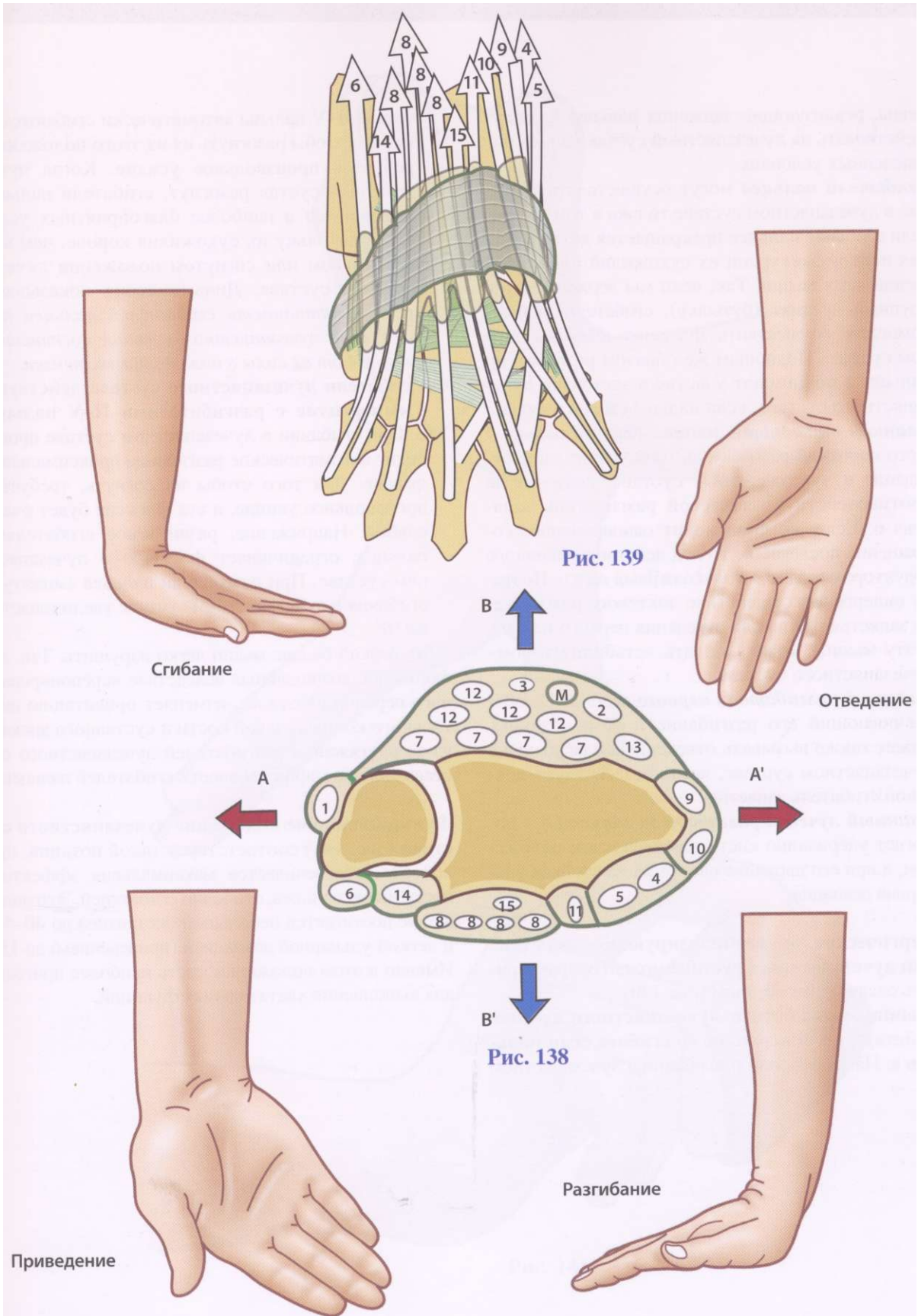
Согласно этой теории ни одна из мышц лучезапястного сустава не обладает только одним действием. Так, чтобы выполнить какое-то одно движение, необходимо привести в действие две группы мышц с тем, чтобы подавить нежелательные ассоциированные движения (это еще один пример **мышечного антагонизма-синергизма**).

- **Сгибание (FLEX)** требует активации мышц I (локтевой сгибатель запястья) и III (лучевой сгибатель запястья и длинная ладонная мышца) групп.
- **Разгибание (EXT)** требует участия мышц II (локтевой разгибатель запястья) и IV (длинный и короткий разгибатели запястья) групп.
- **Приведение (ADD)** осуществляется мышцами I (локтевой сгибатель запястья) и II (локтевой разгибатель запястья) групп.
- **Отведение (ABD)** осуществляется мышцами III (лучевой сгибатель запястья и длинная ладонная мышца) и IV (длинный и короткий лучевые разгибатели запястья) групп.

Однако на практике функция каждой мышцы в отдельности более сложная. Обычно движения происходят попарно: сгибание - отведение; разгибание - приведение.

Эксперименты **Дюшан де Булоня** (1867) с использованием электростимуляции показали следующее:

- только *длинный лучевой разгибатель запястья 4* осуществляет разгибание и отведение, *короткий лучевой разгибатель* является *исключительно экстензором*, что говорит о его физиологической важности;
- как и длинная ладонная мышца, *лучевой сгибатель* запястья служит *исключительно флексором*, сгибая второй пястно-запястный сустав с пронацией кисти. *Его электростимуляция не дает отведения*. При отведении кисти *лучевой сгибатель* сокращается лишь для того, чтобы уравновесить экстензорный компонент *длинного лучевого разгибателя*, который является основной отводящей мышцей.



Мышцы, реализующие движения пальцев 8, могут воздействовать на лучезапястный сустав только при определенных условиях.

- **Сгибатели пальцев** могут осуществлять сгибание в лучезапястном суставе только в том случае, если сгибание пальцев прекращается до завершения полной экскурсии их сухожилий при сокращении этих мышц. Так, если мы держим в руке крупный предмет (бутылку), сгибатели пальцев помогают осуществить флексию в лучезапястном суставе. Подобным же образом разгибатели пальцев 8 принимают участие в экстензии лучезапястного сустава, если пальцы сжаты в кулак.
- **Длинная отводящая мышца** первого пальца 9 и его короткий разгибатель 10 осуществляют отведение в лучезапястном суставе, если им не противодействует локтевой разгибатель запястья 6. Если же происходит одновременное сокращение последнего, то под действием длинного абдуктора отводится только первый палец. Поэтому синергическое действие локтевого разгибателя запястья важно для отведения первого пальца, и эту мышцу можно назвать «стабилизатором» лучезапястного сустава.
- **Длинный разгибатель первого пальца** 11, обеспечивающий его разгибание и ретропозицию, может также вызывать отведение и разгибание в лучезапястном суставе, когда бездействует локтевой сгибатель запястья.
- **Длинный лучевой разгибатель запястья** 4 помогает удержанию кисти в нейтральном положении, и при его параличе наступает ее стойкая ульнарная девиация.

Синергическое и стабилизирующее действие мышц лучезапястного сустава можно охарактеризовать следующим образом (рис.140).

- **Мышцы-разгибатели лучезапястного сустава действуют в синергизме со сгибателями пальцев а.** Например, при разгибании в лучезапястном

суставе II-V пальцы автоматически сгибаются, и для того чтобы разогнуть их из этого положения, требуется произвольное усилие. Когда лучезапястный сустав разогнут, сгибатели пальцев оказываются в наиболее благоприятных условиях, поскольку их сухожилия короче, чем при нейтральном или согнутом положении лучезапястного сустава. Динамометрия показывает, что *эффективность сгибателей пальцев при флексии в лучезапястном суставе составляет лишь 1/4 от их силы в положении экстензии.*

- **Сгибатели лучезапястного сустава действуют в синергизме с разгибателями II-V пальцев б.** При сгибании в лучезапястном суставе происходит автоматическое разгибание проксимальных фаланг. Для того чтобы их согнуть, требуется произвольное усилие, и эта флексия будет очень слабой. Напряжение, развиваемое сгибателями пальцев, ограничивает флексию в лучезапястном суставе. При разгибании пальцев амплитуда сгибания в лучезапястном суставе увеличивается на 10°.

Этот тонкий баланс мышц легко нарушить. Так, деформация, возникающая вследствие нерепонированного перелома Коуллза, изменяет ориентацию дистального конца лучевой кости и суставного диска и из-за растяжения разгибателей лучезапястного сустава снижает эффективность сгибателей пальцев.

Функциональное положение лучезапястного сустава (рис. 141) соответствует такой позиции, при которой обеспечивается максимальная эффективность мышц пальцев, особенно сгибателей. Это положение достигается небольшой экстензией до 40—45° и легкой ульнарной девиацией (приведением) до 15°. Именно в этом положении кисть наиболее пригодна для выполнения хватательных функций.

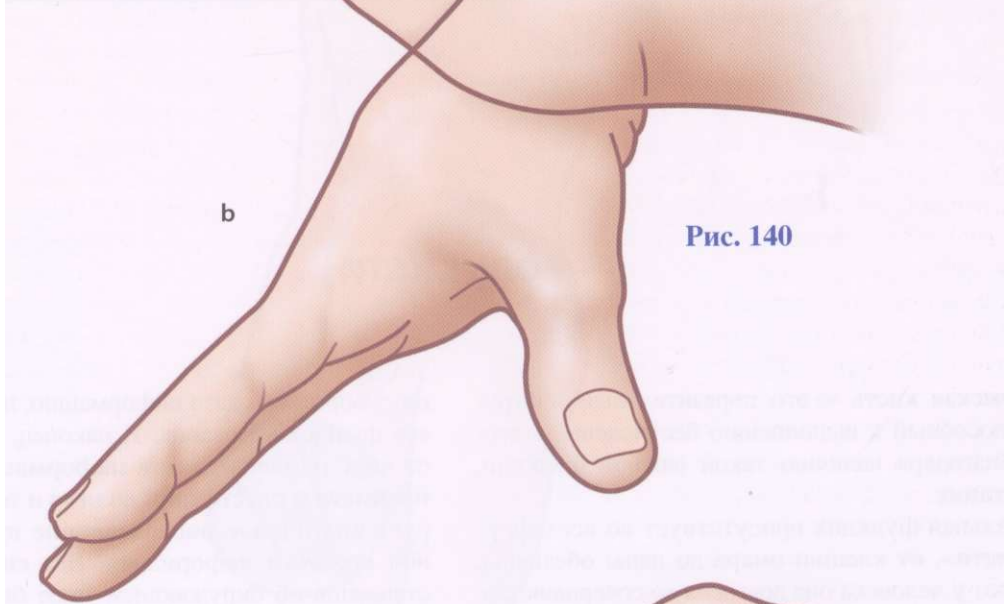
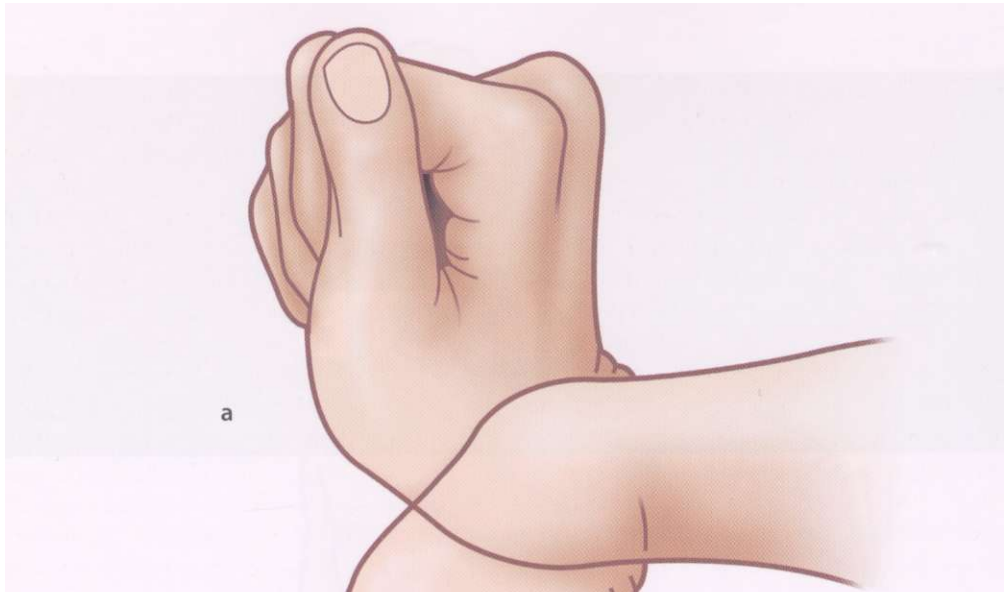


Рис. 140

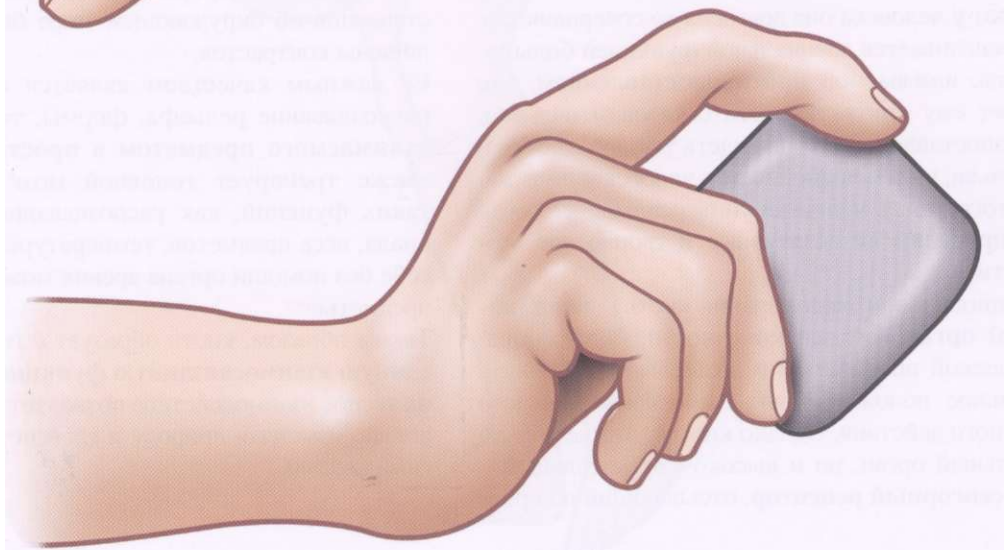


Рис. 141

Глава 5

КИСТЬ

роль КИСТИ

Человеческая кисть - это поразительный инструмент, способный к выполнению бесчисленных действий благодаря наличию такой важной функции, как **хватание**.

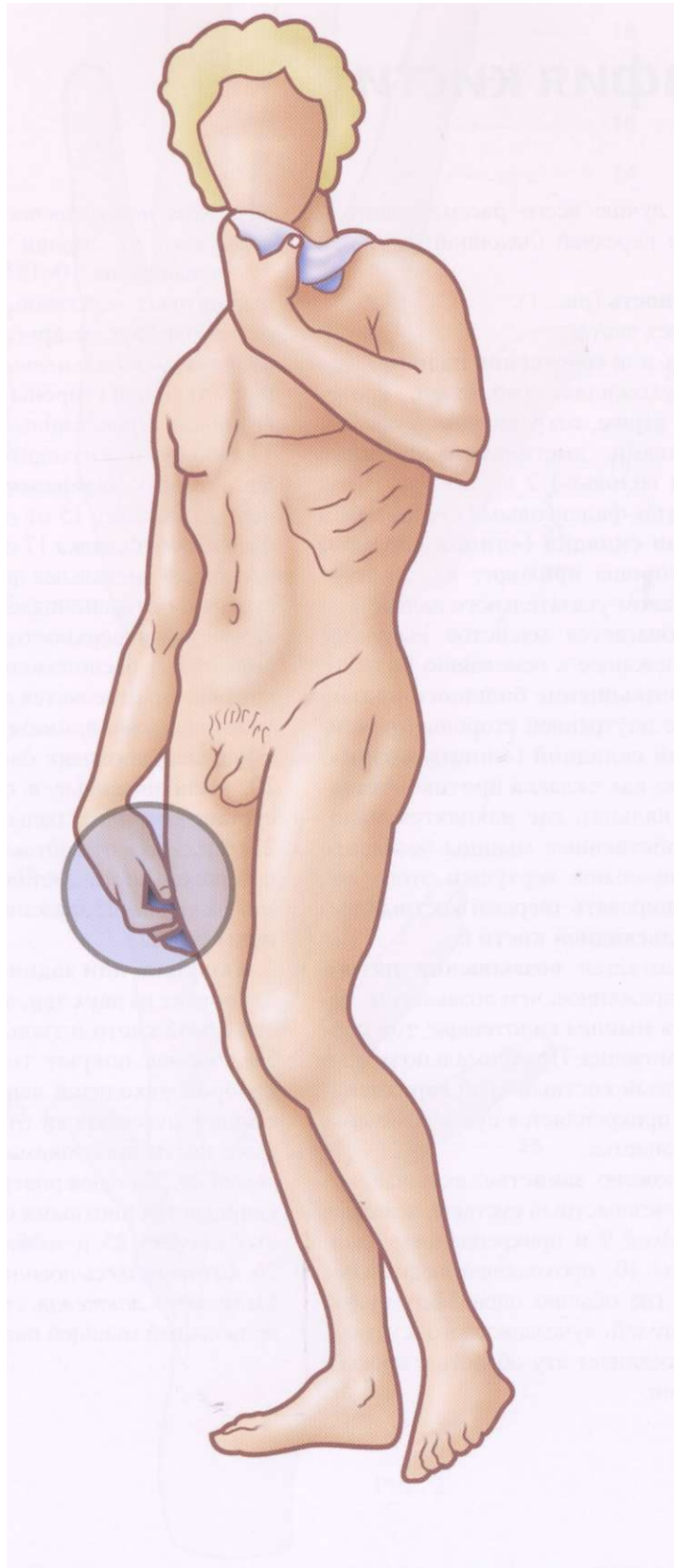
Хватательная функция присутствует во всех формах «кисти», от клешни омара до лапы обезьяны, но только у человека она доведена до совершенства. Это обеспечивается специальной функцией большого пальца, называемой **противопоставлением**, что позволяет ему контактировать с каждым пальцем. Противопоставление можно видеть у человекообразных обезьян, но в меньшей, чем у человека, степени. Кроме того, кисть человека универсальна, что объясняет присущие ей адаптивные и творческие возможности.

С функциональной точки зрения кисть - **исполнительный орган** верхней конечности, обладающий механической опорностью и позволяющий принять оптимальное положение для выполнения каждого конкретного действия. Однако кисть - это не только двигательный орган, но и высокочувствительный и точный **сенсорный рецептор**, отсылающий по прин-

ципу обратной связи информацию, необходимую для его функционирования. И наконец, она обеспечивает кору головного мозга **информацией о толщине предмета и расстоянии до него** и тем самым тренирует **визуальное распознавание** путем перекрестной проверки информации. Без кисти наши представления об окружающем мире были бы бедны и лишены контрастов.

Ее важным качеством является стереогноз, т.е. распознавание рельефа, формы, толщины, **места, занимаемого предметом в пространстве**. Кисть также тренирует головной мозг в выполнении таких функций, как распознавание свойств материала, веса предметов, температуры. Кисть сама по себе без помощи органа зрения может распознавать предметы.

Таким образом, кисть образует с головным мозгом **единую взаимосвязанную функциональную пару**, их тесное взаимодействие позволяет человеку произвольно изменять природу и главенствовать над другими видами.



Топография кисти

Топографию кисти лучше всего рассматривать в двух плоскостях - в передней (ладонной) и задней (тыльной).

1. Передняя поверхность (рис. 1).

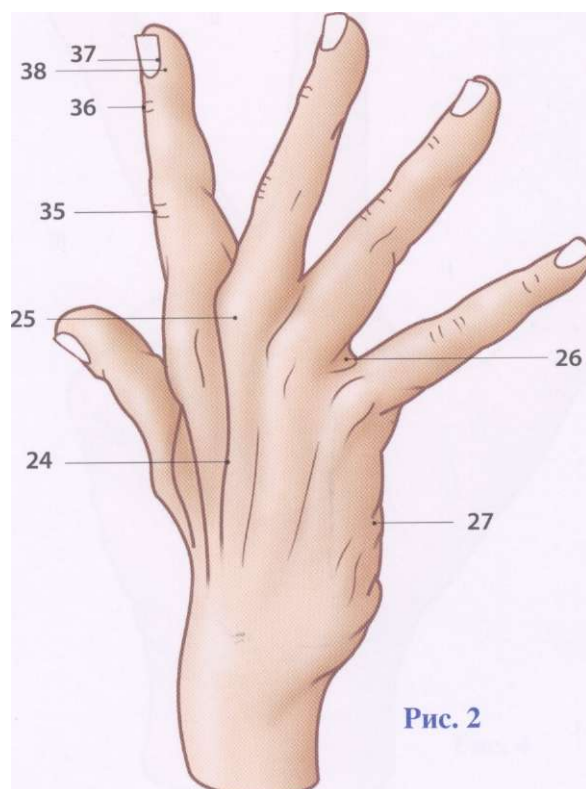
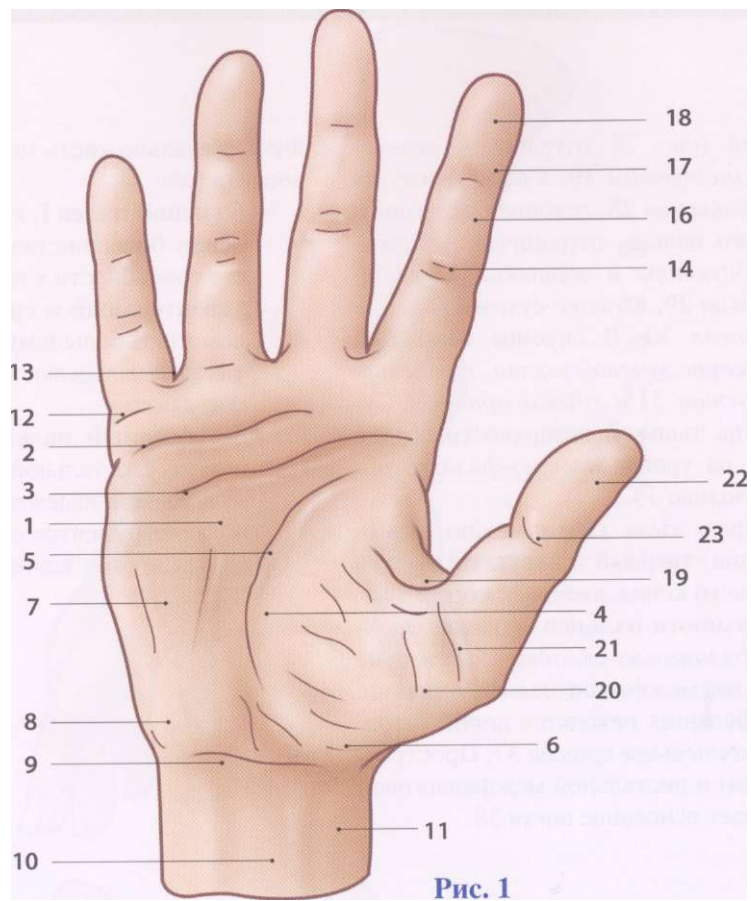
Ладонь состоит из трех частей.

- Центральная часть или **собственно ладонь 1**, где располагаются сухожилия сгибателей, кровеносные сосуды и нервы, отграничена двумя поперечными складками: **дистальная ладонная складка («линия головы»)** 2 лежит над тремя медиальными пястно-фаланговыми суставами, а **средняя ладонная складка («линия сердца»)** 3 с наружной стороны проходит над пястно-фаланговым суставом указательного пальца.
- Латерально располагается мясистое выпуклое образование, прилежащее к основанию большого пальца, - это **возвышение большого пальца 4**, отграниченное с внутренней стороны **проксимальной ладонной складкой («линия жизни»)** 5 (известной также как складка противопоставления большого пальца), где находятся мышцы тенара или собственные мышцы большого пальца. У проксимальной верхушки этого выступа можно пальпировать твердый костный выступ - **бугорок ладьевидной кости 6**.
- Медиально располагается **возвышение пятого пальца 7**, менее выраженное, чем возвышение тенара, где находятся мышцы гипотенара, т.е. собственные мышцы мизинца. Проксимально можно пальпировать твердый костный край **гороховидной кости 8**, куда прикрепляется сухожилие локтевого сгибателя запястья.

Выше ладони расположено **запястье**, включающее среднезапястный и лучезапястный суставы, лежащее под **запястной складкой 9** и прикреплением **длинной ладонной мышцы 10**, проходящей медиальнее лучевой артерии 11, где обычно оценивают пульс. Удерживатель сгибателей лучезапястного сустава, идущий поперечно, соединяет эту область с проксимальной частью ладони.

Передняя поверхность пальцев проксимально отграничена от ладони **пальце-ладонной складкой 12**, лежащей на **10-15** мм проксимальнее пястно-фаланговых суставов. Четыре длинных пальца отделены друг от друга **вторым, третьим и четвертым межпальцевыми промежутками 13**, которые с тыльной стороны кисти более глубокие, чем с ладонной. **Проксимальная межфаланговая складка 14** двойная, она находится несколько проксимальнее дистального межфалангового сустава и отделяет **первую фалангу 15** от **второй 16**. Дистальная межфаланговая складка 17 одинарная, она располагается несколько дистальнее дистального межфалангового сустава и отграничивает **подушечку пальца 18**, т.е. ладонную поверхность концевой фаланги. **Большой палец**, расположенный у основания наружного края кисти, отделяется от него широким и глубоким **межпальцевым промежутком 19**. Между ним и возвышением проходят **две пальце-ладонные складки 20**, расположенные в области пястно-фалангового сустава большого пальца. **Проксимальная фаланга 21** отделяется от **подушечки пальца 22**, т.е. от ладонной поверхности дистальной фаланги **межфаланговой складкой 23**, лежащей дистальнее межфалангового сустава.

2. **Тыльная, или задняя, поверхность кисти** (рис. 2) состоит из двух зон, а именно тыльной поверхности самой кисти и тыльной поверхности пальцев. **Тыл кисти** покрыт тонкой подвижной кожей, в которой находится венозное сплетение, обеспечивающее отток крови от кисти и пальцев. Кожа на тыле кисти приподнимается **сухожилиями разгибателей 24**. Тыльная поверхность кисти дистально заканчивается плотными округлыми **головками пястных костей 25** и **межпальцевыми промежутками 26**, которые здесь довольно глубоки. Медиально **локтевая сторона кисти 27** выстлана приводящей мышцей пятого пальца.



Латеральный край (рис. 3) ограничен *первым межпальцевым промежутком* 19. Слегка вогнутая анатомическая «табакерка» 28, лежащая на границе запястья и большого пальца, ограничена *сухожилиями длинного абдуктора и короткого разгибателя большого пальца* 29, а также *сухожилием его длинного разгибателя* 30. В глубине находятся *шиловидный отросток лучевой кости, трапецие-метакарпальный сустав*¹ 31 и *лучевая артерия*. Сухожилия сходятся на тыльной поверхности первой *пястной кости* 32 на уровне *пястно-фалангового сустава большого пальца* 33.

По внутреннему краю тыла кисти можно видеть (только при пронации) твердый и округлый выступ дистального суставного конца *локтевой кости* 34.

- **На задней поверхности пальцев** проходят *проксимальные межфаланговые складки* 35, лежащие непосредственно над межфаланговыми суставами. На дистальных фалангах находятся ногти, ограниченные *околоногтевыми краями* 37. Пространство между ногтем и дистальной межфаланговой складкой покрывает основание ногтя 38.

Функционально кисть можно разделить на три компонента (рис. 4):

- **большой палец I**, который участвует в выполнении большинства функций кисти благодаря его способности к противопоставлению;
- **указательный и средний пальцы II**, которые помогают большому выполнять тонкие схваты, т.е. двухпальцевые или трехпальцевые щипковые схваты;
- **безымянный палец и мизинец III**, которые вместе с остальной кистью существенны для выполнения надежных схватов рукояток рабочих инструментов с ульнарной стороны и тем самым играют важную роль в усилении схвата.

¹ I запястно-пястный сустав (прим. ред.).

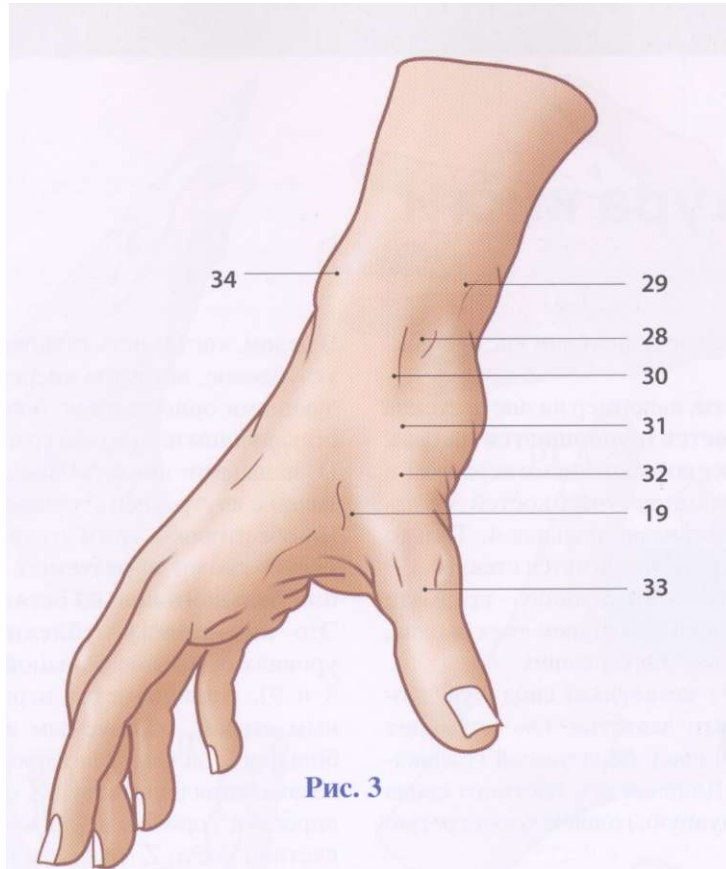


Рис. 3

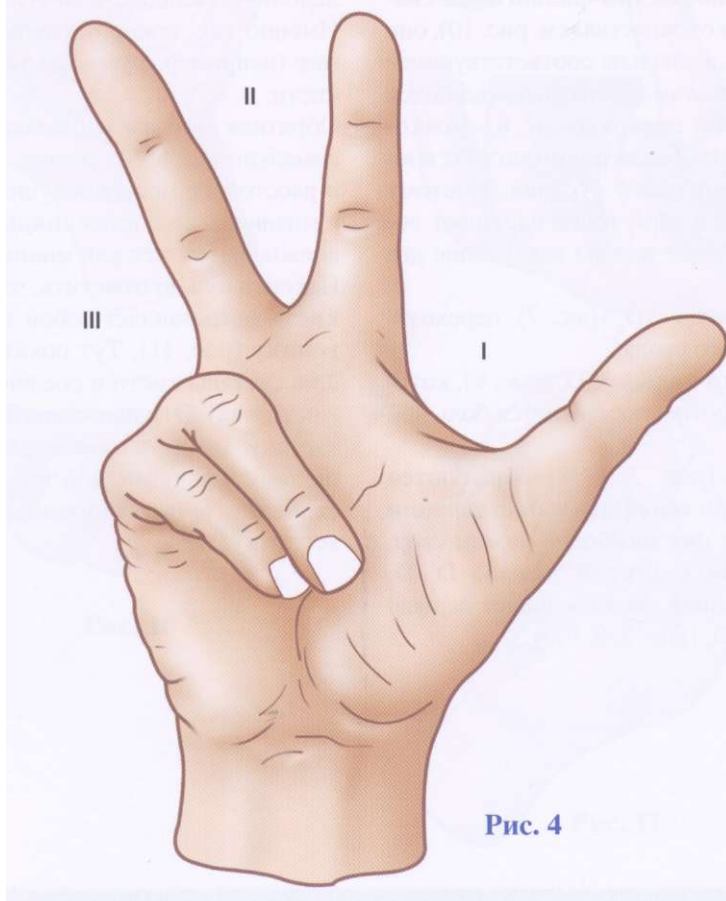


Рис. 4

Архитектура кисти

Для выполнения хватательной функции кисть должна менять форму.

На плоской поверхности, например на листе стекла (рис. 5), **кисть расширяется и уплощается** (рис. 6), что обеспечивает контакт возвышениями первого 1 и пятого 2 пальцев, головками пястных костей 3 и ладонными поверхностями фаланг пальцев 4. Только нижненаружная часть кисти не касается стекла.

При необходимости захвата крупного предмета **кисть образует вогнутость** с наличием трех сводов, проходящих в трех разных направлениях.

1) **Поперечный** (рис. 7) **запястный свод** ХОУ соответствует вогнутости запястья. Он переходит дистально в **пястный свод**, образуемый головками пястных костей. Длинная ось пястного свода проходит через полулунную, головчатую и третью пястную кости.

2) **Продольные запястно-пястно-фаланговые своды** расходятся веером от запястья (см. рис. 10), они образуются для каждого пальца соответствующей пястной костью и фалангами. Эти своды являются вогнутыми с ладонной поверхности, и «**замковый камень**» каждого свода **располагается на уровне пястно-фалангового сустава**. Поэтому мышечный дисбаланс в этой точке нарушает вогнутость свода. Наиболее важны следующие два продольных свода:

- **свод среднего пальца** OD_3 (рис. 7), переходящий в ось запястного свода;
- **свод указательного пальца** OD_2 (рис. 8), которому чаще всего противопоставляется большой палец.

3) **Наклонные своды** (рис. 7, 8, 9) **образуются большим пальцем при его противопоставлении другим пальцам**. Из них **наиболее важен свод**, соединяющий первый и второй пальцы D_1-D_2 (рис. 8), а самый крайний свод соединяет первый и пятый пальцы D_1-D_5 (рис. 7, 8, 9).

В целом, когда кисть становится полой, она образует углубление, вогнутое спереди и отграниченное следующими ориентирами: большим пальцем D_1 представляющим наружную границу, вторым D_2 и пятым D_5 пальцами, представляющими собой две крайние точки с внутренней стороны.

По обе стороны этого углубления находятся **четыре косых свода, образуемых при противопоставлении большого пальца остальным**.

Это **ладонное углубление**, наклонное на всех уровнях (показано большой синей стрелкой на рис. 8 и 9), располагается перпендикулярно к различным сводам, образуемым при противопоставлении большого пальца. Оно простирается от основания возвышения гипотенара X (рис. 7), где можно пальпировать гороховидную кость, до головки второй пястной кости Z (рис. 7) и примерно соответствует ладонной складке, известной как «**линия жизни**». Именно так лежит в ладони цилиндрический предмет (например, рукоятка инструмента), зажатый в кисти.

Обратная картина наблюдается, когда пальцы максимально раздвинуты (рис. 10). Кисть уплощается, и расстояние между подушечками большого пальца и мизинца называется «**пядь**», которая для пианиста должна равняться как минимум октаве.

Наконец нужно отметить, что нормальная **здоровая кисть** представляет собой **гармоничную архитектонику** (рис. 11). Тут показаны линии, объединяющие суставы кисти и соединяющиеся в одной точке (звездочка). Эти движения так важны для художников, скульпторов, а также для врачей, чтобы уловить разницу между нормой и патологией. **Нормальное строение и функциональность объединяются в эстетику**.

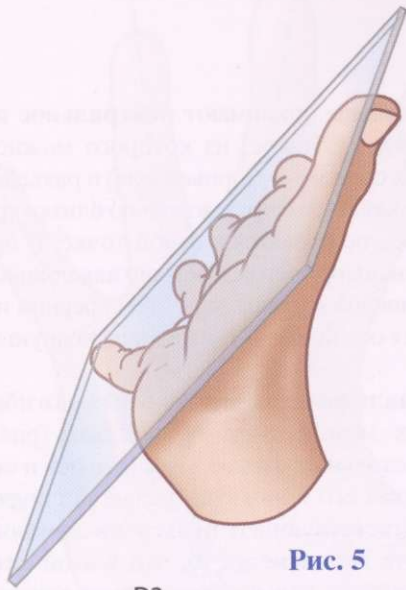


Рис. 5

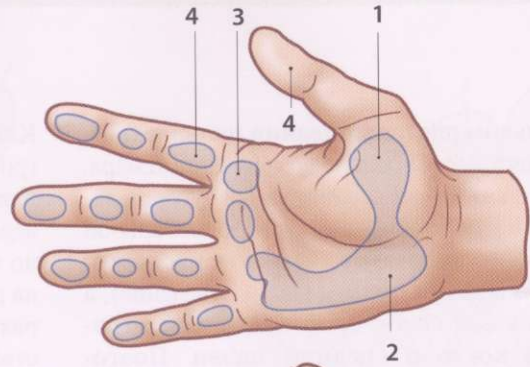


Рис. 6

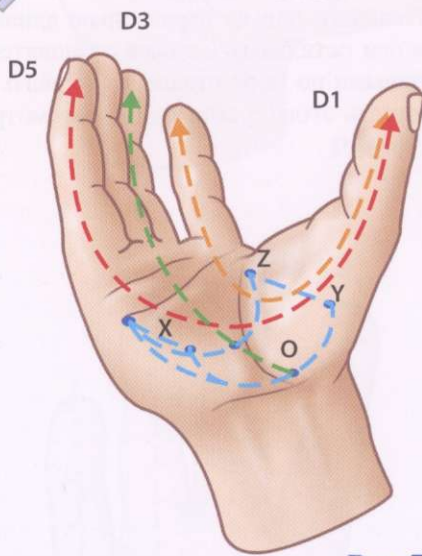


Рис. 7

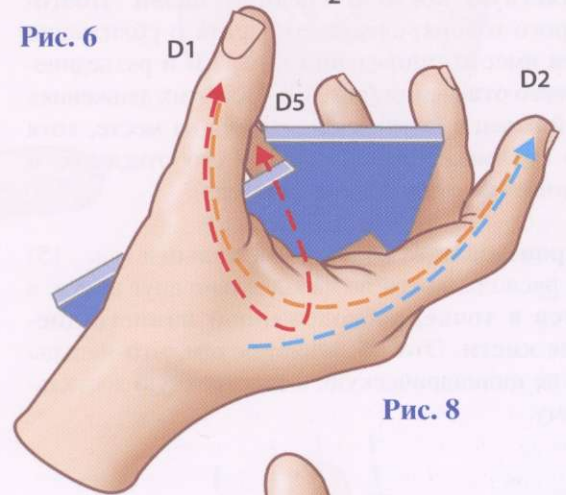


Рис. 8

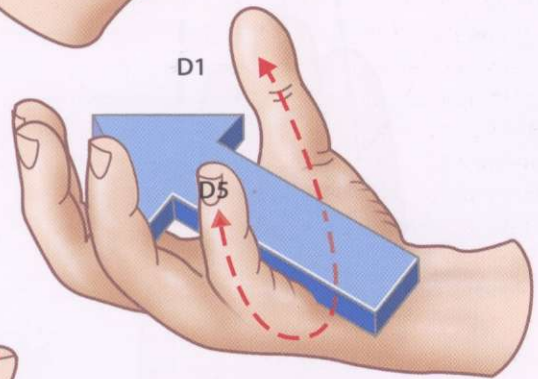


Рис. 9

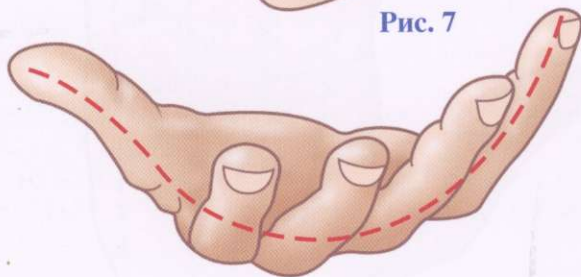


Рис. 10

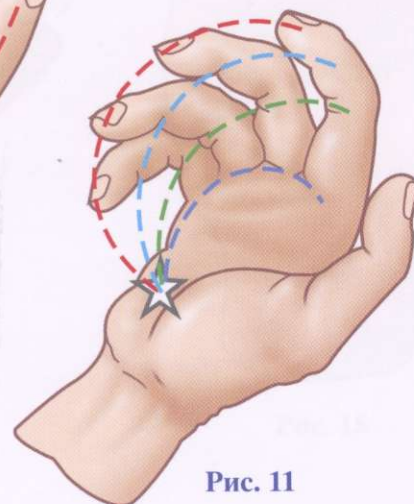


Рис. 11

При произвольном растопыривании пальцев (рис. 12) их оси сходятся у основания возвышения тенара, где в глубине лежит легко пальпируемый бугорок ладьевидной кости. Движения пальцев во фронтальной плоскости описывают не по отношению к плоскости симметрии тела в целом (приведение и отведение), а по отношению к оси кисти, проходящей через **третью пястную кость и средний палец**. Поэтому, строго говоря, следует говорить о сближении пальцев вместо **приведения** (рис. 13) и разъединении вместо **отведения** (рис. 12). При этих движениях средний палец практически остается на месте, хотя можно произвольно осуществить его отведение и приведение (по отношению к оси тела).

При произвольном сближении пальцев (рис. 15) их оси располагаются не параллельно друг другу, а **сходятся в точке, расположенной намного дистальнее кисти**. Это объясняется тем, что пальцы имеют не цилиндрическую, а заостренную дистально форму.

Когда пальцы принимают **нейтральное положение** (рис. 14), т.е. такое, из которого можно осуществлять их сближение (приведение) и разъединение (отведение), они находятся довольно близко друг к другу, но их оси не сходятся в одной точке. В приводимых на рисунках примерах показано как сближение, так и разъединение пальцев, при этом средний палец представляет ось кисти, а также «переходную зону».

Когда **пальцы сгибают**, сохраняя разгибание в дистальных межфаланговых суставах (рис. 13), оси двух дистальных фаланг II-V пальцев и ось I пальца (не считая его концевую фалангу) сходятся в точке, соответствующей пульсу на лучевой артерии. Обратите внимание на то, что в этой ситуации ось указательного пальца параллельна длинной оси кисти, а оси остальных пальцев становятся все более наклонными по мере отдаления от него. Причина и значимость этого факта будут рассмотрены позже (стр. 188).

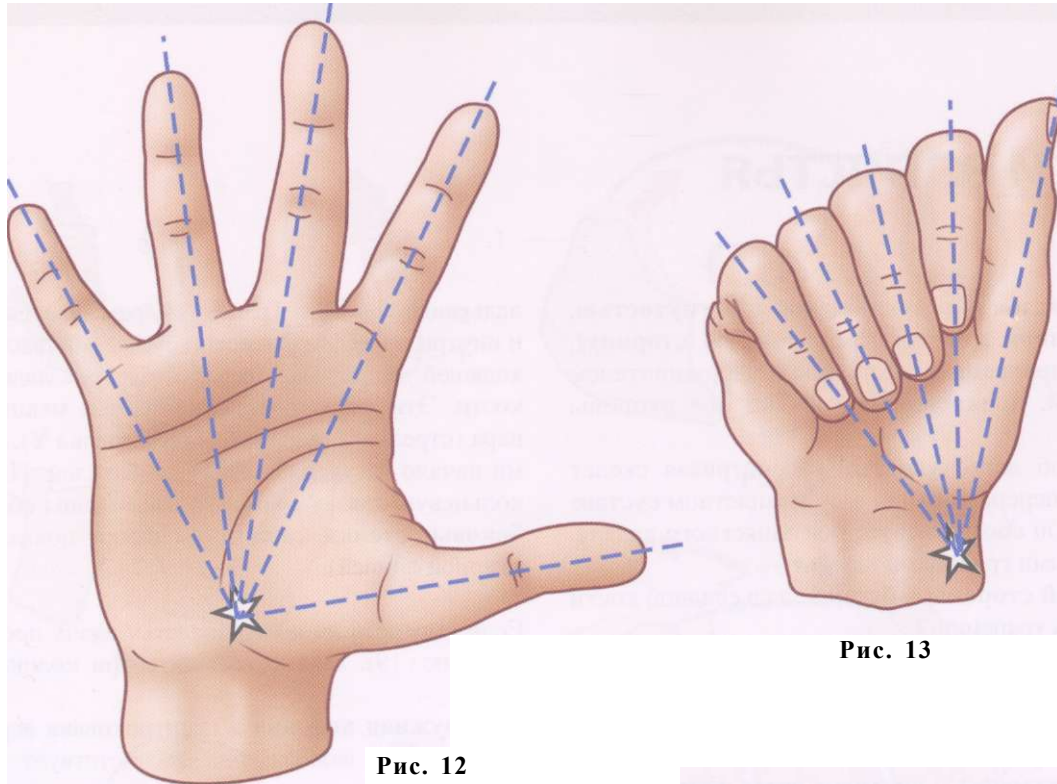


Рис. 12

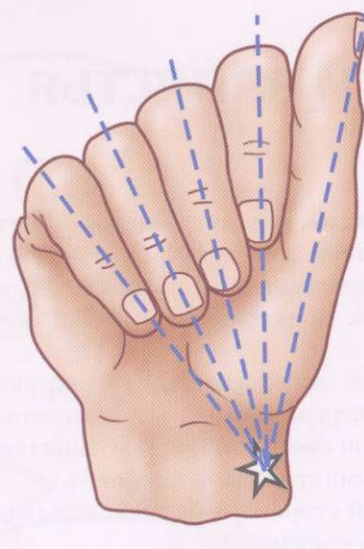


Рис. 13

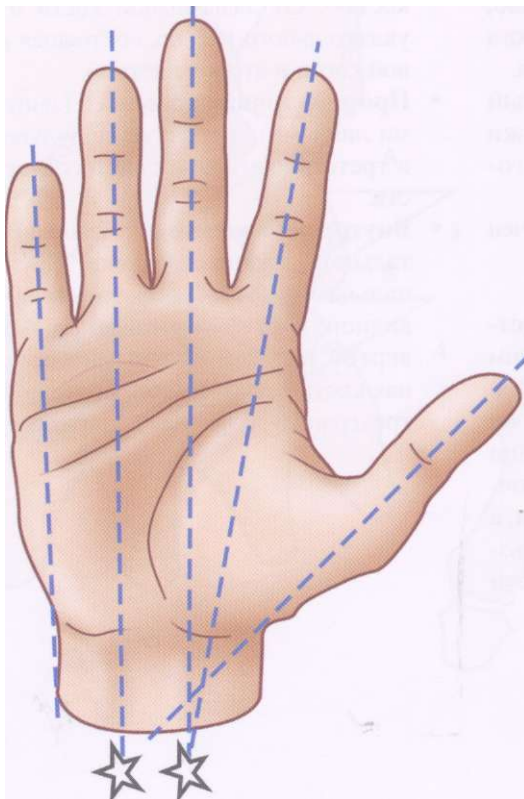


Рис. 14

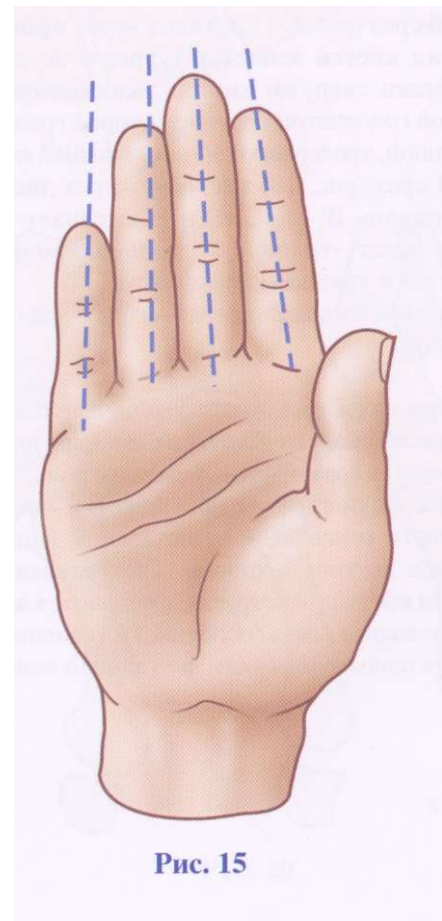


Рис. 15

Кости запястья

Кости запястья образуют **желоб с вогнутостью, направленной кпереди (в ладонную сторону)**, который превращается в канал удерживателем сгибателей, прикрепляющимся по обе стороны желоба.

Этот желоб легко увидеть, рассматривая скелет кисти при переразгибании в лучезапястном суставе (рис. 16). Он соответствует оси запястного канала. Его боковыми границами служат:

с наружной стороны - бугорок ладьевидной кости 1 и гребень трапеции 2,

с внутренней стороны - гороховидная кость 3 и крючок крючковидной кости 4.

Это подтверждается следующими **двумя горизонтальными срезами**.

Первый срез (рис. 17) проходит через **проксимальный ряд костей запястья** (уровень А, рис. 19) и представлен снаружи кнутри ладьевидной костью, головкой головчатой кости, с которой граничат рога полулунной, трехгранной и гороховидной костями.

Второй срез (рис. 18) проходит через **дистальный ряд** (уровень В, рис. 19) и показывает снаружи кнутри кость-трапецию, трапециевидную, головчатую и крючковидную кости.

На обоих срезах удерживатель сгибателей обозначен пунктиром.

Когда ладонная вогнутость увеличивается, **запястный канал тоже углубляется** благодаря небольшим движениям в различных межзапястных суставах. Вогнутая сторона ладьевидной кости скользит по выпуклости головчатой в дистальном направлении и кпереди по типу штопора. Трехгранная и крючковидная кости симметрично смещаются кпереди, а трапециевидная кость (особенно) и трапеция скользят по суставным фасеткам дистальной поверхности

ладьевидной кости. Трапеция перемещается кпереди и кнутри по цилиндрической суставной фасетке, входящей до дистальной части бугорка ладьевидной кости. Эти движения инициируются мышцами тенара (стрелка X) и гипотенара (стрелка Y), берущими начало на удерживателе сгибателей. Натягивая кольцевую связку (рис. 18), эти мышцы **сближают боковые стенки канала** (смещение показано пунктирной линией).

Если смотреть на кости запястья вдоль продольной оси (рис. 19), можно выделить три колонны (рис. 20).

- **Наружная колонна а** (заштрихована вертикально) самая важная, она соответствует колонне большого пальца (колонна Destot) и представлена ладьевидной костью, трапецией и первой пястной костью. От ладьевидной кости отходит колонна указательного пальца, состоящая из трапециевидной кости и второй пястной.
- **Промежуточная колонна b** (заштрихована косыми линиями) состоит из полулунной, головчатой и третьей пястной костей и соответствует оси кисти.
- **Внутренняя колонна с** (заштрихована горизонтально), заканчивающаяся двумя последними пальцами, состоит из трехгранной и крючковидной костей, которые сочленяются с четвертой и пятой пястными костями. Гороховидная кость располагается более поверхностно, чем трехгранная, и не участвует в передаче сил.

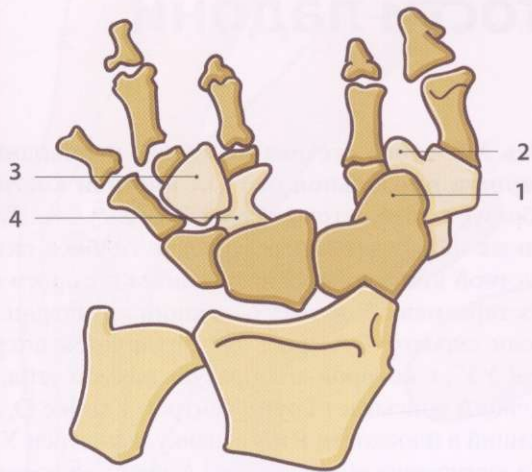


Рис. 16

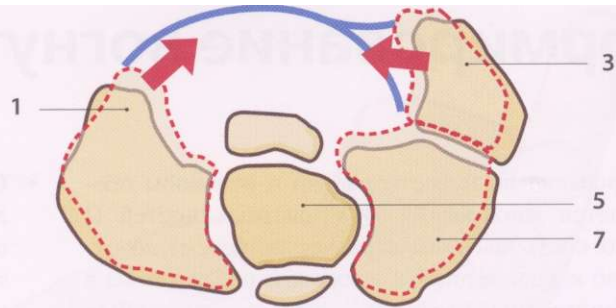


Рис. 17

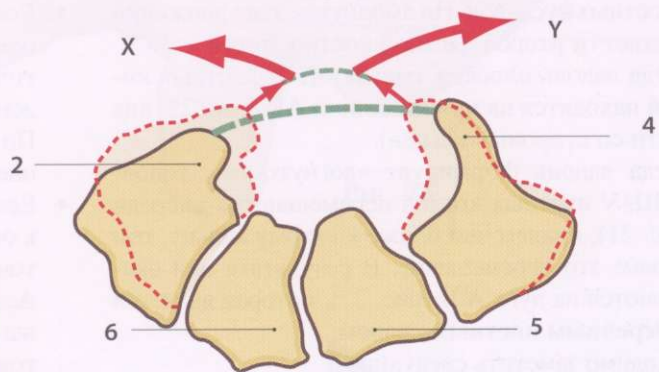


Рис. 18

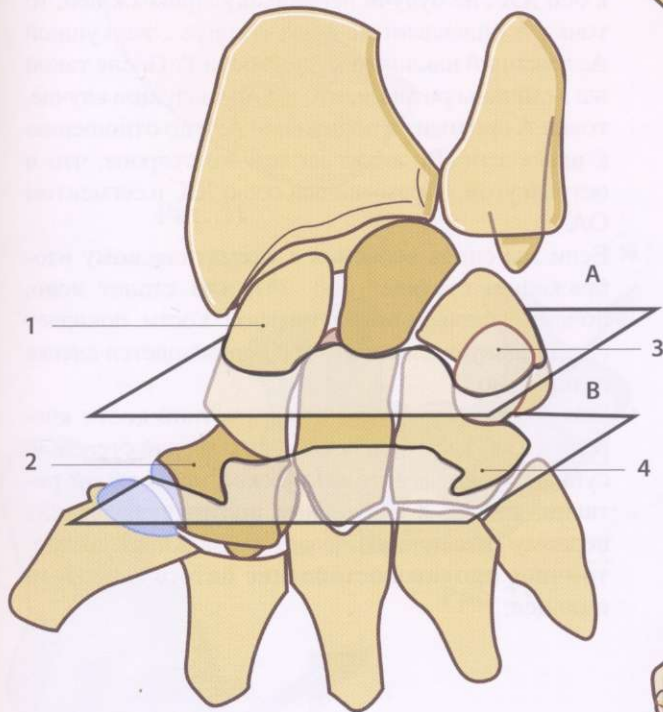


Рис. 19

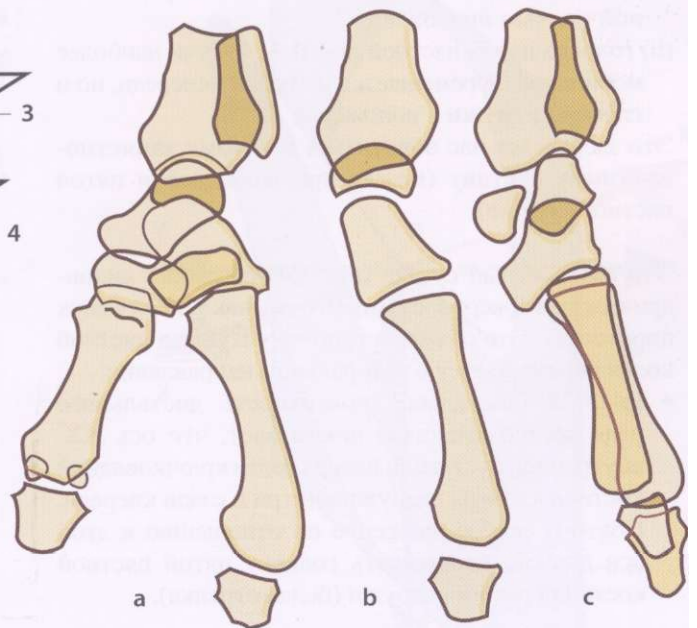


Рис. 14

Формирование вогнутости ладони

Формирование вогнутости ладони в основном обеспечивается движениями II—V пястных костей (I пястную кость мы пока в расчет не берем) по отношению к запястью. Эти движения, реализуемые в **запястно-пястных суставах**, заключаются в **слабых** движениях сгибания и разгибания, что типично для плоскостных суставов. Но амплитуда этих движений возрастает от второй пястной кости к пятой:

- Когда ладонь плоская, головки II-V пястных костей находятся на прямой линии АВ (рис. 22, вид кисти со стороны пальцев).
- Когда ладонь формирует «вогнутость», головки III—V пястных костей перемещаются кпереди (рис. 21), причем чем ближе к пятому пальцу, тем больше это перемещение. В результате они оказываются на дуге А'В (рис. 22), которая является **поперечным пястным сводом**.

Необходимо заметить следующее:

- (а) головка второй пястной кости В не совершает заметных движений, и **сгибание/разгибание** в суставе между трапецевидной и второй пястной костью ничтожно;
- (б) головка пятой пястной кости А, будучи наиболее мобильной, перемещается не только кпереди, но и **слегка кнаружи** в положение А'.

Это заставляет нас обратиться к **пятому запястно-пястному суставу** (между крючковидной и пятой пястной костью).

Это седловидный сустав (рис. 24) со слегка цилиндрическими поверхностями. Его ось наклонена в двух плоскостях. Это объясняет, почему головка пястной кости перемещается в латеральном направлении.

- Рис. 23 (дистальная поверхность дистального ряда костей запястья) показывает, что ось XX внутренней суставной поверхности крючковидной кости наклонена снаружи кнутри и сзади кпереди. Поэтому любое движение по отношению к этой оси должно перемещать головку пятой пястной кости кпереди и кнаружи (белая стрелка).

- **Ось XX' этого сустава не строго перпендикулярна к продольной оси ОА пястной кости, а образует с ней острый угол ХОА** (рис. 24). Этим также объясняется перемещение головки пятой пястной кости кнаружи, механизм которого мы постараемся объяснить с позиций геометрии.
- Если сегмент ОА (рис. 25) ротируется вокруг оси УУ', с которой он образует прямой угол, то точка А описывает круг с центром в точке О, лежащий в плоскости Р перпендикулярной оси УУ'. По завершении ротации точка А занимает положение А'.
- Если тот же сегмент ОА ротируется по отношению к оси ХХ', не будучи перпендикулярным к ней, то точка А описывает не круг, а конус с верхушкой А, лежащий наклонно к плоскости Р. После такой же величины ротации, что и в предыдущем случае, точка А приходит в положение А' и по отношению к плоскости (Р) лежит на той же стороне, что и острый угол, образованный осью ХХ' и сегментом ОА.
- Если мы снова вернемся к схематическому изображению сустава (рис. 24), нам станет ясно, почему головка пятой пястной кости покидает сагиттальную плоскость Р и перемещается слегка латерально.
- Это движение головки пятой пястной кости кпереди и кнаружи, сочетающееся с легкой степенью супинации из-за автоматической продольной ротации, сходно с движением противопоставления первому пальцу, что делает возможным **симметричное противопоставление пятого и первого пальцев**.



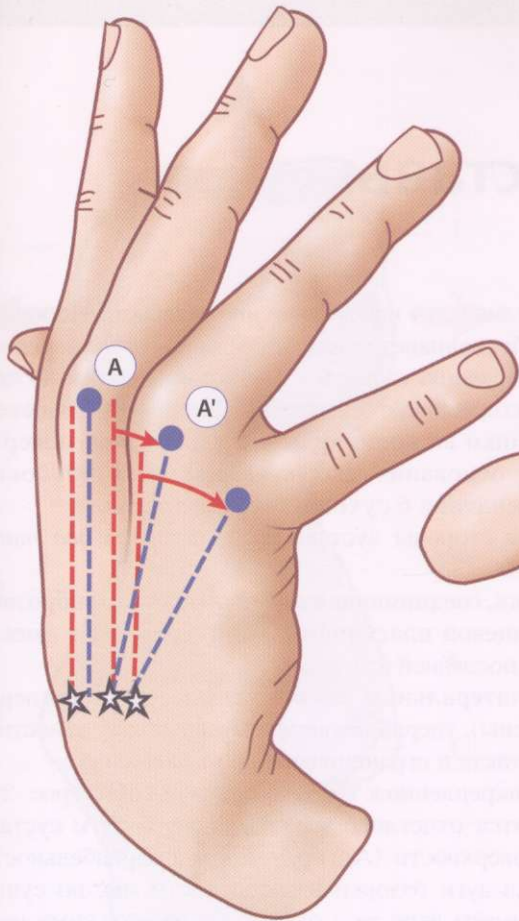


Рис. 21

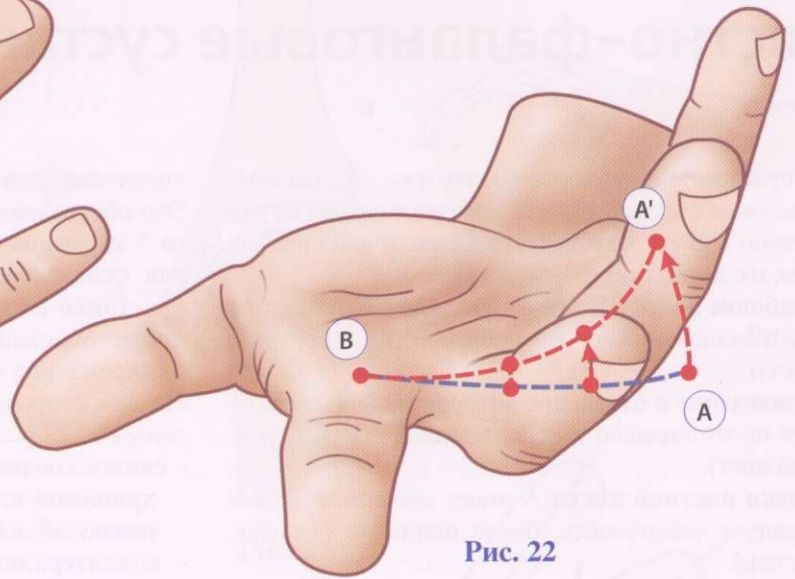


Рис. 22

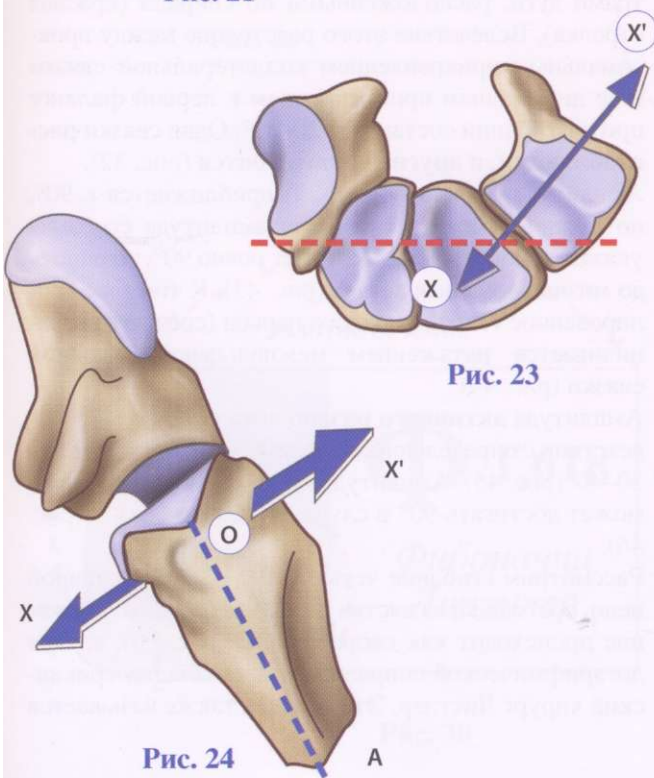


Рис. 23

Рис. 24

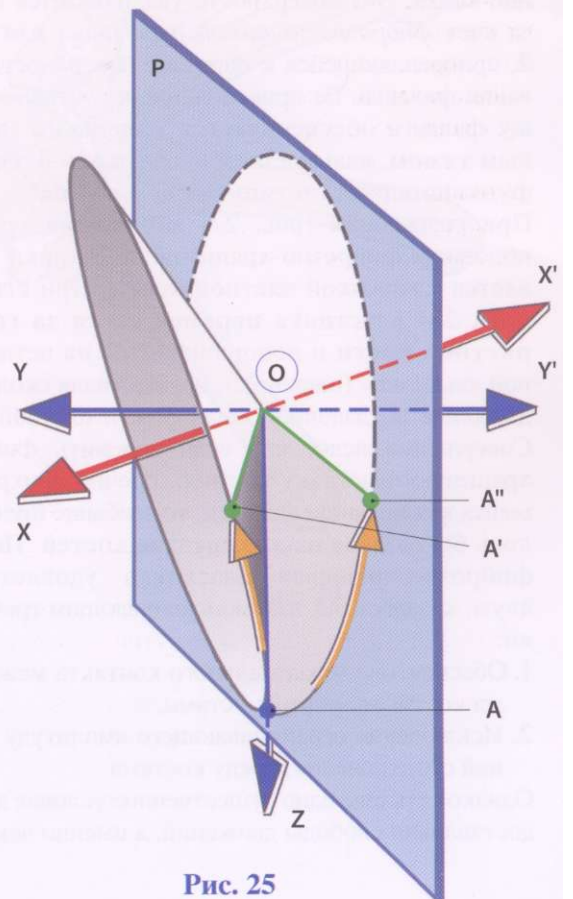


Рис. 25

Пястно-фаланговые суставы

Это суставы **мышелкового типа** (рис. 26, пястно-фаланговые суставы, вид сзади) с движениями по отношению к двум осям, расположенным под прямым углом, и с двумя степенями свободы:

- **сгибание и разгибание** в сагиттальной плоскости по отношению к поперечной оси YY' (красный цвет);
- **приведение и отведение** во фронтальной плоскости по отношению к переднезадней оси XX' (синий цвет).

Головка пястной кости А имеет *двояковыпуклую* суставную поверхность, более широкую спереди, чем сзади.

Основание проксимальной фаланги В имеет *двояковогнутую* суставную поверхность В, значительно меньшую по площади по сравнению с головкой пястной кости. Эта поверхность увеличивается спереди за счет *фиброзно-хрящевой пластинки или связки 2*, прикрепляющейся к передней поверхности основания фаланги. Ее прикрепление к суставному хрящу фаланги обеспечивается маленьким фиброзным тяжом, называемым «вырезкой» 3, который функционирует по типу *дверной петли*.

При разгибании (рис. 27) внутренняя хрящевая половина фиброзно-хрящевой пластинки сочленяется с головкой пястной кости. При сгибании (рис. 28) пластинка **перемещается за головку пястной кости** и поворачивается на петлеобразной «вырезке» (шарнир) 3, осуществляя скользящее движение по ладонной поверхности пястной кости. Совершенно ясно, что если заменить фиброзно-хрящевую пластинку костной, прочно прикрепляющейся к основанию фаланги, то сгибание прекратилось бы раньше из-за контакта костей. Поэтому фиброзно-хрящевая пластинка удовлетворяет двум, казалось бы, взаимоисключающим требованиям:

1. Обеспечение максимального контакта между двумя костными поверхностями.
2. Исключение ограничивающего амплитуду движений столкновения между костями.

Однако есть еще одно существенное условие для предоставления свободы движений, а именно некоторая

«податливость» капсулы и синовиальной оболочки. Это обеспечивается наличием заднего 4 и переднего 5 карманов капсулы. Глубокий карман нужен для скользящего движения фиброзно-хрящевой пластинки во время флексии. На задней поверхности основания фаланги находится глубокое прикрепление 6 сухожилия разгибателя.

По обе стороны сустава располагаются *два типа связок*'.

- **связка, соединяющая пястную кость с фиброзно-хрящевой пластиной** и контролирующая движения последней (см. далее);

- **коллатеральные связки** (на рис. 26 1 они пересечены), удерживающие суставные поверхности в контакте и ограничивающие их движения.

Их прикрепление к головке пястной кости (рис. 29) находится отчетливо кзади от центра дуги суставной поверхности (А), причем из-за варибельности радиуса дуги головки пястной кости мы, по существу, имеем дело не с одним, а с несколькими центрами дуги, расположенными по спирали (красная стрелка). Вследствие этого расстояние между проксимальным прикреплением коллатеральной связки и ее дистальным прикреплением к первой фаланге при разгибании составляет 20-30°. Одни связки **расслабляются, а другие натягиваются** (рис. 32).

Амплитуда сгибания (рис. 29) приближается к 90°, но нужно отметить, что если амплитуда сгибания указательного пальца достигает ровно 90°, то вплоть до мизинца она возрастает (рис. 43). К тому же изолированное сгибание одного пальца (среднего) ограничивается натяжением межпальцевой ладонной связки (рис. 44).

Амплитуда **активного разгибания** различна в соответствии с определенными целями - может достигать 30—40° (рис. 45). Амплитуда **пассивного разгибания** может достигать 90° в случае слабости связок (рис. 46).

Рассмотрим сгибание четырех сегментов суставной цепи, состоящей из пястья и трех фаланг. Это движение происходит как сворачивание (рис. 30), следуя логарифмической спирали, что и доказал американский хирург Литтлер. Эта спираль также называется

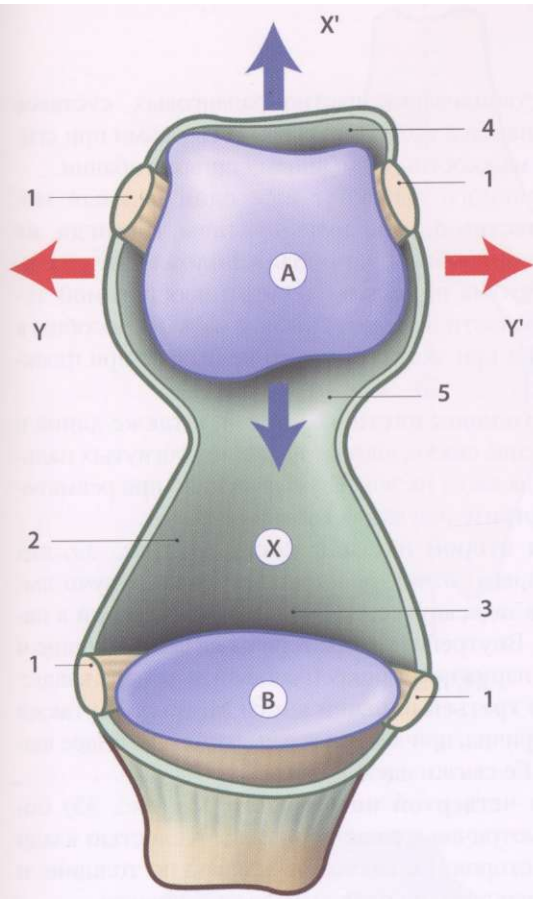


Рис. 26

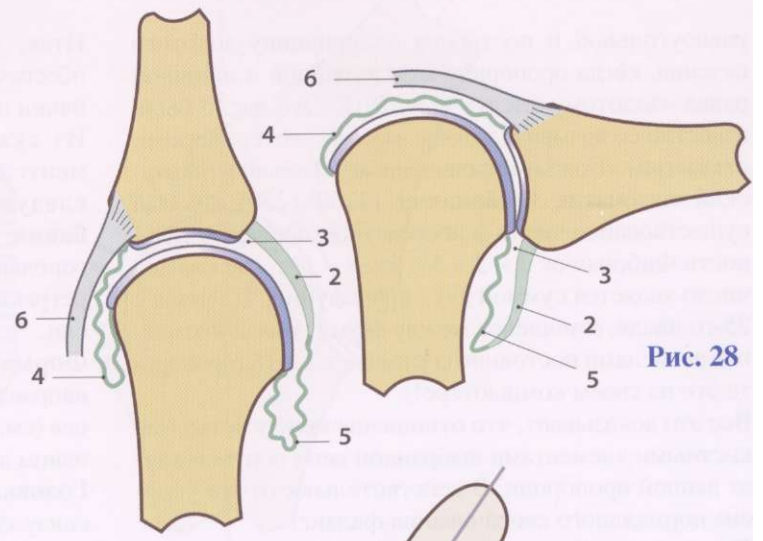


Рис. 27

Рис. 28

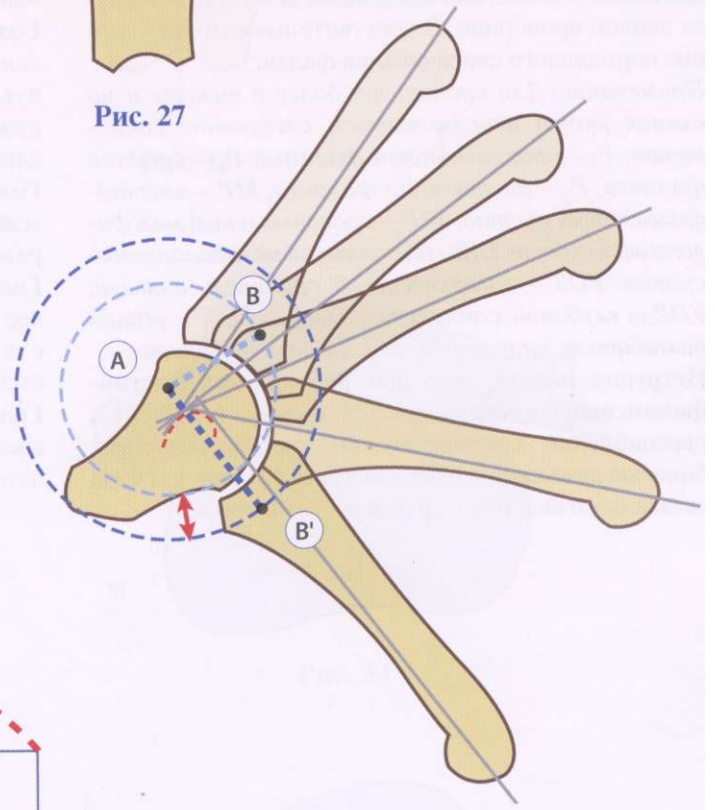


Рис. 29

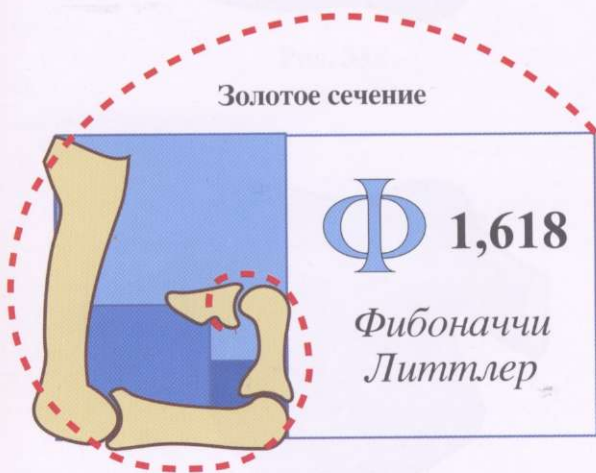


Рис. 30

равноугольной и построена по принципу золотого сечения, когда пропорция между длиной и шириной равна «золотому числу» $\phi = 1,618$. Это число было известно со времен Платона, являясь эзотерическим, открытым «Божьим провидением». Только итальянский математик **Фибоначчи** (1180-1250) доказал существование числа ϕ посредством последовательности Фибоначчи: 1 - 2- 3- 5- 8- 13... где каждое число является суммой двух предыдущих. Начиная с 25-го числа, отношение между двумя последовательными числами постоянно составляет 1,618 (проверьте это на своем компьютере!).

Все это доказывает, что отношение между четырьмя костными элементами выбранной цепи соответствует данной пропорции. В действительности это условие нормального сворачивания фаланг!

Примечание. Для краткости далее в тексте и на схемах будут использоваться следующие сокращения: P - проксимальная фаланга, P₂ - средняя фаланга, P₃ - дистальная фаланга, MP - пястно-фаланговый сустав, PIP - проксимальный межфаланговый сустав, DIP - дистальный межфаланговый сустав, FDS - поверхностный сгибатель пальцев, FDP - глубокий сгибатель пальцев, EDC - общий разгибатель пальцев, Л/, М₂... - пястные кости.

Нетрудно понять, что при **разгибании пястно-фалангового сустава** (рис. 31. фронтальный срез) расслабление коллатеральных связок позволяет боковые движения в суставах (рис. 32), причем одна связка натягивается, а другая расслабляется.

Итак, стабилизация пястно-фаланговых суставов обеспечивается коллатеральными связками при сгибании и межкостными мышцами при разгибании.

Из сказанного вытекает еще один важный момент: пястно-фаланговые суставы **никогда не следует иммобилизовать в положении разгибания**, чтобы не получить почти необратимой тугоподвижности. Коллатеральные связки способны к ретракции при экстензии, чего не бывает при флексии.

Форма головок пястных костей, а также длина и направление связок влияют на наклон согнутых пальцев (см. далее) и их локтевую девиацию при ревматоидном артрите (согласно Tubiana).

Головка второй пястной кости М₂ (рис. 33, вид снизу справа) отчетливо асимметрична, будучи выпуклой в задневнутренней части и уплощенной в наружной. Внутренняя коллатеральная связка толще и длиннее наружной, прикрепляющейся дальше кзади.

Головка третьей пястной кости М₃ (рис. 34) также асимметрична, причем эта асимметрия еще более выражена. Ее связки идентичны.

Головка четвертой пятой кости М₄ (рис. 35) более симметрична с равномерной выпуклостью кзади с обеих сторон. Ее связки одинаковы по толщине и степени наклона, но наружная слегка длиннее.

Головка пятой пястной кости М₅ (рис. 36) показывает асимметрию, противоположную М₂ и М₃. Коллатеральные связки идентичны связкам М₂.

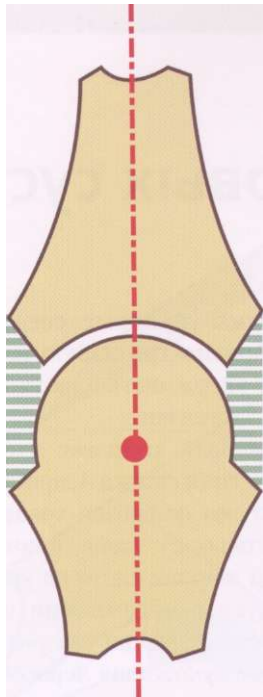


Рис. 31

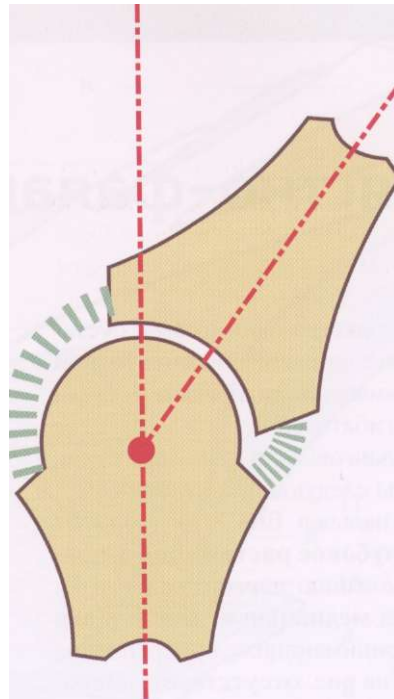


Рис. 32

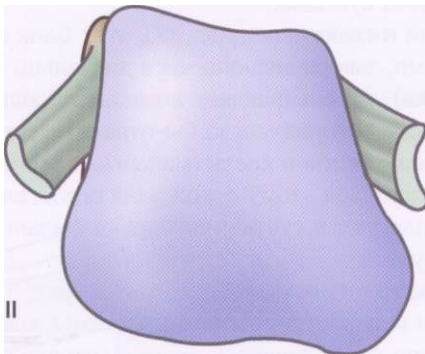


Рис. 33

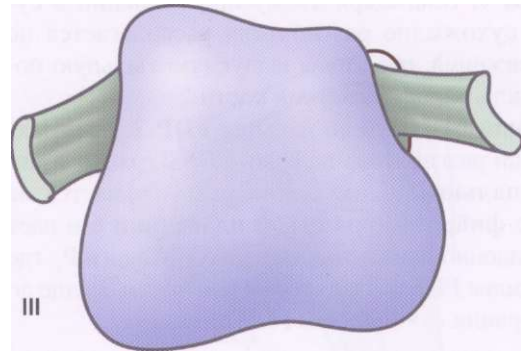


Рис. 34

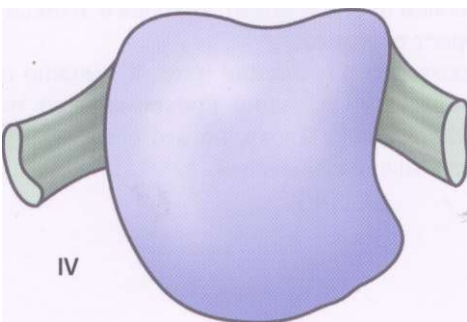


Рис. 35

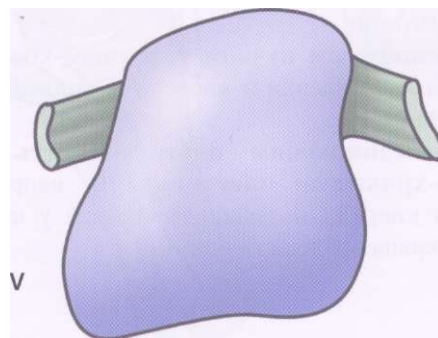


Рис. 36

Связки пястно-фаланговых суставов

Коллатеральные связки пястно-фаланговых суставов принадлежат к более сложной **лигаментозной системе**, которая удерживает и «направляет» сухожилия разгибателей и сгибателей.

На рис. 37 (пястно-фаланговый сустав, вид сзади, сверху и снаружи) видны следующие структуры.

- Общий разгибатель пальцев **EDC 1** к тылу от капсулы посылает **глубокое растяжение а**, прикрепляющееся к основанию первой фаланги P_1 . Затем оно делится на **медиальный тяж б** и **два латеральных с**, принимающих прикрепления межкостных мышц (на рис. отсутствует). Непосредственно перед тем как глубокое растяжение отходит от сухожилия, мелкие **сагиттальные тяжи д** отделяются от основного сухожилия и пересекают наружную часть сустава, заканчиваясь далее на **глубокой поперечной связке ладони 4**. Благодаря этому при сгибании в суставе сухожилие разгибателя располагается по оси движения, пересекая выпуклую тыльную поверхность головки пястной кости.
- Глубокий разгибатель пальцев **FDP 2** и поверхностный разгибатель пальцев **FDS 3** входят в **метакарпальный блок 5**, который начинается на уровне **фиброзно-хрящевой пластинки 6** и идет S^1 до ладонной поверхности первой фаланги P^1 где сухожилие **FDS** разделяется на **две части 3'** еще до перфорации сухожилием FDP 2.

Связочный комплекс состоит из **суставной капсулы 7**, укрепляемой **коллатеральной связкой**, прикрепляющейся к наружному бугорку 8 головки пястной кости кзади от линии центров дуги и представленной тремя компонентами:

- **пястно-фаланговым пучком 9**, идущим косо в дистальном направлении и кпереди к основанию первой фаланги ;
- **пучком, соединяющим пястную кость и фиброзно-хрящевую пластинку 10**, направляющимся кпереди и заканчивающимся у края фиброзно-хрящевой пластинки;

- **тонким пучком, соединяющим фалангу и фиброзно-хрящевую пластинку 11**, что помогает удерживать пластинку в нужном положении при экстензии.

В связочный комплекс входит также **поперечная межпястная связка 4**, прикрепляющаяся к прилежащим краям фиброзно-хрящевых пластинок пястно-фаланговых суставов, причем ее волокна проходят по всей ширине кисти на уровне этих суставов. Она участвует в образовании фиброзных каналов для межкостных мышц (на рис. не показаны) и лежит кзади от сухожилия червеобразной мышцы (на рис. отсутствует).

Метакарпальный блок 5, прикрепляющийся к наружным краям фиброзно-хрящевой пластинки, образно говоря, **подвешен к головке пястной кости**. Он играет важную роль при сгибании в пястно-фаланговых суставах.

- Будучи **интактным** (рис. 38), этот блок с его волокнами, заворачивающимися дистально (красная стрелка), перенаправляет компонент силы (белая стрелка), которая могла бы отдалить сухожилие, к головке пястной кости (маленькая черная стрелка). Благодаря этому сухожилия сгибателей близко прилегают к суставу и головка фаланги стабилизируется.
- **При патологических состояниях** (рис. 39), когда связки перерастянуты или разорваны, как это бывает при ревматоидном артрите (черная стрелка), этот «отдаляющий» сухожилие компонент силы (белая стрелка) направляется не к головке пястной кости, а к основанию первой фаланги P_1 с формированием переднего и проксимального подвывиха головки пястной кости, которая в этом случае выпирает сильнее.
- Некоторое **улучшение** (рис. 40) можно получить с помощью резекции проксимальной части метакарпального блока, но это снижает эффективность мышц сгибателей.

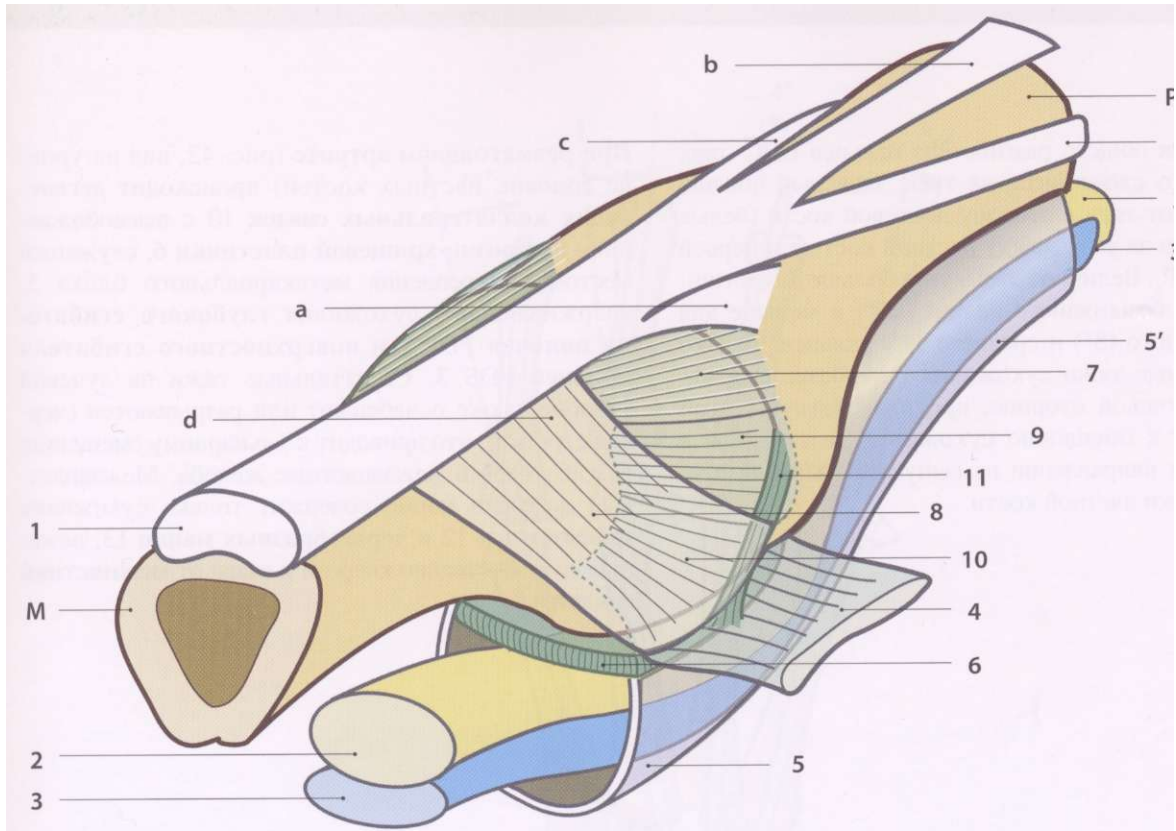


Рис. 37

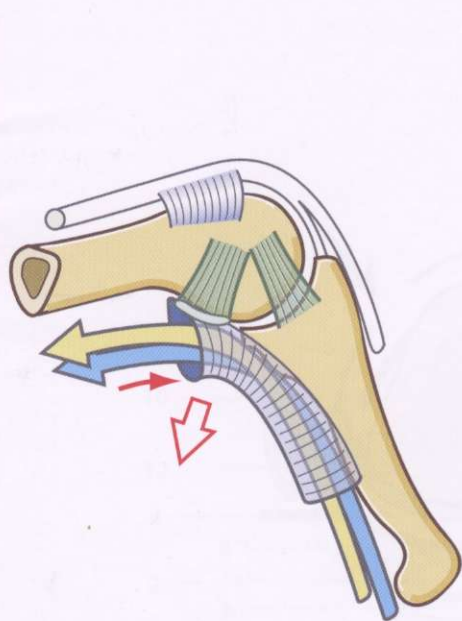


Рис. 38

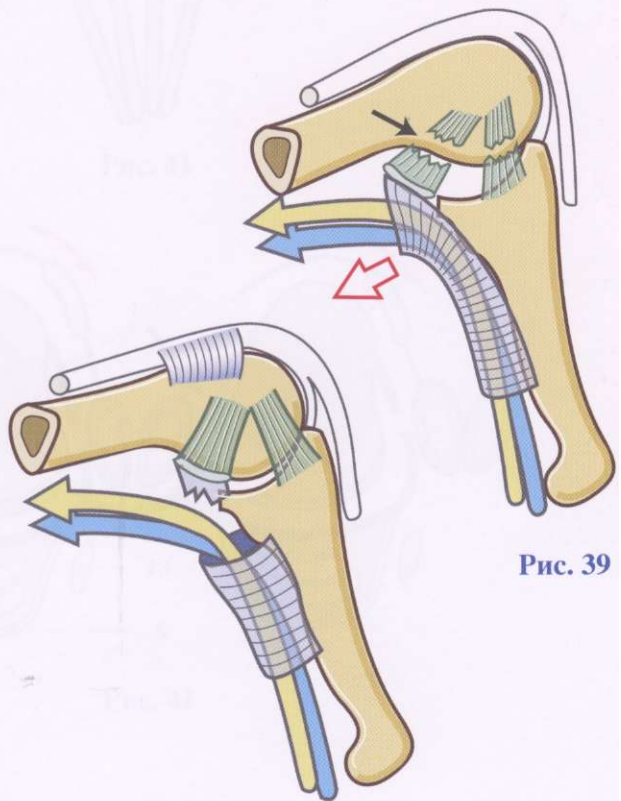


Рис. 39

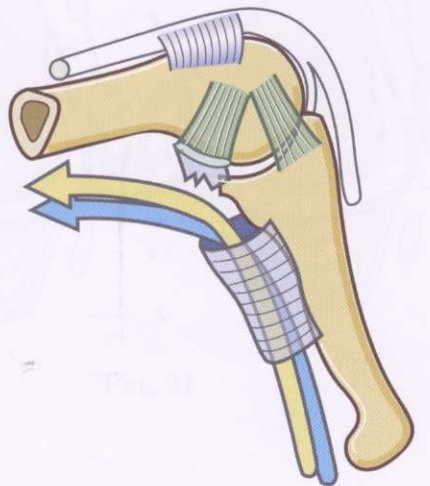


Рис. 40

Сухожилия общего разгибателя пальцев EDC (рис. 41), близко сходящиеся на тыле запястья, обычно испытывают тягу в сторону локтевой кости (белые стрелки) из-за угла между пястной костью и первой фалангой P_1 . Величина этого угла больше для мизинца (14°) и безымянного пальца (13°) и меньше для указательного (8°) и среднего (4°) пальцев. Только сагиттальные тяжи сухожилия разгибателя, лежащие на лучевой стороне, противодействуют этой тенденции к смещению сухожилия разгибателя в ульнарном направлении на выпуклой тыльной стороне головки пястной кости.

При ревматоидном артрите (рис. 42, вид на уровне головок пястных костей) происходит дегенерация **коллатеральных связок** 10 с высвобождением **фиброзно-хрящевой пластинки** 6, служащей местом прикрепления метакарпального блока 5, удерживающего сухожилия **глубокого сгибателя пальцев** FDP 2 и **поверхностного сгибателя пальцев** FDS 3. Сагиттальные тяжи на лучевой стороне также ослабевают или разрываются (черная стрелка), что приводит к ульнарному смещению разгибателей в межзапястные желоба. Межзапястный желоб в норме содержит только сухожилия **межкостных** 12 и **червеобразных мышц** 13, лежащие соответственно кпереди и кзади от **межпястной связки** 4.

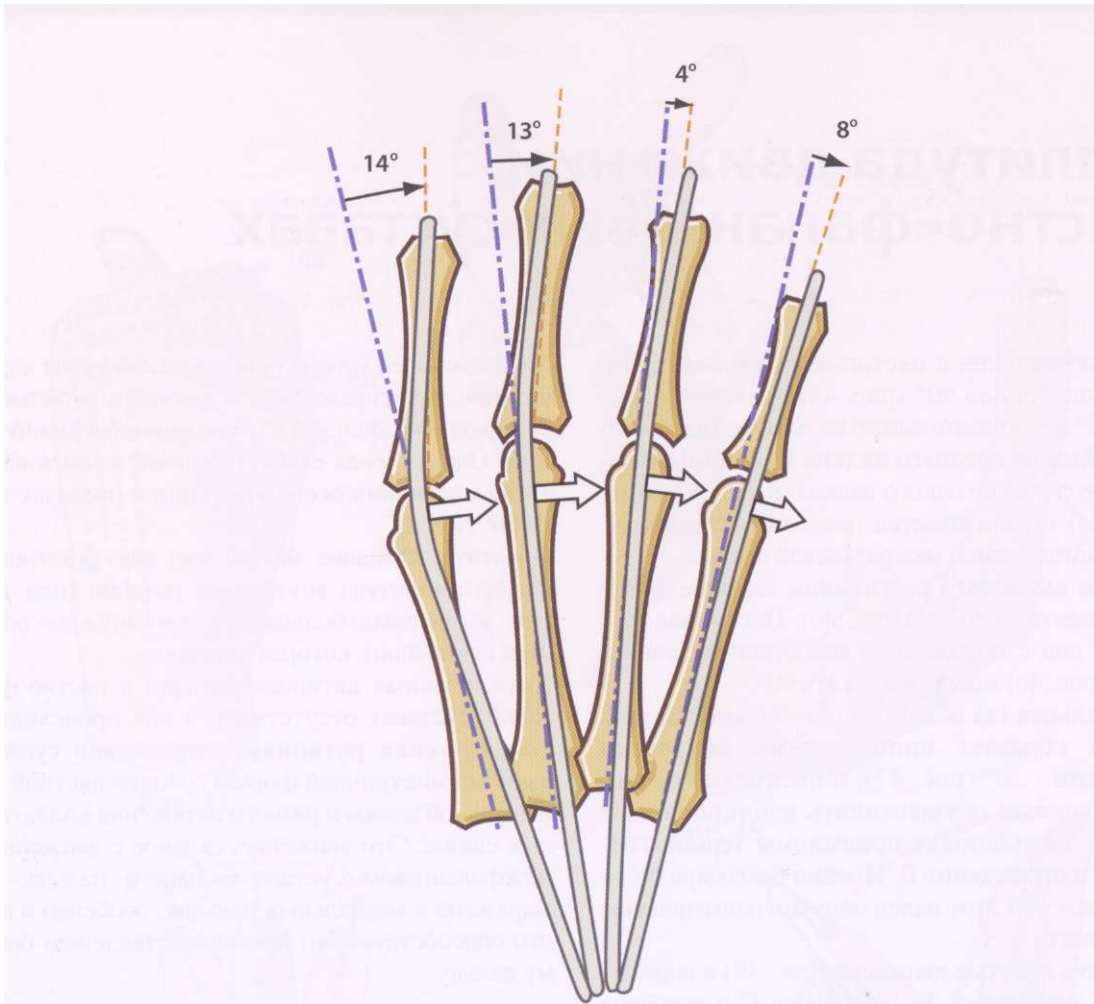


Рис. 41

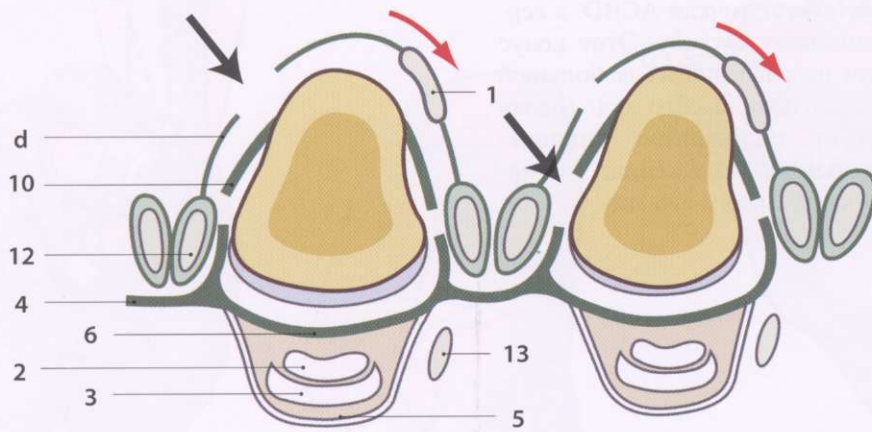


Рис. 42

Амплитуда движений в пястно-фаланговых суставах

Амплитуда сгибания в пястно-фаланговом суставе составляет около 90° (рис. 43). Она несколько меньше 90° для указательного пальца, но **постепенно возрастает от среднего пальца к мизинцу**. Изолированное сгибание одного пальца (в нашем примере среднего) ограничивается (рис. 44) натяжением, развиваемым ладонной межпальцевой связкой.

Амплитуда активного разгибания переменна и может достигать до $30\text{--}40^\circ$ (рис. 45). **Пассивное разгибание** у лиц с выраженной вялостью связочного аппарата (рис. 46) может достигать 90° .

Из всех пальцев (за исключением большого) указательный обладает **наибольшими боковыми движениями** - 30° (рис. 47); и поскольку он может с легкостью осуществлять изолированные движения, здесь вполне приемлемы термины **отведение А** и **приведение В**. Именно благодаря большой подвижности этот палец получил наименование **указательного**.

Осуществляя простые движения (рис. 48) в виде отведения **А**, приведения **В**, разгибания **С** и сгибания **Д**, указательный палец выполняет **круговые движения** в пределах **конуса вращения**. Основание конуса на рис. соответствует точкам АСВД, а верхушка - пястно-фаланговому суставу. Этот конус уплощен в поперечном направлении из-за большей амплитуды сгибания/разгибания. Его ось (белая стрелка) соответствует **положению равновесия** или **функциональному положению** пястно-фалангового сустава указательного пальца.

Мышечковые суставы обычно не способны к осевой ротации, это справедливо и для пястно-фаланговых суставов **II—V** пальцев в отношении **активной ротации**. Однако из-за слабости связок возможна некоторая **пассивная осевая ротация** в пределах порядка 60° (Roud).

Обратите внимание на то, что для указательного пальца амплитуда внутренней ротации (или пронации) значительно больше 45° , чем наружной ротации (или супинации), которая ничтожна.

Хотя истинная активная ротация в пястно-фаланговых суставах отсутствует, в них происходит **автоматическая ротация** в направлении супинации из-за асимметричной формы головки пястной кости и неравной длины и разного натяжения коллатеральных связок. Это движение, сходное с движениями в межфаланговом суставе большого пальца, более выражено в медиальных пальцах, особенно в пятом, что способствует его противопоставлению большому пальцу.

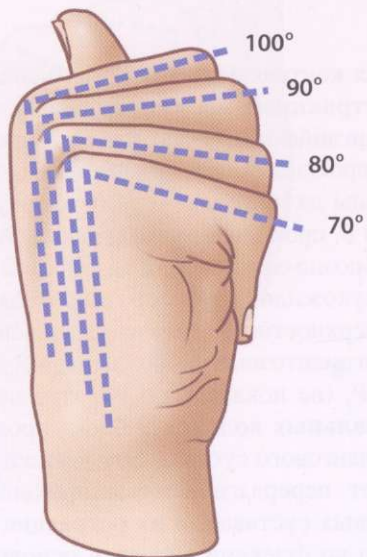


Рис. 43

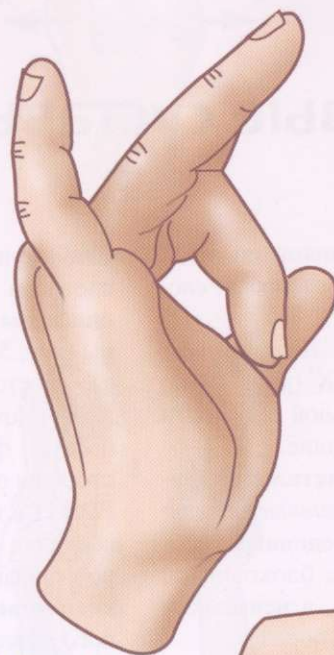


Рис. 44

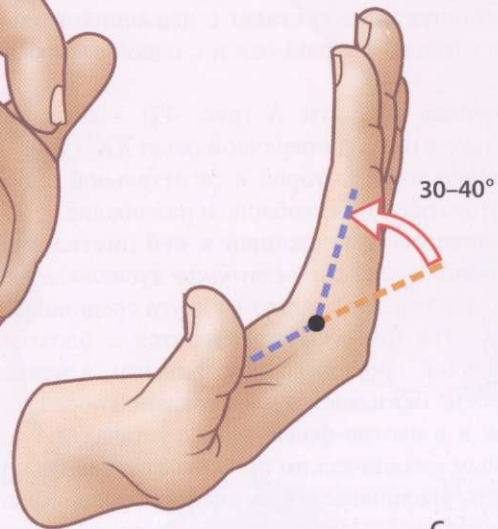


Рис. 45

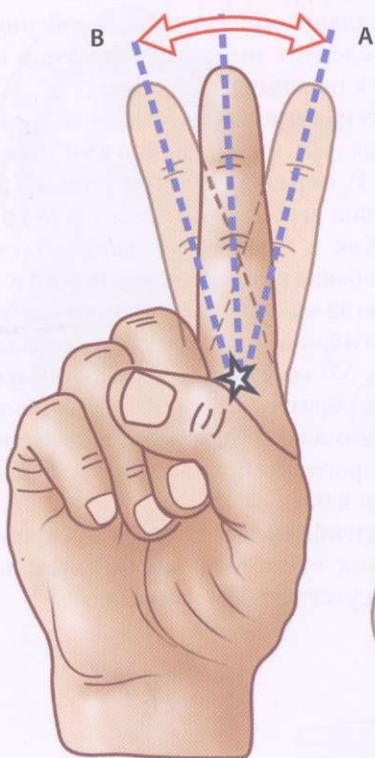


Рис. 47

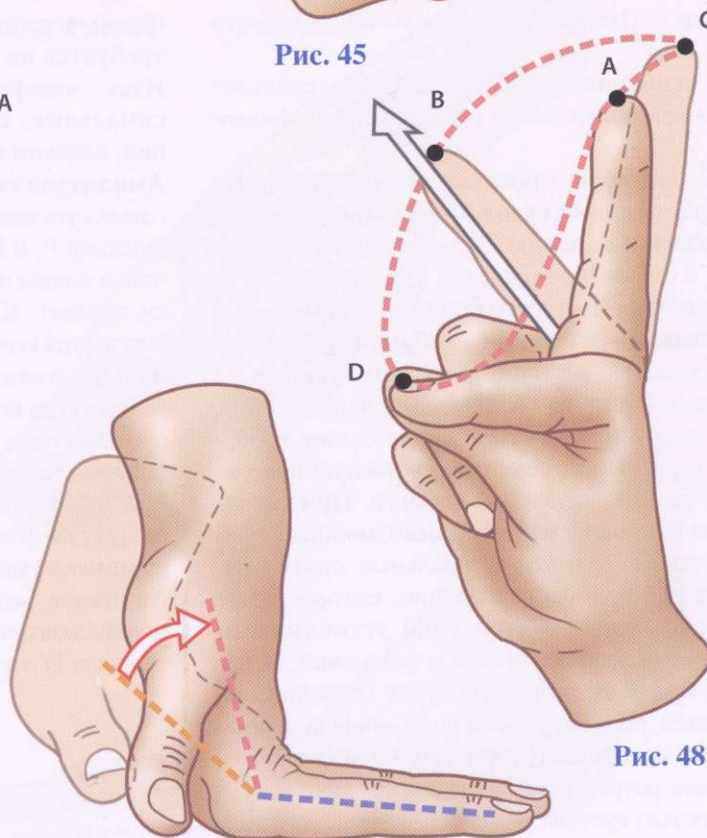


Рис. 48

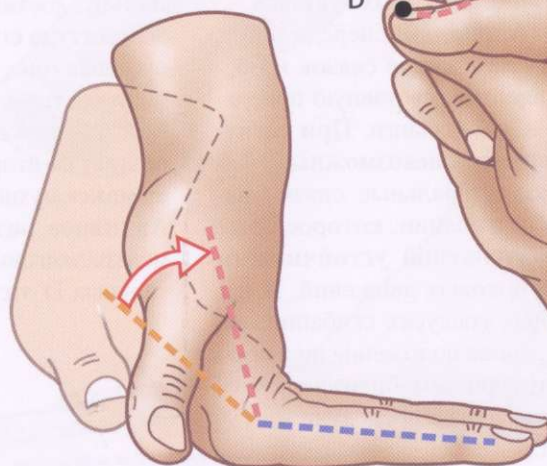


Рис. 46

Межфаланговые суставы

Это шаровидные суставы с движениями по отношению только к одной оси и с одной степенью свободы.

- **Головка фаланги А** (рис. 49) - *блоковидная*, только с одной поперечной осью XX' (рис. 50), по отношению к которой в сагиттальной плоскости осуществляются сгибание и разгибание.
- **Основание прилежащей к ней дистальной фаланги В** имеет две *неглубокие суставные поверхности*, отделенные друг от друга срединным гребнем. Эти фасетки сочленяются с блоковидной головкой проксимальной фаланги, а невысокий гребень оказывается в центральной борозде.
- Как и в пястно-фаланговых суставах, по тем же самым механическим причинам суставная поверхность увеличивается за счет фиброзно-хрящевой пластинки 2. (Цифры означают то же самое, что и на рис. 53.)

Во время сгибания (рис. 51) пластинка скользит вдоль ладонной поверхности проксимальной фаланги Р.

На рис. 52 (вид сбоку) показаны **коллатеральные связки 1**, **растяжения сухожилий мышц разгибателей 6** и **связки капсулы 7**, соединяющие первую фалангу Р₁ с фиброзно-хрящевой пластинкой.

Обратите внимание на то, что **коллатеральные связки натягиваются во время сгибания** в большей степени, чем связки пястно-фаланговых суставов.

Блоковидная фаланга (А, рис. 50) спереди шире, чем сзади, что усиливает натяжение связок и обеспечивает большую по площади суставную поверхность для головки дистальной фаланги. **При согнутом суставе боковые движения невозможны.**

Отметьте также, что коллатеральные связки натягиваются при полном разгибании, которое тоже является положением **абсолютной устойчивости** в отношении отсутствия боковых движений. И наоборот, на промежуточных градусах сгибания они расслабляются, поэтому данное положение ни в коем случае нельзя использовать при иммобилизации, чтобы не вызвать ретракцию связок с последующей тугоподвижностью сустава.

Сгибательная контрактура может быть также обусловлена **ретракцией «связок-вожжей»**, недавно описанных английскими авторами. Они представлены (рис. 53, проксимальный межфаланговый сустав, вид со стороны ладони и сверху) пучками продольных волокон 8, проходящими над ладонной поверхностью фиброзно-хрящевой пластинки 2 по обе стороны от сухожилий глубокого сгибателя пальцев FDP 11 и поверхностного сгибателя пальцев FDS 12, соединяя «лигаментозные блоки» первой Р₁ 10 и второй фаланг Р₂ (не показаны) и образуя наружный край **диагональных волокон 9** блока проксимального межфалангового сустава. Эти «связки-вожжи» препятствуют переразгибанию в проксимальных межфаланговых суставах, и их ретракция при иммобилизации во флексии является основной причиной ограничения подвижности. В этом случае требуется их хирургическая резекция.

Итак, межфаланговые суставы, особенно проксимальные, следует иммобилизовать в положении, близком к полному разгибанию.

Амплитуда сгибания в проксимальных межфаланговых суставах (рис. 54) **превышает 90°**, так что при флексии Р₁ и Р₂ образуют острый угол (на рис. фаланги видны под углом сбоку, поэтому угол кажется тупым). Как и в пястно-фаланговых суставах, амплитуда сгибания возрастает **от второго к пятому пальцу**, достигая максимума, составляющего **135°**.

Амплитуда сгибания в дистальных межфаланговых суставах (рис. 55) **составляет несколько менее 90°**, поэтому углы, образуемые Р₂ и Р₃, остаются тупыми. Как и в проксимальных суставах, ее величина возрастает от второго к пятому пальцу, где она достигает **максимума в 90°**.

Активное разгибание (рис. 56) в проксимальных межфаланговых суставах **Р** **отсутствует**, а в дистальных **Д** **отсутствует** или ничтожно - **5°**.

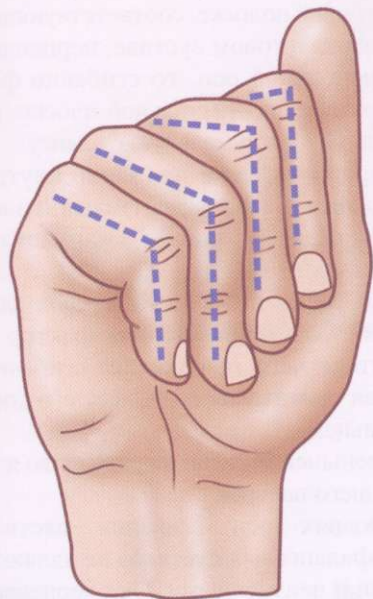


Рис. 54

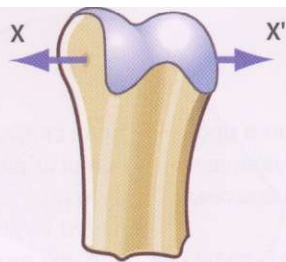


Рис. 49



Рис. 55

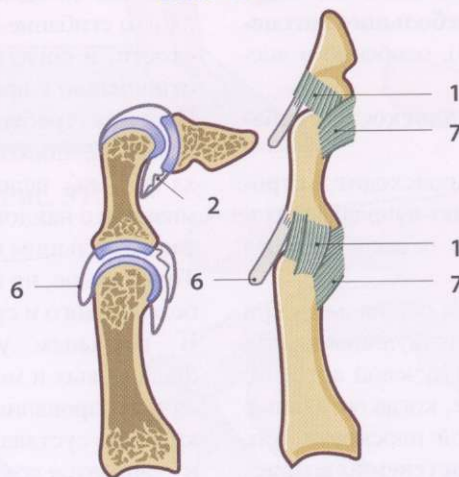


Рис. 51

Рис. 52

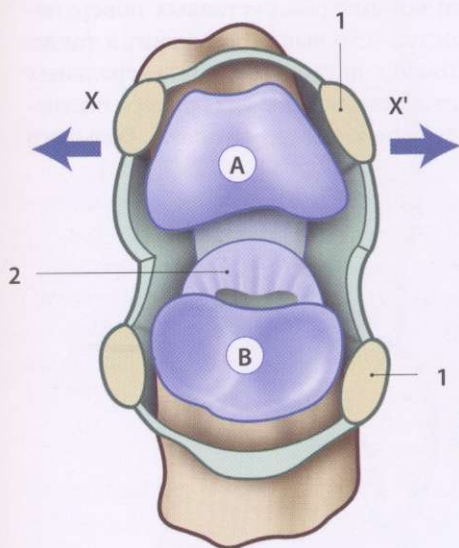


Рис. 50

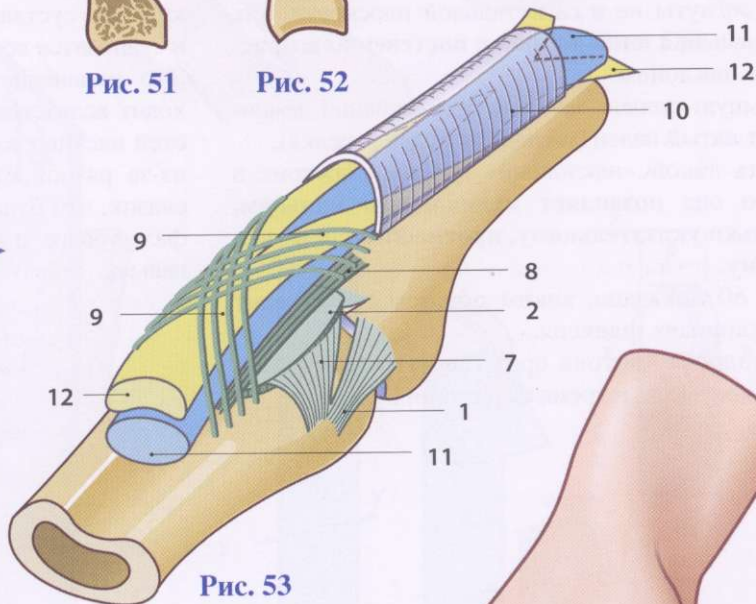


Рис. 53

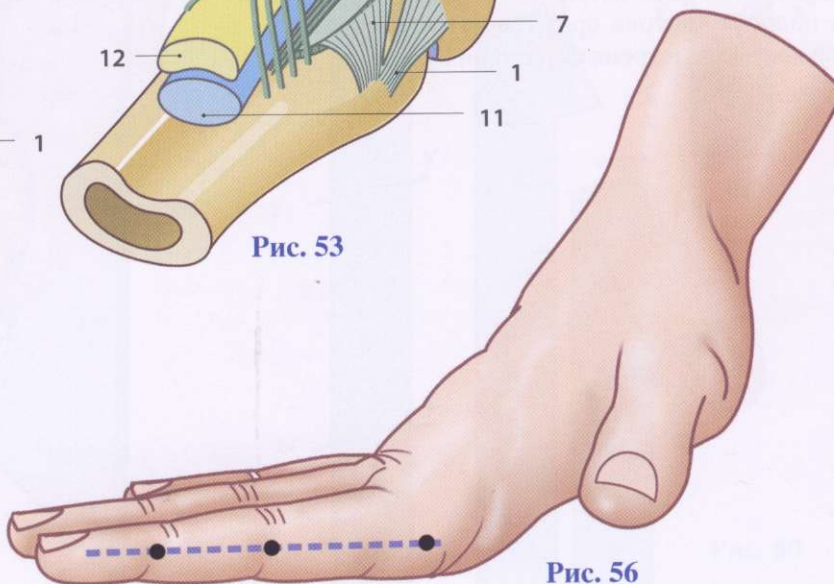


Рис. 56

Пассивное разгибание (рис. 57) равно нулю в проксимальных межфаланговых суставах, но довольно значительное (30°) в дистальных межфаланговых суставах D.

Поскольку межфаланговые суставы имеют только одну степень свободы, то в них нет активных боковых движений, но присутствуют **небольшие пассивные боковые движения** (рис. 58), особенно в дистальных суставах.

Стоит отдельно остановиться на **плоскости сгибания II—IV пальцев** (рис. 59).

Сгибание указательного пальца происходит **в строго сагиттальной плоскости (P)** по направлению к основанию возвышения большого пальца (длинная белая стрелка).

Как было показано ранее (рис. 13), оси пальцев при флексии сходятся в точке, соответствующей месту, где обычно оценивают пульсацию лучевой артерии. Это возможно только в том случае, когда остальные пальцы согнуты не в сагиттальной плоскости, как указательный, а в **наклонной с постепенно возрастающим наклоном**.

Наибольшую степень наклона при сгибании демонстрирует пятый палец (маленькая белая стрелка).

Важность такой «наклонной» флексии состоит в том, что она **позволяет медиальным пальцам, а не только указательному, противопоставляться большому**.

На рис. 60 показано, каким образом происходит эта «наклонная» флексия.

Узкая полоска картона представляет весь палец с пястной костью M и тремя фалангами P₁, P₂, P₃.

Если складка в картонной полоске, соответствующая оси сгибания в межфаланговом суставе, перпендикулярна xx'' ее продольной оси, то сгибание фаланги будет происходить в сагиттальной плоскости d, и она ляжет точно на проксимальную фалангу.

Если же складка пройдет **слегка наклонно** кнутри xx', то сгибание реализуется не в сагиттальной плоскости, и согнутая фаланга **b пойдет кнаружи** по отношению к проксимальной.

Поэтому требуется лишь небольшой наклон оси сгибания, поскольку он умножается на фактор 3 xx'.yy', zz', вследствие чего при полном сгибании мизинца с наклонная ориентация позволяет его контакт с большим пальцем.

То же самое, но в меньшей степени, справедливо для безымянного и среднего пальцев.

В реальных условиях оси сгибания пястно-фаланговых и межфаланговых суставов не являются фиксированными и неизменными. Они перпендикулярны суставам в положении полного разгибания и становятся все более наклонными при сгибании.

Это изменение ориентации оси сгибания происходит вследствие асимметрии суставных поверхностей пястных костей (см. выше) и фаланг, а также из-за разной степени натяжения коллатеральных связок, что будет показано далее на примере пястно-фалангового и межфалангового суставов большого пальца.

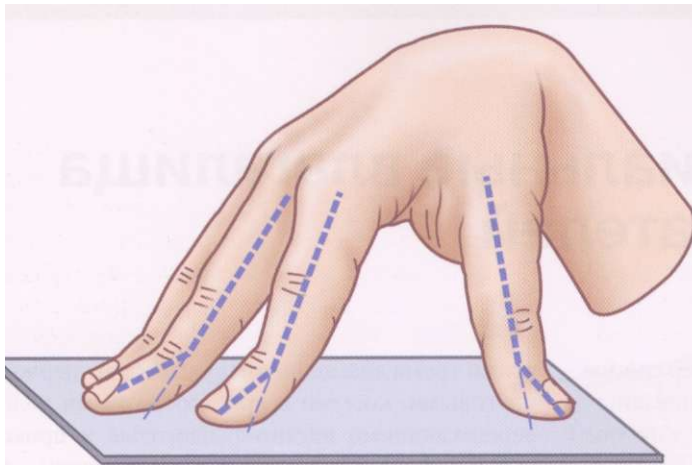


Рис. 57

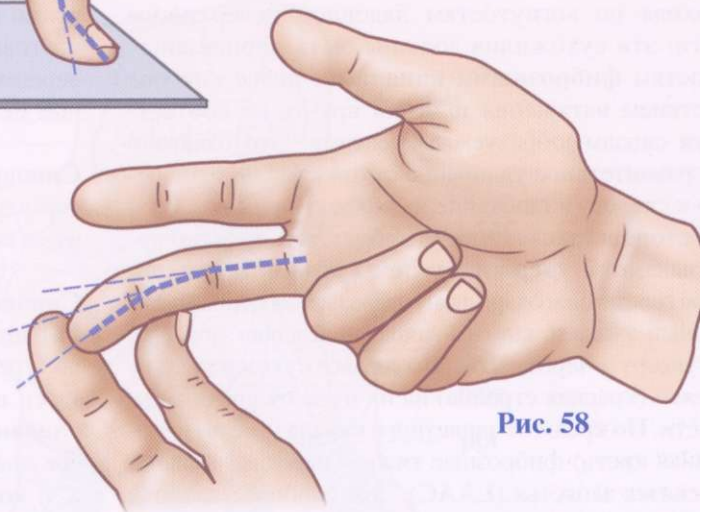


Рис. 58

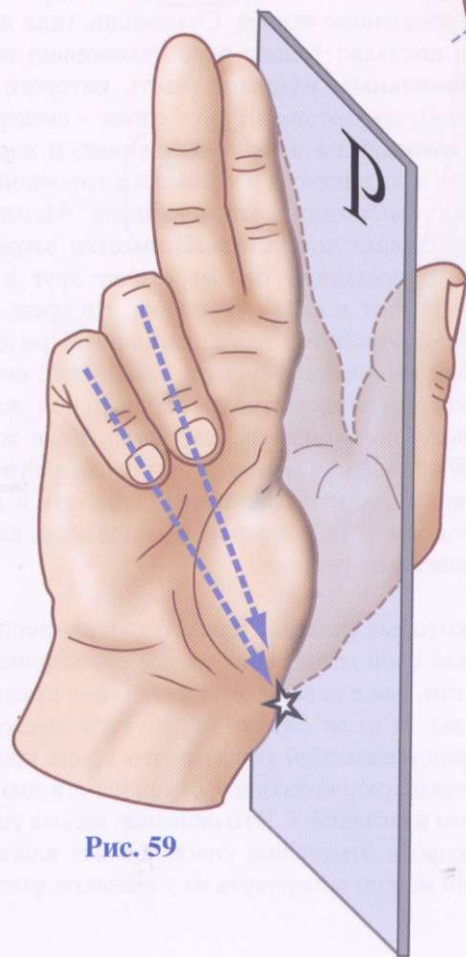


Рис. 59

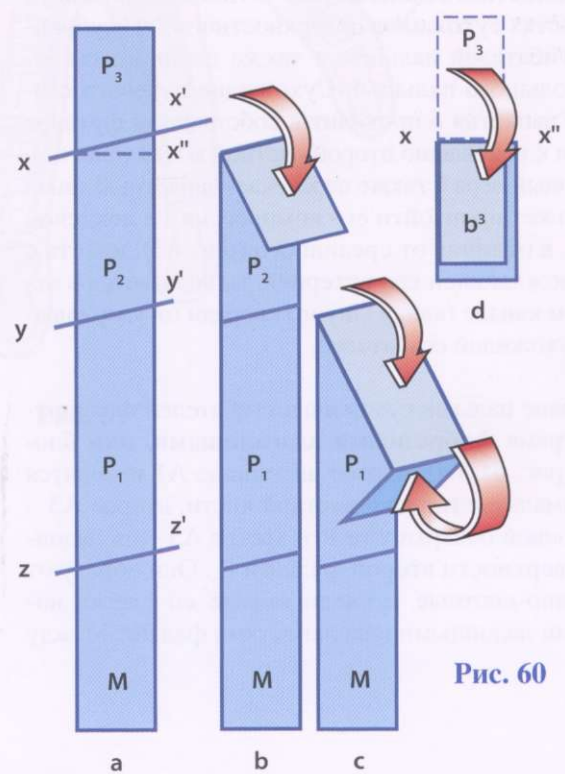


Рис. 60

Каналы и синовиальные влагалища сухожилий сгибателей

Проходя по вогнутостям ладонной поверхности кисти, эти сухожилия должны быть «привязаны» к костям **фиброзными каналами**, иначе они под действием натяжения шли бы прямо, не соответствуя сводам, образуемым костями. Это означало бы сравнительное удлинение сухожилий по отношению к скелету и снижение их эффективности.

Обе стороны запястного углубления (борозды) перекрываются **удерживателем сухожилий мышц сгибателей**, благодаря чему образуется первый фиброзный туннель кисти - запястный канал (рис. 62, по Рувьеру). Через него проходят все сухожилия сгибателей (красная стрелка) на их пути от предплечья к кисти. По краям от запястного канала (рис. 61, прозрачная кисть) фиброзные тяжи - передняя кольцевая связка запястья (ЛААС). Это наиболее важный костно-фиброзный блок в организме человека.

Срез запястного канала (рис. 63) показывает в двух плоскостях сухожилия поверхностного 2 и глубокого 3 сгибателей пальцев, а также длинного сгибателя большого пальца 4. Сухожилие лучевого сгибателя запястья 5 проходит в собственном футляре на пути к основанию второй пястной кости (рис. 62). Срединный нерв 6 также пересекает запястный канал (где может произойти его компрессия), а локтевой нерв 7, в отличие от срединного (рис. 63), вместе с сопровождающей его артерией располагается в отдельном канале (канал Guyon) впереди от удерживателя сухожилий сгибателей.

На уровне пальцев сухожилия сгибателей фиксируются тремя **фиброзными влагалищами, или блоками** (рис. 61, 64): первое влагалище **A1** находится проксимальнее головки пястной кости, второе **A3** - на ладонной поверхности ?! и третье **A5** - на ладонной поверхности второй фаланги P₂. Они образуют фиброзно-костные туннели вместе со слегка вогнутыми ладонными поверхностями фаланг. Между

этим тремя влагалищами сухожилия удерживаются круговыми, косыми и крестообразными волокнами, пересекающими пястно-фаланговые и проксимальные межфаланговые суставы (см. вставку).

Синовиальные влагалища (рис. 61) (как смазка тормозов) позволяют сухожилиям свободно скользить в каналах.

Синовиальные влагалища промежуточных (II-IV) пальцев имеют самое простое строение (рис. 65, упрощенная схема). Сухожилие (для простоты здесь показано только одно сухожилие) окружено **синовиальным рукавом** (часть которого на рис. срезана), состоящим из двух слоев - *висцерального а*, в который заключено сухожилие, и *париетального б*, находящегося в контакте с глубокой поверхностью фиброзно-костного канала. Между этими двумя слоями потенциально имеется закрытая полость *с*, поскольку они переходят друг в друга *д* и включают в себя сухожилие. На срезе *А* видно простое устройство этого влагалища. При движении сухожилия в канале висцеральный слой, смазанный небольшим количеством синовиальной жидкости, скользит по париетальному слою. Если же вследствие воспаления между этими слоями развиваются спайки, сухожилие перестает скользить в канале и становится функционально бесполезным, как трос в заржавевшем тормозе.

В некоторых участках (срез *В*) этот двойной синовиальный слой не охватывает все сухожилие, например там, где в него входят питающие кровеносные сосуды. В этом случае образуется «мезотендон» *е*, представляющий собой нечто вроде продольной подвески, удерживающей сухожилие в его синовиальном влагалище *с*. Это описание весьма упрощено, особенно в отношении синовиальных влагалищ, но детали можно почерпнуть из учебников анатомии.

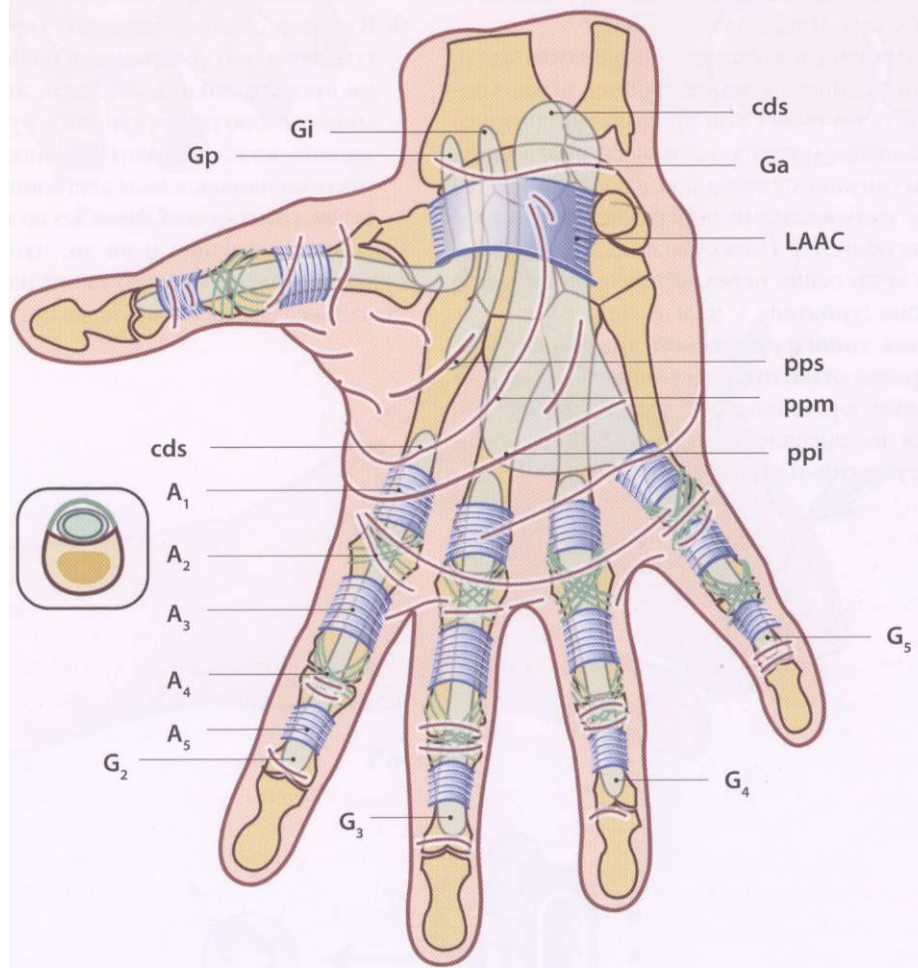


Рис. 61

На ладони сухожилия заключены в **три синовиальных влагалища** (рис. 61) (перечисляются снаружи кнутри):

- **лучезапястное влагалище Gr**, заключающее в себя длинный сгибатель большого пальца и переходящее в пальцевое влагалище;
- **промежуточное влагалище Gi**, где располагается сгибатель II пальца;
- **локтезапястное влагалище Ga**, верхняя часть которого поднимается до передней поверхности запястья и имеет три продолжения (полости) - спереди (предсухожильное влагалище, 8), сзади (позади-сухожильное влагалище, 10) и между сухожилиями поверхностного и глубокого сгибателей (межсухожильное влагалище, 9) и постепенно переходящее во влагалище сухожилия сгибателя V пальца (рис. 61).

С точки зрения **топографической анатомии** (рис. 61) целесообразно отметить следующее.

1. Синовиальные влагалища сухожилий сгибателей начинаются на предплечье проксимальнее удерживателя сухожилий сгибателей.

2. Влагалища трех промежуточных пальцев доходят до середины ладони, и их поверхностные края соответствуют дистальной ладонной складке ррi для третьего и четвертого пальцев и средней ладонной складке ррш - для второго. Проксимальная ладонная складка в верхней своей части соответствует третьей борозде ррс.

3. Кожные складки (рис. 64) (красные стрелки) на сгибательной поверхности пальцев, за исключением проксимальной складки, лежат чуть проксимальнее соответствующих суставов, и на этом уровне кожа находится непосредственно в контакте с синовиальным влагалищем, которое вследствие этого может здесь легко инфицироваться.

Обратите внимание и на то, что тыльные кожные складки (белые стрелки) также располагаются проксимальнее соответствующих суставов.

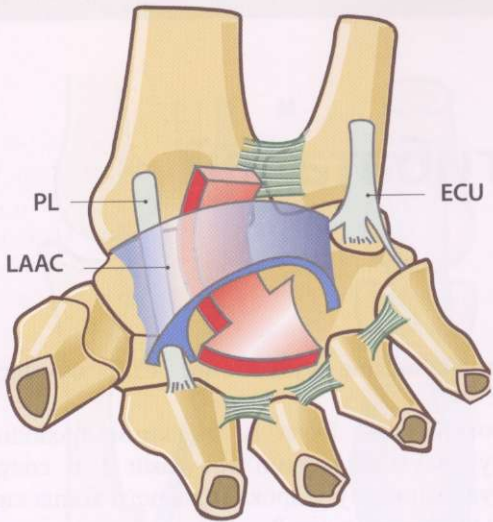


Рис. 62

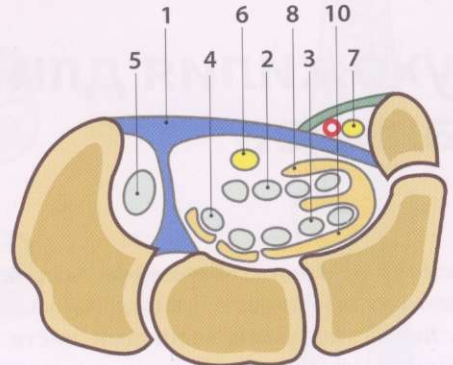


Рис. 63

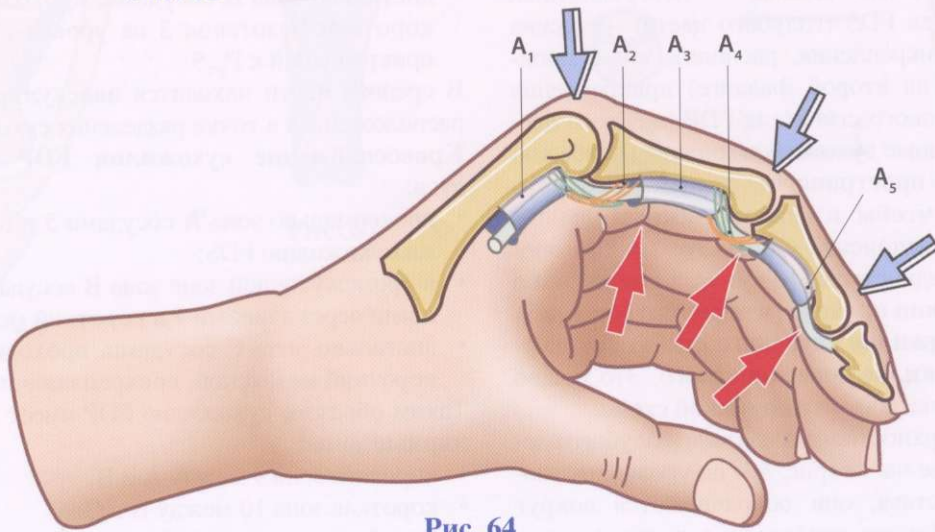


Рис. 64

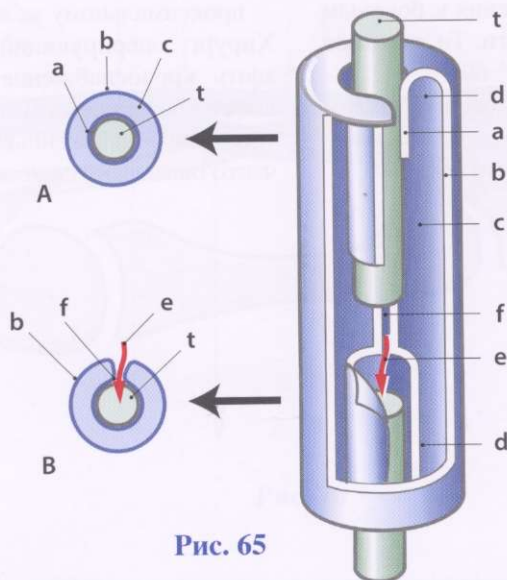


Рис. 65

Сухожилия длинных сгибателей пальцев

Объемные брюшки сгибателей пальцев лежат в переднем футляре предплечья, поэтому их можно считать **несобственными мышцами** кисти. Мы уже описывали их прохождение через лучезапястный сустав и ладонь, теперь рассмотрим точки их прикрепления и функцию (рис. 66).

Самая поверхностная мышца - поверхностный сгибатель пальцев FDS (голубого цвета) - должна иметь точку прикрепления, расположенную проксимальнее (т.е. на второй фаланге) прикрепления сухожилия глубокого сгибателя FDP (желтого цвета). Поэтому данные сухожилия должны неизбежно **пересекаться в пространстве**, причем делать это **симметрично**, чтобы избежать нежелательного латерального компонента силы. Это можно обеспечить одним-единственным путем, а именно **одно сухожилие должно проходить через другое**, и действительно, **сухожилие глубокого сгибателя «перфорирует» сухожилие поверхностного**. Это можно видеть на классической анатомической схеме.

Сухожилие поверхностного сгибателя (голубого цвета) делится на две части (рис. 67) на уровне пястно-фалангового сустава, они оборачиваются вокруг сухожилия глубокого сгибателя с и воссоединяются на уровне проксимального межфалангового сустава проксимальнее их прикрепления к боковым поверхностям диафиза второй фаланги. То же самое показано на рис. 68 в разрезе и на рис. 69.

Кровеносные сосуды, питающие сухожилия, проходят через *мезотенон* и распределяются далее следующим образом (Лундборг с соавторами) (рис. 70).

Кровоснабжение сухожилия FDS осуществляется:

- проксимально (зона А) мелкими продольными внутрисухожильными сосудами 1 и сосудами, идущими книзу у проксимального конца синовиального влагалища 2;
- дистально **зона В** сосудами, проходящими через короткий мезотенон 3 на уровне сухожильных прикреплений к Р₁.

В средней части находится **аваскулярная зона 4**, расположенная в точке разделения сухожилия.

Кровоснабжение сухожилия FDP обеспечивается:

- проксимально **зона А** сосудами 5 и 6, идентичными сухожилию FDS;
- в промежуточной зоне **зона В** сосудами, проходящими через длинный 7 и короткий мезотенон;
- дистально **зона С** сосудами, проходящими через короткий мезотенон, прикрепляющийся к Р₂ 8.

Таким образом, сухожилие FDP имеет **три аваскулярные зоны:**

- короткая зона 9 между А и В;
- короткая зона 10 между В и С;
- периферическая зона 11 шириной в 1 мм, равная четверти диаметра сухожилия, относящаяся к проксимальному межфаланговому суставу.

Хирург, оперирующий на кисти, должен хорошо знать кровоснабжение этих сухожилий, если он хочет обеспечить им оптимальные условия. Кроме того, швы, наложенные в этих аваскулярных зонах, часто оказываются несостоятельными.

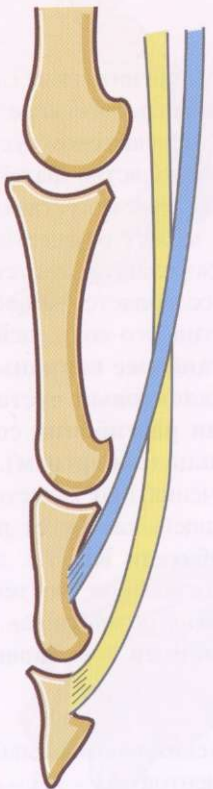


Рис. 66

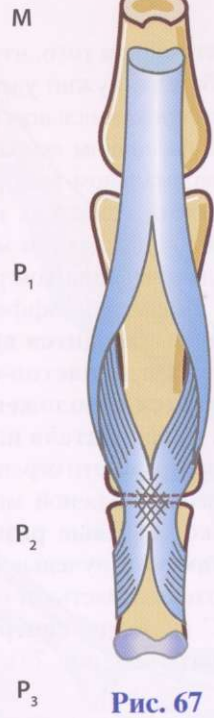


Рис. 67

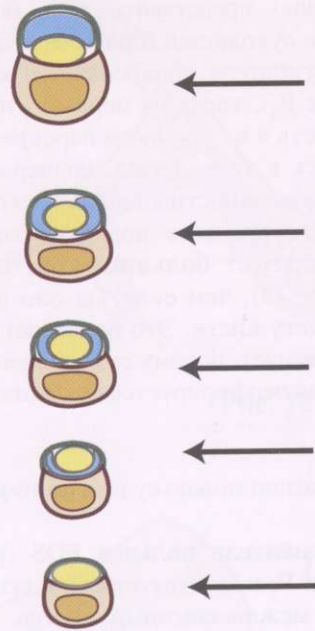


Рис. 68



Рис. 69

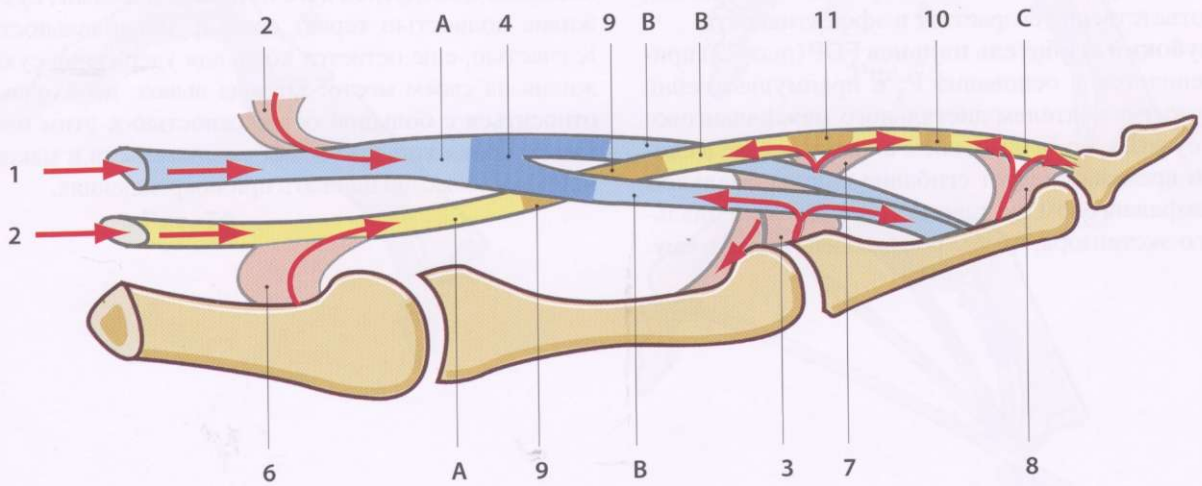


Рис. 70

Теоретически возможно представить себе более простое расположение сухожилий (при том, что сухожилие глубокого сгибателя прикрепляется к P_2 , а поверхностного - к P_3), тогда на первый взгляд отпадает необходимость в их сложном перекресте. Однако, не углубляясь в телеологию, подчеркнем лишь, что, оставаясь поверхностным до самого прикрепления (рис. 71), сухожилие поверхностного сгибателя пальцев образует **большой угол контакта с костью** (рис. 74), чем если бы оно проходило близко к скелету кисти. Это повышает его эффективность и объясняет, почему сухожилие поверхностного сгибателя перфорируется сухожилием глубокого.

О действии этих двух мышц можно судить по точкам их прикрепления.

- **Поверхностный сгибатель пальцев FDS** (рис. 71) прикрепляется к P_2 и, соответственно, сгибает проксимальный межфаланговый сустав. Он не оказывает никакого влияния на дистальный межфаланговый сустав и является слабым сгибателем пястно-фалангового сустава, причем при условии полного сгибания в проксимальном межфаланговом суставе.

Эффективность поверхностного сгибателя **максимальна, когда пястно-фаланговый сустав разогнут благодаря сокращению разгибателя пальца** (синергизм).

Угол его контакта с P_2 увеличивается по мере сгибания в проксимальном межфаланговом суставе, соответственно возрастает и эффективность.

- **Глубокий сгибатель пальцев ЮР** (рис. 72) прикрепляется у основания P_3 и преимущественно служит сгибателем дистального межфалангового сустава, но за сгибанием в этом суставе в скором времени следует сгибание в проксимальном межфаланговом суставе, не имеющем специального экстензора, чтобы противодействовать ему.

Поэтому для того, чтобы оценить силу глубокого сгибателя, нужно удерживать пассивное разгибание в проксимальном межфаланговом суставе.

При пассивном сгибании в пястно-фаланговом и проксимальном межфаланговом суставах до 90° глубокий сгибатель не может осуществить сгибание в дистальном межфаланговом суставе, поскольку он слишком расслабляется для обеспечения сколь-либо эффективного сокращения. **Эта мышца находится в наиболее выгодных условиях, когда пястно-фаланговый сустав удерживается в положении разгибания сокращением разгибателя пальца (синергизм).**

Несмотря на эти ограничения, FDP является функционально важной мышцей, как будет показано позже. **Лучевые разгибатели RE**, т.е. длинный и короткий лучевые разгибатели, локтевой разгибатель запястья и *общий разгибатель пальцев EDC* являются **синергистами по отношению к сгибателям** (рис. 73).

Все эти сухожильные движения невозможны без блоков (роликотипных элементов) A1 - A3 - A5 (рис. 75), которые удерживают сухожилия в соответствии с положением костей пястья и фаланг. Несложно понять роль блоков (рис. 76): по отношению к положению покоя **a** сухожилие общего глубокого сгибателя искусственно вытянуто **Б**, если исключить блок A1. Такая же картина наблюдается при удалении блоков A3 и A5. Принимая форму натянутой струны по отношению к скелетной дуге из пястья и фаланг, сухожилие полностью теряет свою функциональность. К счастью, еще остается кожа для удержания сухожилия на своем месте! Отсюда вывод: необходимо относиться с большой осторожностью к этим блокам во время хирургических вмешательств и максимально их восстанавливать при повреждениях.

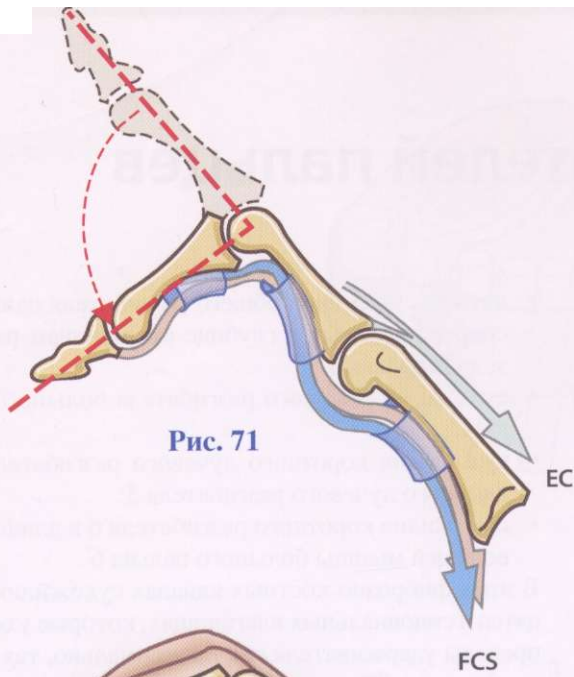


Рис. 71

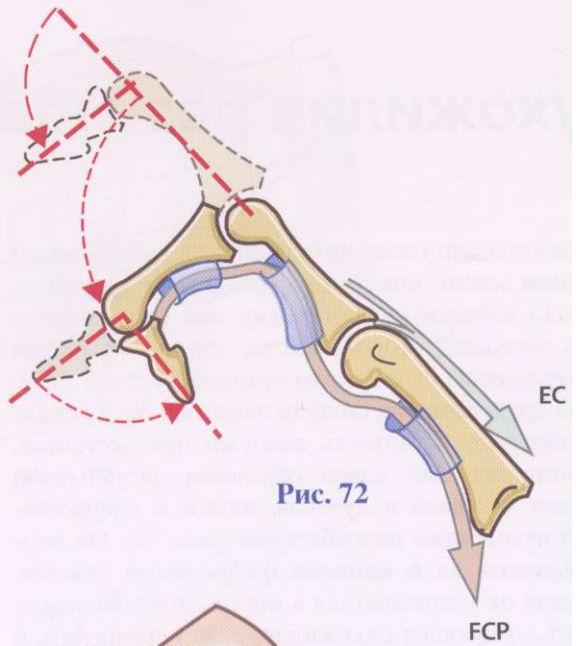


Рис. 72

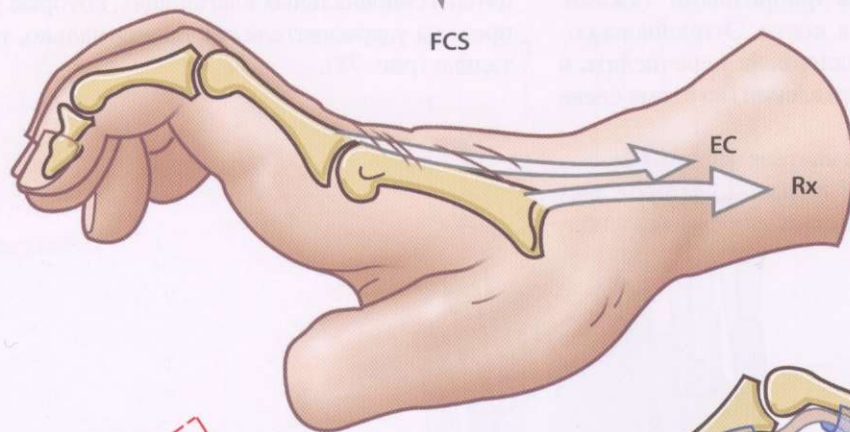


Рис. 73

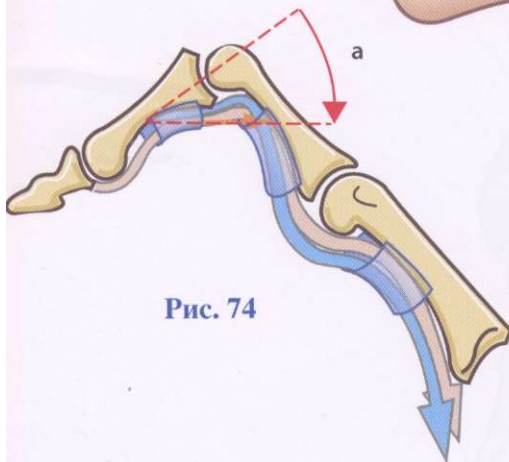


Рис. 74

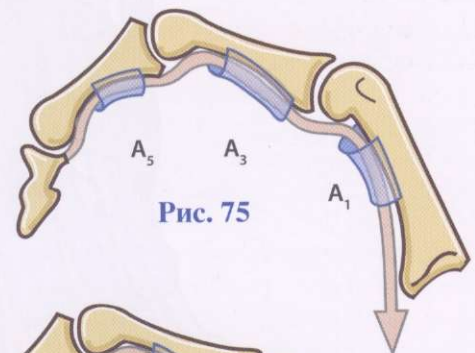


Рис. 75

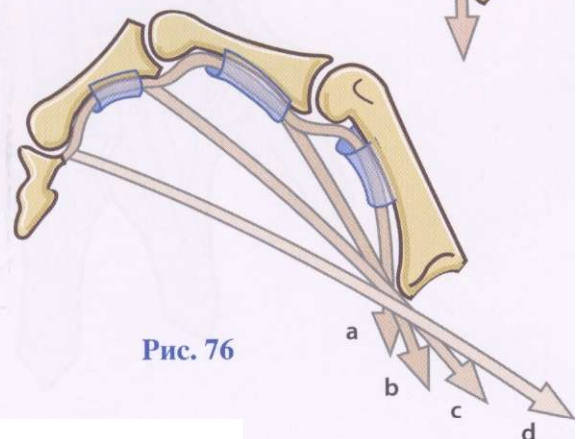


Рис. 76

Сухожилия разгибателей пальцев

Эти разгибатели также **не относятся к собственным мышцам** кисти, они тоже проходят по фиброзно-костным каналам, но поскольку они располагаются на выпуклой стороне кисти, эти каналы менее многочисленны, чем каналы сухожилий сгибателей. Они сосредоточены в области запястья, где сухожилия образуют вогнутость снаружи при экстензии. Фиброзно-костный канал образован дистальными концами локтевой и лучевой костей и **удерживателем сухожилий разгибателей** (рис. 77). Он **подразделяется на 6 каналов** фиброзными тяжами, идущими от удерживателя к кости. Эти каналы содержат следующие сухожилия, если перечислять в медиально-латеральном направлении (на схеме слева направо):

- сухожилие локтевого разгибателя запястья 1;
- сухожилие разгибателя V пальца 2, которое дистальнее сливается с сухожилием общего разгибателя для V пальца;

- четыре сухожилия общего разгибателя пальцев 3; сопровождаемые в глубине сухожилием разгибателя II пальца 3';
- сухожилие длинного разгибателя большого пальца 4;
- сухожилия короткого лучевого разгибателя 5' и длинного лучевого разгибателя 5;
- сухожилия короткого разгибателя 6 и длинной отводящей мышцы большого пальца 6'.

В этих фиброзно-костных каналах сухожилия находятся в синовиальных влагалищах, которые уходят за пределы удерживателя как проксимально, так и дистально (рис. 78).

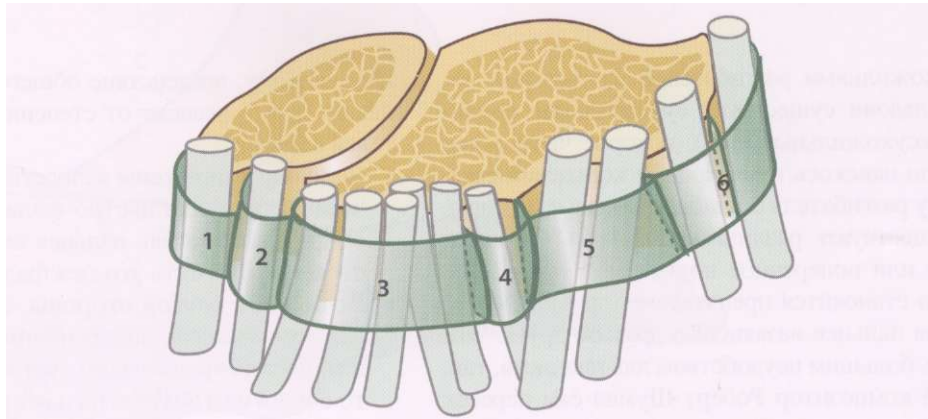


Рис. 77

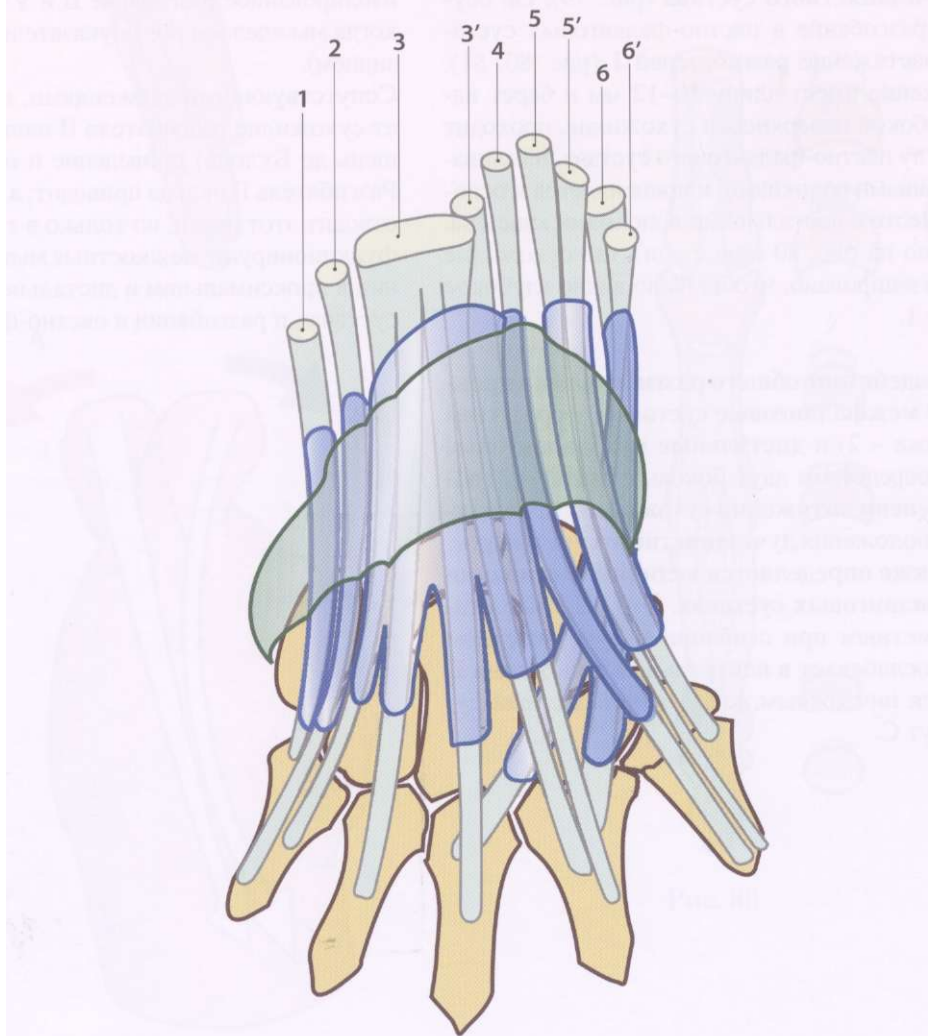


Рис. 78

Между сухожилиями разгибателей на тыльной поверхности ладони существует **сухожильное соединение** (межсухожильный тяж), которое чаще всего расположено наискось и дистальнее кольцевой связки в сторону разгибателя большого пальца и мизинца. Однако существуют различные варианты топографии: косое или поперечное положение соединения, а порой оно становится препятствием для свободного движения пальцев независимо друг от друга. Это может быть большим неудобством для пианиста, так, знаменитый композитор Роберт Шуман сам пересек стесняющий движения тяж...

По своей функции **общий разгибатель пальцев, по существу, является разгибателем первой фаланги**. Это мощный разгибатель, **активный при всех положениях лучезапястного сустава** (рис. 79). Он осуществляет разгибание в пястно-фаланговых суставах через растяжение разгибателей 1 (рис. 80, 81). Это растяжение имеет длину 10-12 мм и берет начало на глубокой поверхности сухожилия, проходит через капсулу пястно-фалангового сустава, не сливаясь с ее главными волокнами, и прицепляется к основанию Pj вместе с дистальными волокнами капсулы. Это показано на рис. 80 (вид сзади), где сухожилие частично резецировано, чтобы было видно глубокое растяжение 1.

На кисти **воздействие общего разгибателя на проксимальные межфаланговые суставы** (посредством среднего тяжа - 2) и **дистальные межфаланговые суставы** (посредством двух боковых тяжей - 3) **зависит от степени натяжения сухожилия** и, соответственно, от положения лучезапястного сустава (рис. 79). Оно также определяется **величиной сгибания в пястно-фаланговых суставах**. Это действие становится заметным при сгибании в лучезапястном суставе А, ослабевает в нейтральном положении В и становится ничтожным, когда лучезапястный сустав разогнут С.

По существу, воздействие общего разгибателя пальцев на P₂ и P₃ зависит от степени напряжения сгибателей пальцев.

- Если они напряжены вследствие разгибания в лучезапястном или пястно-фаланговом суставе, то общий разгибатель пальцев сам по себе не в состоянии разогнуть эти межфаланговые суставы.
- Если же, с другой стороны, эти сгибатели расслаблены вследствие сгибания в лучезапястном или пястно-фаланговом суставе или повреждены, то общий разгибатель пальцев легко разгибает эти межфаланговые суставы.

Сухожилия **разгибателей II и V пальцев** ведут себя так же, как сухожилие общего разгибателя пальцев, с которым они сливаются. Они позволяют некоторое изолированное разгибание II и V пальцев (например, когда мы «делаем рога» указательным пальцем и мизинцем).

Сопутствующими движениями, в которых участвует сухожилие разгибателя II пальца, являются (Дюшенъ де Булонь) приведение и отведение (рис. 82). Разгибатель II пальца приводит, а общий разгибатель отводит этот палец, но только в том случае, когда не функционируют межкостные мышцы, т.е. при сгибании в проксимальном и дистальном межфаланговых суставах и разгибании в пястно-фаланговом.

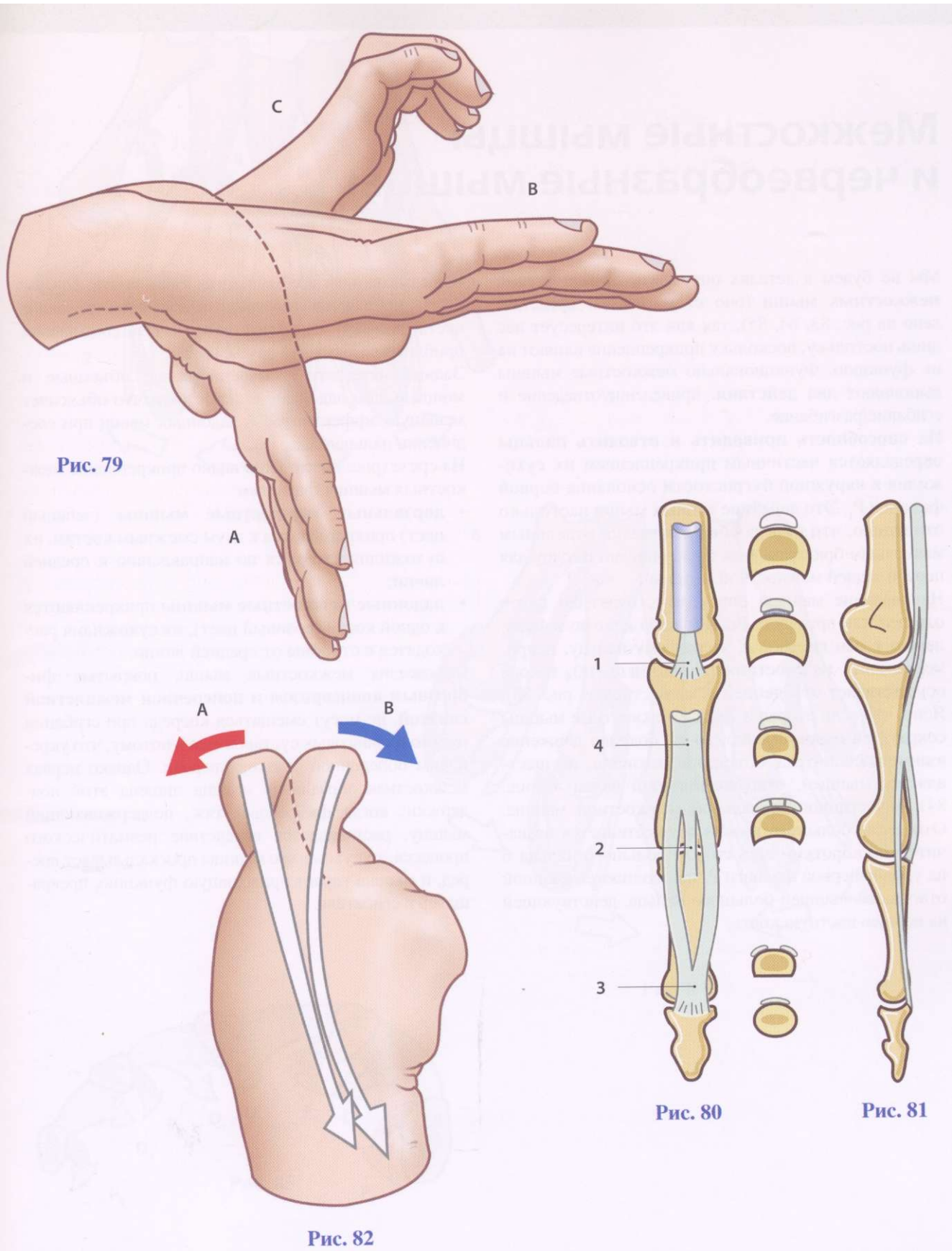


Рис. 79

Рис. 80

Рис. 81

Рис. 82

Межкостные мышцы и червеобразные мышцы

Мы не будем в деталях описывать **прикрепление межкостных мышц** (оно схематически представлено на рис. 83, 84, 85), так как это интересует нас лишь постольку, поскольку прикрепления влияют на их функцию. Функционально межкостные мышцы выполняют **два действия**: приведение/отведение и сгибание/разгибание.

Их **способность приводить и отводить пальцы** определяется частичным прикреплением их сухожилия к наружной бугристости основания первой фаланги P_1 . Это действие данных мышц настолько отчетливо, что иногда обеспечивается отдельным мышечным брюшком (как было описано Вислоу для первой задней межкостной мышцы).

Направление мышцы определяет, будет ли палец отведен или приведен. Если мышца идет по направлению к оси кисти, т.е. к среднему пальцу, например **задняя межкостная** (зеленого цвета), то она осуществляет **отведение** (зеленая стрелка, рис. 83). Ясно, что если вторая и третья межкостные мышцы сократятся одновременно, то их боковое движение взаимоисключится. Отведение мизинца осуществляется мышцей, отводящей пятый палец 5 (рис. 84), аналогичной дорзальной межкостной мышце. Отведение большого пальца осуществляется незначительно коротким абдуктором большого пальца 6 на уровне первой фаланги P_1 и дополняется длинной отводящей мышцей большого пальца, действующей на первую пястную кость.

Если сухожилие приближается к оси кисти, то срабатывают ладонные межкостные мышцы (розового цвета, рис. 84) - которые отвечают за соединение, приближение пальцев друг к другу.

Задние межкостные мышцы более объемные и мощные, чем ладонные межкостные, что объясняет меньшую эффективность ладонных мышц при соединении пальцев.

На срезе (рис. 85) хорошо видно прикрепление межкостных мышц к фалангам:

- **дорзальные межкостные мышцы** (зеленый цвет) прикрепляются к двум смежным костям, их сухожилия сходятся по направлению к средней линии;
- **ладонные межкостные мышцы** прикрепляются к одной кости (розовый цвет), их сухожилия расходятся в стороны от средней линии.

Сухожилия межкостных мышц, покрытые **фиброзным апоневрозом и поперечной межпястной связкой**, не могут смещаться кпереди при сгибании пястно-фаланговых суставов еще и потому, что укреплены поперечной связкой спереди. Однако первая межкостная дорзальная мышца лишена этой поддержки: когда фиброзный тяж, поддерживающий мышцу, растягивается вследствие ревматического процесса, то сухожилие мышцы проскальзывает вперед, и мышца теряет приводящую функцию, превращаясь в сгибателя.

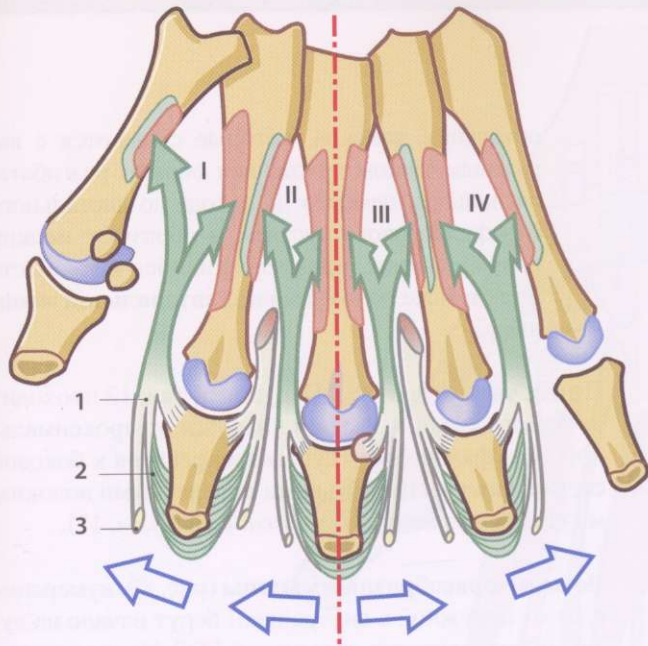


Рис. 83

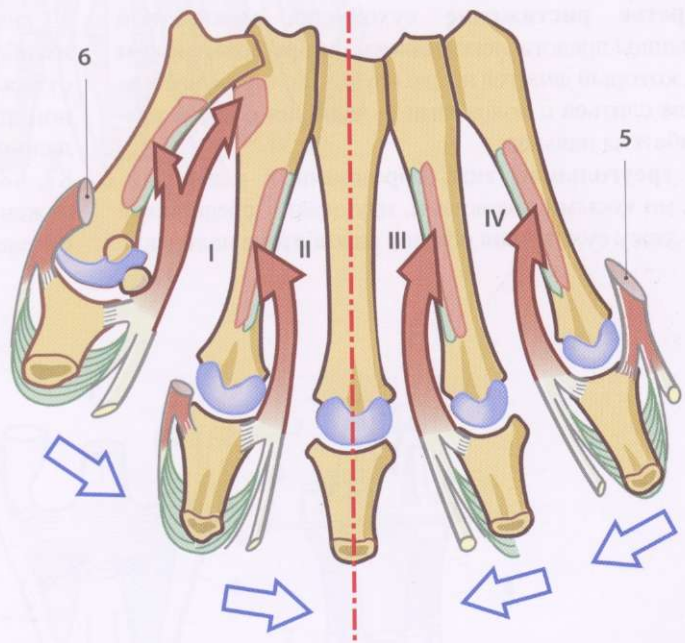


Рис. 84

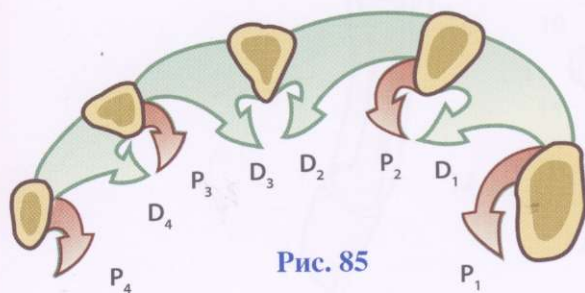


Рис. 85

Структура дорзального апоневроза пальцев (рис. 86, 87, 88):

- После прикрепления 1 к наружной бугристости основания Pj сухожилие межкостной мышцы посылает **фиброзный тяж** к задней поверхности P, где он сливается с такими же волокнами контралатеральной мышцы. Это сухожильное **растяжение 2**. Если смотреть на него из глубины (рис. 87, фаланги удалены), то можно увидеть, что оно состоит из двух частей - толстой 2 и тонкой 2'. Последняя, представленная **косыми волокнами**, сливается с латеральными тяжами 7 сухожилия разгибателя пальцев. Первая 2 скользит по задней поверхности Pj и пястно-фалангового сустава внутри **синовиальной сумки 9**, дистальнее которой берет начало глубокий срединный тяж сухожилия общего разгибателя пальцев 4.
- **Третье растяжение** сухожилия межкостной мышцы представлено **тонким фиброзным тяжом 3**, который делится на две группы волокон, прежде чем слиться с волокнами сухожилия общего разгибателя пальцев:
 - **треугольный тяж**, образованный несколькими косыми волокнами, идущими к срединному тяжу сухожилия общего разгибателя пальцев;

- остальные волокна, которые сливаются с наружным тяжом сухожилия общего разгибателя пальцев, немного не доходя до дистального межфалангового сустава, и образуют мелкий наружный тяж, прикрепляющийся к P₃ вместе с такими же волокнами **коллатеральной мышцы 12**.

Примечание (рис. 88). Наружный тяж 12 проходит не просто кзади, а кзади и кнаружи от проксимального межфалангового сустава и крепится к боковой стенке капсулы несколькими поперечными волокнами (так называемое *растяжение капсулы, 11*).

Четыре **червеобразные мышцы** (рис. 89, нумерация идет от наружной к внутренней) берут начало на лучевых поверхностях сухожилий FDP. Их сухожилия 13 сначала идут в дистальном направлении, а затем изгибаются кнутри. Поначалу они отделяются от сухожилий межкостных мышц глубокой поперечной ладонной связкой, благодаря чему они лежат в ладонном футляре кисти, а затем сливаются (рис. 87, 88) с третьим межкостным сухожильным растяжением дистальнее растяжения сухожилий разгибателей.

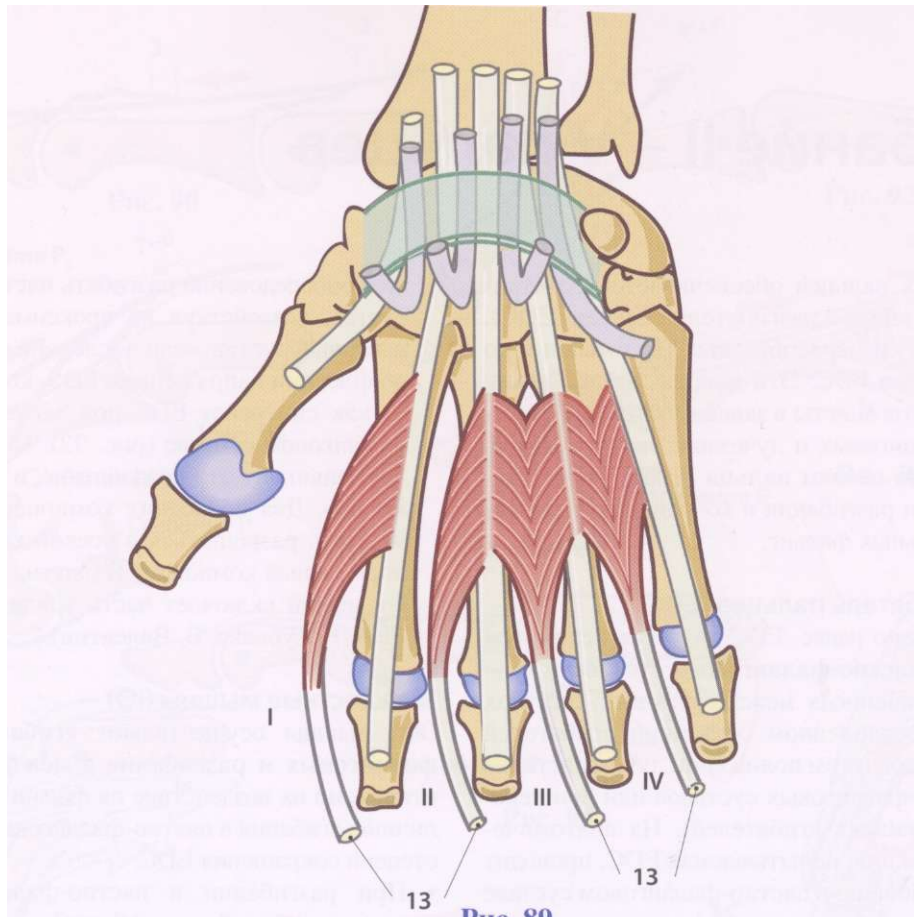


Рис. 89

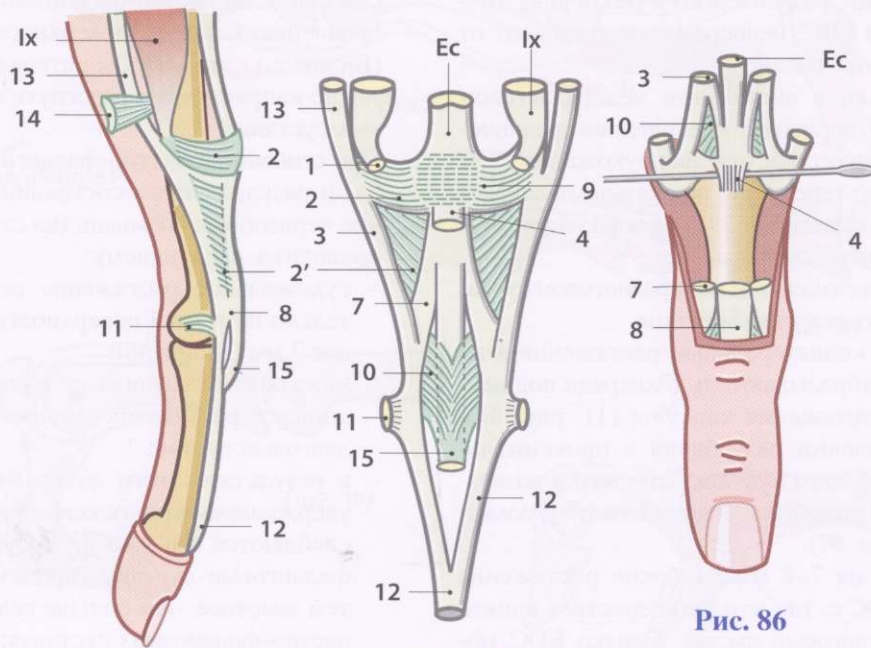


Рис. 88

Рис. 87

Рис. 86

Разгибание II - V пальцев

Разгибание этих пальцев обеспечивается сочетанным действием общего разгибателя пальцев (EDC), межкостных (1x) и червеобразных (Lx) мышц и до некоторой степени FDC. Эти мышцы работают как синергисты и антагонисты в зависимости от положения пястно-фаланговых и лучезапястного суставов. **Ретинакулярная связка пальца** играет чисто пассивную роль при разгибании и координирует движения двух дистальных фаланг.

Общий разгибатель пальцев (EDC)

Как было показано ранее, EDC является **истинным разгибателем пястно-фалангового сустава** и осуществляет разгибание в межфаланговых суставах только при расслабленном состоянии сгибателей (например, при согнутом положении лучезапястного сустава, пястно-фаланговых суставов или при перерезанных сухожилиях сгибателей). На анатомической модели тракция, испытываемая EDC, приводит к полному разгибанию в пястно-фаланговом суставе и частичному разгибанию в межфаланговых суставах.

Степень натяжения, развиваемого в различных точках прикрепления EDC, непосредственно зависит от амплитуды сгибания фаланг.

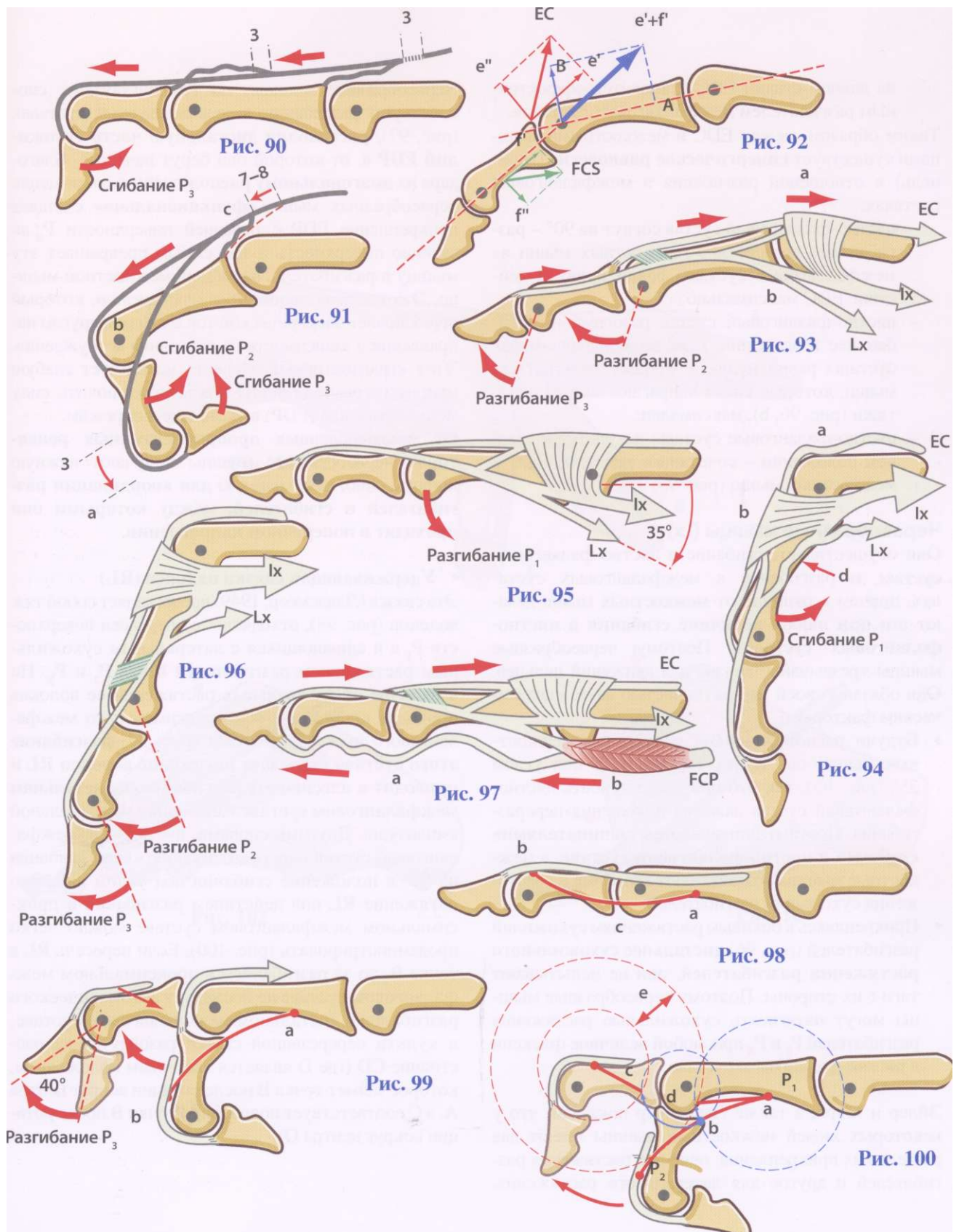
- Сгибание только в дистальном межфаланговом суставе (рис. 90) приводит к удлинению срединного тяжа и глубокого растяжения сухожилия EDC на 3 мм, так что теперь оно не оказывает никакого влияния на проксимальные межфаланговые и пястно-фаланговые суставы.
- Сгибание в проксимальном межфаланговом суставе (рис. 91) оказывает два действия.
- Оно удлиняет коллатеральные растяжения **a** на 3 мм, и они «забрасываются» **b** впереди под действием тяги растяжения капсулы (11, рис. 88). При осуществлении разгибания в проксимальном межфаланговом суставе эти связки возвращаются назад благодаря эластичности треугольного тяжа (**10**, рис. 87).
- Оно удлиняет на 7-8 мм глубокое растяжение сухожилия EDC **c**, так что оно перестает влиять на пястно-фаланговый сустав. Однако EDC мо-

жет опосредованно разгибать пястно-фаланговый сустав, воздействуя на проксимальный межфаланговый сустав, если последний стабилизирован во флексии напряжением FDS, который действует как синергист EDC при экстензии в пястно-фаланговом суставе (рис. 92). Компоненты **e** и **f** уменьшают это воздействие, а **e** и **f** усиливают его. Два последних компонента могут, кроме того, разрешаться в осевой компонент **A** и в нормальный компонент **B** (для экстензии), причем последний включает часть усилия, развиваемого FDS (Р. Тубьяна, В. Валентин).

Межкостные мышцы (10)

Эти мышцы осуществляют **сгибание в пястно-фаланговых и разгибание в межфаланговых суставах**, но их воздействие на фаланги зависит от величины сгибания в пястно-фаланговых суставах и от степени сокращения EDC.

- При разгибании в пястно-фаланговом суставе (рис. 93), обусловленном сокращением EDC, сухожильное растяжение **a** отодвигается проксимально за пястно-фаланговый сустав по направлению к задней поверхности пястной кости (Бюннель) с тем, чтобы латеральное растяжение могло напрячься **b** и разогнуть оба межфаланговых сустава.
- При сгибании в пястно-фаланговом суставе (рис. 94) и расслабленном состоянии EDC **a** сокращение червеобразных мышц (на схеме не показаны) приводит к следующему:
 - сухожильное растяжение перемещается дистально по задней поверхности **Pj b** на расстояние 7 мм (Бюннель);
 - межкостные мышцы **c**, воздействуя на сухожильное растяжение, мощно сгибают межфаланговый сустав;
 - в результате этого латеральные растяжения, удерживаемые растяжением разгибателей, расслабляются **d** и уже не могут разогнуть межфаланговые суставы, причем это становится тем заметнее, чем больше величина сгибания в пястно-фаланговых суставах;



- на данной стадии EDC становится эффективным разгибателем межфаланговых суставов. Таким образом, между EDC и межкостными мышцами существует **синергическое равновесие** (Бюннель) в отношении разгибания в межфаланговых суставах:

- пястно-фаланговый сустав согнут на 90° - разгибающее воздействие межкостных мышц на межфаланговые суставы равно нулю, а действие EDC максимально;
- пястно-фаланговый сустав разогнут - разгибающее воздействие EDC на межфаланговые суставы равно нулю, а эффект межкостных мышц, которые снова напрягают латеральные тяжи (рис. 96, Б), максимален;
- пястно-фаланговые суставы находятся в среднем положении - сочетанное действие EDC и межкостных мышц (рис. 93, 95).

Червеобразные мышцы (Lx)

Они осуществляют сгибание в пястно-фаланговом суставе и разгибание в межфаланговых суставах, причем в отличие от межкостных мышц делают это **при любой величине сгибания в пястно-фаланговых суставах**. Поэтому червеобразные мышцы чрезвычайно важны для движений пальцев. Они обязаны своей эффективностью двум анатомическим факторам.

- Будучи расположенными впереди от межкостных мышц, они контактируют с Pj под углом 35° (рис. 95), так что они могут сгибать пястно-фаланговый сустав даже из положения переразгибания. Поэтому они являются **«зачинателями» сгибания в пястно-фаланговом суставе**, а межкостные мышцы воздействуют вторично на растяжения сухожилий разгибателей.
- Прикрепляясь к боковым растяжениям сухожилий разгибателей (рис. 96) **дистальнее сухожильного растяжения разгибателей**, они не испытывают тяги с их стороны. Поэтому червеобразные мышцы могут натягивать сухожильные растяжения разгибателей P₂ и P₃ при любой величине флексии в пястно-фаланговом суставе.

Эйлер и Марк, а также Ландсмеер показали, что у некоторых людей межкостные мышцы имеют два отдельных прикрепления: одно для растяжения разгибателей и другое для латерального растяжения.

Червеобразные мышцы, по Реклингхаузену, способствуют разгибанию в межфаланговых суставах (рис. 97), **расслабляя дистальную часть сухожилий FDP а**, от которой они берут начало Б. Благодаря их **диагональному расположению** сокращение червеобразных мышц **«функционально»** смещает прикрепление FDP с передней поверхности P₃ на заднюю поверхность и тем самым превращает эту мышцу в разгибатель, подобный межкостной мышце. Эта система напоминает *транзистор*, который переключает электрический ток в том или другом направлении в зависимости от состояния возбуждения. Этот «транзисторный эффект» использует слабую мышцу (червеобразную), чтобы переключить силу мощной мышцы (FDP) в экстензорный режим. От многочисленных **проприоцептивных рецепторов** червеобразные мышцы получают важную информацию, необходимую для **координации разгибателей и сгибателей, между которыми они проходят в поперечном направлении**.

• Удерживающая связка пальцев (RL)

Эта связка (Ландсмеер, 1949) представляет собой тяж волокон (рис. 98), отходящих от передней поверхности Pj а и сливающихся с латеральным сухожильным растяжением разгибателей b над P₂ и P₃. Но в отличие от латеральных растяжений ее волокна проходят впереди от оси проксимального межфалангового сустава. Поэтому (рис. 99) **разгибание этого сустава вызывает натяжение волокон RL и приводит к пассивному разгибанию в дистальном межфаланговом суставе** наполовину максимальной амплитуды. Другими словами, дистальный межфаланговый сустав переходит из положения сгибания на 80° в положение сгибания под углом 40° . Это натяжение RL под действием разгибания в проксимальном межфаланговом суставе можно легко продемонстрировать (рис. 100). Если пересечь RL в точке В, то за разгибанием в проксимальном межфаланговом суставе не последует автоматического разгибания в дистальном межфаланговом суставе, и культи перерезанной связки разойдутся на расстояние CD (где D является конечным положением, которое займет точка В после ротации вокруг центра А, а С соответствует положению точки В после ротации вокруг центра O).

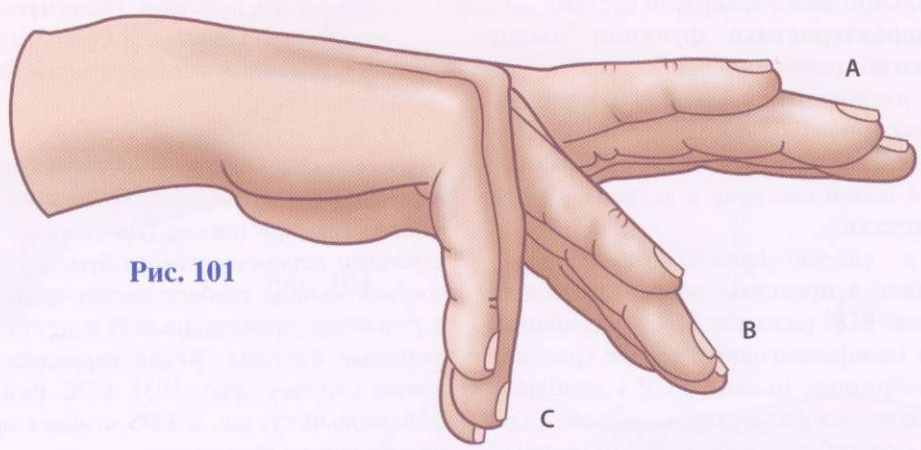


Рис. 101

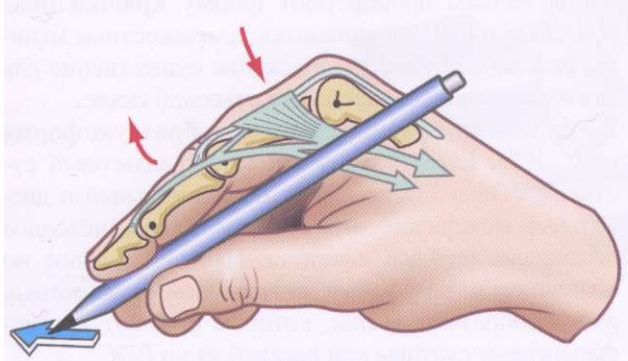


Рис. 102

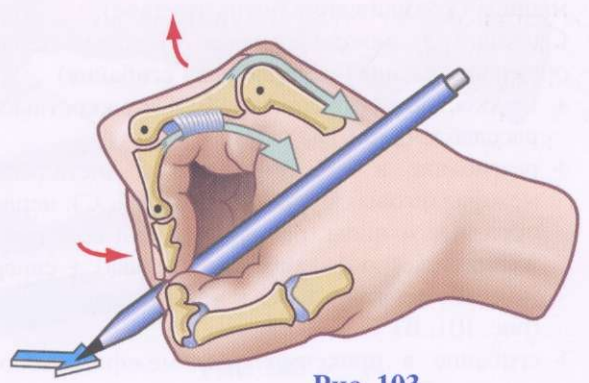


Рис. 103

При интактной **RL** пассивное сгибание в дистальном межфаланговом суставе приводит к автоматическому сгибанию в проксимальном межфаланговом суставе.

Патологическая ретракция **RL** после разрыва сухожильного растяжения разгибателей фиксирует кисть в положении «бутоньерки», а при тяжелой контрактуре Дюпюитрена приводит к гиперэкстензии в дистальном межфаланговом суставе.

Обобщенная характеристика функции мышц сгибателей и разгибателей пальцев

- *Разгибание в пястно-фаланговом и межфаланговых суставах* (рис. 101, А): синергизм **EDC** + межкостных + червеобразных мышц. Удерживающая связка в целом пассивна и активизируется лишь автоматически.
- *Разгибание в пястно-фаланговом суставе:* **EDC** + сгибание в проксимальных межфаланговых суставах: **FDS** (агонист **EDC**) + сгибание в дистальном межфаланговом суставе (расслабление червеобразных мышц): **FDP** + сгибание в проксимальном межфаланговом суставе: **FDS** (как и выше) + разгибание в дистальном межфаланговом суставе: червеобразные и межкостные мышцы (это движение очень трудное).
- *Сгибание в межфаланговом суставе:* червеобразные мышцы («зачинатели» сгибания)
 - + межкостные (антагонисты **EDC**/межкостные с расслаблением **EDC**)
 - + разгибание в проксимальном и дистальном межфаланговых суставах (рис. 101, С): червеобразные мышцы (разгибатели при всех положениях пястно-фалангового сустава) + синергическое действие **EDC** + межкостные мышцы (рис. 101, В)
 - + сгибание в проксимальном межфаланговом суставе: **FDS**

- + разгибание в дистальном межфаланговом суставе: червеобразные мышцы (трудное движение, поскольку при сгибании в дистальном межфаланговом суставе расслабляются латеральные растяжения)
- + сгибание в проксимальном межфаланговом суставе: **FDS**
- + сгибание в дистальном межфаланговом суставе (это действие облегчается вследствие «перекидывания» латеральных растяжений при сгибании в проксимальном межфаланговом суставе).

Примечание. Движения пальцев, используемые в повседневной жизни, состоят из этих основных движений. Так, при письме (Дюшень де Булонь), когда карандаш перемещается по бумаге (рис. 102), межкостная мышца сгибает пястно-фаланговый сустав и разгибает проксимальный и дистальный межфаланговые суставы. Когда карандаш переходит на новую строчку (рис. 103), **EDC** разгибает пястно-фаланговый сустав, а **FDS** сгибает проксимальный межфаланговый сустав.

Когда пальцы приобретают **форму крючка** (рис. 104), **FDS** и **FDP** сокращаются, а межкостные мышцы расслабляются. Это движение существенно для скалолаза, взбирающегося по отвесной скале.

Когда пальцы принимают **молотообразную форму** (рис. 105), **EDC** разгибает пястно-фаланговый сустав, а **FDS** и **FDP** сгибают проксимальный и дистальный межфаланговые суставы. Таково исходное положение пальцев пианиста. Пальцы ударяют по клавишам в результате сокращения межкостных и червеобразных мышц, которые сгибают пястно-фаланговые суставы при расслаблении **EDC**.

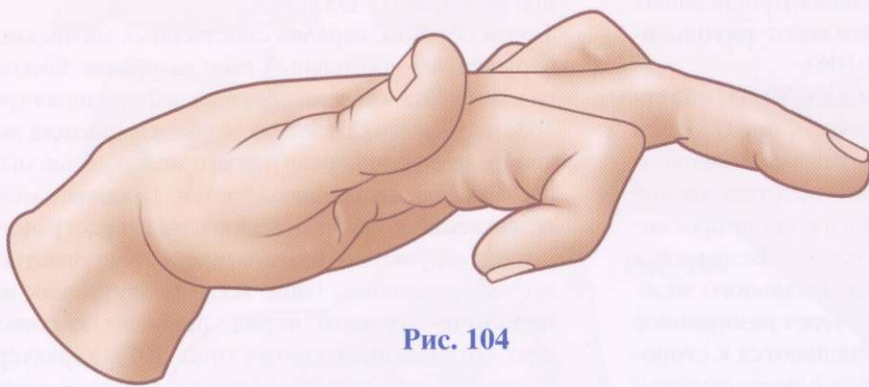


Рис. 104

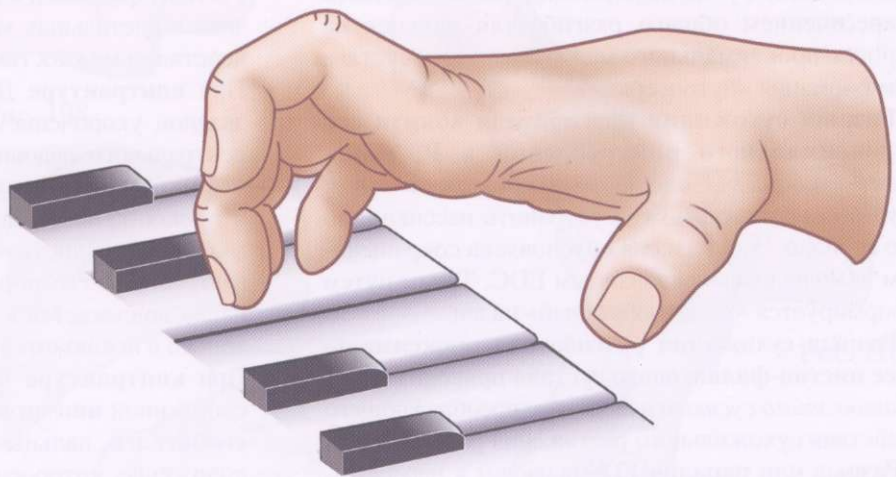


Рис. 105

Деформации кисти и пальцев

Эти деформации могут быть следствием как недостаточной, так и избыточной активности описанных мышц. Следующие состояния вызывают **патологическое положение** пальцев (рис. 106).

(а) **Разрыв сухожильного растяжения разгибателей** на уровне треугольной связки, проходящей между двумя латеральными тяжами, эластичность которой необходима для восстановления их тыльного положения при разгибании проксимального межфалангового сустава. Вследствие этого задняя поверхность проксимального межфалангового сустава выбухает через разорванное растяжение, и боковые тяжи смещаются к сторонам сустава, который *остаётся в полусогнутом положении*. Ту же деформацию можно вызвать пересечением общего разгибателя пальцев на уровне проксимального межфалангового сустава (деформация «бутоньерки»).

(б) **Разрыв сухожилия разгибателя вблизи его проксимального прикрепления к P₃** вызывает *сгибание в дистальном межфаланговом суставе*, которое можно устранить пассивно, но не активно. Эта флексия обусловлена сокращением FDP, не сбалансированным EDC. Таким путем формируется «молотообразный» палец.

(с) **Разрыв сухожилия разгибателя проксимальнее пястно-фалангового сустава** приводит к *сгибанию этого сустава* вследствие преобладающего действия сухожильного растяжения разгибателей.

(d) **Разрыв или паралич FDS** приводит к переразгибанию в проксимальном межфаланговом суставе из-за большей активности межкостных мышц. Это «обратное» положение проксимального межфалангового сустава сопровождается легким сгибанием в дистальном межфаланговом суставе вследствие относительного укорочения FDP из-за переразгибания в проксимальном межфаланговом суставе.

(е) **Паралич или повреждение сухожилия FDP** делает невозможным активное сгибание в дистальном межфаланговом суставе.

(f) **Паралич межкостных мышц** приводит к переразгибанию пястно-фалангового сустава под действием EDC и избыточному сгибанию в прокси-

мальном и дистальном межфаланговых суставах под действием FDS и FDP.

- Таким образом, паралич собственных мышц кисти нарушает ее продольный свод на уровне замкового камня. Эта «клешнеобразная деформация» (рис. 108) чаще всего бывает следствием **паралича локтевого нерва**, иннервирующего межкостные мышцы. Она также сопровождается атрофией мышц возвышения V пальца и межкостных пространств.
- Утрата функции разгибателей лучезапястного сустава и пальцев, чаще всего наблюдаемая **при параличе лучевого нерва**, приводит к появлению «отвисающей кисти» (рис. 107), характеризующейся избыточной флексией в лучезапястном суставе, флексией в пястно-фаланговых и экстензией в дистальных межфаланговых суставах под действием межкостных мышц.
- При **контрактуре Дюпюитрена** (рис. 109), вызванной укорочением предсухожильных волокон центрального ладонного апоневроза, появляется **стойкое сгибание пальцев** в пястно-фаланговых и проксимальных межфаланговых суставах при разгибании в дистальных межфаланговых суставах. Чаще всего поражаются IV и V пальцы, III палец вовлекается в процесс позже, а большой – только в исключительных случаях.
- При **контрактуре Фолькмана** (рис. 110), обусловленной **ишемической контрактурой мышц сгибателей**, пальцы принимают крючкообразное положение, которое особенно заметно при разгибании а в лучезапястном суставе и менее очевидно при сгибании Б.
- Пальцы могут находиться в крючкообразном положении (рис. 111) при **гнойном синовите сухожилия общего сгибателя пальцев**. Эта деформация наиболее выражена в медиальных пальцах, особенно в пятом. Любая попытка разогнуть пальцы вызывает сильнейшую боль.
- И наконец, кисть может быть зафиксирована в положении **выраженной ульнарной девиации** (рис. 112), когда II–V пальцы отчетливо наклонены в медиальную сторону с резким выстоянием головок пястных костей. Эта деформация заставляет подозревать наличие ревматоидного артрита.

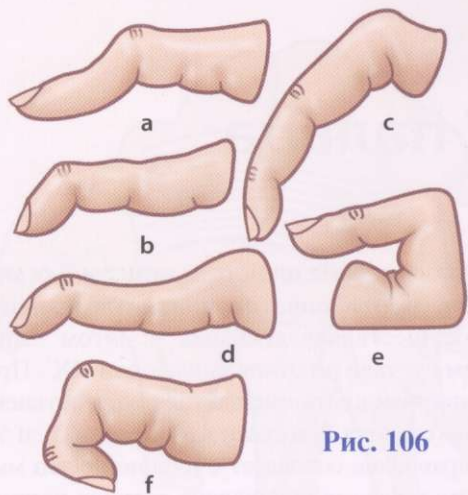


Рис. 106

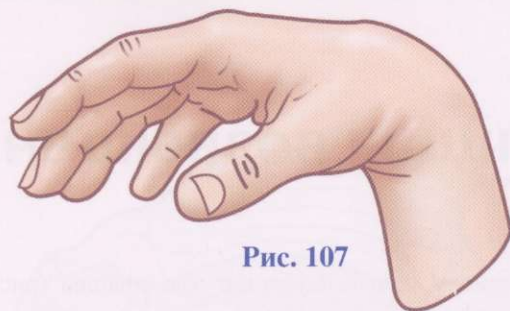


Рис. 107

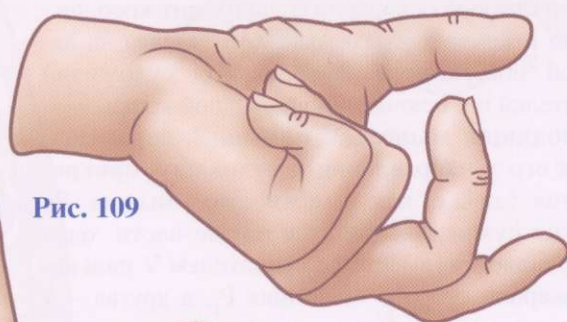


Рис. 109

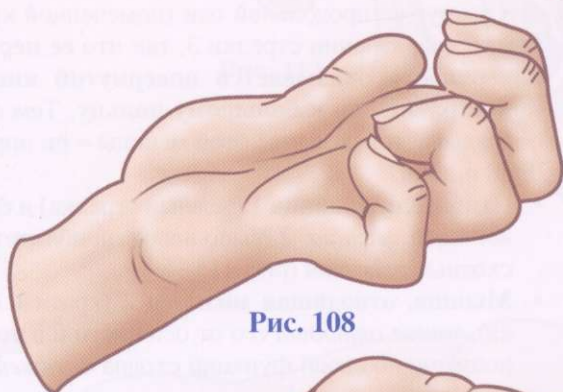


Рис. 108

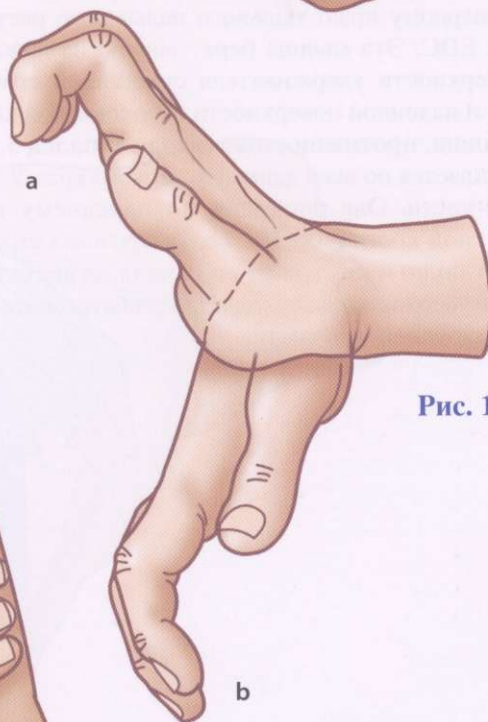


Рис. 110

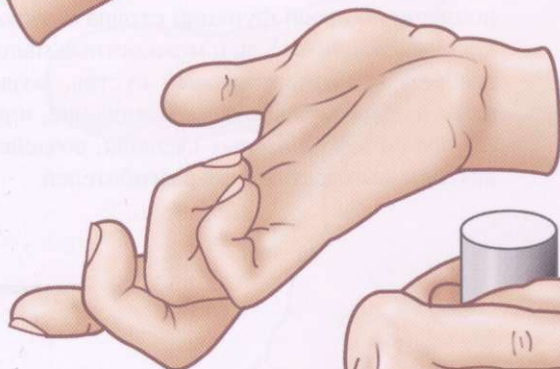


Рис. 111

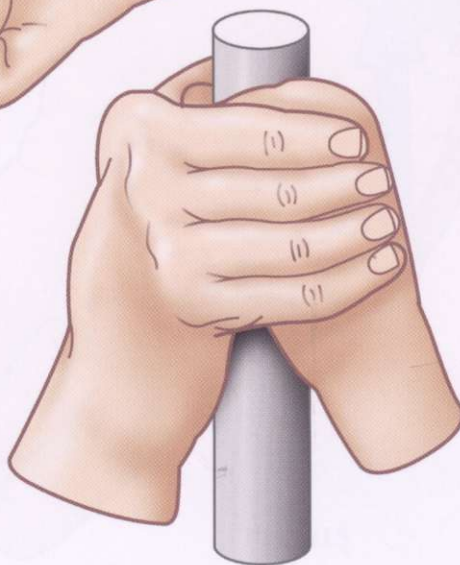


Рис. 112

Мышцы возвышения V пальца

Возвышение V пальца содержит три мышцы (рис. 113).

1. **Сгибатель V пальца 1**, прикрепляющийся к: ульнарной стороне основания P_p проходит косо дистально и кнутри от его мясистого начала на ладонной поверхности удерживателя сухожилий сгибателей и у крючка крючковидной кости.
2. **Приводящая мышца V пальца 2**, перемещающая его в направлении к туловищу, прикрепляется так же, как и межкостная мышца. Ее плоское сухожилие делится на две части: одна прикрепляется (вместе со сгибателем V пальца) к ульнарной стороне основания P_p а другая - к ульнарному краю тыльного пальцевого растяжения EDC. Эта мышца берет начало на ладонной поверхности удерживателя сухожилий сгибателей и ладонной поверхности гороховидной кости.
3. **Мышца, противопоставляющая V палец 3**, прикрепляется по всей длине ульнарного края V пястной кости. Она проходит по переднему краю пястной кости (рис. 114, белая и розовая стрелки) дистально и кнутри от ее начала на дистальном крае удерживателя сухожилий сгибателей и крючке крючковидной кости.

Физиологические функции описанных мышц.
Мышца, противопоставляющая V палец (рис. 114), осуществляет сгибание в пятом запястно-пястном суставе по отношению к оси XX' . При сгибании пястная кость смещается под действием тяги *кпереди* (стрелка 1) и *кнаружи* (стрелка 2), и это косое направление совпадает с длинной осью мышцы. Но в это же время происходит ротация пястной кости вокруг ее продольной оси (помеченной крестиком) в направлении стрелки 3, так что **ее передняя поверхность оказывается повернутой кнаружи по направлению к большому пальцу**. Тем самым оправдывается название этой мышцы — *m. opponens digiti minimi*.

- **Сгибатель мизинца 1** (зеленая стрелка) и его *отводящая мышца 2* выполняют приблизительно сходные действия (рис. 115).
- **Мышца, отводящая мизинец 2** (красная стрелка), также *отводит* его от оси кисти и в этом отношении по своей функции сходна с *задней межкостной мышцей*. Как и межкостные мышцы, она сгибает пястно-фаланговый сустав, воздействуя на пальцевое межкостное растяжение, и *разгибает оба межфаланговых сустава*, воздействуя на латеральные растяжения разгибателей.

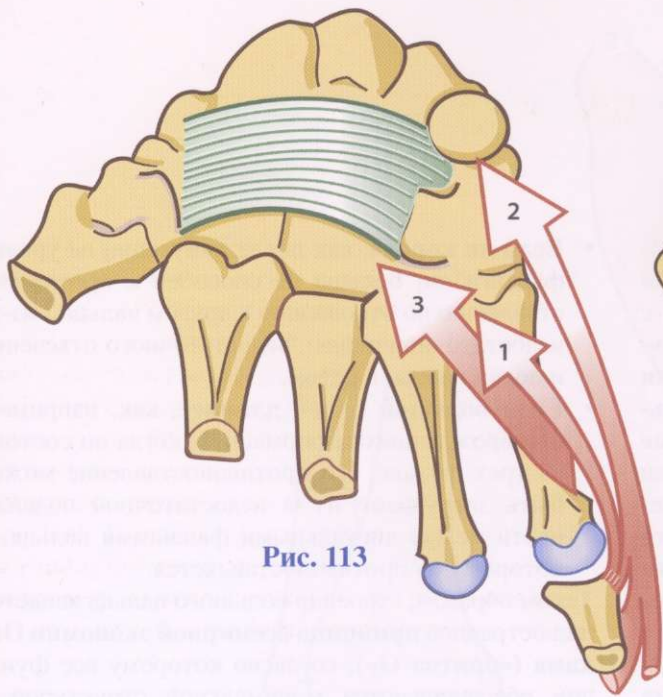


Рис. 113

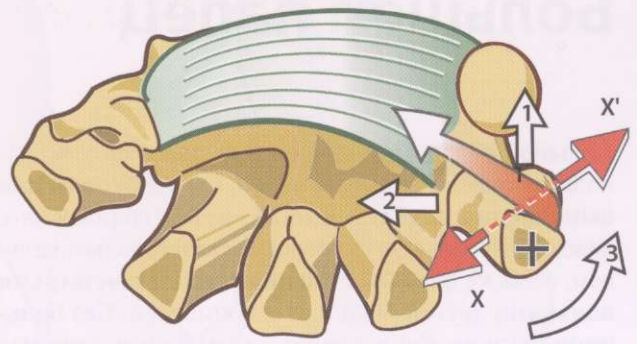


Рис. 114

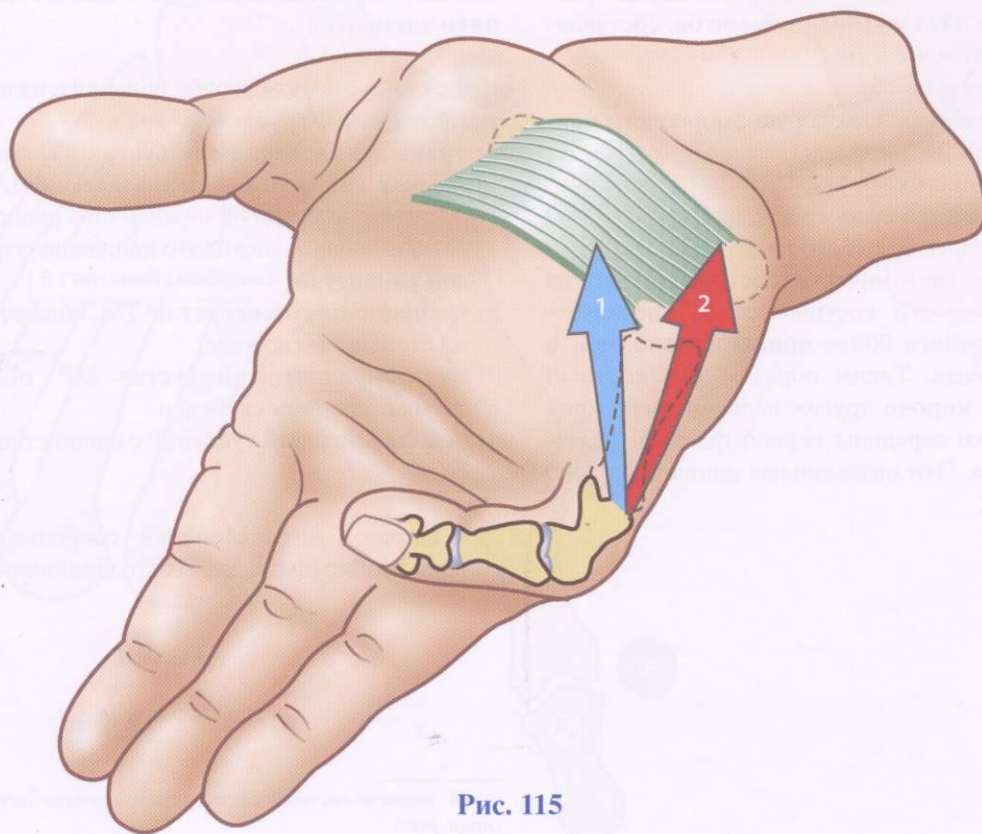


Рис. 115

Большой палец

Большой палец занимает особое положение и выполняет определенные функции. Он **необходим для выполнения захвата, щипка**, путем сближения с каждым из пальцев, особенно с указательным пальцем, а также для **объединения усилий с четырьмя пальцами** другой руки или одноименной. **Без большого пальца рука теряет свои самые главные возможности.** Такой важной роли большой палец обязан, с одной стороны, своим расположением кпереди от ладони и от других пальцев (рис. 116). Это позволяет ему **противопоставляться остальным пальцам**, взаимодействовать с каждым в отдельности или со всеми вместе. С другой стороны, большой палец обязан своей необычайной функциональной подвижностью особенному костно-суставному строению и мышцам.

Костно-суставной столб большого пальца (рис. 117) состоит из пяти костных элементов, составляющих наружный луч кисти:

- 1) ладьевидная кость S;
- 2) кость - трапеция Т. которую эмбриологи приравнивают к пястью;
- 3) первая пястная кость М1;
- 4) первая фаланга большого пальца Р1;
- 5) вторая фаланга большого пальца Р2.

Большой палец анатомически состоит только из **двух фаланг**, но его костный столб соединяется с кистью **намного более проксимально**, чем у остальных пальцев. Таким образом, его костный столб **намного короче** других пальцев и его край достигает только середины первой фаланги указательного пальца. Это оптимальная длина большого пальца, так как:

- **Если он короче**, как после ампутации на уровне фаланги, он больше не способен к противопоставлению по отношению к другим пальцам из-за недостаточной длины, недостаточного отведения и подвижности в целом.
- **Если большой палец длиннее**, как, например, при врожденных деформациях, когда он состоит из трех фаланг, его противопоставлений может быть затруднено из-за недостаточной подвижности между дистальными фалангами пальца, к которому он противопоставляется.

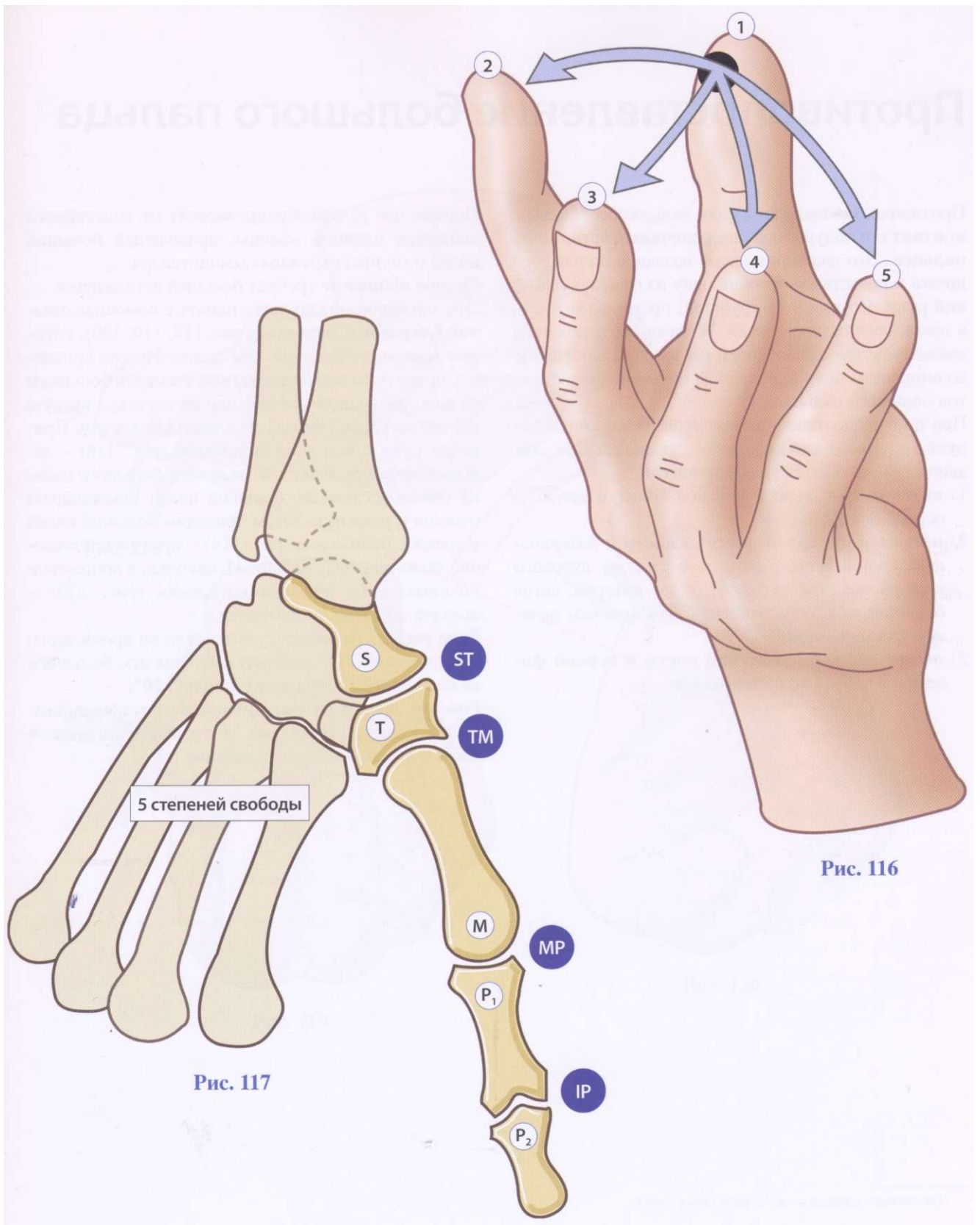
Таким образом, строение большого пальца является иллюстрацией **принципа всемирной экономии Оккама («бритва О»)**, согласно которому все функции обеспечиваются минимальной структурой и организацией: для нормального функционирования большого пальца **необходимо и вполне достаточно пяти элементов.**

В костно-суставном столбе большого пальца насчитывается четыре сустава:

- 1) **трапецие-ладьевидный сустав ST**, который позволяет кости-трапеции осуществлять короткое смещение кпереди по нижней поверхности бугорка ладьевидной кости; это движение сгибания малой амплитуды;
- 2) **трапецие-пястный сустав¹ TM**, обладающий двумя степенями свободы;
- 3) **пястно-фаланговый сустав MP**, обладающий двумя степенями свободы;
- 4) **межфаланговый сустав IP** с одной степенью свободы.

Так созданы **пять степеней свободы** большого пальца, необходимые для его функционирования.

¹П запястно-пястный сустав (трапециевидно-пястный сустав) (прим. ред.).



Противопоставление большого пальца

Противопоставление большого пальца обеспечивает **контакт его подушечки с подушечками остальных пальцев**. Это движение носит название **пальцевого щипка** и представляет собой одну из главных функций руки. Потеря этой функции превращает кисть в почти бесполезный орган. И тогда хирургические вмешательства ставят своей целью восстановление возможности щипка, исходя из оставшихся элементов большого пальца.

При противопоставлении большой палец контактирует с другими пальцами, чаще с указательным. Это движение состоит из **трех элементов**:

- 1) **антепозиция**¹ первой пястной кости, а заодно и первой фаланги;
- 2) **приведение первой пястной кости** и латеральный наклон первой фаланги в сторону лучевого края пястья; эти движения более заметны, когда большой палец сближается с безымянным пальцем или мизинцем;
- 3) **осевое вращение пястной кости и первой фаланги** в направлении **пронации**.

Первые две составляющие зависят от сочетанного движения длинной мышцы, приводящей большой палец и группы наружных мышц тенара.

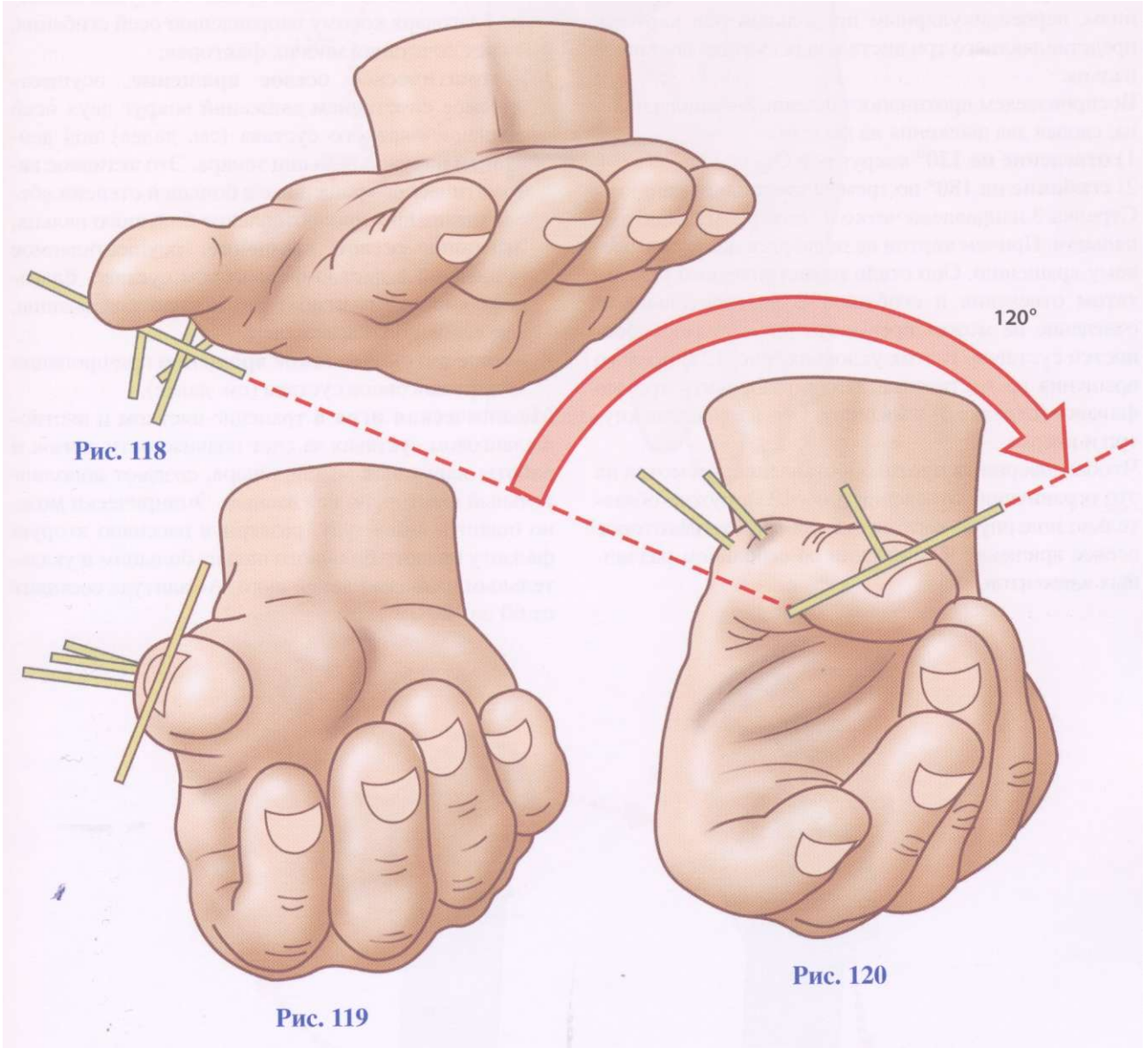
Осевое вращение требует большей детализации.

Это движение можно легко понять с помощью **опытов Стерлинга Бюннеля** (рис: 118, 119, 120), которые можно провести на себе самом. Нужно приклеить ориентиры на три скелетных сегмента большого пальца: одну спичку поперечно на ноготь, а другую перпендикулярно фалангам и пястным костям. Приведем руку в исходное положение (рис. 118) - ладонь широко раскрыта, возвышение большого пальца (тенар) сглажено, большой палец максимально отведен и разогнут. Затем приводим большой палец в среднее положение (рис. 119) - противопоставление указательному пальцу. И, наконец, в положение максимального противопоставления (рис. 120) - контакт с подушечкой мизинца.

Если рассматривать руку в зеркало во время этого опыта, то можно заметить, что ноготь большого пальца произвел **вращение с 90 до 120°**.

Говорит ли это о том, что осевая ротация производится двумя суставами - трапезие-пястным и пястно-фаланговым? Совершенно нет.

¹Положение кпереди от чего-либо (*прим. ред.*).



Создайте сами модель большого пальца (рис. 121), как это показано на рисунке. Полоска картона, представляющая большой палец, соединена с ладонью по оси О (приведение-отведение) и согнута по трем линиям, перпендикулярным продольной оси картона, представляющего три дистальных сустава большого пальца.

Воспроизведем противопоставление большого пальца, сделав два движения на модели:

1) **отведение на 120°** вокруг оси **О**;

2) **сгибание на 180°** по трем заломленным линиям.

Стрелка 3 направлена четко к четвертому и пятому пальцам. Причем картон не подвергся никакому осевому вращению. Оно стало геометрическим результатом отведения и сгибания. В действительности отведение не может превысить 60° в силу особенностей суставов. В этих условиях (рис. 122) осевого вращения не достаточно, чтобы направить третью фалангу (стрелка 3) к мизинцу. Она направлена кну три и сверху.

Чтобы совершить противопоставление, несмотря на это ограничение отведения (рис. 123), нужно обязательно повернуть картон, т.е. совершить некоторое осевое вращение в сочетании со сгибанием различных элементов.

На модели просто создать косые оси сгибания (пунктир) так, что сгибание обязательно сочетается с осевым вращением.

В действительности осевое вращение осуществляется не благодаря косому направлению осей сгибания, а за счет сочетания многих факторов:

- **автоматическое осевое вращение**, осуществляемое сочетанием движений вокруг двух осей трапецие-пястного сустава (см. далее) под действием наружных мышц тенара. Это активное автоматическое вращение в большей степени обеспечивает противопоставление большого пальца;
- **активное осевое вращение**, осуществляемое пронацией в пястно-фаланговом суставе, благодаря короткому сгибателю и короткой мышце, отводящей большой палец;
- **осевое автоматическое вращение** при пронации межфалангового сустава (см. далее).

Механическая игра в трапецие-пястном и пястно-фаланговом суставах за счет подвижности связок и работы наружных мышц тенара, создают дополнительный фактор, но не главный. Эмпирически можно оценить амплитуду, развернув пассивно вторую фалангу правого большого пальца большим и указательным пальцами левой руки. Амплитуда составит от 60 до 120° .

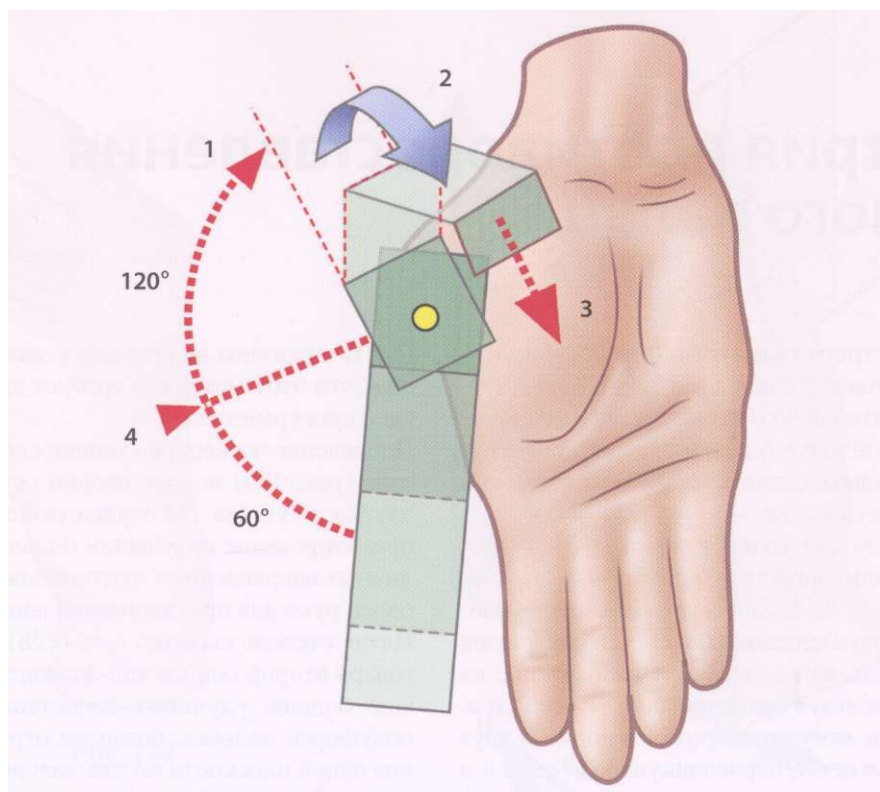


Рис. 121

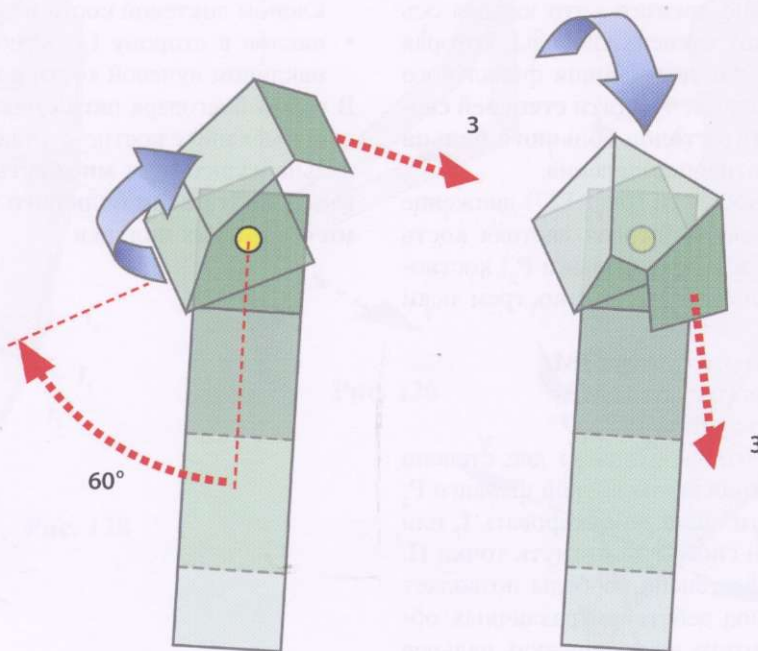


Рис. 122

Рис. 123

Геометрия противопоставления большого пальца

С точки зрения строго геометрии (рис. 124) противопоставление большого пальца состоит в том, чтобы провести касательную от точки A' на подушечке большого пальца к точке A на подушечке, допустим, указательного пальца, сделать так, чтобы точки A и A' совпали в пространстве.

Чтобы совместить две точки в пространстве (рис. 125), нужно использовать три степени свободы, следуя осям координат X, Y, Z . Две другие степени свободы нужны для совмещения плоскостей подушечек пальцев: плоскость на плоскости и направление на направлении, используя вращение вокруг осей t и i . Так как пальцы не могут развернуться ногтями друг к другу, то третья ось v , перпендикулярная осям i и t , не нужна.

Совмещение плоскостей подушечек пальцев требует **пять степеней свободы**:

- три степени для совмещения контактных точек;
- две степени для совмещения плоскостей подушечек пальцев.

Довольно просто можно доказать, что каждая ось сустава составляет одну степень свободы, которая сочетается с другими для достижения финального результата. Отсюда следует, что **пяти степеней свободы костно-суставного столба большого пальца** достаточно для его противопоставления.

Если представить в плоскости (рис. 127) движение трех подвижных сегментов (первая пястная кость M_p , первая фаланга P_1 и вторая фаланга P_2) костно-суставного столба большого пальца по трем осям сгибания:

$Y Y'$ для трапезие-пястного сустава ТМ,

f_j для пястно-фалангового сустава МР,

f_2 для межфалангового сустава IP,

то становится ясно, что необходимы две степени свободы для перемещения конца второй фаланги P_2 в точку H на плоскости: если заблокировать f_2 или f_j , то есть только один способ достигнуть точки H . Но включение третьей степени свободы позволяет достигнуть точки H под действием различных обстоятельств: два ориентира на подушечках пальцев

O и O' показаны на рис. под углами α и β , и мы видим, что этот механизм требует три степени свободы в пространстве.

Добавление четвертой степени свободы в пространстве (рис. 127) вокруг второй оси $Y_2 Y_2'$ трапезие-пястного сустава ТМ осуществляет дополнительное ориентирование подушечки большого пальца в различных направлениях, что позволяет выбрать любой палец руки для противопоставления.

Пятая степень свободы (рис. 128), полученная благодаря второй оси пястно-фалангового сустава МР, еще больше улучшает сопоставление плоскостей подушечек пальцев, позволяя ограниченное вращение одной плоскости по отношению к другой вокруг точки касания. В общем, можно констатировать, что ось сгибания f_1 пястно-фалангового сустава МР четко поперечна только при строгом сгибании. В большинстве случаев эта линия косо направлена в том или ином направлении:

- наклон в сторону f_2 - сгибание сочетается с наклоном локтевой кости и супинацией;
- наклон в сторону f_3 - сгибание сопровождается наклоном лучевой кости и пронацией.

В целом благодаря пяти степеням свободы, доступным в механике костно-суставного столба большого пальца, существует **множество путей соприкосновения подушечки большого пальца с подушечками остальных пальцев**.

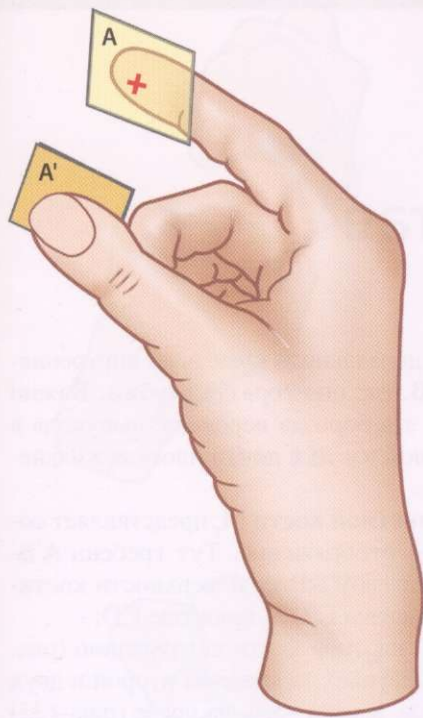


Рис. 124

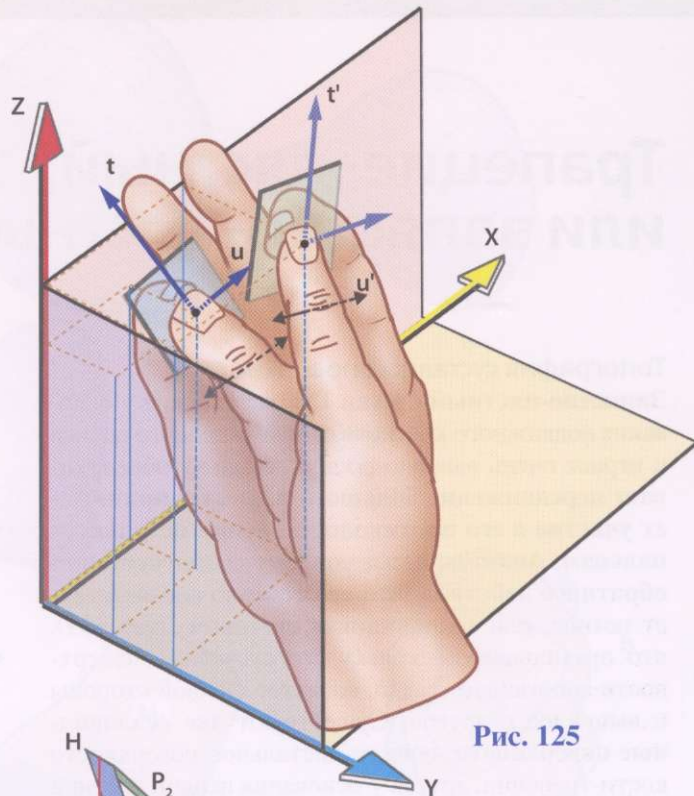


Рис. 125

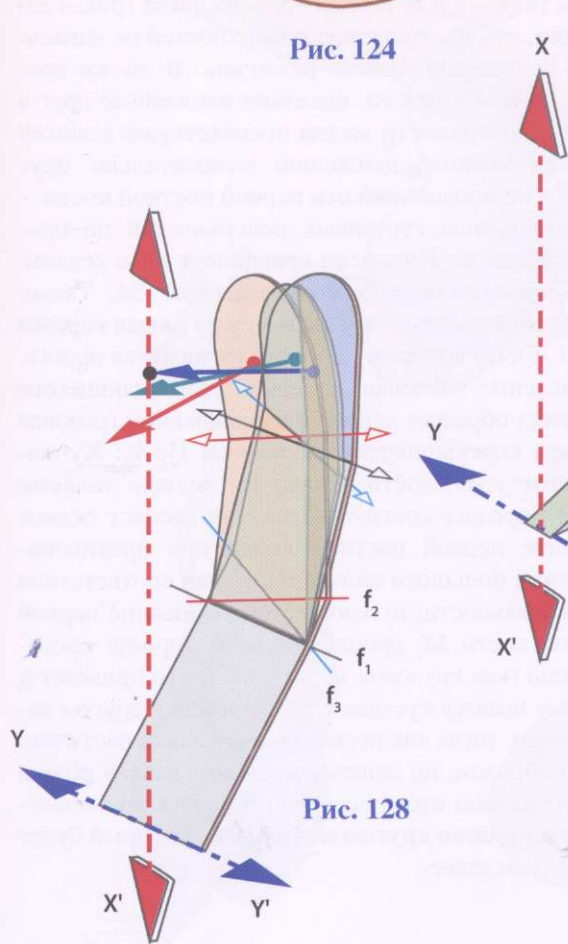


Рис. 128

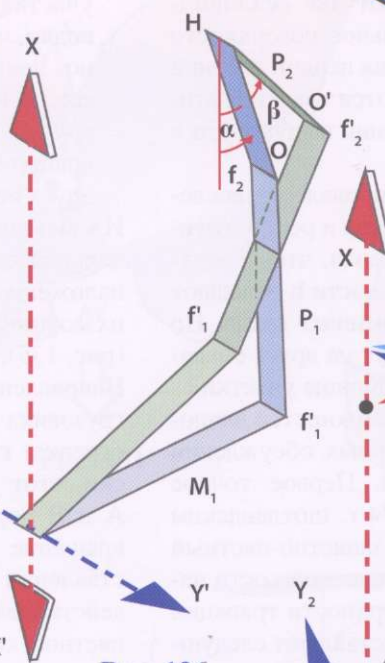


Рис. 126

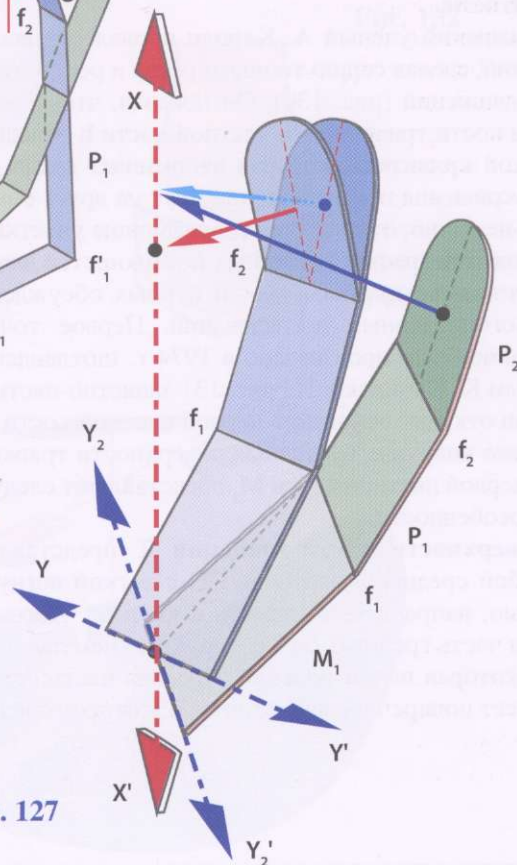


Рис. 127

Трапецие-пястный, или запястно-пястный, сустав

Топография суставных поверхностей

Запястно-пястный сустав ТМ расположен у основания подвижного костного столба большого пальца и играет очень важную роль, поскольку **обеспечивает передвижение большого пальца и принимает участие в его противопоставлении остальным пальцам**. Анатомы называют этот сустав **суставом обратного действия**, что не особенно соответствует истине, или **седловидным суставом** (рис. 129), что правильнее, поскольку его суставные поверхности напоминают седло, вогнутое с одной стороны и выпуклое с другой. Существуют **две седловидные поверхности**: одна на дистальной поверхности кости-трапеции, другая у основания первой пястной кости. Эти поверхности совмещаются только благодаря повороту на 90° , при совпадении выпуклости и вогнутости.

Итальянский ученый А. Кароли провел ряд исследований, сделав серию точных срезов и реконструкцию движений (рис. 130). Он показал, что поверхности кости трапеции **а** и пястной кости **в** обладают двоякой кривизной, которая напоминает седло. Но края кривизны при наложении друг на друга совпадают не точно, открывая несовпадающие участки с. Точная топография суставных поверхностей данного сустава всегда была темой бурных обсуждений и многочисленных исследований. Первое точное описание было произведено в 1974 г. шотландским ученым К. Кучински. На рис. 131 запястно-пястный сустав открыт, основание первой пястной кости наклонено кнаружи, суставные поверхности трапеции **Тг** и первой пястной кости **Мj** представляют следующие особенности:

- **поверхность кости-трапеции Т** представляет собой срединный гребень **СД** с легкой вогнутостью, направленной внутрь и кпереди. Дорзальная часть гребня **С** более выпуклая, чем ладонная **Д**, которая почти плоская. Средняя часть гребня имеет поперечное вдавление **АВ**, которое следует

от наружного дорзального края **А** до внутреннего ладонного **В**, где оно гораздо глубже. Важно отметить, что эта борозда неровная: выпуклая в передненаружной части и почти плоская в задненаружной;

- **поверхность пястной кости М₁** представляет собой зеркальное отображение. Тут гребень **А'В'** соответствует изгибу **АВ** на поверхности кости-трапеции; а кривизна **С'Д'** - кривизне **СД**;
- при наложении пястной кости на трапецию (рис. 132) первая выступает за пределы второй в двух участках - **а** и **Б**. Кроме того, на срезе (рис. 133) видно, что соответствие поверхностей не идеально, некоторые изгибы различны. В то же время, по К. Кучински, идеально вложенные друг в друга поверхности всегда препятствуют всякому вращательному движению относительно друг друга по продольной оси первой пястной кости.

Из-за кривизны суставных поверхностей по продольной оси К. Кучински сравнивает их с седлом, наложенным на осла со сколиозом (рис. 134). Также их можно сравнить с **ущельем между двумя горами** (рис. 135), по которому проходит изогнутая дорога. Направление (зеленая стрелка) поднимающегося грузовика образует угол **R** с направлением (розовая стрелка) спускающегося грузовика. По К. Кучински, этот угол, достигающий 90° между точками **А** и **В** борозды кости-трапеции, объясняет осевое вращение первой пястной кости при противопоставлении большого пальца. Или, для соответствия действительности, нужно, чтобы основание первой пястной кости **М₁** прошло по всей борозде кости-трапеции (как грузовик на рис. 135), что приведет к полному вывиху сустава в одном и/или в другом направлении, тогда как перемещение только частично. Таким образом, по нашему мнению, главная роль в осуществлении этого осевого вращения заключается в **совершенно другом механизме**, который будет рассмотрен далее.

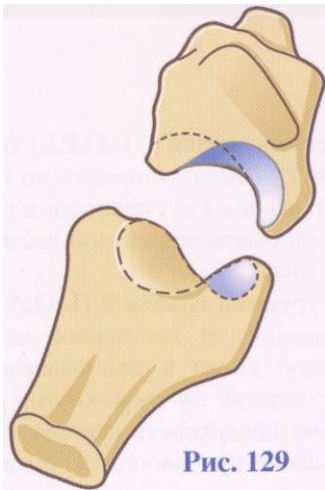


Рис. 129

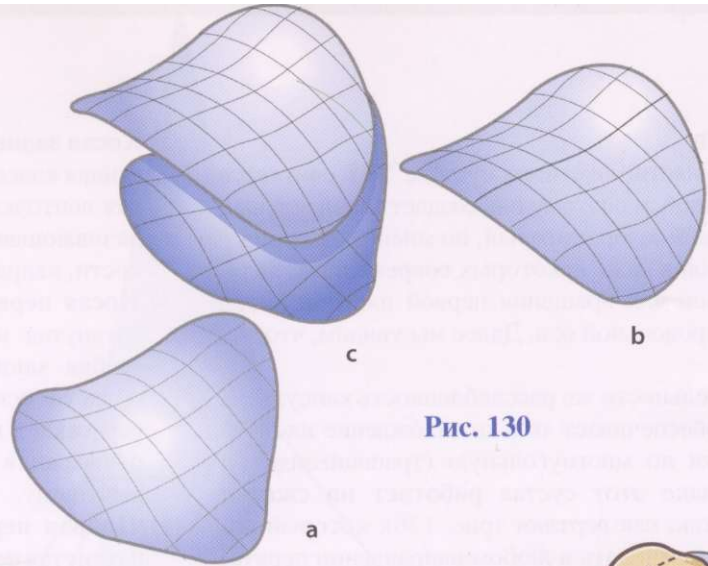


Рис. 130

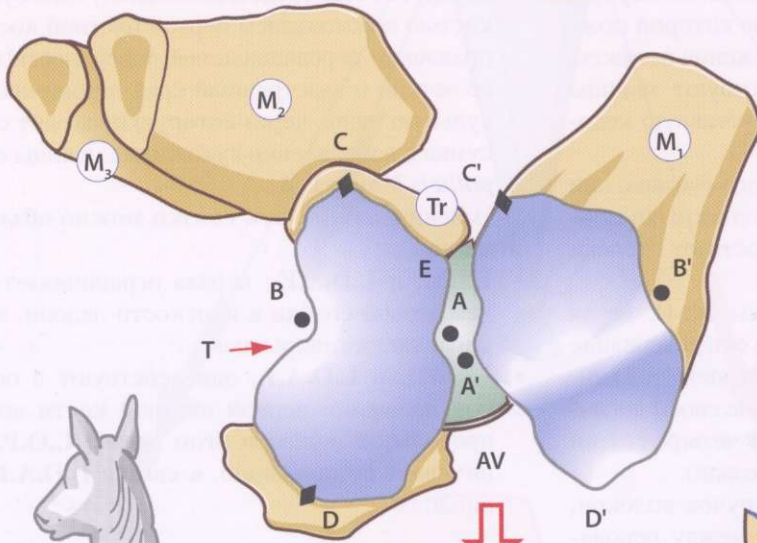


Рис. 131

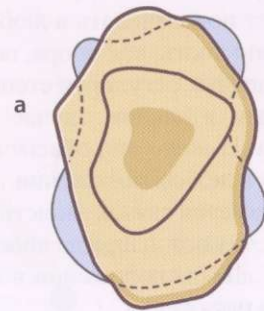


Рис. 132

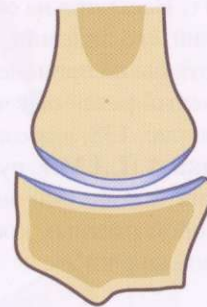


Рис. 133

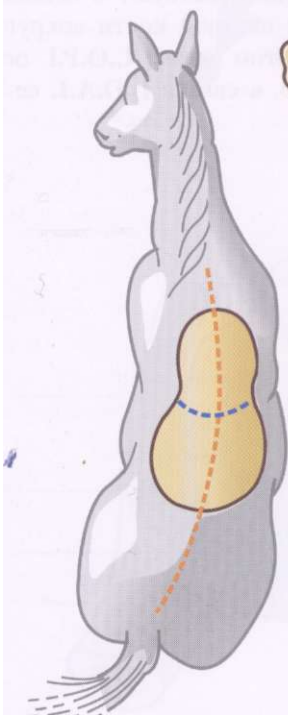


Рис. 134

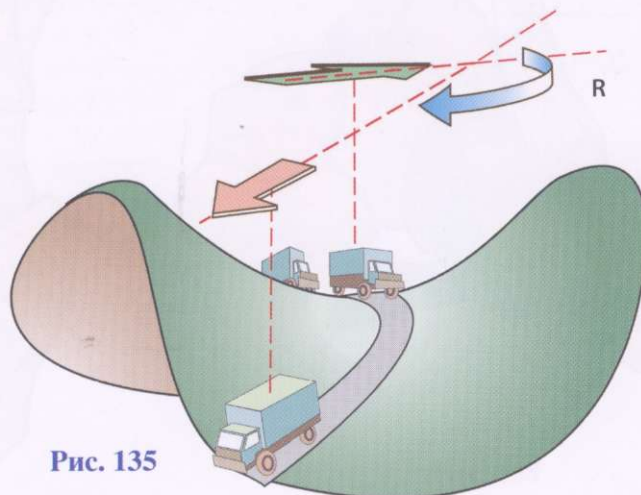


Рис. 135

Коаптация

Капсула запястно-пястного сустава ТМ считается расслабленной, и поэтому она создает значительный механический зазор, который, по мнению классических авторов и даже некоторых современных, является основой для вращения первой пястной кости вокруг ее продольной оси. Далее мы увидим, что это не так.

В действительности же расслабленность капсулы на практике обеспечивает только захождение пястной поверхности по многоугольную (трапециевидную) кость. Однако этот сустав **работает на сжатие** примерно так, как вертлюг (рис. 136), который позволяет поворачивать в любом направлении первую пястную кость, как опора, положение которой можно изменять, регулируя степень натяжения оттяжек, которым в данном случае соответствуют мышцы тенара. Именно они обеспечивают суставную коаптацию в любом положении.

Что касается связок запястно-пястного сустава, они обеспечивают направленность движения и коаптацию в любом положении в зависимости от степени своего натяжения.

Эти связки и их роль были описаны Ж.-И. де ля Каффиньером в 1970 г. Несмотря на существование многих других описаний, его описание является наиболее приемлемым хотя бы по причине своей логичности и простоты. Ученый различает четыре связки (рис. 137, вид спереди; рис. 138, вид сзади).

1) Межпястная связка 4 (L.I.M.): пучок волокон, плотный и короткий, натянутый между основаниями первой и второй пястных костей, в самой верхней части первой спайки.

- 2) **Косая задневынутренняя связка 3 (L.O.P.I.),** описанная классическими учеными: широкая, но тонкая ленточка, охватывающая сустав сзади и сворачивающаяся внутрь основания первой пястной кости, направляясь вперед.
- 3) **Косая передневынутренняя связка 2 (L.O.A.I.),** натянутая в направлении от дистальной части гребня многоугольной кости к околоспаечной области основания первой пястной кости; она пересекает переднюю поверхность сустава, сворачиваясь в направлении противоположном предыдущему.
- 4) **Правая передневынешняя связка 1 (L.D.A.E.),** натянутая непосредственно между многоугольной костью и основанием первой пястной кости в направлении передневынешней поверхности сустава; ее четкий и заостренный край ограничивает капсульную щель, через которую проходит серозная сумка в направлении сухожилия мышцы *abductor pollicis longus* L.A.

По мнению автора, **эти связки можно объединить попарно:**

- **L.I.M.** и **L.D.A.E.**; первая ограничивает открытие первой спайки в плоскости ладони, а вторая управляет ее закрытием;
- **L.O.P.I.** и **L.O.A.I.**; они действуют в основном при вращении первой пястной кости вокруг ее продольной оси; при этом связка **L.O.P.I.** ограничивает ее пронацию, а связка **L.O.A.I.** ее супинацию.

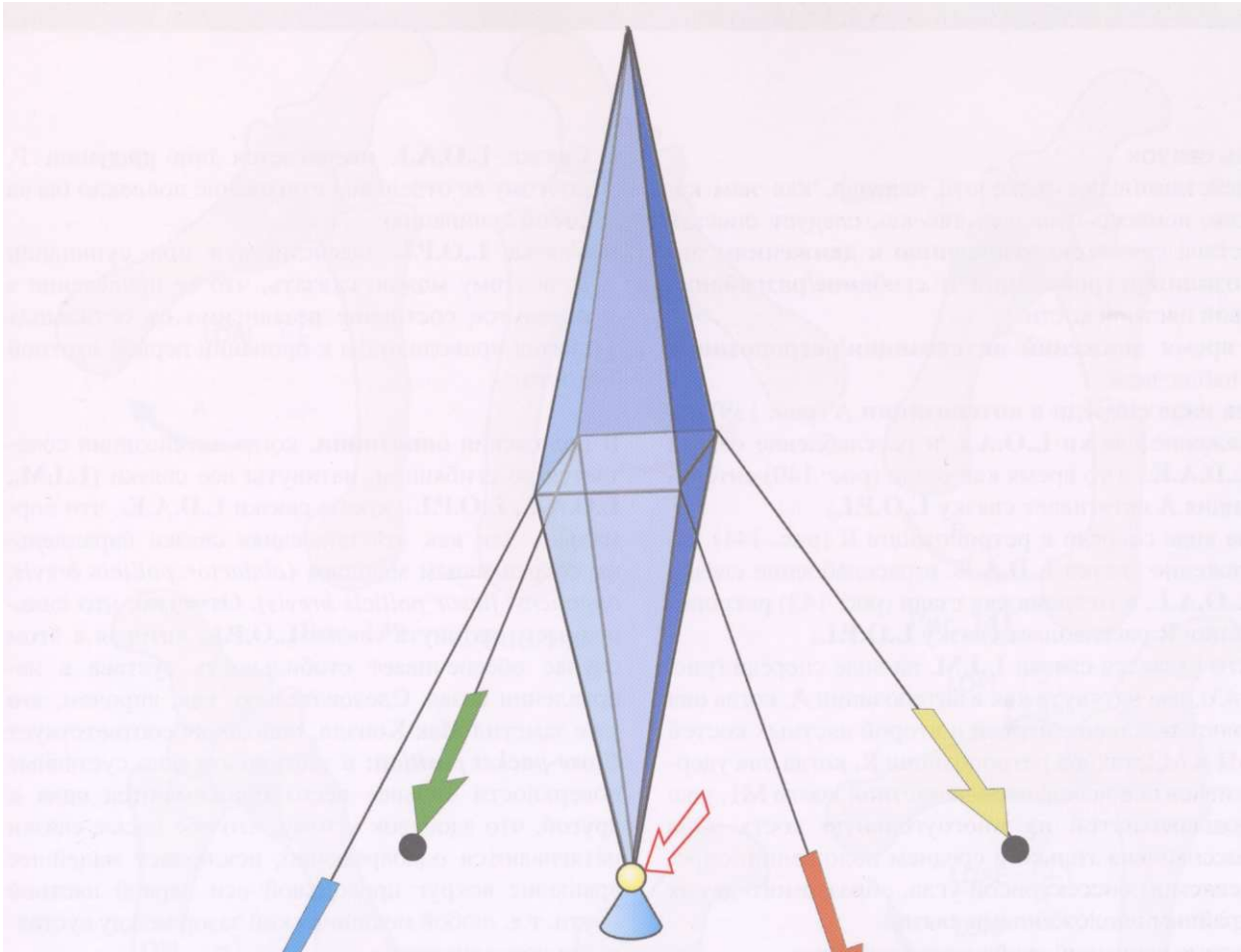


Рис. 136

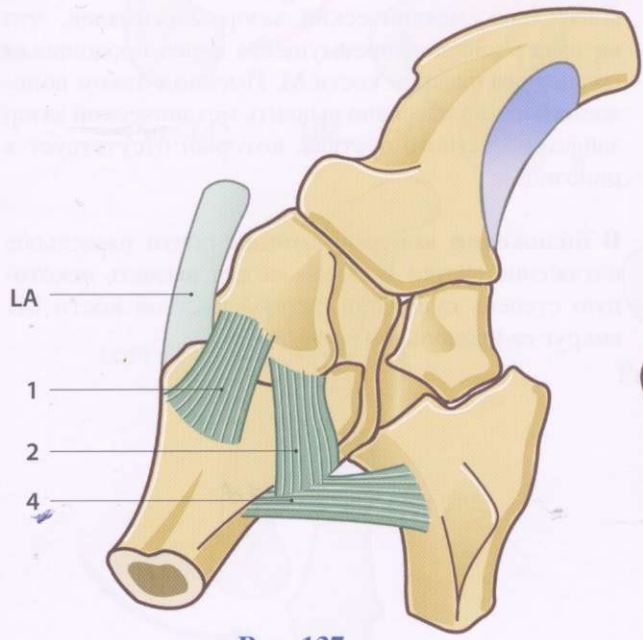


Рис. 137

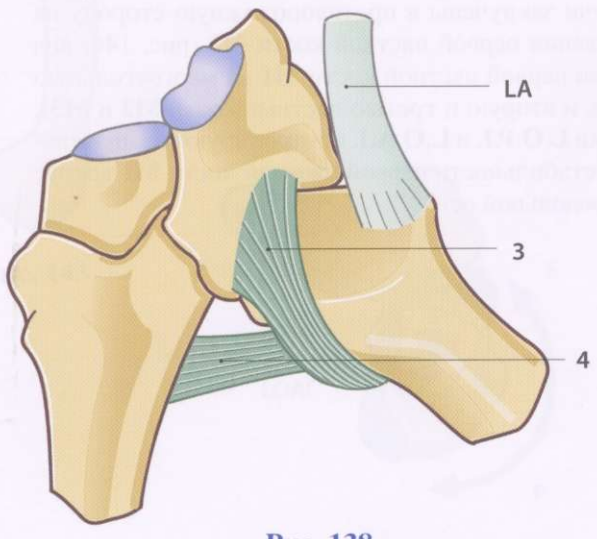


Рис. 138

Роль связок

В действительности же эти явления, как нам кажется, немного сложнее, так как следует описать действие связок **по отношению к движениям антепозиция/ретропозиция и сгибание/разгибание** первой пястной кости.

Во время движений антепозиция/ретропозиция мы наблюдаем:

- **на виде спереди в антепозиции А** (рис. 139) натяжение связки L.O.A.I. и расслабление связки L.D.A.E., в то время как сзади (рис. 140) антепозиция А натягивает связку L.O.P.I.;
- **на виде спереди в ретропозиции R** (рис. 141) натяжение связки L.D.A.E. и расслабление связки L.O.A.I., в то время как сзади (рис. 142) ретропозиция R расслабляет связку L.O.P.I.;
- что касается связки L.I.M. на виде спереди (рис. 143), она натянута как в антепозиции А, когда она тянет основание первой и второй пястных костей M1 и M2, так и в ретропозиции R, когда она удерживает основание первой пястной кости M1, уже подвывихнутой на многоугольную кость. Она расслаблена только в среднем положении, определяемом биссектрисой угла, образуемого двумя крайними положениями связки.

Во время движений сгибание/разгибание:

- **при разгибании E** (рис. 144) передние связки L.D.A.E. и L.O.A.I. натягиваются, а связка L.O.P.I. расслабляется;
- **при сгибании F** (рис. 145) все происходит наоборот: связки L.D.A.E. и L.O.A.I. расслабляются, а связка L.O.P.I. натягивается.

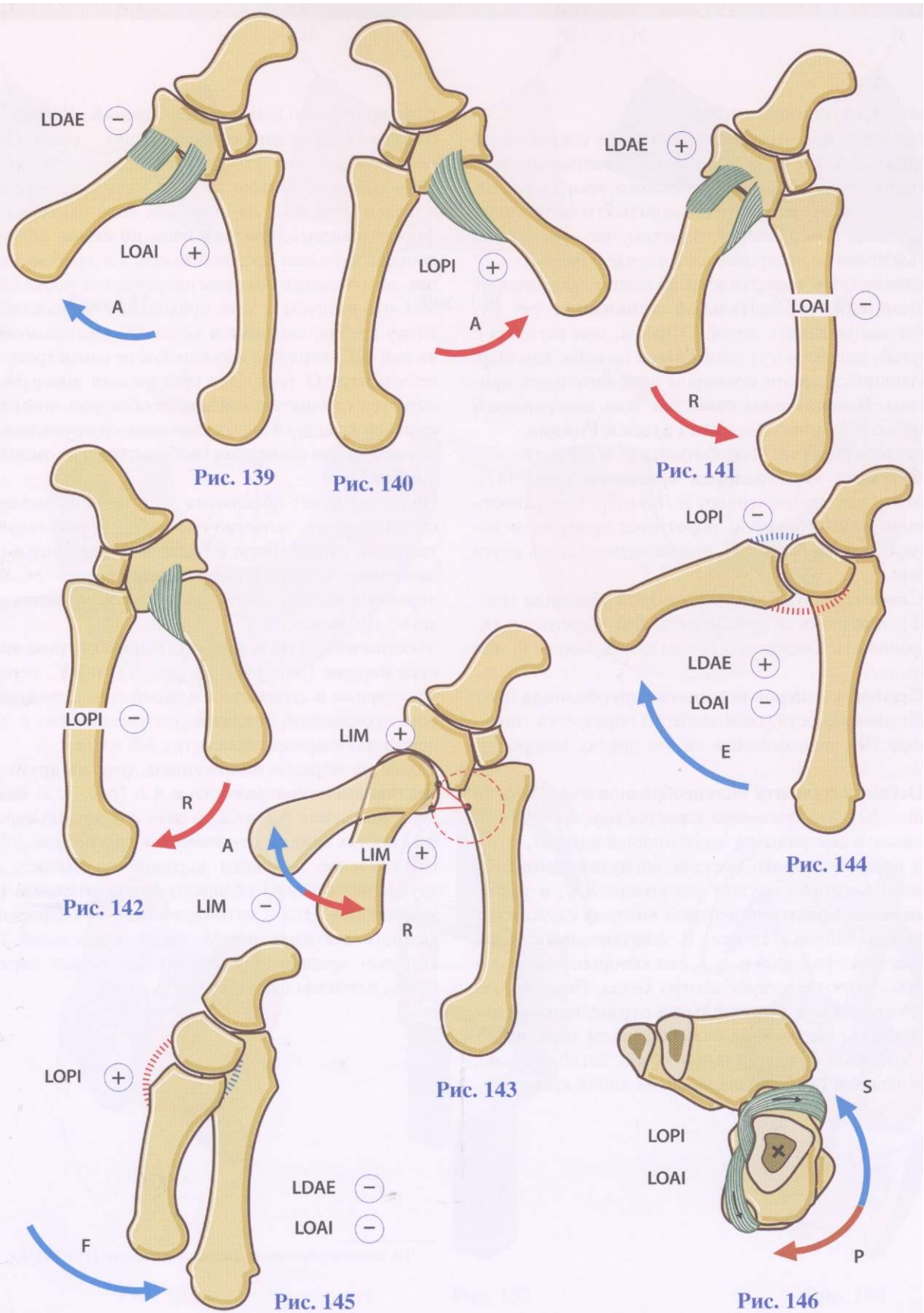
Будучи закручены в противоположную сторону на основании первой пястной кости M1 (рис. 146: вид по оси первой пястной кости M1 на многоугольную кость и вторую и третью пястные кости M2 и M3), связки L.O.P.I. и L.O.A.I. контролируют вращательную стабильность первой пястной кости M1 вокруг ее продольной оси.

- Связка L.O.A.I. напрягается при пронации P, поэтому ее отдельное втягивание повлекло бы за собой супинацию.
- Связка L.O.P.I. задействуется при супинации S, поэтому можно сказать, что ее приведение в натянутое состояние независимо от остальных связок приводило бы к пронации первой пястной кости.

В положении **оппозиции**, когда антепозиция сочетается со сгибанием, натянуты все связки (L.I.M., L.O.A.I., L.O.P.I.), кроме связки L.D.A.E., что нормально, так как эта последняя связка параллельна сокращенным мышцам (*abductor pollicis brevis*, *opponens*, *flexor pollicis brevis*). Отметим, что сильнее всего натянута связка L.O.P.I., которая в этом случае обеспечивает стабильность сустава в направлении назад. Следовательно, как, впрочем, это уже заметил Мак Конэлл, оппозиция соответствует **Close-packet position**: в этом положении суставные поверхности сильнее всего прижимаются одна к другой, что добавок к тому, что обе косые связки натягиваются одновременно, исключает малейшее вращение вокруг продольной оси первой пястной кости, т.е. любой механический зазор между суставными поверхностями.

В промежуточном положении, о котором мы будем говорить позже, все связки расслаблены и, следовательно, механический зазор максимален, что не имеет никаких преимуществ перед продольным вращением пястной кости M. Именно в таком положении можно пассивно выявить механический зазор запястно-пястного сустава, который отсутствует в оппозиции.

В положении контрпозии почти раздельное натяжение связки L.O.A.I. может вызвать некоторую степень супинации первой пястной кости M1 вокруг ее продольной оси.



Геометрия поверхностей

Если вращение первой пястной кости вокруг своей продольной оси не может быть удовлетворительно объяснено наличием механического зазора или действием связок, остается объяснить его свойствами суставных поверхностей. Заметим, что этот способ объяснения не оспаривается в случае с бедром.

Седловидные поверхности обладают, как говорят математики, **отрицательной кривизной**, т.е. будучи выпуклыми с одной стороны, они вогнуты с другой; они не могут замыкаться на себя, как шар, являющийся ярким примером положительной кривизны. **Неэвклидовы свойства** этих поверхностей хорошо известны со времен **Гаусса и Римана**.

Делались попытки уподобить эти поверхности:

- **Сегменту гиперболоида вращения** (рис. 147), как это делали Баузенхарт и Литтлер: поверхность (темно-зеленого цвета) образуется вращением вокруг оси гиперболы HN , опирающейся на два круга S или:
- **Сегменту параболического гиперболоида** (рис. 148): поверхность (розового цвета) образуется гиперболой HN , опирающейся на две параболы P , или еще:
- **Сегменту гиперболического гиперболоида** (рис. 149): поверхность (синего цвета) образуется гиперболой HN , опирающейся на две других гиперболы H' ;
- **Осевому сегменту кольцеобразной поверхности** (рис. 150); это сравнение кажется нам более интересным: в центральной части шинной камеры, которая является **тором**, имеется **вогнутая кривизна**, центром которой служит ось колеса XX' , **а также выпуклая кривизна**, центром которой служит ось реборды бандажа колеса. В действительности же существует ряд осей $p, q, s...$ из которых одна только ось q соответствует центру седла. Поэтому эта седловидная или **торондальная отрицательная поверхность**, вырезанная в осевой части тора, имеет две **главные ортогональные оси** и, следовательно, **две степени свободы** вдоль обеих линий кривизны.

Если принять во внимание описание К. Кучински с боковым искривлением гребня седла - схолиатическая лошадь (рис. 134), - этот осевой сегмент торической поверхности должен быть ассиметрично выделен (рис. 151) на торе, как если бы седло **деформировалось, сползая вбок по спине** обычной лошади. Большая продольная ось, т.е. гребень седла пш, искривлена в боковом направлении таким образом, что радиусы v, w , проходящие через каждую точку гребня, сходятся в точке O' , расположенной на оси XX' тора вне его плоскости симметрии, т.е. не в центре O тора. Эта седловидная поверхность остается отрицательной кольцеобразной поверхностью, обладающей двумя главными ортогональными осями и двумя степенями свободы, но она - **ассиметрична**.

При этом будет абсолютно логично и правомерно смоделировать запястно-пястный сустав, подобно тому как специалисты в области биомеханики создают модель бедра в виде шарового шарнира, хотя хорошо известно, что головка бедра не является идеально сферической.

Механической моделью двухосного сустава является кардан¹ (рис. 152): две оси XX' и YY' , перпендикулярные и сходящиеся в одной точке, позволяющие производить движения соответственно в двух перпендикулярных плоскостях **AB** и **CD**.

Таким же образом **наложенные друг на друга две седловидные поверхности a и b** (рис. 153) позволяют движения **AB** и **CD** в двух перпендикулярных плоскостях одна по отношению к другой (рис. 154). Но изучение механики кардана показывает, что двухосные суставы обладают дополнительной возможностью. Это - автоматическое вращение подвижного сегмента вокруг своей продольной оси, которым в нашем случае является первая пястная кость, о чем мы будем говорить далее.

¹По имени изобретателя Джероламо Кардано (1501-1576).

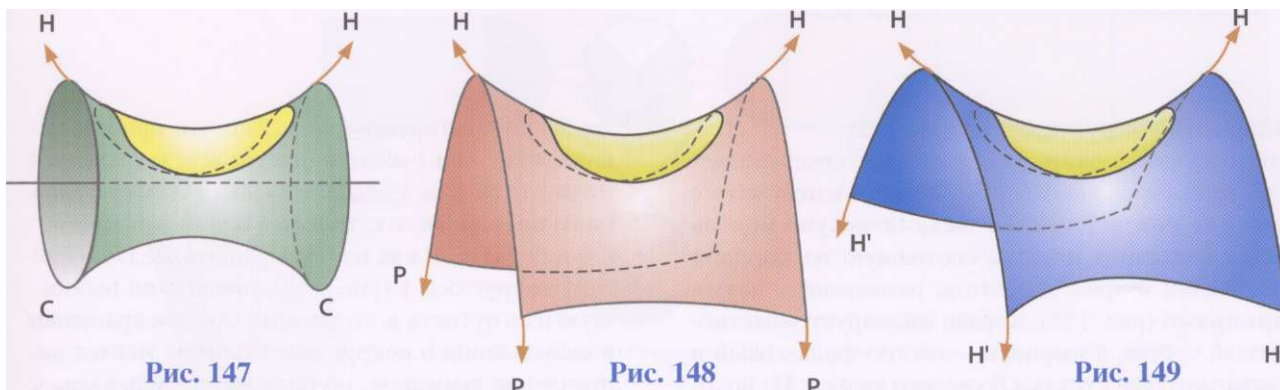


Рис. 147

Рис. 148

Рис. 149

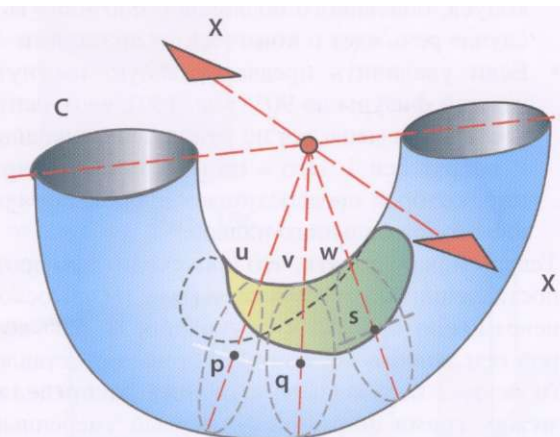


Рис. 150

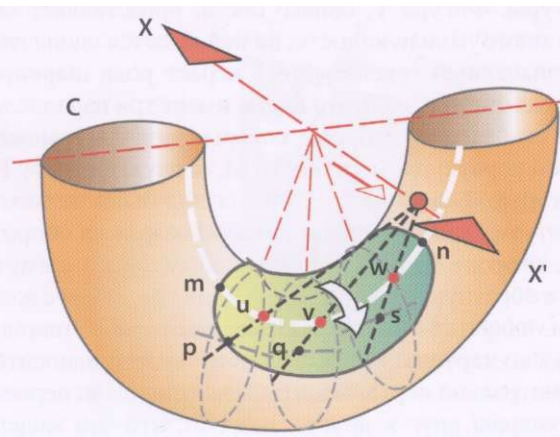


Рис. 151

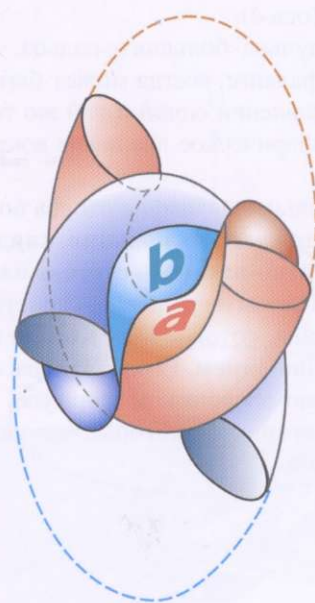


Рис. 153

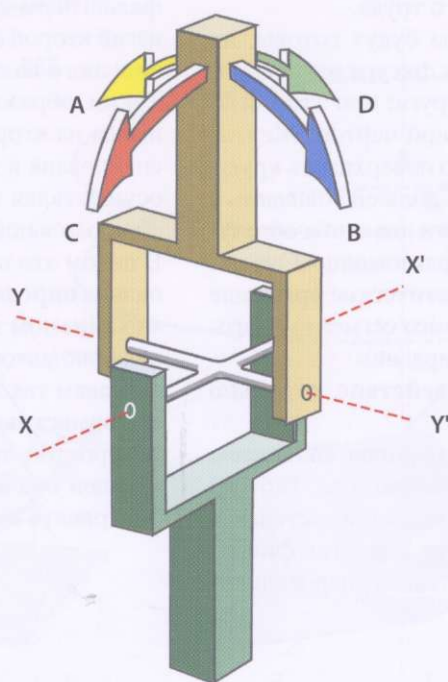


Рис. 152

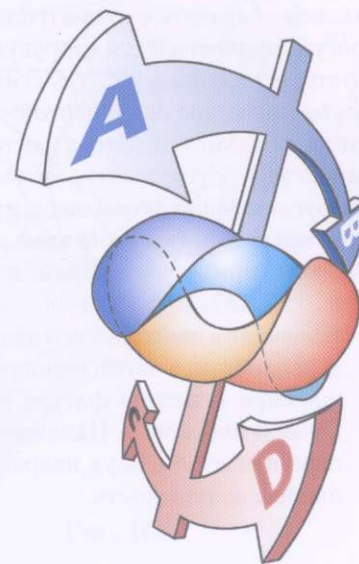


Рис. 154

Вращение вокруг продольной оси

Чтобы лучше понять рассуждения, содержащиеся на этой странице, мы рекомендуем изготовить с помощью ножниц и клея **механическую модель столба большого пальца**, состоящую из **кардана** в основании и трех сегментов, разделенных **двумя шарнирами** (рис. 155). Кардан имитирует запястно-пястный сустав, а шарниры - пястно-фаланговый и межфаланговый суставы большого пальца. Из полоски плотного картона толщиной 1 мм вырежьте три фигуры. Фигура Т, синего цвета, представляет собой многоугольную кость; на ней имеется один сгиб, обозначенный тире, который играет роль шарнира. Вторая фигура, желтого цвета, имеет три параллельных сгиба в одну сторону, которые разделяют между собой первую пястную кость М, первую фалангу Р1 и вторую фалангу Р2. Чтобы сгибы были четкими, советуем сделать острым лезвием надрез на оборотной стороне картона, позволяющий легко согнуть его в обратную сторону. Третья фигура, синяя с желтым, является кругом с диаметром равным ширине полоски картона. На каждой поверхности наносится диаметральная черта, так чтобы все они были перпендикулярны друг к другу. Заметим, что эта модель является частью полной механической модели руки, которую можно будет изготовить согласно описанию, данному в конце настоящего труда.

После того как все три фигуры будут готовы, их склеивают друг с другом. Синяя фигура накладывается на одну из поверхностей круга; при этом сгиб должен совпадать с диаметральной чертой. Желтая фигура приклеивается на другую поверхность круга, но со смещением в 90° , т.е. сгиб должен совпадать с другой диаметральной чертой: эти два сгиба образуют кардан. Модель готова к использованию. Она поможет нам осуществлять автоматическое вращение вокруг продольной оси подвижного сегмента благодаря механическим свойствам кардана.

Сначала **приводят кардан в действие отдельно** (рис. 156, 157, 158, 159);

- Приводят в движение его два шарнира, сначала по отдельности, а затем одновременно (рис. 156): на шарнире 1 желтая фигура вращается, оставаясь в своей плоскости. На шарнире 2 желтая фигура перемещается в двух направлениях, перпендикулярных ее плоскости.

- Затем констатируют (рис. 157), что при вращении вокруг оси 1 желтая фигура всегда движется в одну сторону а. Следовательно, речь идет о **плоском вращении**, т.е. только в одной плоскости;
- Если перед тем, как начать вращать желтую фигуру вокруг оси 1 (рис. 158), придать ей небольшую изогнутость а, то увидим, что при вращении в направлении b вокруг оси 1 фигура меняет направление движения, но постоянно направлена к одной и той же точке О, являющейся вершиной конуса, описанного подвижной фигурой. В этом случае речь идет о **коническом вращении**.
- Если увеличить предварительную изогнутость желтой фигуры до 90° (рис. 159), ее ориентация постепенно меняется по отношению к вращению **В** вокруг оси 1. Это - **цилиндрическое вращение**, которое превосходит продольное вращение столба большого пальца.

Теперь можно понять, что происходит при противопоставлении большого пальца (рис. 160). Поскольку невозможно осуществить сгибание на 90° во второй оси запястно-пястного сустава, представленного осью 2 кардана, **это сгибание распределяется между тремя шарнирами**: первый умеренный изгиб первой пястной кости М1 в кардане; дополнительный изгиб на первой фаланге Р1, в пястно-фаланговом суставе (ось 3); наконец дополняющий изгиб второй фаланги Р2 на межфаланговом суставе большого пальца (ось 4).

Таким образом, пульпа большого пальца, находящаяся на второй фаланге, всегда может быть сориентирована в направлении одной и той же точки О, осуществляя цилиндрическое вращение вокруг своей продольной оси.

В целом это продольное вращение столба большого пальца **определяется, у его основания, карданным механизмом запястно-пястного сустава** благодаря явлению автоматического вращения, свойственного суставам такого типа, которое Мак Конэлл называет **совместным вращением**. Его можно рассчитать по простой тригонометрической формуле, учитывая оба вида вращения, которые мы здесь рассматривать не будем.

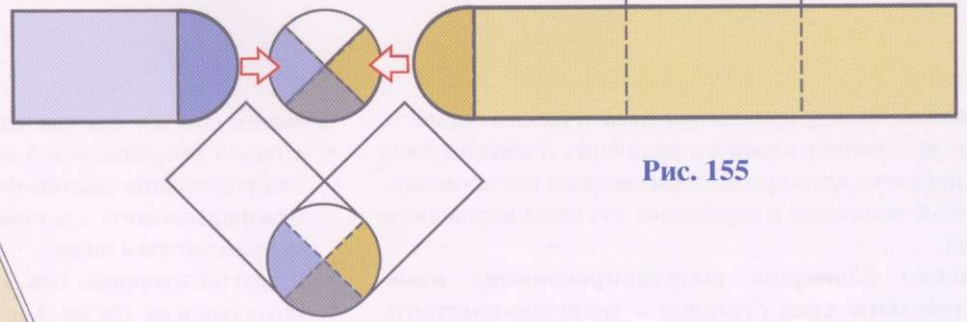


Рис. 155

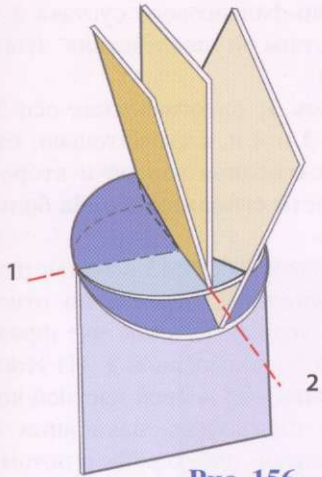


Рис. 156

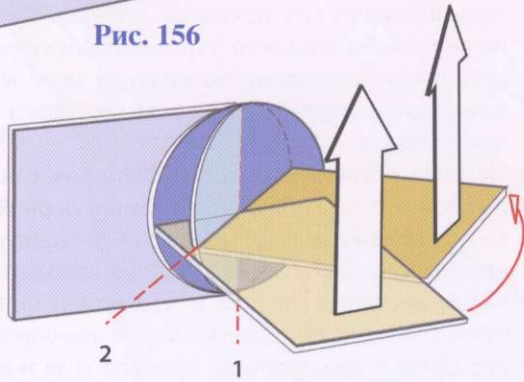


Рис. 157

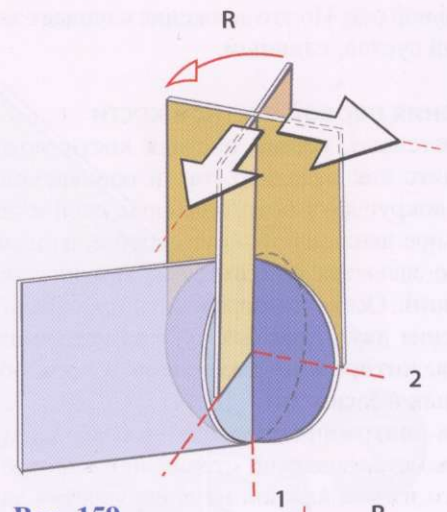


Рис. 159

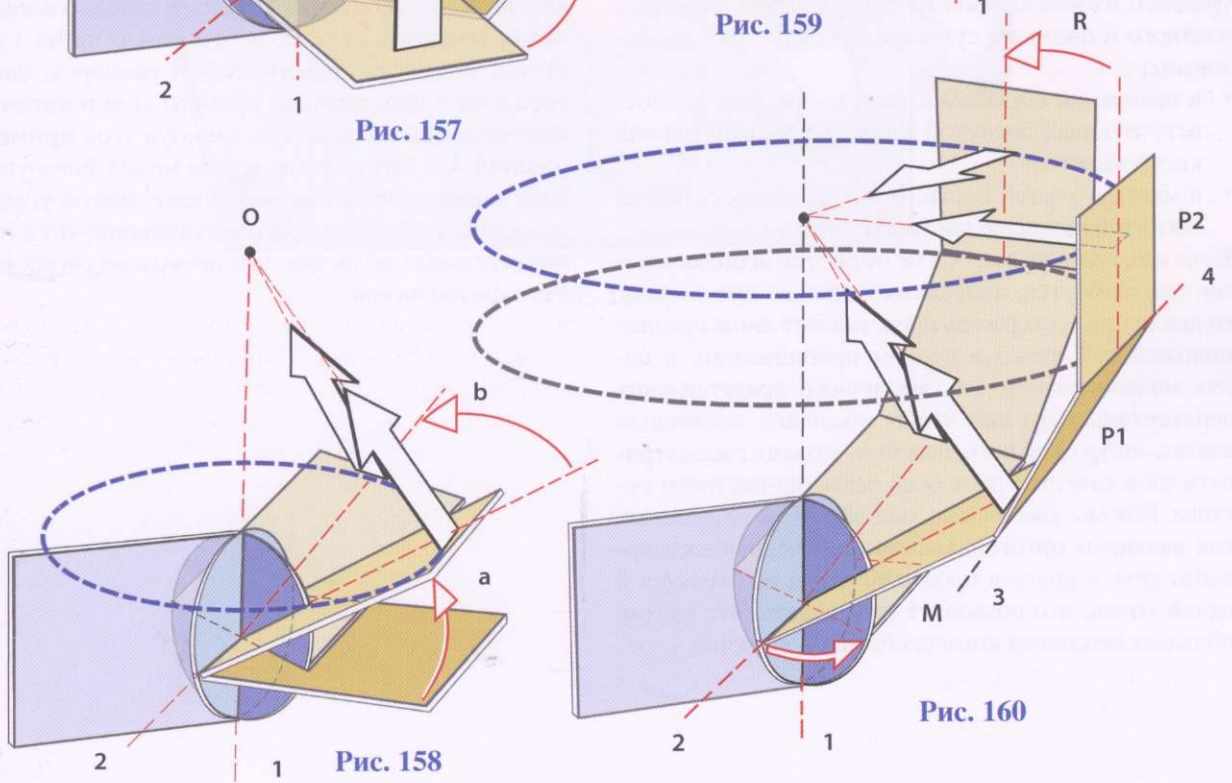


Рис. 158

Рис. 160

Конечно, между нулевым автоматическим совместным вращением плоского вращения и максимумом цилиндрического вращения возможны все промежуточные величины в двухосных суставах карданного типа.

Именно благодаря координированному взаимодействию трех суставов - запястно-пястного, пястно-фалангового и межфалангового - осуществляется вращение большого пальца вокруг его продольной оси. Но это движение начинается запястно-пястный сустав, **главный**.

Движения первой пястной кости

Следовательно, первая пястная кость может осуществлять как отдельно, так и одновременно движения вокруг двух ортогональных осей и одно вращательное движение вокруг своей продольной оси, которое является **результатом предшествующих движений**. Остается определить пространственное положение **двух главных осей запястно-пястного сустава, которые не находятся в трех обычных исходных плоскостях**.

Если на **анатомическом препарате** (рис. 161) прикрепить металлический стержень на уровне центра среднего изгиба каждой из поверхностей запястно-пястного и пястного суставов, то будут реализованы:

- в основании первой пястной кости: ось 1, соответствующая вогнутой кривизне многоугольной кости запястья;
- в многоугольной кости: ось 2, соответствующая вогнутой кривизне пястного седла.

Конечно, в жизни эти оси не остаются неподвижными, они движутся, изменяются даже во время самого движения, а стержень представляет лишь среднее положение. Однако в первом приближении, в целях моделирования, т.е. частичного представления действительности или чтобы облегчить понимание какого-либо сложного явления, можно рассматривать их в качестве двух осей запястно-пястного сустава. Как мы уже видели, они образуют кардан, так как являются ортогональными, т.е. перпендикулярными друг к другу в пространстве, и не сходятся в одной точке, что позволяет утверждать, что сустав обладает механическими свойствами кардана.

Отметим еще две важные характеристики:

- с одной стороны, ось 1 параллельна осям сгибания/разгибания пястно-фалангового сустава 3 и межфалангового сустава 4; последствия этого мы рассмотрим ниже;
- с другой стороны, ось 1, ортогональная оси 2, ортогональна также 3 и 4 и, следовательно, находится в плоскости сгибания первой и второй фаланг, т.е. **в плоскости сгибания столба большого пальца**.

Наконец, и это самое главное, обе оси 1 и 2 запястно-пястного сустава являются наклонными по отношению ко всем трем исходным плоскостям: фронтальной **F**, сагиттальной **S** и поперечной **T**. Из этого следует, что **чистые движения** первой пястной кости осуществляются в плоскостях, наклонных к трем классическим исходным плоскостям и потому не могут обозначаться терминами, изобретенными прежними анатомами, по крайней мере в том, что касается отведения, плоскость которого является фронтальной.

Недавно осуществленные работы позволяют уточнить, что ось сгибания/разгибания первой пястной кости действительно находится в многоугольной кости, что ось абдукции/аддукции находится в основании пястного сустава и что между ними существует небольшое расстояние. И наоборот, они не образуют в пространстве прямого угла и потому не являются ортогональными, образуя угол **примерно равный 42°**. Этот сустав всегда может быть уподоблен кардану, но уже не имеющему равную угловую скорость; это значит, что он функционирует в предпочтительных областях, что прекрасно согласуется с его физиологией.

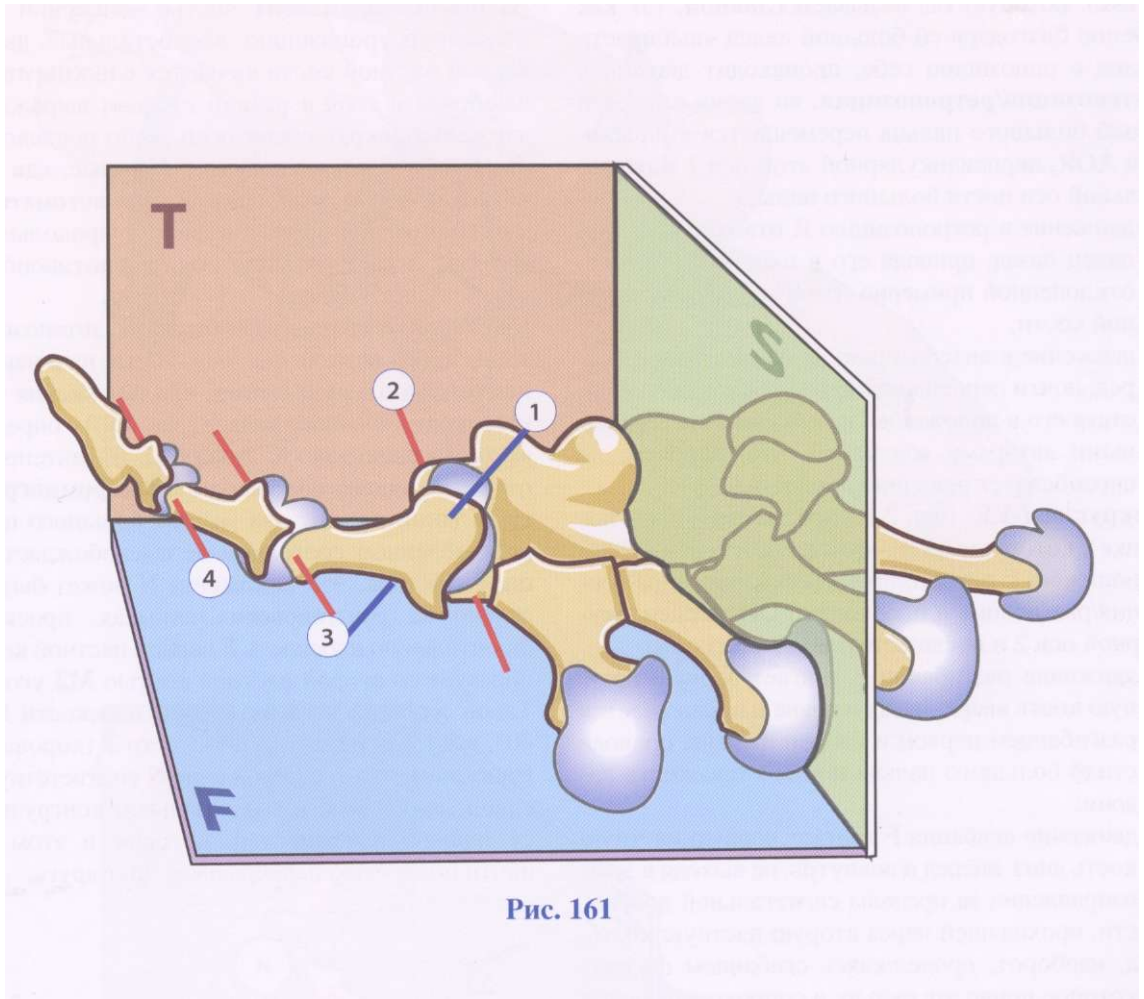


Рис. 161

Следовательно, **определение чистых движений первой пястной кости** (рис. 162) в системе оценки **по многоугольной (трапециевидной) кости** сводится к следующему:

- **Вокруг оси XX'** (ось 1 на предшествующем рисунке), которую мы называем **главной**, так как именно благодаря ей большой палец «выбирает» палец в оппозицию себе, происходит движение **антепозиция/ретропозиция**, во время которого столб большого пальца перемещается в плоскости AOR, перпендикулярной этой оси 1 и параллельной оси ногтя большого пальца:
 - движение в ретропозицию **R** отводит большой палец назад, приводя его в плоскость ладони, отклоненной примерно на 60° от второй пястной кости;
 - движение в антепозицию **A** двигает палец вперед, почти перпендикулярно плоскости ладони, ставя его в положение, называемое англоязычными авторами абдукцией, что, впрочем, не способствует решению проблемы.
- **Вокруг оси YY'** (ось 2 на предшествующем рисунке), которую мы назовем **второстепенной** по отношению к первой, происходит движение сгибания/разгибания в плоскости FOE, перпендикулярной оси 2 и предшествующей плоскости.
 - движение разгибания **E** двигает первую пястную кость вверх, назад и вовне и продолжается разгибанием первой и второй фаланг, приводя столб большого пальца почти в плоскость ладони;
 - движение сгибания **F** двигает первую пястную кость вниз, вперед и вовнутрь, не выходя в этом направлении за пределы сагиттальной плоскости, проходящей через вторую пястную кость, а, наоборот, продолжаясь сгибанием фаланг, которое приводит пульпу в соприкосновение с ладонью в основании мизинца.

Мы видим, что **определение движения сгибание/разгибание первой пястной кости в полной мере оправдано** его ролью, дополняющей подобное движение в двух других суставах колонны большого пальца.

За исключением этих чистых движений в антепозицию/ретропозицию все остальные движения первой пястной кости являются **сложными**, включающими в себя в разной степени выраженности движения вокруг обеих осей, либо последовательные, либо одновременные, и которые, как мы это показали выше, включают в себя автоматическое или совместное вращение вокруг продольной оси, которое играет главную роль в противопоставлении большого пальца.

Движения сгибание/разгибание и антепозиция/ретропозиция первой пястной кости начинаются от **нейтрального положения**, или положения мышечного покоя большого пальца (рис. 163) - определение которым было дано К. Аонэ и П. Валянтеном, - соответствующего положению **электромиографической тишины**: ни одна мышца большого пальца в расслабленном состоянии не высвобождает потенциал действия. Это положение N может быть определено на рентгеновских снимках: проекция на фронтальную плоскость **F** первой пястной кости **M1** образует со второй пястной костью **M2** угол в 30°. Такой же угол в сагиттальной плоскости **S** равен 40°, как и в поперечной плоскости Т (корональной). Напомним, что это положение **N** соответствует расслаблению связок и максимальной конгруэнтности суставных поверхностей, которые в этом случае почти полностью перекрывают друг друга.

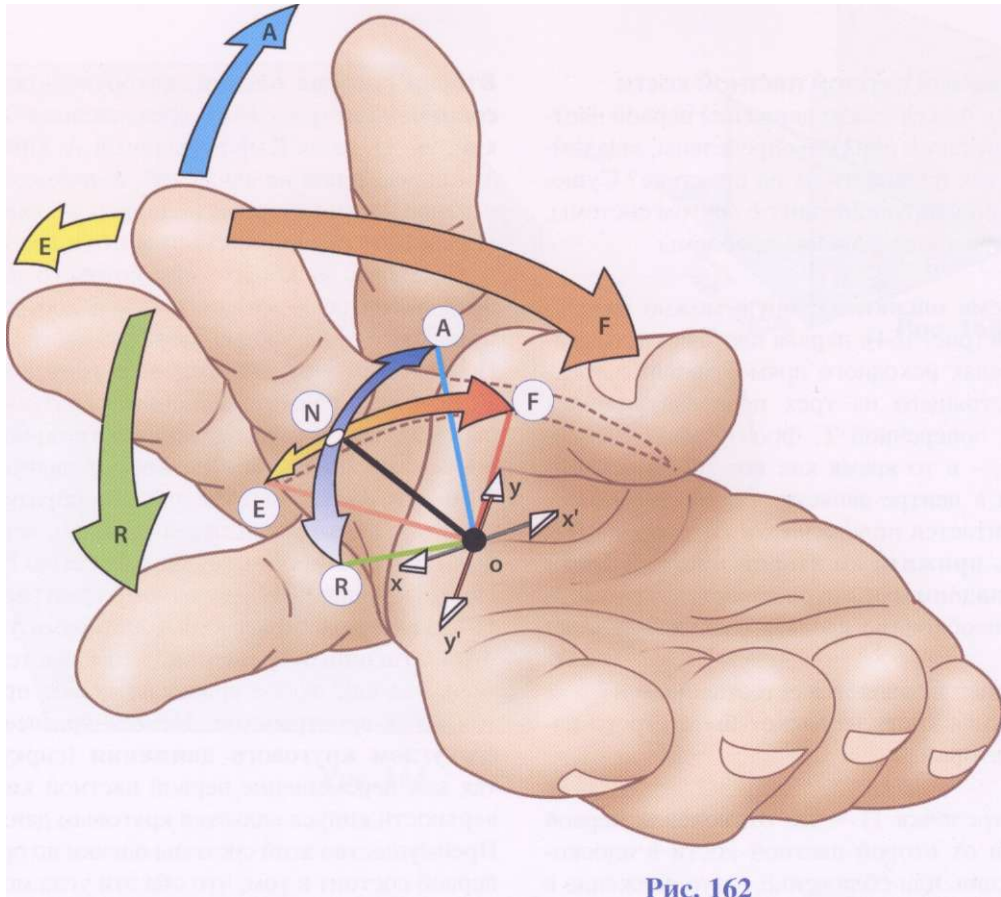


Рис. 162

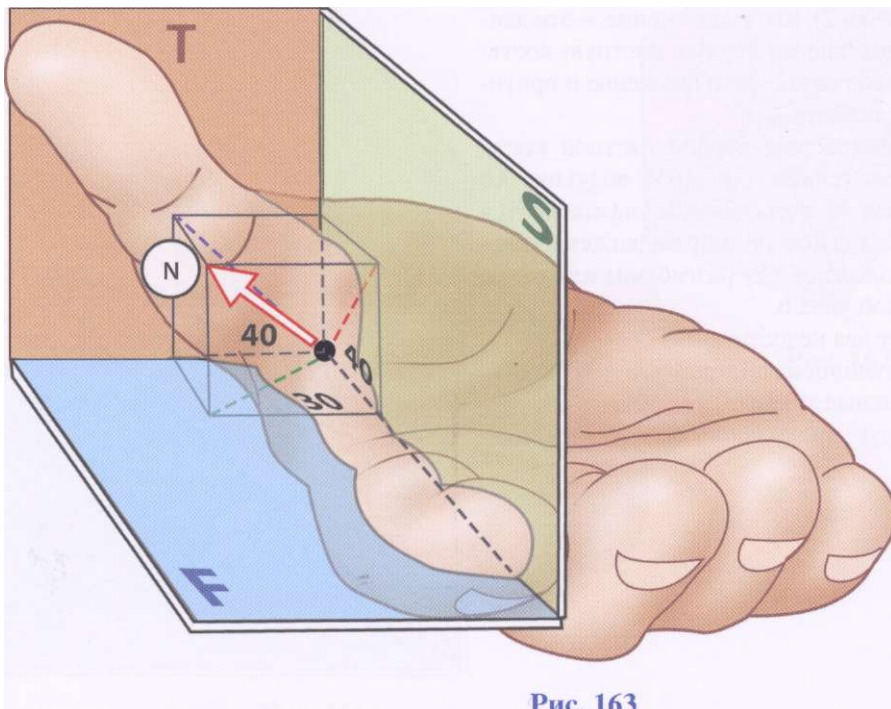


Рис. 163

||||| ^ '

Оценка движений первой пястной кости

После того как фактические движения первой пястной кости были таким образом определены, зададимся вопросом: как оценивать их на практике? Существуют три конкурирующие друг с другом системы, что вовсе не облегчает решение проблемы.

Первая система оценки, которую можно назвать **классической** (рис. 164): первая пястная кость движется в пределах исходного прямоугольного трехгранника, состоящего из трех перпендикулярных плоскостей - поперечной *T*, фронтальной *F* и сагиттальной *S*, - в то время как все три плоскости пересекаются в центре запястно-пястного сустава. Исходным считается положение, в котором первая пястная кость **прижата ко второй пястной кости в плоскости ладони** или, грубо говоря, в плоскости *F*. При этом необходимо сделать следующие замечания:

- это положение не является естественным и
- первая пястная кость не может быть строго параллельна второй.

Абдукция (стрелочка 1) - это отклонение первой пястной кости от второй пястной кости в плоскости *F*; а **аддукция**, или сближение, - это движение в противоположном направлении.

Сгибание (стрелочка 2), или выдвижение, - это движение, посылающее вперед первую пястную кость; а **разгибание**, или оттяжка, - это движение в противоположном направлении.

Таким образом, положение первой пястной кости определяется двумя углами (рис. 165): абдукция **Аб** и противоположная ей аддукция **Add** определяются величиной угла **а**, а сгибание или выдвижение вперед **А** и противоположное ему разгибание или отход назад **В** - величиной угла **Б**.

Эта система имеет два недостатка:

- измеряются проекции на абстрактные плоскости, а не действительные углы;
- вращение вокруг продольной оси не оценивается.

Вторая система оценки, которую можно назвать **современной** (рис. 166), предложенная Ж. Дюпарком, Ж.-И. де ля Каффиньером и А. Пино, служит для определения не движений, а положений первой пястной кости в системе полярных координат.

Положение первой пястной кости определяется ее положением на конусе, **ось** которого совпадает с продольной осью второй пястной кости, а **вершина** находится на уровне запястно-пястного сустава. Половинный угол при вершине конуса (стрелочка 1) является **углом отклонения**, образующимся при перемещении первой пястной кости по поверхности конуса. Ее положение на конусе недвусмысленно определяется углом (стрелочка 2), образуемым плоскостью, проходящей через ось двух первых пястных костей, с фронтальной плоскостью *F*.

По отношению к координатному трехграннику (рис. 167) этот угол **в** был назван авторами **углом пространственного вращения**, что является тавтологией, так как любое вращение может происходить только в пространстве. Целесообразнее называть его **углом кругового движения** (сиркумдукции), так как перемещение первой пястной кости по поверхности конуса является круговым движением.

Преимущество этой системы оценки по сравнению с первой состоит в том, что оба эти угла можно легко измерять транспортиром.

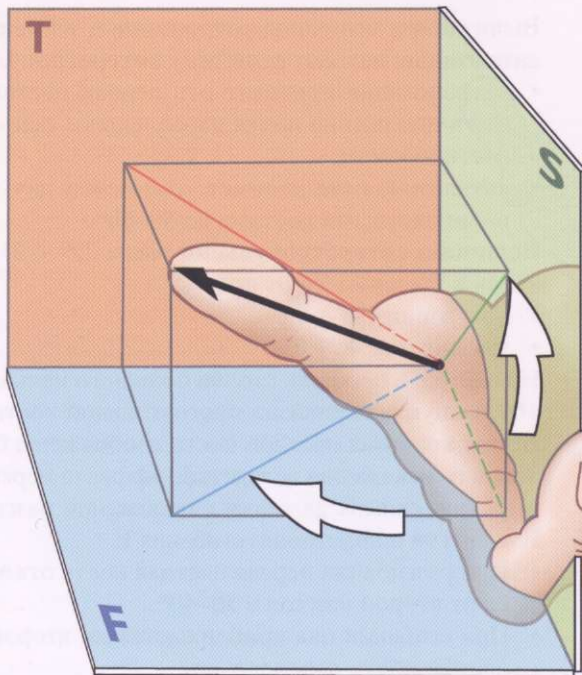


Рис. 164

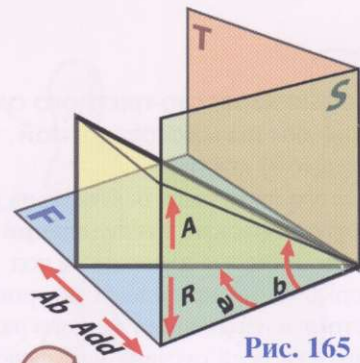


Рис. 165

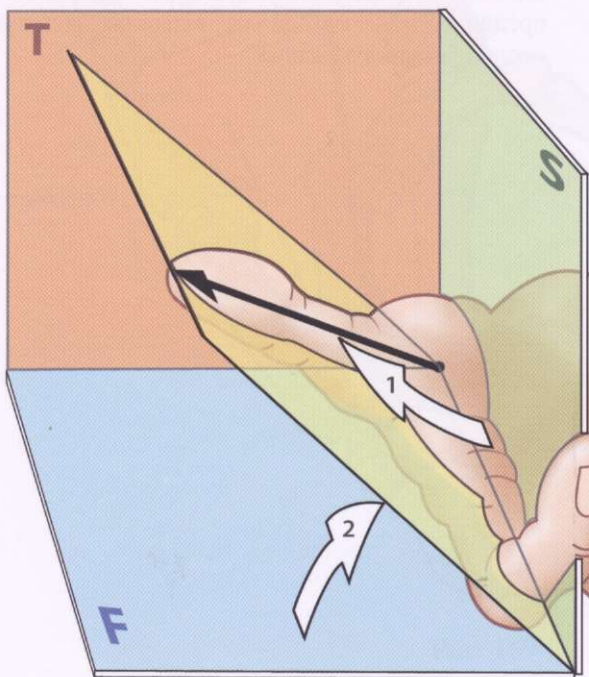


Рис. 166

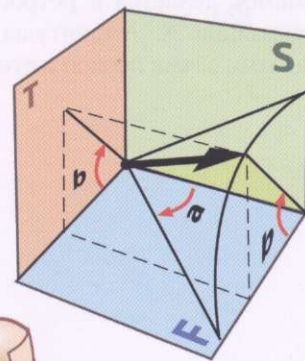


Рис. 167

Рентгенография запястно-пястного сустава и система оценки по многоугольной (трапециевидной) кости

Содержание этого параграфа основано на результатах **рентгенографических исследований** по снимкам, сделанным в фас и в профиль под **особыми углами**, которые были определены автором в 1980 г. Принцип состоит в изменении главного радиуса для учета наклона осей сустава и в представлении суставных поверхностей с их действительными величинами кривизны, без искажений перспективы, как на снимках руки в фас и профиль, сделанных под «классическими» углами. Таким образом можно точно измерять не только амплитуды чистых движений запястно-пястного сустава, но и его морфологические свойства, которым принадлежит важная роль в его физиологии и патологии.

Благодаря рентгеновским снимкам, сделанным под особыми углами в фас и профиль, мы можем предложить **третью систему оценки амплитуд** этого сустава: **систему отсчета от многоугольной кости**.

На снимке в фас столба большого пальца (рис. 168) вогнутая кривизна многоугольной кости и выпуклая кривизна первой пястной кости показаны точно в профиль, без малейшего эффекта перспективы. Один снимок делается в ретропозиции **R**, а другой, в антепозиции **A**. Амплитуды измеряются между продольными осями первой и второй пястных костей.

Вычитанием величины ретропозиции из величины антепозиции находят **величину антеретропульсии**:

- ретропозиция приводит ось первой пястной кости в положение почти параллельное оси второй пястной кости;
- антепозиция увеличивает угол между двумя первыми пястными костями до $50-60^\circ$.

Величина антеретропульсии равна $22^\circ + 9^\circ$ и различается в зависимости от пола:

- у мужчин: $19^\circ \pm 8^\circ$;
- у женщин: $24^\circ \pm 9^\circ$.

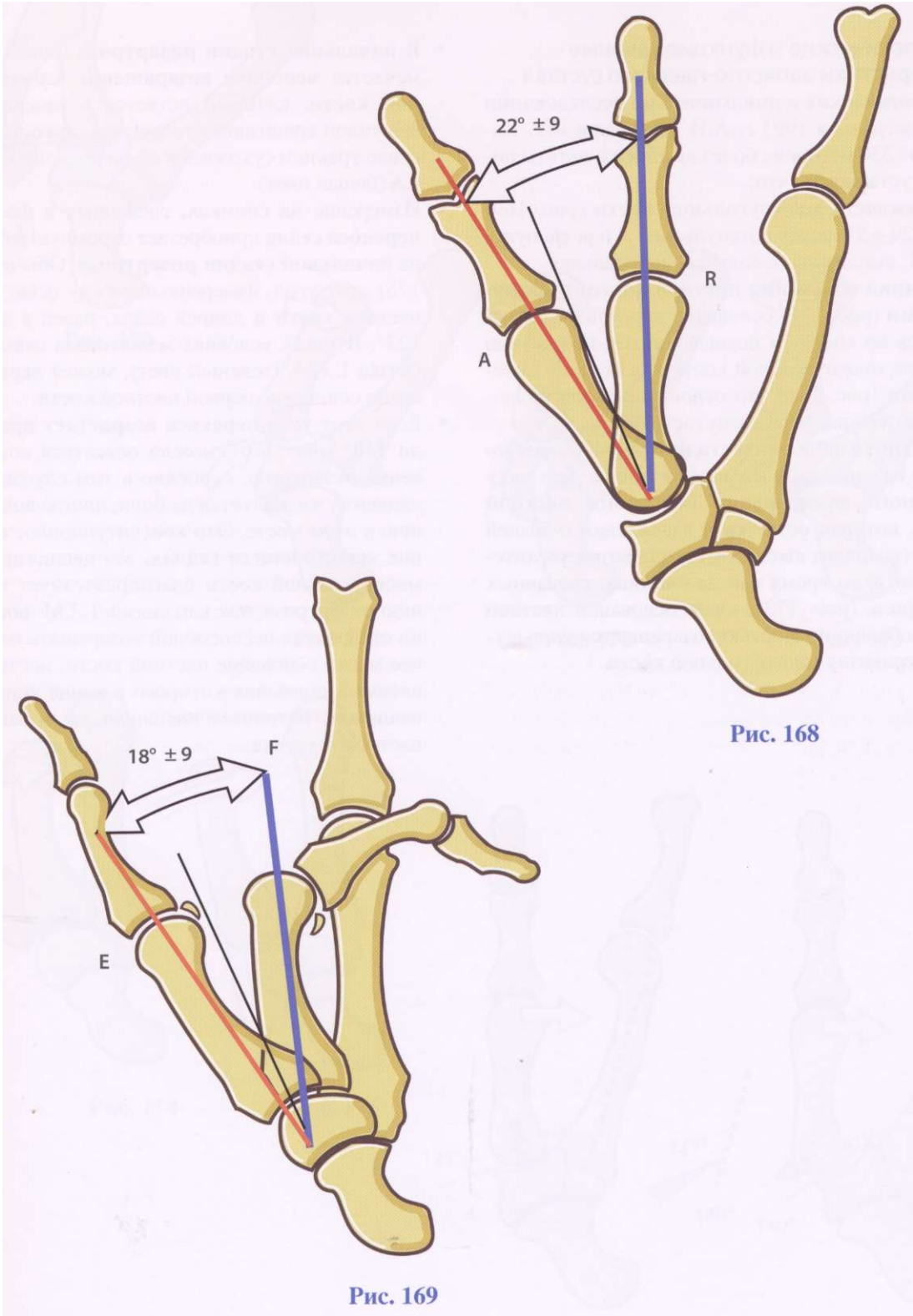
На снимке в профиль столба большого пальца (рис. 169) выпуклая кривизна многоугольной кости и вогнутая кривизна пястной кости изображены без малейшего искажения вследствие эффекта перспективы. Один снимок делается в положении разгибания **E**, а другой в положении сгибания **F**.

- При разгибании первая пястная кость отклоняется от второй на угол в $30-40^\circ$.
- При сгибании она приближается ко второй и делает ее почти параллельной.

Угол сгибания/разгибания равен $17^\circ \pm 9^\circ$ и различается в зависимости от пола:

- у мужчин: $16^\circ \pm 8^\circ$;
- у женщин: $18^\circ \pm 9^\circ$.

В конечном счете амплитуда движений в запястно-пястном суставе меньше, чем это можно было бы предположить, исходя из высокой подвижности столба большого пальца.



Морфологические и функциональные характеристики запястно-пястного сустава

Морфологические и динамические исследования были проведены в 1993 г. А.И. Капанджи и Т. Капанджи на 330 историях болезни. Их результаты позволяют установить, что:

- **Подвижность многоугольной кости** (рис. 169) равна $29 + 2^\circ$ между антепульсией А и ретропульсией **Р**: амплитуда небольшая, но реальная.
- **Динамика основания пястной кости: в ретропозиции** (рис. 171) основание пястной кости находится во внешнем подвывихнутом положении на седле многоугольной кости, тогда как в **антепозиции** (рис. 171) это основание снова полностью возвращается в вогнутость седла.
- **Ризартроз в начальной стадии** (рис. 172) наблюдается на снимках, сделанных в фас, по признаку **неполного возвращения основания пястной кости**, которая остается в зацеплении с задней лукой (внешним выступом) седла во время антепульсии, в то время как на снимках, сделанных в профиль (рис. 173), клюв основания пястной кости обычно полностью возвращается на выпуклую кривизну многоугольной кости.
- **В начальной стадии ризартроза** (рис. 174) отмечается **неполное возвращение клюва пястной кости**, который остается в зацеплении с выпуклой кривизной многоугольной кости вследствие тракции сухожилия *abductor pollicis longus* LA (белый цвет).
- Измерение на снимках, сделанных в фас, **угла перекоса седла** приобретает огромную важность на **начальной стадии ризартроза**. Обычно (рис. 175) этот угол, измеренный между осью второй пястной кости и линией седла, равен в среднем 127° . В таких условиях межпястная связка, или связка L.I.M. (зеленый цвет), может вернуть на седло основание первой пястной кости.
- Если этот **угол перекоса возрастает примерно до 140°** (рис. 176), можно опасаться возникновения ризартроза, особенно в том случае, когда пациент уже жалуется на боли, иногда возникающие в этом месте. Это конституционное состояние **«сползающего седла»**, эта дисплазия седла многоугольной кости благоприятствует появлению ризартроза, так как связка L.I.M. постепенно становится неспособной возвращать на прежнее место основание пястной кости, постоянный внешний подвывих которого в конце концов изнашивает, истончает внешнюю *цель* запястно-пястного сустава.

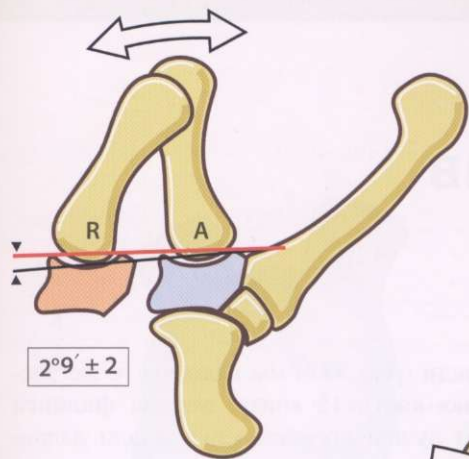


Рис. 170

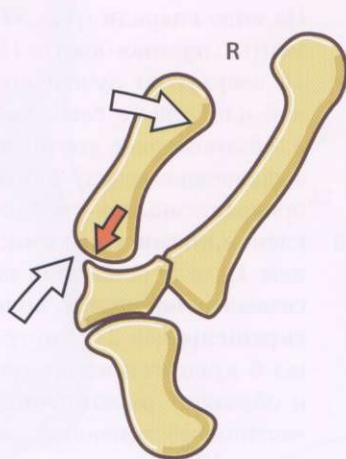


Рис. 171

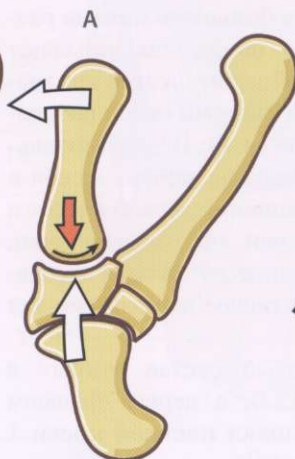


Рис. 172

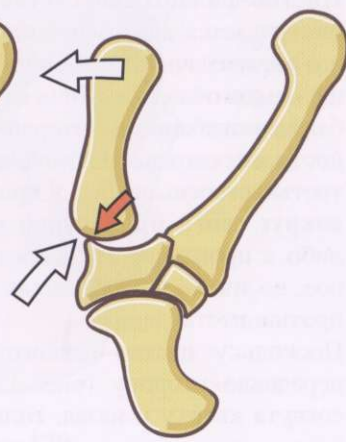


Рис. 173

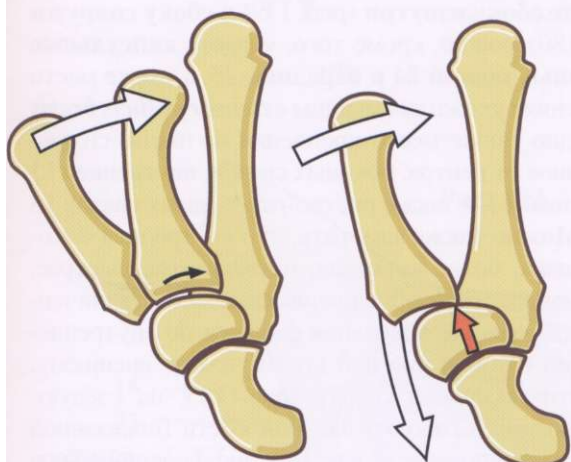


Рис. 174

Рис. 175

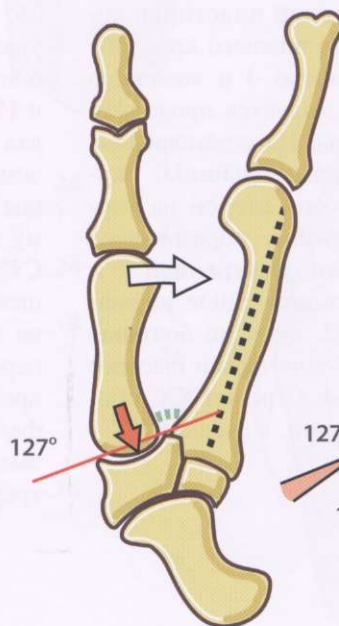


Рис. 176

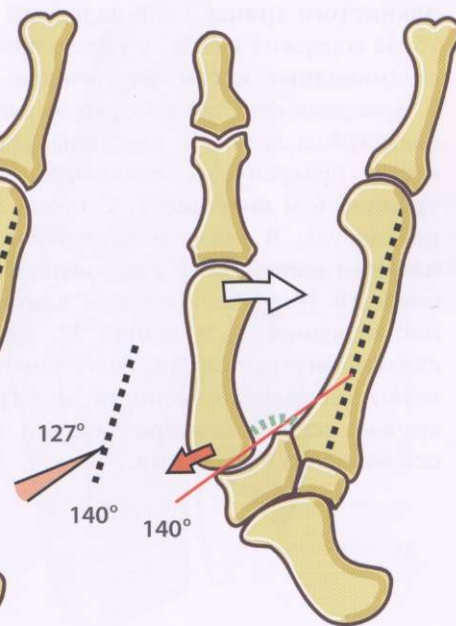


Рис. 177

Пястно-фаланговый сустав большого пальца

Пястно-фаланговый сустав большого пальца рассматривается анатомами как **овоид** (так называют его англоязычные авторы). Поэтому, как и все мышелки, он обладает **двумя степенями свободы**: сгибание/разгибание и латерализация. В действительности его сложная биомеханика включает в себя и третью степень свободы: **вращение** первой фаланги **вокруг своей продольной оси** либо в супинации, либо в пронации; это движение не только пассивное, но также и особенно активное необходимо для противопоставления.

Поскольку пястно-фаланговый сустав открыт в переднюю сторону (рис. 177), а первая фаланга согнута кверху и назад, **головка пястной кости 1** оказывается двояковыпуклой, более длинной, чем широкой, имеющей продолжение вперед в виде двух асимметричных заплечиков, причем внутренний заплечик **а** длиннее внешнего заплечика **б**.

Основание первой фаланги образовано двояковогнутой хрящевой поверхностью **2**, а его передний край служит местом закрепления **гленоидного волокнистого хряща 3** или **ладонной пластины**, которая содержит в себе, у своего нижнего края, **обе сезамовидные кости**, внутреннюю **4** и внешнюю **5**, хрящевая фасетка которых является продолжением хряща ладонной пластины. На сезамовидных костях прикреплены сезамовидные **мышцы**, **внутренние 6** и **внешние 7**. С обеих сторон на торце капсулы **8** имеется утолщение, образованное **пястно-гленоидными связками: внутренней 9** и **внешней 10**. Имеются также **капсульные карманы: передний 11** и **задний 12**, а также **боковые связки: внутренняя 13**, более короткая и быстрее натягивающаяся, и **внешняя 14**. Стрелки XX' обозначают ось **сгибания/разгибания**, а стрелки YY' - ось **бокового положения**.

На **виде спереди** (рис. 178) мы находим те же элементы: **пястная кость 15** внизу, **первая фаланга 16** вверху, но лучше представлены детали ладонной пластины с гленоидным волокнистым хрящом **3**, сезамовидные кости: внутренняя **4** и внешняя **5**, соединенные между собой **межкостной связкой 17**, прикрепленные к головке пястной кости **пястно-гленоидными связками: внутренней 18** и **внешней 19**, а у основания первой фаланги, **фаланго-сезамомышечными волокнами: прямыми 20** и **скрещенными 21**. Внутренние сезамовидные мышцы **6** крепятся на внутренней сезамовидной кости и образуют расширение **22** у основания фаланги, частично заслоняющее собой внутреннюю боковую связку **13**. Фаланговое расширение **23** внешних сезамовидных мышц **7** было удалено, чтобы была видна боковая внешняя связка **14**.

На **виде сбоку изнутри** (рис. 179) и **сбоку снаружи** (рис. 180) можно, кроме того, увидеть **капсульные карманы: задний 24** и **передний 25**, а также место крепления сухожилия мышцы *extensor pollicis brevis* **26**; видно также место крепления на пясти, сильно удаленное от центра, боковых связок: внутренней **13** и внешней **14**, а также пястно-гленоидных связок **18** и **19**. Можно также заметить, что внутренняя боковая связка, более короткая, натягивается быстрее, чем внешняя, что обуславливает более ограниченное перемещение основания фаланги по внутреннему краю головки пястной кости, чем по внешнему. Схематический вид сверху (рис. 185, на следующей странице) головки пястной кости (показанной на просвет) поясняет, как это дифференциальное перемещение - SI вовнутрь, SE вовне - порождает продольное вращение по типу пронации основания фаланг, особенно в том случае, когда внешние сезамовидные мышцы **7** сжимаются сильнее, чем внутренние **7**.

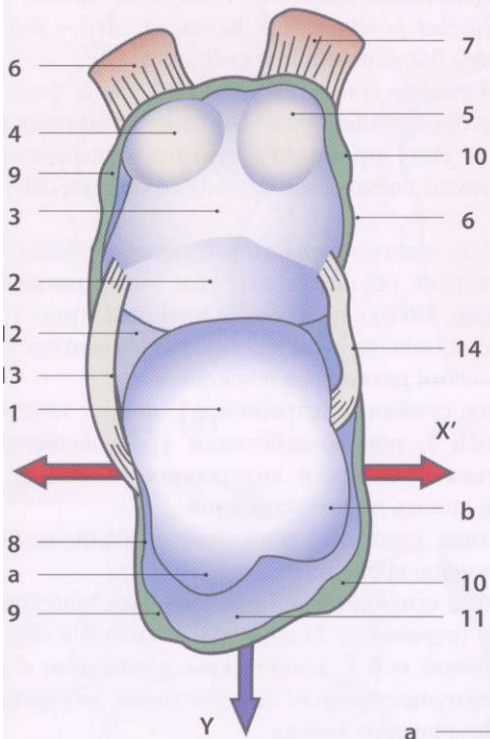


Рис. 178

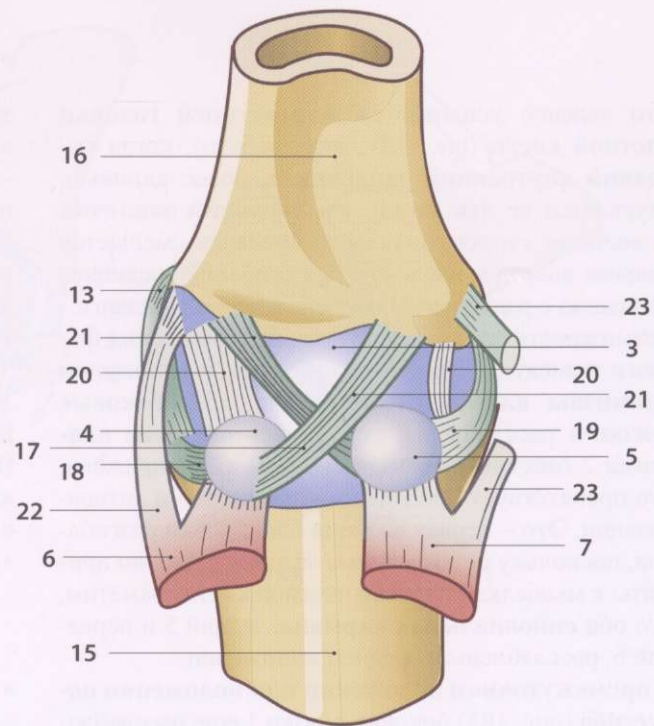


Рис. 179

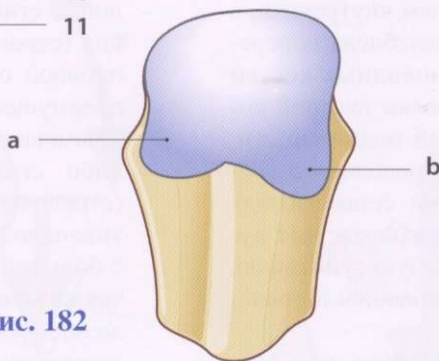


Рис. 182

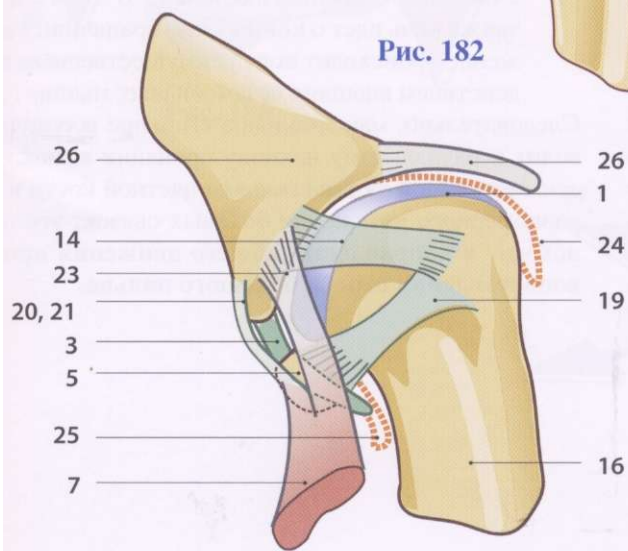


Рис. 181

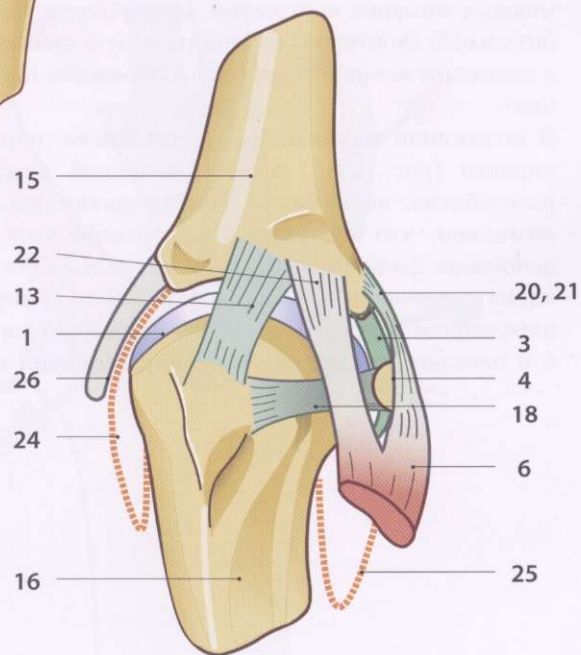


Рис. 180

Это явление усиливается **асимметрией головки пястной кости** (рис. 181: вид спереди), когда **передний внутренний заплечик а**, более длинный, опускается не так низко, как **внешний заплечик б**: внешняя сторона основания фаланги смещается сильнее вперед и вниз, что при сгибании соединяет пронацию с радиальным наклоном первой фаланги. Возможности наклона и продольного вращения фаланги зависят от степени ее сгибания. В положении **прямызны или разгибания** (рис. 182) **боковые связки 1** расслаблены, но система **ладонная пластина 2 /пястно-гленоидные связки 3** напряжена, что препятствует продольному вращению и латерализации. Это - первая позиция блокировки разгибания, поскольку сезамовидные мышцы **4** плотно прижаты к мышечкам головки пястной кости. Заметим, что **оба синовиальных кармана**, задний **5** и передний **6**, расслаблены в среднем положении.

В **промежуточном положении или положении полусгиба** (рис. 183) боковые связки **1** еще расслаблены, внешняя в большей степени, чем внутренняя, а система ладонной пластины **2** расслаблена попеременным движением (*bascule*) **сезамовидных костей**

4 под передними заплечиками головки пястной кости. Это положение **максимальной подвижности**, когда движения латерализации и продольного вращения возможны под воздействием сезамовидных мышц: сжатие внутренних мышц определяет кубитальный (локтевой) наклон и слабую супинацию, а сжатие внешних - радиальный наклон и пронацию.

В положении **максимального сгибания**, или блокировки (рис. 184), система ладонной пластины расслаблена, но **боковые связки натянуты максимально**, что вызывает попеременное смещение основания фаланги в направлении радиального наклона и пронации. Сустав полностью заблокирован натяжением боковых связок и дорсального кармана **5** в однозначном положении **максимальной оппо-**

зиции под превалирующим и почти исключительном воздействием **внешних тенарных мышц**. Это — *close-packet position* Мак Конэлла. Это - второе положение блокировки при сгибании.

На **виде сверху** (рис. 185), где основание фаланги показано прозрачным, виден **эффект вращения фаланги по типу пронации** под преимущественным воздействием внешних сезамовидных мышц (SE).

В общем, пястно-фаланговый сустав большого пальца может осуществлять **три типа движений** (Капанджи, 1980) с положения прямызны (рис. 186), как это показано на этом виде сзади головки пястной кости с осями различных движений:

- **Чистое сгибание** (стрелочка 1) вокруг поперечной оси f_1 под воздействием уравновешенного действия внешних и внутренних сезамовидных мышц вплоть до полусгибания.
- Два типа сложных движений сгибание/наклон/продольное вращение:
 - либо сгибание/кубитальный наклон/супинация (стрелочка 2) вокруг наклонной и эволюционной оси f_2 коническим вращением и под преимущественным воздействием внутренних сезамовидных мышц;
 - либо сгибание/радиальный наклон/пронация (стрелочка 3) вокруг оси, наклоненной в противоположную сторону, тоже эволюционной, с большей степенью наклона f_3 . В этом случае также речь идет о коническом вращении, а движение происходит под преимущественным воздействием внешних сезамовидных мышц.

Следовательно, максимальное сгибание всегда приводит к радиальному наклону-пронации вследствие асимметричной формы головки пястной кости и неравномерного натяжения боковых связок; это происходит **в направлении общего движения противопоставления столба большого пальца**.

Движения в пястно-фаланговом суставе большого пальца

Исходным положением пястно-фалангового сустава большого пальца является прямолинейность (рис. 187): ось первой фаланги продолжается по оси первой пястной кости. Чтобы оценить элементарные движения суставов пальцев, можно приклеить построенный из спичек **координатный прямоугольный трехгранник** на каждый сегмент сустава.

С этого положения у **нормального** человека **угол разгибания нулевой**, независимо от того, является ли он **активным или пассивным**.

Угол активного сгибания (рис. 188) равен $60-70^\circ$, а пассивного может достигать 80° и даже 90° . Именно во время этого движения можно оценить элементарные компоненты с помощью трехгранников.

На **виде сзади в прямолинейном положении** (рис. 189) трехгранники приклеиваются таким образом, чтобы спички были параллельны друг другу или находились в продолжении друг друга. Благодаря этому можно особенно легко выявить компоненты вращения и наклона.

В положении полусгиба возможно **сознательно сжимать** либо внутренние, либо внешние сезамовидных мышцы.

Сжатие внутренних сезамовидных мышц может оцениваться на дистальном виде (рис. 190), когда большой палец находится в небольшой антепозиции, и на проксимальном виде (рис. 191), когда большой палец находится в ретропозиции в плоскости ладони. Благодаря спичкам мы видим, что сжатие внешних сезамовидных мышц приводит к кубитальному наклону на несколько градусов при супинации на $5-1^\circ$.

Сжатие внешних сезамовидных мышц: и в этом случае, как в дистальной (рис. 192), так и в проксимальной проекции (рис. 193), отмечают, что сжатие внешних сезамовидных мышц определяет радиальный наклон, хорошо видный в проксимальной проекции, гораздо более сильный, чем предыдущий кубитальный наклон, и пронацию на 20° .

Далее мы убедимся в важном значении этого движения сгибание/радиальный наклон/пронация для противопоставления большого пальца.

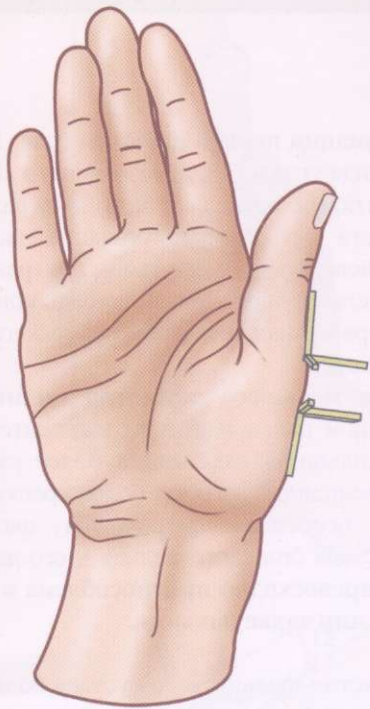


Рис. 188

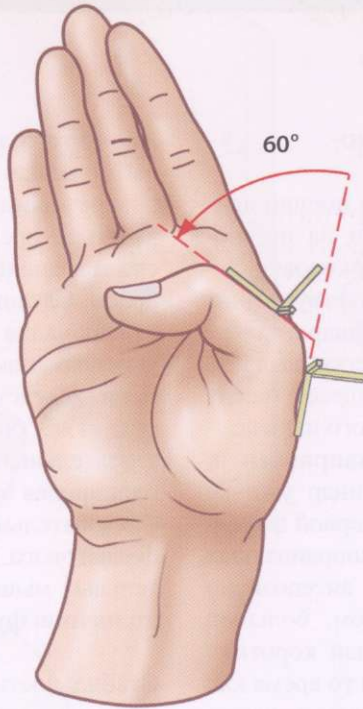


Рис. 189

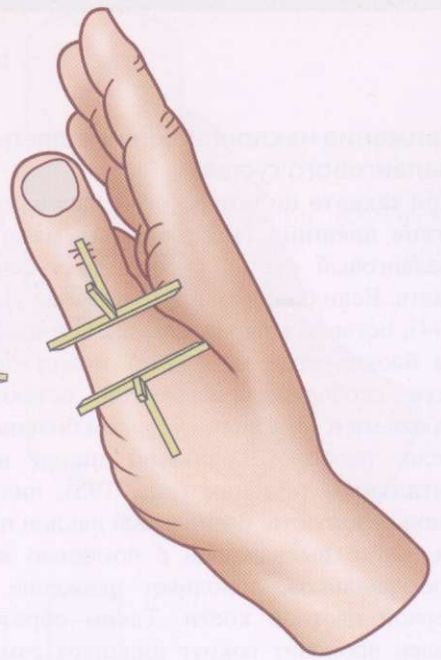


Рис. 190

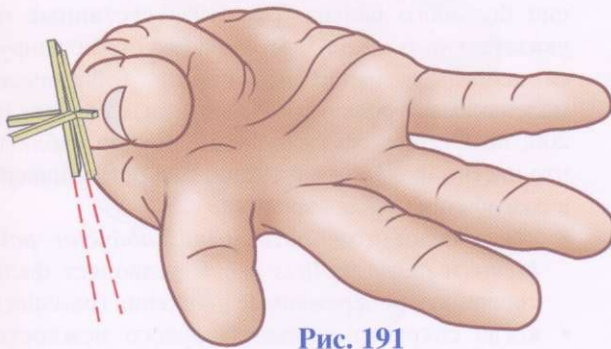


Рис. 191

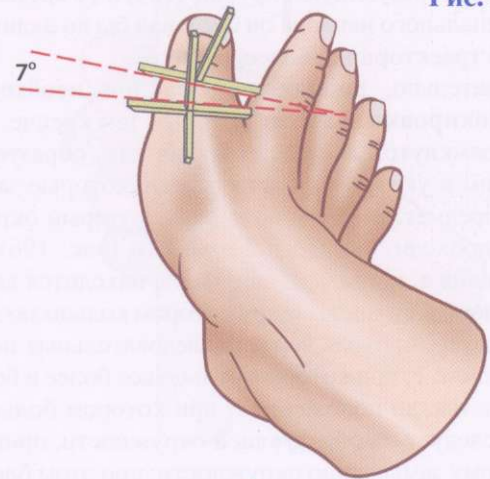


Рис. 192

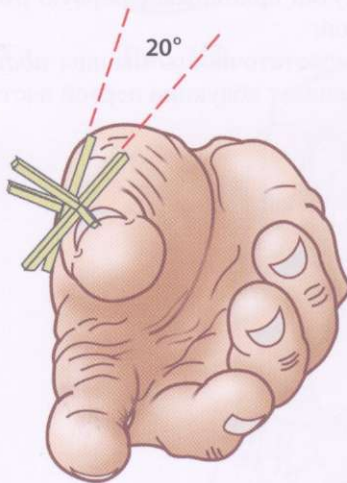


Рис. 193



Рис. 194

Движения наклон/вращение пястно-фалангового сустава

При захвате цилиндра всей ладонью именно действие внешних сезамовидных мышц на пястно-фаланговый сустав обеспечивает блокировку захвата. Если большой палец в нем не участвует (рис. 194), оставаясь параллельным оси цилиндра, захват не блокируется, и предмет может легко выпасть через свободное пространство, остающееся между пальцами и тенарным бугорком большого пальца.

Если, наоборот, **большой палец направлен к остальным пальцам** (рис. 195), цилиндр уже не сможет выпасть: радиальный наклон первой фаланги, четко выявляемый с помощью координатных трехгранников, дополняет движение антепозиции первой пястной кости. Таким образом, большой палец проходит вокруг цилиндра самый короткий путь, т.е. образующую окружность f , в то время как без радиального наклона он следовал бы по эллиптической траектории d , более длинной.

Следовательно, **радиальный наклон необходим для блокировки захвата**, который тем крепче, чем более замкнутой является окружность, образуемая большим и указательным пальцами, которые зажимают предмет, и чем короче путь, который окружность проходит по его поверхности (рис. 196): от положения **a**, когда большой палец находится вдоль образующей цилиндра и при котором кольцо захвата разомкнуто, проходя через последовательные положения **b-c-d-e**, при которых кольцо все более и более замыкается, до положения f , при котором большой палец следует по образующей окружности, приводя к полному замыканию окружности; при этом блокировка захвата становится все крепче и крепче.

Кроме того, **пронация первой фаланги** (рис. 197), наблюдаемая в виде угла в 12° , образованного двумя поперечными метками, позволяет большому пальцу касаться предмета максимально большей частью своей ладонной поверхности, а не своим внутренним краем. Следовательно, увеличивая площадь контакта, пронация первой фаланги является фактором, укрепляющим захват.

Если вследствие **меньшего диаметра цилиндра** (рис. 198) большой палец частично наложится на указательный, кольцо захвата станет более узким, блокировка более полной, а захват более крепким. Следовательно, особая физиология пястно-фалангового сустава большого пальца и его двигательных мышц **превосходно приспособлена к выполнению функции захватывания**.

Стабильность пястно-фалангового сустава большого пальца зависит от факторов не только суставных, но еще и **мышечных**. Обычно в движении оппозиции большого пальца (рис. 199) **суставные цепи** указательного и большого пальцев стабилизируются действием мышц-антагонистов (обозначенных маленькими стрелками). В некоторых случаях (рис. 200, по Стерлингу - Бюннелю) можно наблюдать, что пястно-фаланговый сустав совершает инверсию в разгибании (белая стрелка):

- когда недостаточность мышц *abductor pollicis brevis* и *flexor pollicis brevis* позволяет фаланге совершать попеременные движения (*basculer*);
- когда сокращение мышц первого межкостного промежутка приближает первую пястную кость ко второй;
- когда недостаточность мышцы *abductor pollicis longus* мешает абдукции первой пястной кости.

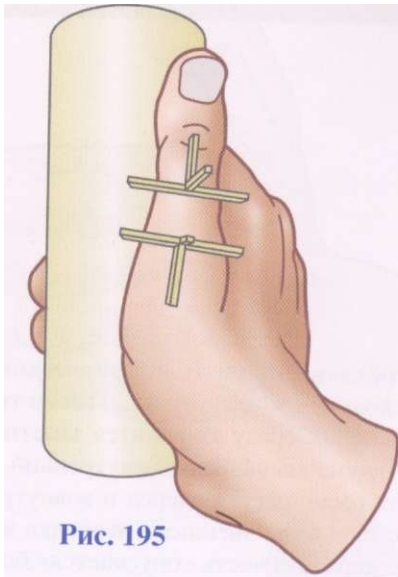


Рис. 195

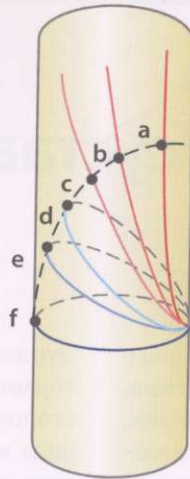


Рис. 197

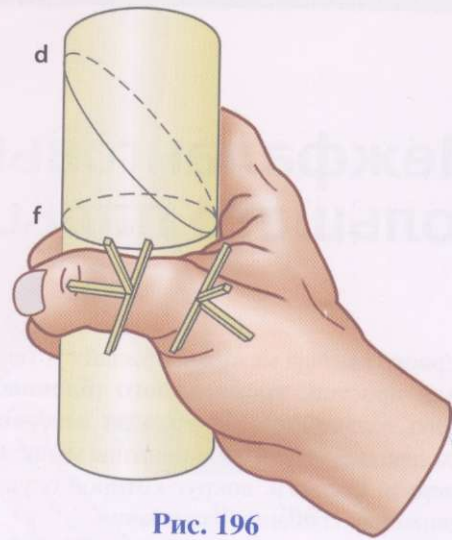


Рис. 196

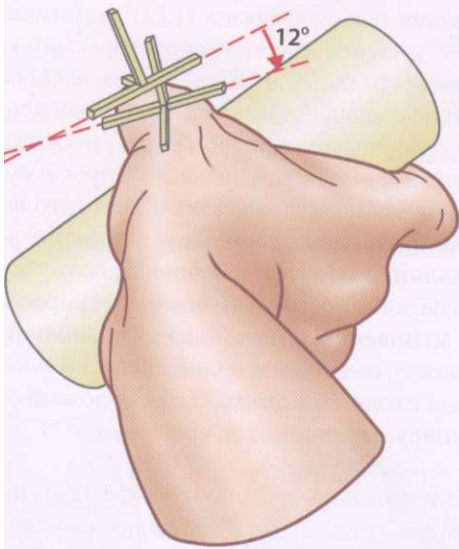


Рис. 198

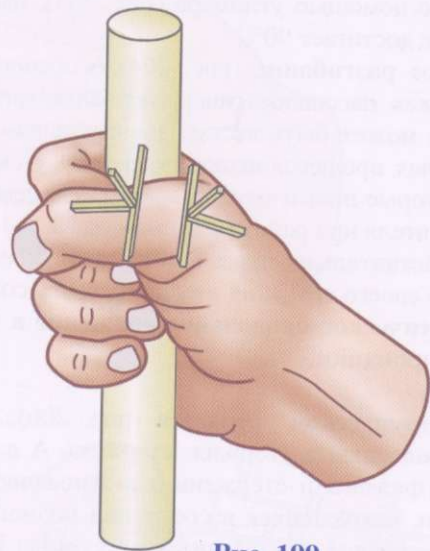


Рис. 199

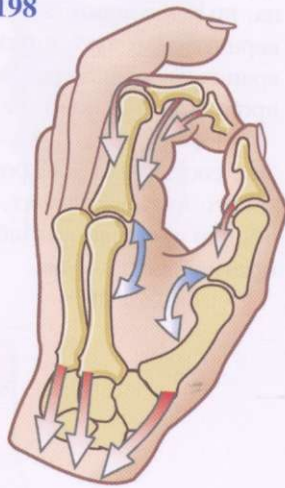


Рис. 200

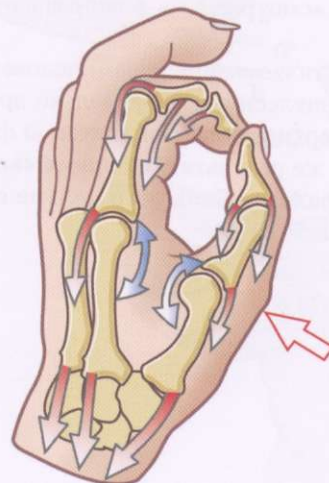


Рис. 201

Межфаланговый сустав большого пальца

С первого взгляда межфаланговый сустав большого пальца простой, **троклеарного (блокового) типа**. У него только одна поперечная неподвижная ось, проходящая через центр кривизны мыщелков головки первой фаланги, вокруг которой осуществляются движения сгибания/разгибания.

Активное **сгибание** (рис. 202) на $75-80^\circ$ можно измерить с помощью угломера (рис. 203), пассивное сгибание достигает 90° .

Активное **разгибание** (рис. 204) особенно значительно как пассивное гиперразгибание (рис. 205), которое может быть весьма значительным (30°) у некоторых профессионалов, например у скульпторов, которые пользуются большим пальцем в качестве шпателя при работе с глиной.

Но в действительности все немного сложнее, так как по мере своего сгибания вторая фаланга совершает **автоматическое продольное вращение в направлении пронации**.

На анатомическом препарате (рис. 206), воткнув два параллельные стержня: стержень А в головку первой фаланги и стержень В в основание второй фаланги, находящихся в состоянии полного разгибания, сгибание межфалангового сустава **В** приводит к образованию угла в $5-10^\circ$, открытого с внутренней стороны, т.е. «смотрящего» в направлении пронации.

Этот же опыт, осуществляемый на живом человеке с помощью спичек, приклеенных параллельно друг другу на тыльные поверхности первой и второй фаланг **P1** и **P2**, дает тот же результат: **во время своего сгибания вторая фаланга большого пальца совершает пронацию на $5-10^\circ$** .

Этот явление объясняется чисто анатомическими факторами. Поскольку сустав открыт со своей тыльной стороны (рис. 207), сразу становится заметной разница между двумя мыщелками: внутренний выступает сильнее, расширяется вперед и вовнутрь (рис. 208). Радиус кривизны внешнего мыщелка меньше, а потому его передняя часть «опускается» более отвесно на ладонную поверхность. Вследствие этого внутренняя боковая связка (LLI), натягивающаяся быстрее внешней при сгибании, тормозит внутреннюю часть фаланги, в то время как внешняя часть основания фаланги продолжает свое движение.

Иначе говоря (рис. 209), путь AA', проходимый по внутреннему мыщелку, немного короче пути ВВ, проходимому по внешнему мыщелку, что вызывает **комбинированное продольное вращение дистальной фаланги**. Поэтому можно сказать, что существует не ось сгибание/разгибание, а скорее совокупность **мгновенных (instantanes) и эволюционных осей** между начальным положением **i** и конечным **f**, которые сходятся в точке **O**, расположенной вовне, и индуцируют коническое вращение.

Чтобы изготовить модель этого сустава, например, из картона (рис. 210), достаточно наметить складку сгиба не перпендикулярно продольной оси пальца, но с наклоном в $5-10^\circ$: дистальная фаланга совершит свой путь в разгибании в виде конического вращения, предполагающего изменение ориентации пропорционально степени сгибания.

Эта составляющая пронации на уровне межфалангового сустава входит, как мы это увидим ниже, в общую пронацию столба большого пальца в момент противопоставления.

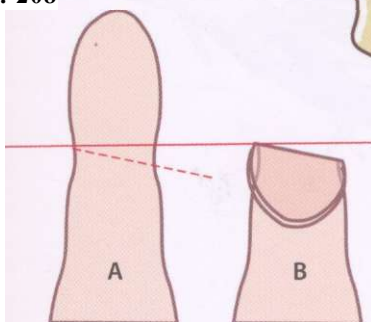
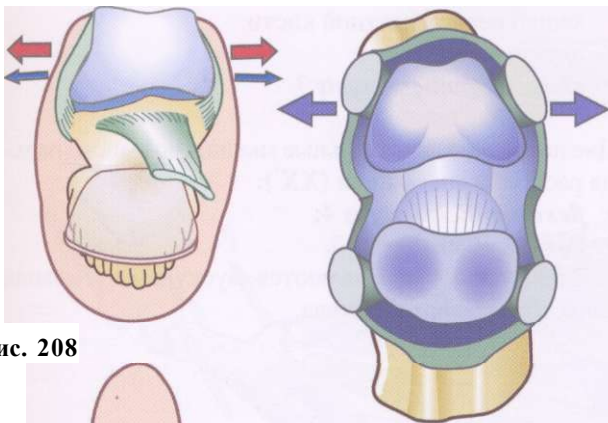
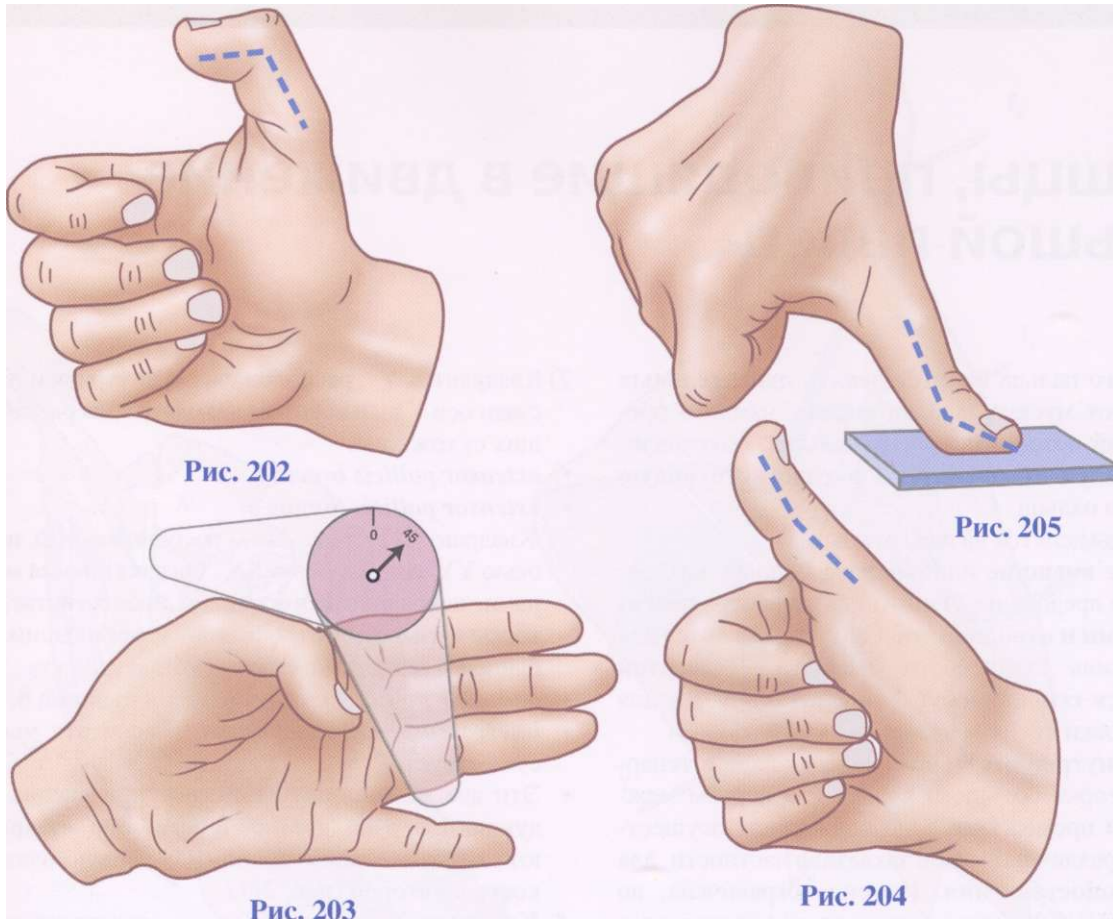


Рис. 200

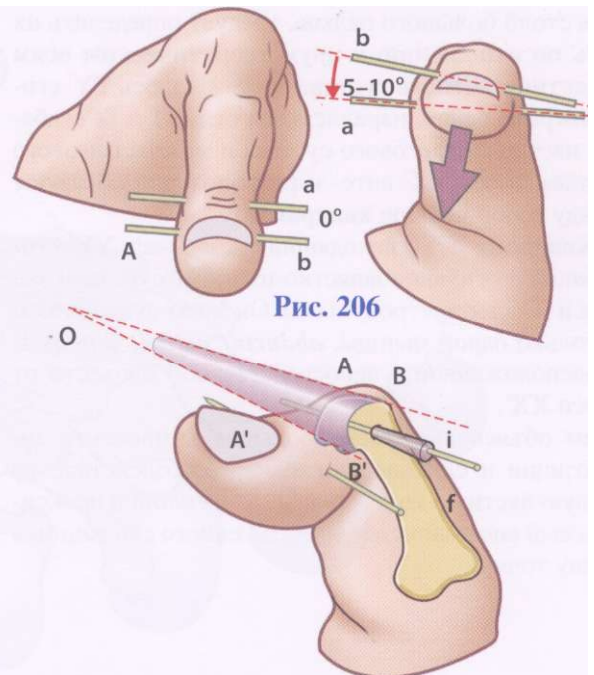


Рис. 201

Мышцы, приводящие в движение большой палец

У большого пальца имеется **девять двигательных мышц**: этот мускульный потенциал, намного превосходящий потенциал других пальцев, обуславливает **большую подвижность и главенствующую роль** этого пальца.

Эти мышцы делятся на две группы:

- 1) **Четыре внешние** или длинные мышцы, находящиеся в предплечье. **Три** из них являются **разгибателями и отводящими**. Они используются для отпускания схваченного предмета. **Четвертая является сгибающей**. Ее сила используется для блокировки крепких захватов.
- 2) **Пять внутренних мышц**, находящихся в тенарном бугорке большого пальца и в первом межкостном промежутке. Они служат для осуществления различных видов захвата, в частности, для **противопоставления**. Их сила ограничена, но они скорее являются **двигателями уточнения и координации**.

Чтобы понять действие двигательных мышц на весь столб большого пальца, следует определить их **путь по отношению к двум теоретическим осям запястно-пястного сустава** (рис. 212): ось YY' сгибания/разгибания, параллельная осям $f1$ и $f2$ сгибания пястно-фалангового сустава и межфалангового сустава, и ось XX' анте- и ретропозиции образуют между собой **четыре квадранта**:

- 1) **Квадрант $X'Y'$** , находящийся сзади оси YY' сгибания/разгибания запястно-пястного сустава и вне оси XX' антеретропульсии. Он занят сухожилием только одной мышцы, ***abductor pollicis longus 1***, расположенной в непосредственной близости от оси XX' .

Этим объясняется его небольшая компонента антепозиции и сильное разгибающее воздействие на первую пястную кость (рис. 211: внешний и проксимальный виды запястья, изображенного сходящимся в одну точку).

- 2) **Квадрант $X'Y'$** , расположенный внутри оси XX' и сзади оси YY' , в котором находятся два разгибающих сухожилия:

- ***extensor pollicis brevis 2***;
- ***extensor pollicis longus 3***.

- 3) **Квадрант XY** (рис. 213), расположенный перед осью YY' и перед осью XX' . Он занят двумя мышцами, находящимися в первом пространстве, которые вызывают ретропозицию с небольшим сгибанием в запястно-пястном суставе:

- ***adductor pollicis*** со своими двумя пучками 8;
- ***interosseus palmaris primus 9***, если эта мышца существует.
- Эти две мышцы осуществляют приведение (аддукцию) первой пястной кости: они «закрывают» первую спайку, приближая первую пястную кость ко второй (рис. 211).

- 4) **Квадрант XY'** (рис. 213), расположенный перед осью YY' и вне оси XX' . Он содержит в себе главные мышцы противопоставления, так как они одновременно осуществляют сгибание и антепозицию первой пястной кости:

- ***opponens 6***;
- ***abductor pollicis brevis 7***.

Две последние двигательные мышцы большого пальца расположены **на оси (XX')**:

- ***flexor pollicis longus 4***;
- ***flexor pollicis brevis 5***.

Следовательно, они являются мускулами сгибания запястно-пястного сустава.

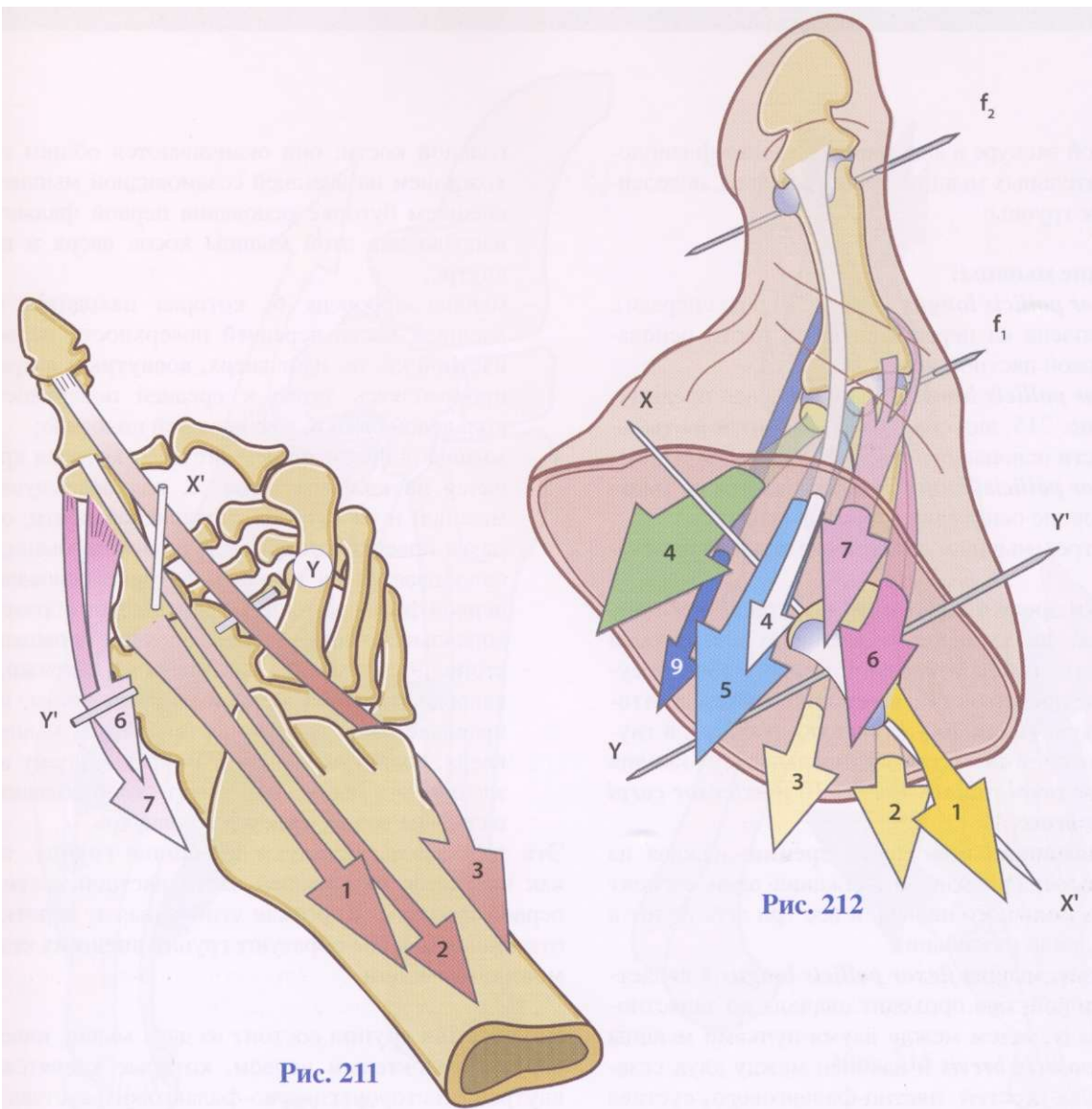


Рис. 211

Рис. 212

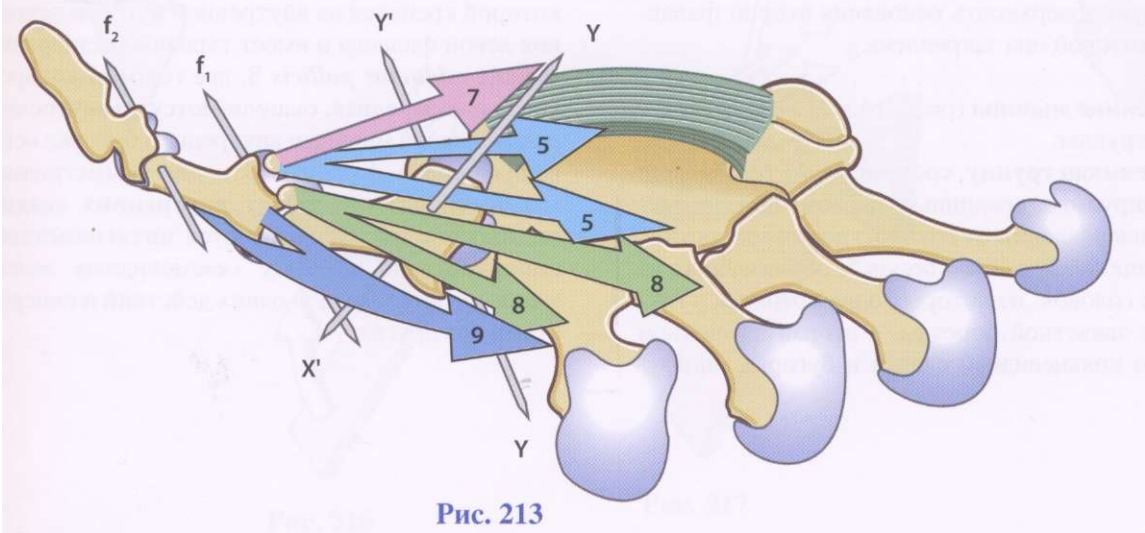


Рис. 213

Небольшой экскурс в анатомию объяснит физиологию двигательных мышц большого пальца, поделенных на две группы:

1) Внешние мышцы:

- *abductor pollicis longus* 1 (рис. 214, вид спереди): прикреплена на передне-внешней части основания первой пястной кости;
- *extensor pollicis brevis* 2, параллельная предыдущей (рис. 215, вид снаружи): находится на тыльной части основания первой фаланги;
- *abductor pollicis longus* 3: оканчивается на тыльной стороне основания второй фаланги.

Об этих трех мышцах следует сделать два замечания:

- С **точки зрения анатомии**: эти три сухожилия, видимые на тыльной и внешней поверхности большого пальца, образуют между собой треугольное пространство с вершиной вниз, **анатомическую табакерку (лучевую ямочку)**, в глубине которой скользят параллельные сухожилия *extensor carpi radialis longus* 10 и *extensor carpi radialis brevis* 11.
- С **функциональной точки зрения**: каждая из этих мышц приводит в движение один сегмент скелета большого пальца, и все три действуют в направлении разгибания.
- Наоборот, мышца *flexor pollicis longus* 4 является ладонной: она проходит сначала по запястному каналу, затем между двумя пучками мышцы *flexor pollicis brevis* и наконец между двух сезамовидных костей пястно-фалангового сустава большого пальца (рис. 214), а потом выходит на ладонную поверхность основания второй фаланги, на которой она закреплена.

2) **Внутренние мышцы** (рис. 214 и 215). Они делятся на две группы:

- **Внутреннюю группу**, состоящую из трех мышц, иннервируемых срединным нервом, перечисляемых в направлении от глубины до поверхности:
 - мышца *flexor pollicis brevis* 5, образованная из двух головок, из которых одна крепится в глубине запястной борозды, а вторая на нижнем краю кольцевидной связки и бугорке многоу-

гольной кости; они оканчиваются общим сухожилием на внешней сезамовидной мышце и внешнем бугорке основания первой фаланги; направление этой мышцы косое вверх и вовнутрь;

- мышца *opponens* 6, которая находится на внешней части передней поверхности первой пястной кости, идет вверх, вовнутрь и вперед, прикрепляясь затем к средней поверхности кольцевой связки, в ее внешней половине;
- мышца *abductor pollicis brevis* 7, которая крепится на кольцевой связке, над предыдущей мышцей и на бугорке ладьевидной кости, образуя поверхностный слой тенарных мышц, и оканчивается на внешнем бугорке основания первой фаланги; тыльное расширение образует дорсальную часть с мышцей *interosseus palmaris primus* 9; эта мышца находится не снаружи, а впереди и глубже первой пястной кости, направляясь, как противопоставляющая мышца, вверх, вовнутрь и вперед. Вопреки своему названию, эта мышца отклоняет столб большого пальца не вовне, а вперед и вовнутрь.

Эти три мышцы образуют **внешнюю группу**, так как находятся на внешней части пястной кости и первой фаланги. Короткая сгибающая и короткая отводящая мышцы образуют группу **внешних сезамовидных мышц**.

Внутренняя группа состоит из двух мышц, иннервируемых локтевым нервом, которые крепятся с внутренней стороны пястно-фалангового сустава:

- мышца *interosseus palmaris primus* 9, сухожилие которой крепится на внутреннем бугорке основания левой фаланги и имеет тыльное расширение;
- мышца *adductor pollicis* 8, две головки которой, косая и поперечная, оканчиваются на внутренней сезамовидной мышце и внутреннем бугорке основания первой фаланги. Эти две симметричные мышцы образуют группу **внутренних сезамовидных мышц**. Они являются **антагонистами-синергистами** внешних сезамовидных мышц, т.е. антагонистами для одних действий и синергистами для других.

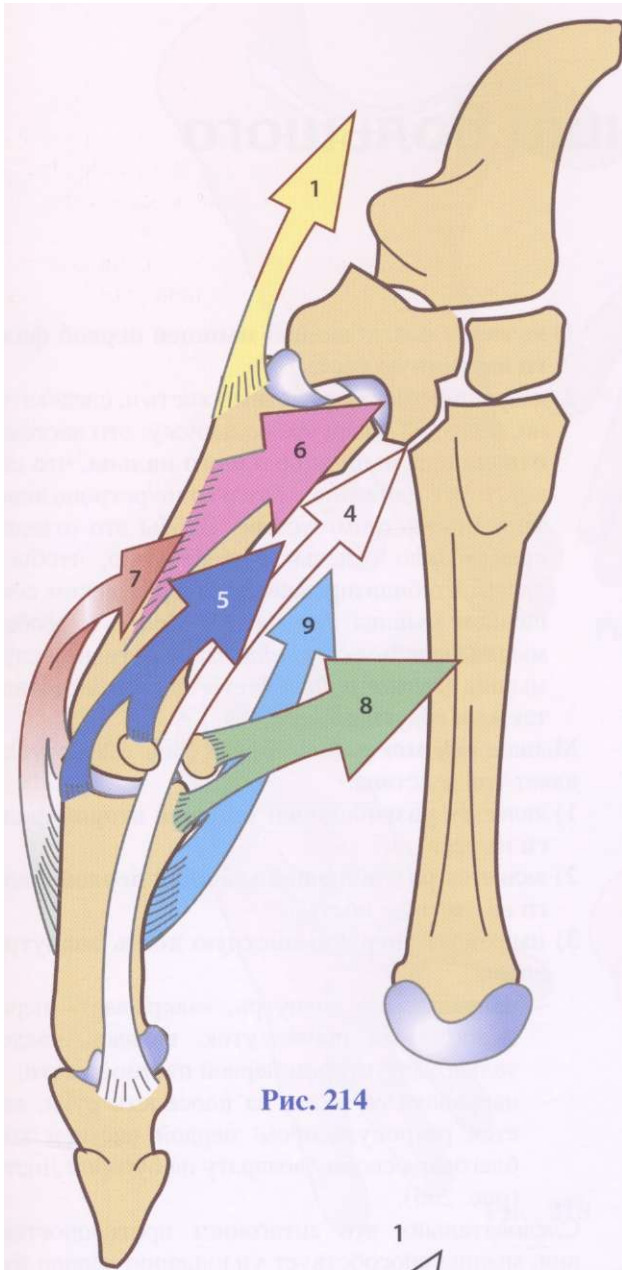


Рис. 214

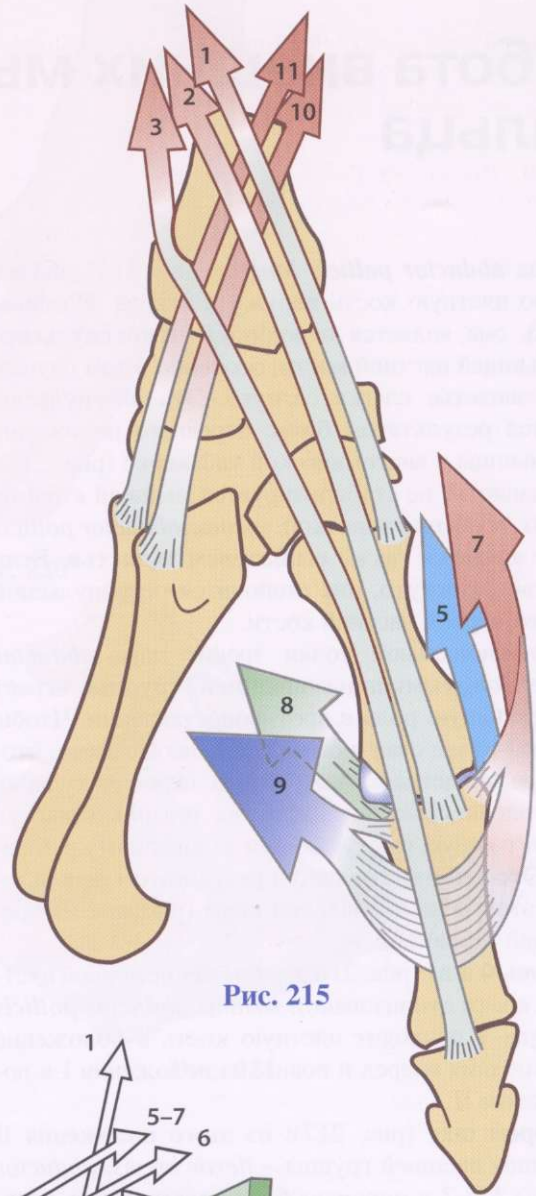


Рис. 215

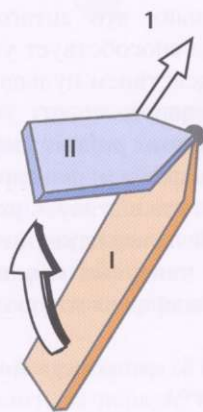


Рис. 216

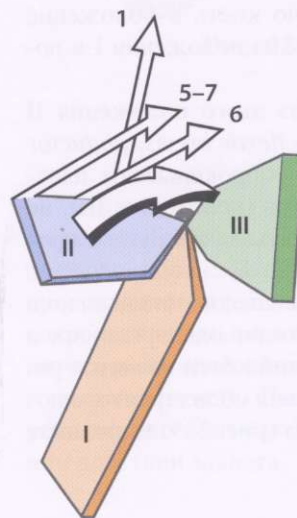


Рис. 217

Работа внешних мышц большого пальца

Мышца *abductor pollicis longus* (рис. 218) двигает первую пястную кость наружу и вперед. Следовательно, она является **отводящей и антепульсорной** мышцей пястной кости, особенно в том случае, когда запястье слегка согнуто. Эта антепульсия¹ является результатом более переднего положения этой мышцы в анатомической табакерке (рис. 215). Если запястье не стабилизируется мышцей *extensor radialis*, особенно короткой, мышца *abductor pollicis longus* является также **сгибателем запястья**. Если запястье разогнуто, она становится ретропульсорной мышцей первой пястной кости.

С функциональной точки зрения пара *abductor pollicis* /он^их/мышцы внешней группы играет определяющую роль в противопоставлении. Чтобы большой палец стал в оппозицию, необходимо, чтобы первая пястная кость встала перпендикулярно перед плоскостью ладони; тогда тенарный выступ образует конус, выступающий за внешний край ладони. Это действие является результатом использования этой функциональной пары (рисунок на предыдущей странице):

- **Первый шаг** (рис. 216, изображение первой пястной кости стилизовано): мышца *abductor pollicis longus* I приводит пястную кость в положение разгибания вперед и вовне, из положения I в положение II.
- **Второй шаг** (рис. 217): из этого положения II мышцы внешней группы - *flexor brevis*, *abductor brevis* 5 и 7 и *opponens* 6 - опрокидывают пястную кость вперед и вовнутрь (положение III), не прекращая при этом вращать ее вокруг ее продольной оси.

Оба шага были описаны как последовательные, но в действительности они происходят одновременно, а конечное положение III пястной кости является результатом синхронного действия обоих факторов.

Мышца *extensor pollicis brevis* (рис. 219) выполняет два действия:

¹ Движитель назад (прим. ред.).

- 1) является **разгибающей мышцей первой фаланги** на пястную кость;
- 2) направляет первую пястную кость и, следовательно, большой палец прямо наружу: это настоящая **отводящая мышца большого пальца**, что соответствует движению разгибание/ретропозиция в запястно-пястном суставе. Чтобы это отведение происходило отдельно, необходимо, чтобы запястье стабилизировалось синергическим сокращением мышцы *flexor carpi ulnaris* и особенно мышцы *extensor carpi ulnaris*; в противном случае мышца *extensor pollicis brevis* будет осуществлять также и абдукцию запястья.

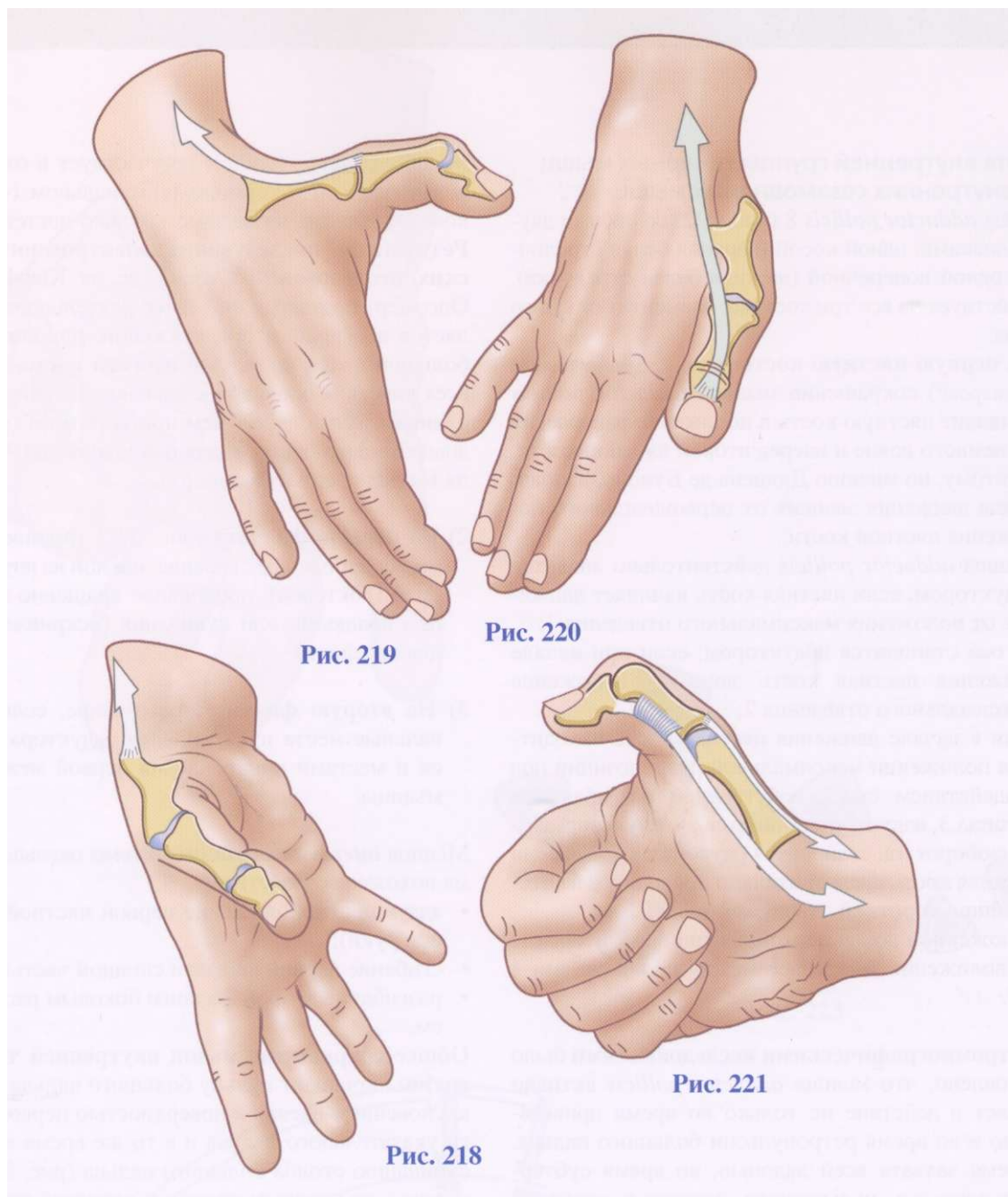
Мышца *extensor pollicis longus* (рис. 220) осуществляет три действия:

- 1) является **разгибающей мышцей второй фаланги** на первую;
- 2) является **разгибающей мышцей первой фаланги** на пястную кость;
- 3) направляет **первую пястную кость вовнутрь и назад**:
 - направляя ее вовнутрь, «закрывает» первый межкостный промежуток, являясь, следовательно, аддуктором первой пястной кости;
 - направляя ее назад, за плоскость руки, является ретропульсором² первой пястной кости благодаря своему возврату на бугорок Листера (рис. 206).

Следовательно, это антагонист противопоставления: мышца способствует уплощению ладони руки; под ее воздействием пульпа большого пальца поворачивается вперед.

Мышца *extensor pollicis longus* образует с внешней группой тенарных мышц пару антагонист-синергист: если вы хотите вытянуть вторую фалангу, не отводя большого пальца назад, необходимо, чтобы внешняя группа тенарных мышц стабилизировала в направлении вперед пястную кость и первую фалангу.

² Операция по противопоставлению одного пальца остальным в кисти (прим. ред.).



Следовательно, внешняя группа тенарных мышц действует в качестве модератора мышцы *extensor pollicis longus*: когда тенарные мышцы парализованы, большой палец неудержимо движется вовнутрь и назад. В дополнительном порядке мышца *extensor pollicis longus* является **разгибателем запястья**, когда это действие не гасится сокращением большой ладонной мышцы.

Мышца *extensor pollicis longus* (рис. 221) является сгибателем второй фаланги на первую и, в допол-

нительном порядке, сгибателем первой фаланги на пястную кость. Чтобы сгибание второй фаланги происходило отдельно, необходимо, чтобы своим сокращением мышца *extensor pollicis brevis* препятствовала сгибанию первой фаланги (пара антагонист/синергист). Далее мы увидим незаменимую роль длинного сгибателя большого пальца в конечном действии захвата.

Работа внутренней группы тенарных мышц или внутренних сезамовидных мышц

Мышца *adductor pollicis* 8 (рис. 222) со своими двумя головками, одной косой (верхняя белая стрелочка) и одной поперечной (нижняя белая стрелочка), воздействует на все три костных элемента большого пальца:

- 1) На **первую пястную кость** (рис. 223, диаграмма в разрезе) сокращение мышцы *adductor pollicis* приводит пястную кость в положение равновесия **A**, немного ввыше и вперед второй пястной кости, а потому, по мнению Дюшена де Булонь, направление движения зависит от первоначального положения пястной кости:
 - мышца *adductor pollicis* действительно является аддуктором, если пястная кость начинает движение от положения максимального отведения **1**;
 - но она становится абдуктором, если при начале движения пястная кость занимает положение максимального отведения **2**;
 - если в начале движения пястная кость находится в положении максимальной ретропозиции под воздействием своей собственной разгибающей мышцы **3**, аддуктор становится антепульсором;
 - и, наоборот, он становится ретропульсором, если пястная кость предварительно приводится в антепозицию короткой отводящей мышцей **4**;
 - положением покоя первой пястной кости является положение **R**, среднее между положениями **1** и **3**.

Электрмиографическими исследованиями было установлено, что мышца *adductor pollicis* активно вступает в действие не только во время приведения, но и во время ретропульсии большого пальца, во время захвата всей ладонью, во время субтерминального, т.е. пульпарного, захвата и особенно субтерминалолатерального, т.е. пульполатерального. В положении противопоставления большого пальца остальным пальцам эта мышца действует тем более активно, чем более большой палец находится в оппозиции к какому-либо внутреннему пальцу. Следовательно, его действие **максимально для осуществления оппозиции большой палец/мизинец.**

Мышца *adductor pollicis* не участвует в отведении, антепульсии и в термино-терминальном («конец в конец») захвате, называемом пульпо-ногтевым.

Результаты последующих электромиографических исследований (Амонэ, де ля Каффиньер и Опсомер) подтвердили, что ее деятельность проявляется в основном при движении, приближающем большой палец ко второй пястной кости, и это на всех участках противопоставления. Ее действие при длинном пути слабее, чем при коротком (рис. 224, диаграмма работы приводящей мышцы по Амонэ, де ля Каффиньеру и Опсомеру).

- 2) На **первую фалангу** (рис. 222) тройное воздействие: небольшое сгибание, наклон на внутренний край (локтевой), продольное вращение во внешнем вращении или супинация (искривленная белая стрелочка).
- 3) На **вторую фалангу**: разгибание, если терминальные места прикрепления аддуктора являются и местами прикрепления первой межкостной мышцы.

Мышца *interosseus palmaris primus* оказывает весьма похожее воздействие:

- аддукция (приближение первой пястной кости к оси руки);
- сгибание первой фаланги спинной частью;
- разгибание второй фаланги боковым расширением.

Общее сокращение мышц внутренней тенарной группы приводит пульпу большого пальца в соприкосновение с внешней поверхностью первой фаланги указательного пальца и в то же время вызывает супинацию столба большого пальца (рис. 222). Эти мышцы, по которым проходит локтевой нерв, необходимы для надежного удержания предметов между большим и указательным пальцами.

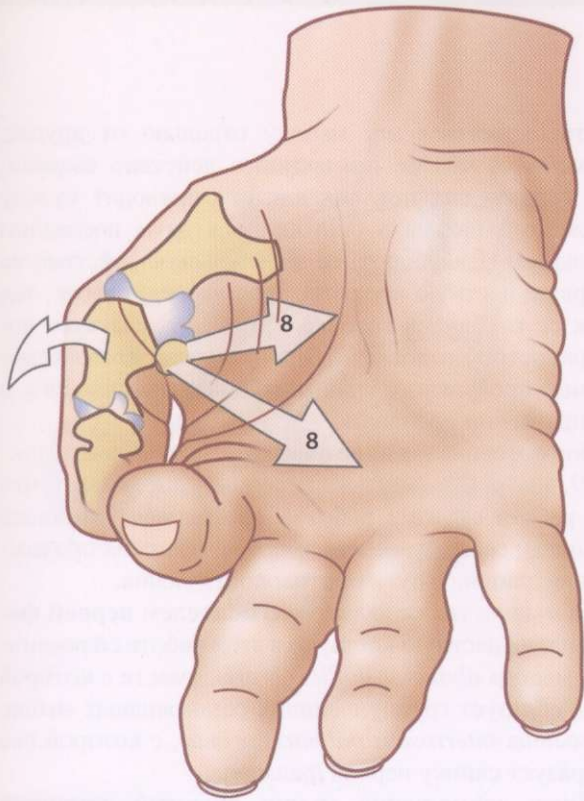


Рис. 222

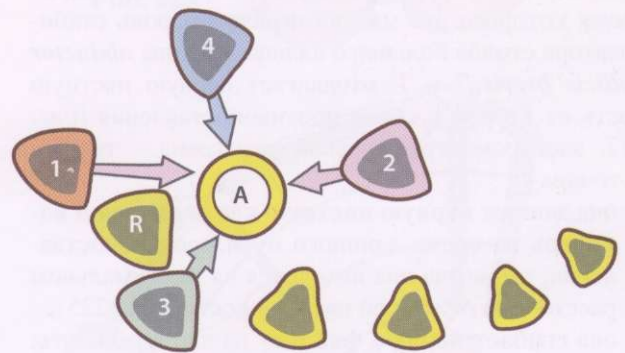


Рис. 223

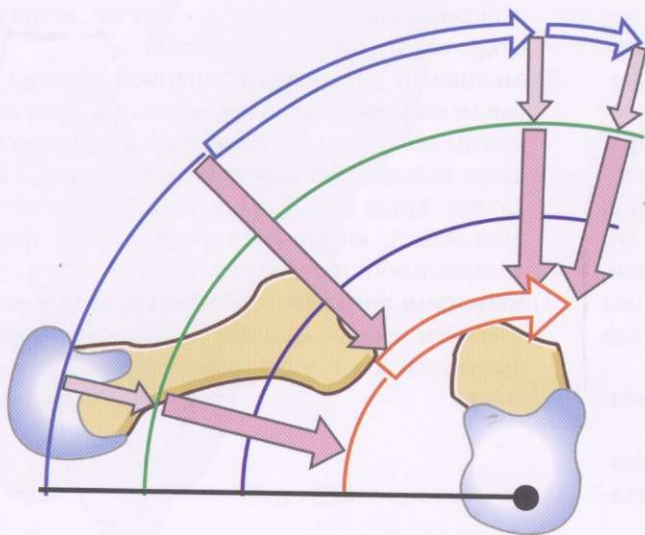


Рис. 224

Работа внешней группы тенарных мышц

Мышца *opponens* 6 осуществляет три действия, симметричные действию мышцы *opponens quinti*; области этих действий определяются по **электромиографической диаграмме** (рис. 226, тот же источник):

- **антепульсия первой пястной кости** на пясть, особенно при длинном пути;
 - **аддукция**, приближающая первую пястную кость ко второй в крайних положениях;
 - **продольное вращение** в направлении пронации.
- Поскольку эти три одновременных действия необходимы для противопоставления, эта мышца оправдывает свое название (рис. 225).

Следовательно, мышца *opponens* активно участвует во всех видах захвата, требующих участия большого пальца. Кроме того, электромиографией было доказано ее парадоксальное участие в отведении, во время которого эта мышца играла бы роль стабилизатора столба большого пальца. Мышца *abductor pollicis brevis* 1 и 7' отодвигает первую пястную кость от второй в конце противопоставления (рис. 227, электромиографическая диаграмма - тот же источник):

- она двигает **первую пястную кость вперед и вовнутрь** во время длинного пути противопоставления, т.е. когда она находится на максимальном расстоянии от второй пястной кости (рис. 225);
- она **сгибает первую фалангу** на пястную кость, при этом придавая ей движение **радиального наклона** (на внешний край) и
- продольное вращение в направлении **пронации** (внутреннее вращение);
- наконец, она **разгибает вторую фалангу** на первую своим расширением на длинную разгибающую мышцу.

Сокращаясь под влиянием электрического раздражения, мышца *abductor pollicis brevis* ставит пульпу большого пальца в оппозицию указательному и среднему пальцам (рис. 225). Следовательно, это главная мышца противопоставления. Мы видели, что вместе с мышцей *abductor pollicis longus* она образует функциональную пару, необходимую для противопоставления.

Мышца *flexor pollicis brevis* 5 и 5' (рис. 228) участвует в общей работе мышц внешней группы.

Однако когда удается методом электрического раздражения, как это делал Дюшан де Булонь, заста-

вить сжиматься эту мышцу отдельно от других, отмечают, что ее **приводящее** действие выражено гораздо сильнее, так как она приводит пульпу большого пальца в оппозицию к двум последним пальцам. И наоборот, ее антепульсное действие на первую пястную кость (выброс вперед) слабее, так как ее глубинная головка 7' противодействует поверхностной головке 7. Она оказывает воздействие в виде продольного вращения, довольно сильного, в направлении пронации.

Сбор потенциалов на ее поверхностной головке (рис. 229, диаграмма - тот же источник) показывает, что ее работа схожа с работой противопоставляющей мышцы: ее действие максимально во время прохождения длинного пути противопоставления.

Эта мышца также является **сгибателем первой фаланги** на пястную кость, но в этой работе ей помогают мышца *abductor pollicis brevis*, вместе с которой она образует группу внешних сезамовидных мышц, и мышца *interosseus palmaris primus*, с которой она образует спинку первой фаланги.

Общее сокращение мышц внешней тенарной группы, которому содействует сокращение мышцы *abductor pollicis longus*, осуществляет **противопоставление большого пальца**.

Разгибание второй фаланги может осуществляться, как это доказал Дюшан де Булонь, **тремя мышцами или группами мышц**, которые вступают в действие при различных обстоятельствах:

- 1) мышцей *extensor pollicis longus*: в этом случае разгибание сочетается с разгибанием первой фаланги и сглаживанием тенарного бугорка. Эти действия используются в том случае, когда кисть открывают и делают ее плоской;
- 2) **мышцами внутренней тенарной группы** (первая межкостная ладонная мышца): в этом случае к этим действиям присоединяется аддукция большого пальца. Эти действия используются в том случае, когда пульпу большого пальца противопоставляют внешней стороне первой фаланги указательного пальца (рис. 244);
- 3) **мышцами внешней тенарной группы**, с использованием мышцы *abductor pollicis longus* преимущественно для осуществления пульпарной оппозиции.

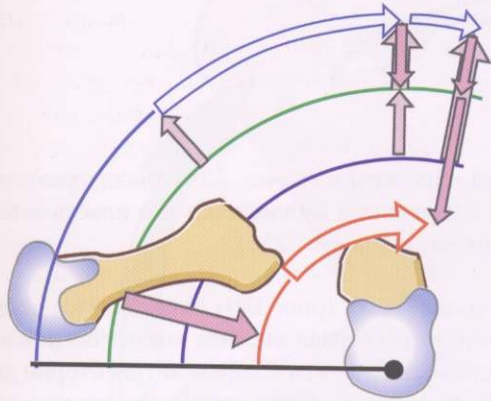


Рис. 226

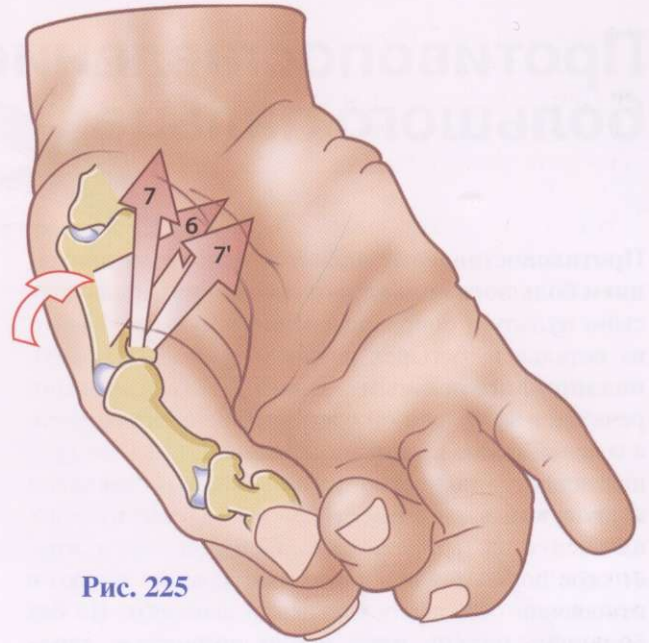


Рис. 225

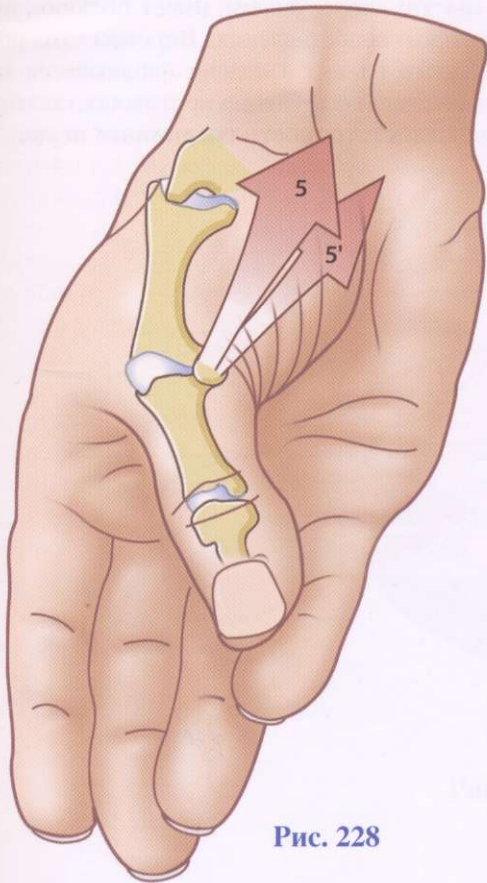


Рис. 228

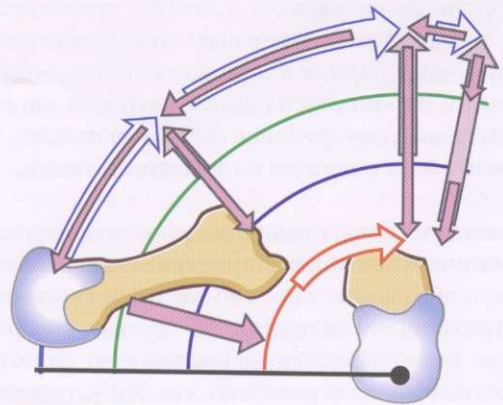


Рис. 227

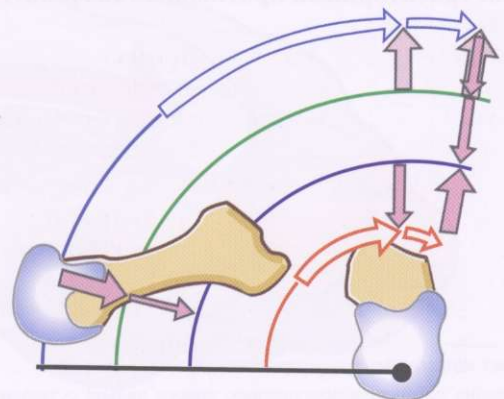


Рис. 229

Противопоставление большого пальца

Противопоставление является основным движением большого пальца: это способность приводить свою пульпу в соприкосновение с пульпой одного из остальных четырех пальцев, чтобы образовать **поллици-дигитальный зажим**¹. Следовательно, речь идет не только об одном противопоставлении, а о целой гамме противопоставлений, которые осуществляют **множество разнообразных захватов и действий** в зависимости от числа участвующих пальцев и их группировки. Большой палец имеет свое полное функциональное значение только в отношении остальных пальцев, и наоборот. Но **без большого пальца рука почти полностью теряет свою функциональность**, и потому проводятся сложные хирургические операции, чтобы восстановить ее функции на основе оставшихся компонентов: это **операции по «поллисизации»² того или иного пальца** (придания ему функций большого пальца), а в настоящее время операции по **трансплантации**.

Все разновидности противопоставления содержатся внутри **конического объема пространства**, вершина которого образована запястно-пястным суставом (**конус противопоставления**). По правде говоря, этот конус имеет довольно неправильную форму, так как его основание ограничено, как это установили Ж. Дюпарк и Ж.И. де ля Каффиньер, **«большой и малой траекториями противопоставления»**.

Большая траектория (рис. 229) была прекрасно описана Стерлингом Бюннелем в его классическом опыте со спичками (рис. 233).

Малая траектория (рис. 230) определяется следующим образом: «первая пястная кость совершает в одной плоскости и почти по прямой траектории движение, которое постепенно ставит его головку впереди второй пястной кости». В действительности же это движение является **ползанием большого пальца в ладони** руки, малоиспользуемое и весьма низко функциональное, не заслуживающее называться противопоставлением, так как оно практически не сопровождается **составляющей вращения**, которое, как мы это скоро увидим, имеет большое значение для противопоставления. Впрочем, это ползание большого пальца в ладони наблюдается как раз в случае паралича функции противопоставления вследствие **недостаточности срединного нерва**.

¹Захват щипком первым-вторым пальцами (прим. ред.).

²Операция по противопоставлению одного пальца остальным в кисти (прим. ред.).

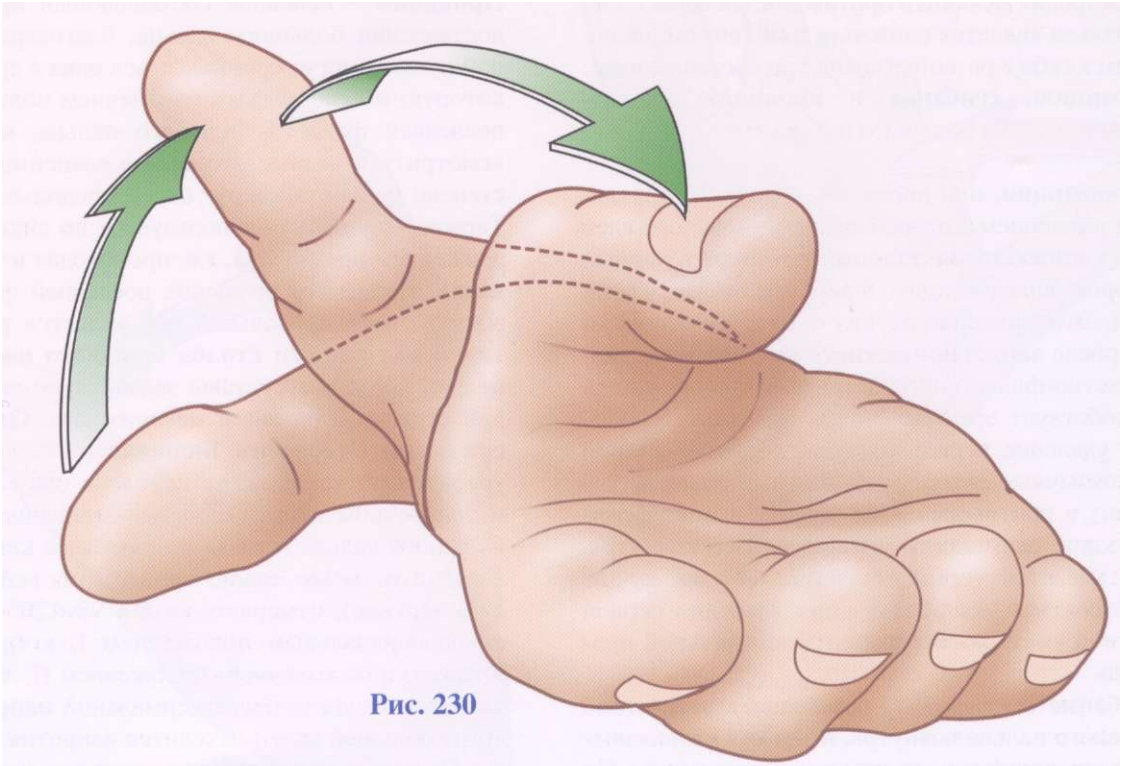


Рис. 230

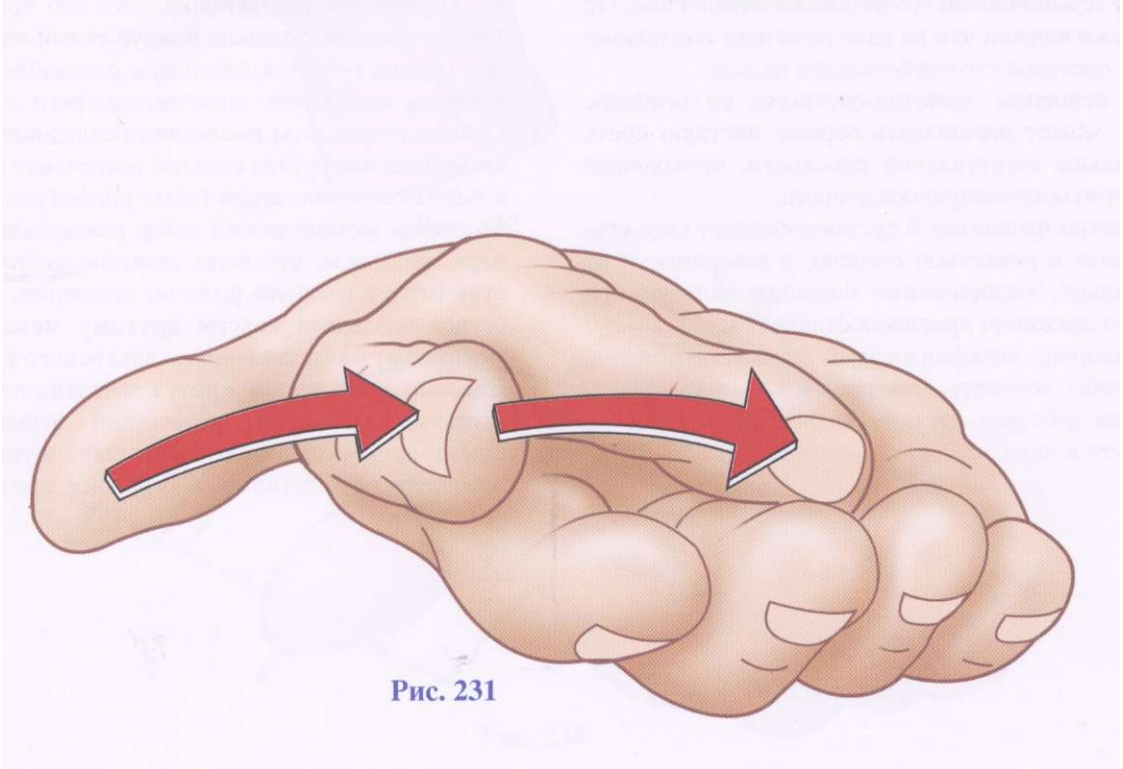


Рис. 231

С точки зрения механики противопоставление большого пальца является **сложным движением**, включающим в себя в разной степени три составляющие: **антепозицию, сгибание и пронацию** костно-суставного столба большого пальца.

- **Антепозиция**, или проекция А (рис. 232), является движением, которое выносит большой палец **перед плоскостью ладони**; при этом тенарный бугорок образует конус в верхнем внешнем углу руки. Это движение осуществляется в основном на уровне **запястно-пястного сустава** и частично **пястно-фалангового**, когда радиальный наклон способствует эрекции столба большого пальца. Это удаление первой пястной кости от второй англоязычные авторы называют абдукцией, что входит в противоречие со вторым компонентом абдукции,двигающим большой палец вовнутрь. Что касается термина «абдукция», им лучше пользоваться для обозначения удаления первой пястной кости от второй в горизонтальной проекции.
- **Сгибание** F (рис. 233) перемещает весь столб большого пальца вовнутрь, и потому в классической терминологии его называют отведением. Но мы уже видели, что на деле речь идет о сгибании всех суставов столба большого пальца:
 - в основном **запястно-пястного**, но сгибание не может перемещать первую пястную кость дальше сагиттальной плоскости, проходящей через продольную ось второй;
 - **пястно-фаланговый** сустав добавляет свое сгибание в различной степени, в зависимости от пальца, «выбранного» большим пальцем при его движении противопоставления;
 - наконец, **межфаланговый** сустав сгибается, чтобы добавить «последний штрих», продолжая действие **пястно-фалангового** сустава на пути к цели.

- **Пронация** - основная составляющая противопоставления большого пальца, благодаря которой **пупьпы** могут соприкасаться одна с другой и которую можно назвать изменением положения последней фаланги большого пальца, которая «смотрит» в разные стороны в зависимости от степени поворота вокруг своей продольной оси. Термин «пронация» используется по аналогии с движением предплечья, т.е. происходит в том же направлении. Это вращение последней фаланги вокруг своей продольной оси является **результатом активности столба большого пальца в целом**, когда все суставы задействуются в разной степени и разными механизмами. **Опыт со спичками Стерлинга Бюннеля** (рис. 234) это убедительно доказывает: приклеив одну спичку в поперечном направлении на основание ногтя большого пальца и глядя на руку с ее конца (*de bout*) (этот опыт можно провести на себе, глядя в зеркало), отмеряют угол в 90-120° между ее первоначальным положением I, когда рука плоская, и ее конечным положением II, которое является положением максимальной оппозиции, когда большой палец находится напротив мизинца. Первое время считалось, что это вращение столба большого пальца вокруг его продольной оси осуществляется благодаря расслабленности капсулы на уровне **запястно-пястного** сустава. Однако результаты последних исследований показывают, что сустав сильнее всего сжат именно в положении оппозиции (*close-packed position*) и что тогда механический зазор наименьший. Теперь мы знаем, что если **запястно-пястный** сустав играет главную роль во вращении, он это делает благодаря **совсем другому механизму, механизму «кардана»** этого двухосного сустава. Впрочем, **двухосный протез** **запястно-пястного** сустава, созданный в соответствии с этими принципами, превосходно выполняет свою функцию и позволяет осуществлять нормальное противопоставление.

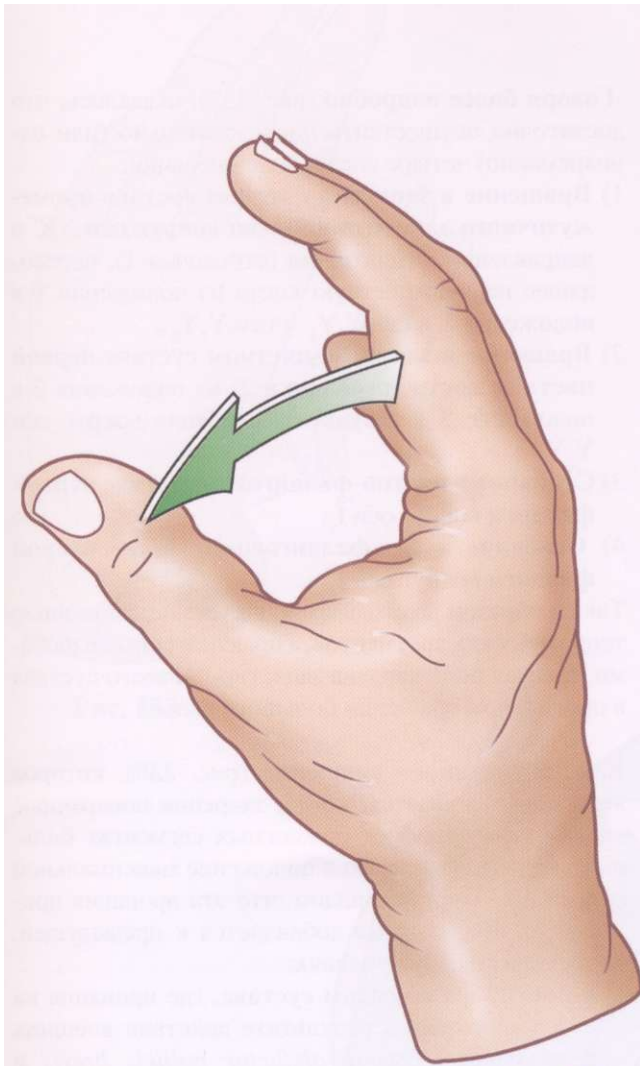


Рис. 232

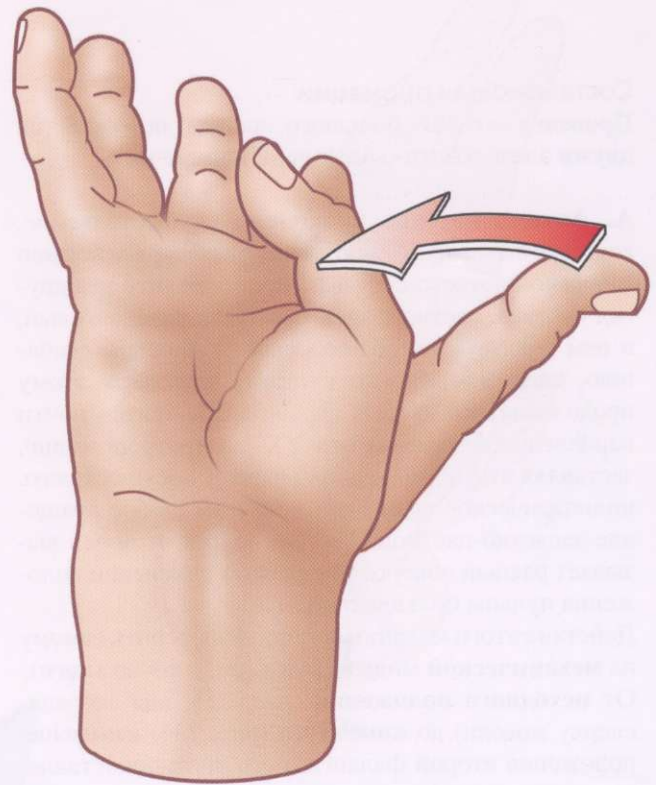


Рис. 233

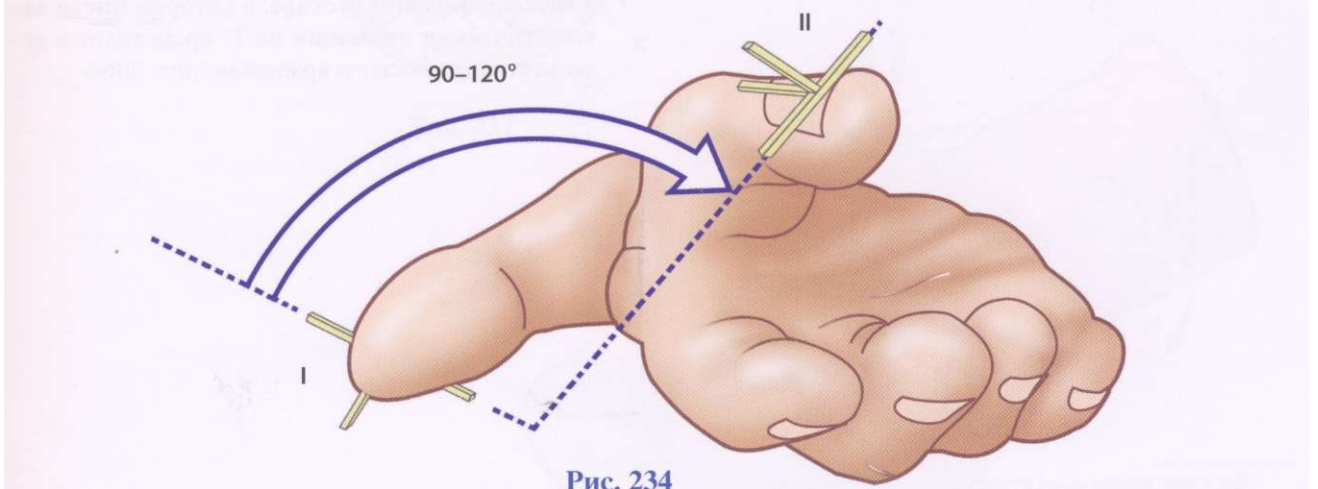


Рис. 234

Составляющая пронации

Пронация столба большого пальца порождается двумя элементами (contingents) вращения.

А. Автоматическое вращение, осуществляемое, как об этом было сказано выше, благодаря действию запястно-пястного сустава. Напомним, что два других сустава, пястно-фаланговый и межфаланговый, в нем участвуют, добавляя свое сгибание к сгибанию запястно-пястного сустава; благодаря этому продольная ось второй фаланги становится почти параллельной главной оси YX' антеретропозиции¹, заставляя эту терминальную фалангу осуществлять цилиндрическое вращение; при этом любое вращение запястно-пястного сустава вокруг этой оси вызывает равный поворот при равном изменении положения пульпы большого пальца.

Действие этого механизма можно проверить самому на **механической модели руки** (см. в конце книги). От **исходного положения** (рис. 235, вид спереди-сверху модели) до **конечного** (рис. 236) изменение положения второй фаланги и его противопоставление к последней фаланге мизинца достигались путем простого приведения во вращение вокруг четырех осей XX' , YY' , f_1 и f_2 без малейшего скручивания картона, которое играло бы роль «механического зазора» в одном из суставов.

Говоря более подробно (рис. 237), оказалось, что достаточно осуществить последовательно (или одновременно) четыре следующие операции:

- 1) **Вращение в запястно-пястном суставе промежуточного элемента кардана вокруг оси XX'** в направлении антепозиции (стрелочка 1), переводящее первую пястную кость из положения 1 в положение 2, а ось Y, Y_1' к оси $Y_2 Y_2'$;
- 2) **Вращение в запястно-пястном суставе первой пястной кости (стрелочка 2)** из положения 2 в положение 3 в результате сгибания вокруг оси $Y_2 Y_2''$;
- 3) **Сгибание в пястно-фаланговом суставе первой фаланги** вокруг оси f_1 ;
- 4) **Сгибание в межфаланговом суставе второй фаланги** вокруг оси f_2 .

Таким образом доказывается, но уже не с помощью теоретических аргументов, а практическими работами, главная роль кардана запястно-пястного сустава в продольном вращении большого пальца.

В. «Добавленное» вращение (рис. 238), которое явно обнаруживается, когда, закрепив поперечные спички-метки на трех подвижных сегментах большого пальца, ставят его в положение максимальной оппозиции. Тогда мы видим, что эта пронация примерно на 30° , которая добавляется к предыдущей, происходит на двух уровнях:

- **в пястно-фаланговом суставе**, где пронация на 24° происходит в результате действия внешних сезамовидных мышц *abductor pollicis brevis* и *flexor pollicis brevis*. Это - **активное вращение**;
- **в межфаланговом суставе**, в котором **чисто автоматическая пронация** на 7° происходит в результате конического вращения (рис. 206).

¹ Движение вперед-назад относительно оси (прим. ред.).

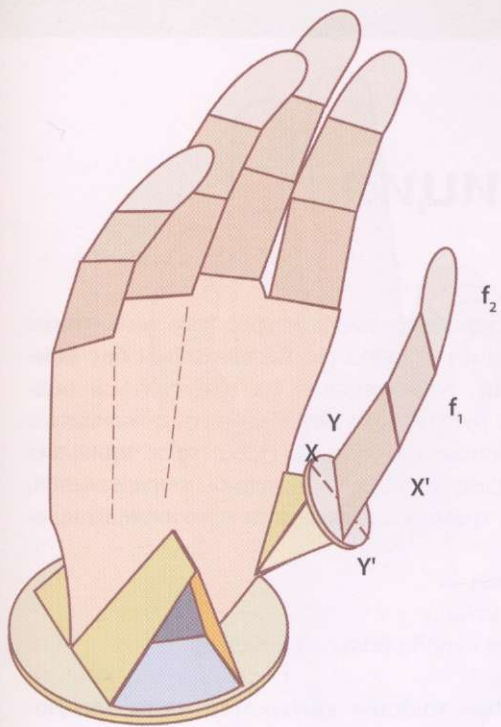


Рис. 235

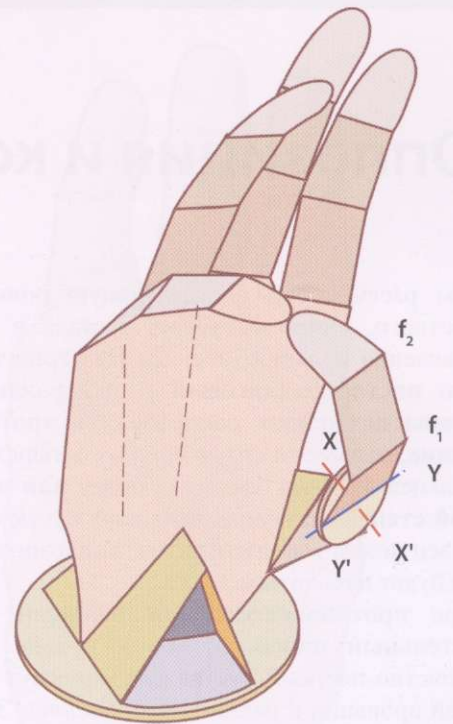


Рис. 236

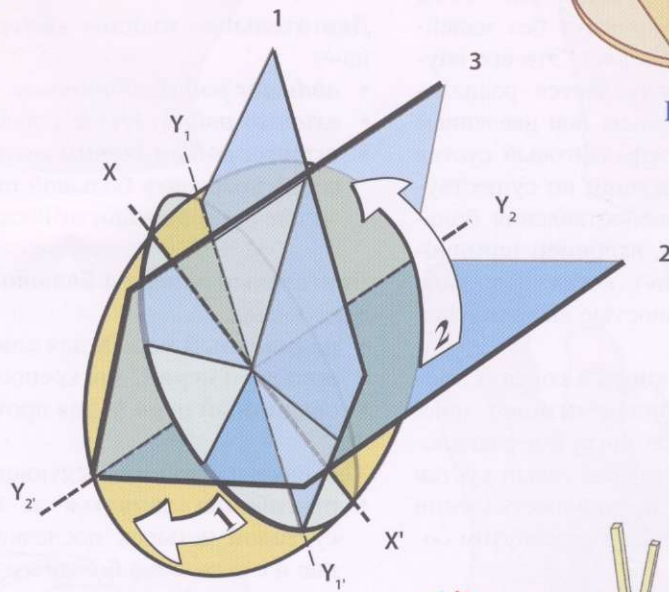


Рис. 237

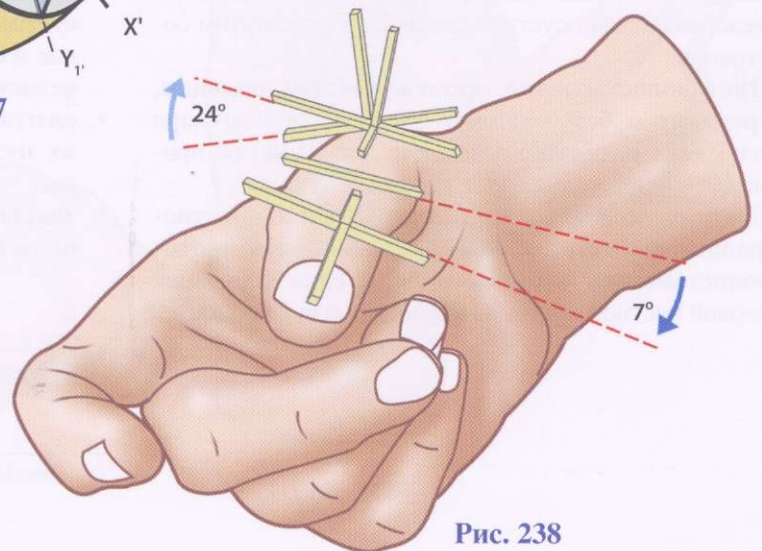


Рис. 238

Оппозиция и контрпозиция

Мы рассмотрели определяющую роль запястно-пястного, «**королевского**», сустава в противопоставлении большого пальца. Но верно также и то, что **пястно-фаланговый и межфаланговый суставы позволяют распределять противопоставление**, направляя его на один из четырех последних пальцев. Именно благодаря **более или менее высокой степени** сгибания этих двух суставов большой палец может выбирать палец, в оппозиции которому он будет находиться.

При **противопоставлении большой палец/указательный палец**, пульпа к пульпе (рис. 239), запястно-пястный сустав слабо согнут без малейшей пронации и радиального наклона. Это его внутренняя боковая связка сопротивляется радиальному отклонению большого пальца под давлением со стороны указательного; межфаланговый сустав находится в *разогнутом* положении; но существуют еще и другие виды противопоставления большой палец/указательный палец, например термином терминальное («конец в конец»), когда, наоборот, пястно-фаланговый сустав полностью выпрямлен, а межфаланговый согнут.

При термином терминальном («конец в конец») **противопоставлении большой палец/мизинец** (рис. 240) пястно-фаланговый сустав согнут в радиальном наклоне и пронации, а межфаланговый сустав согнут. В пульпо-пульпарном противопоставлении межфаланговый сустав находится в разогнутом состоянии.

Противопоставление промежуточным пальцам, среднему и безымянному, выбирается благодаря сгибанию, радиальному наклону, пронации на промежуточных стадиях этих крайних случаев.

Поэтому можно сказать, что **именно пястно-фаланговый сустав позволяет выбирать противопоставление с базового положения основания первой пястной кости, находящейся в оппозиции.**

Противопоставление, необходимое для того чтобы хватать предметы, было бы бесполезным без **контрпозиции**, позволяющей их отпускать и подготавливать руку к тому, чтобы брать объемистые вещи. Это движение (рис. 241), которое приводит большой палец в плоскость ладони, определяется, *a contrario*, тремя компонентами противопоставления:

- разгибание;
- ретропульсия¹;
- супинация столба большого пальца.

Двигательные мышцы контрпозиции следующие:

- *abductor pollicis longus*;
- *extensor pollicis brevis* и особенно:
- *extensor pollicis longus*, которая только одна способна приводить большой палец в крайнее положение ретропозиции в плоскости ладони.

Двигательные нервы большого пальца (рис. 242) следующие:

- **радиальный нерв R** для контрпозиции;
- **локтевой нерв C** для крепости захвата;
- **срединный нерв M** для противопоставления.

Тестовые движения следующие:

- **разгибание запястья и пястно-фаланговых суставов** четырех последних пальцев, разгибание и отклонение большого пальца для проверки целостности лучевого нерва;
- **разгибание двух последних фаланг пальцев и их отдаление/приближение** для локтевого нерва;
- **закрытие кулака и противопоставление большого пальца** для срединного нерва.

¹ Движение назад (*прим. ред.*).

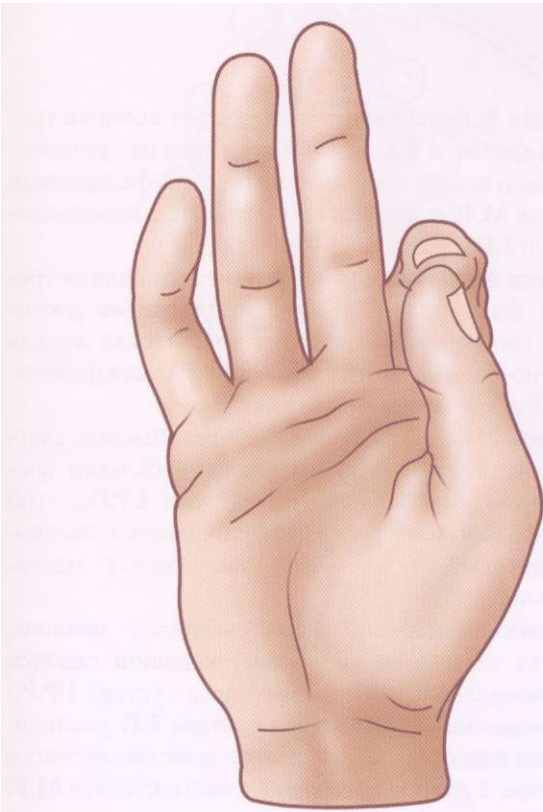


Рис. 239

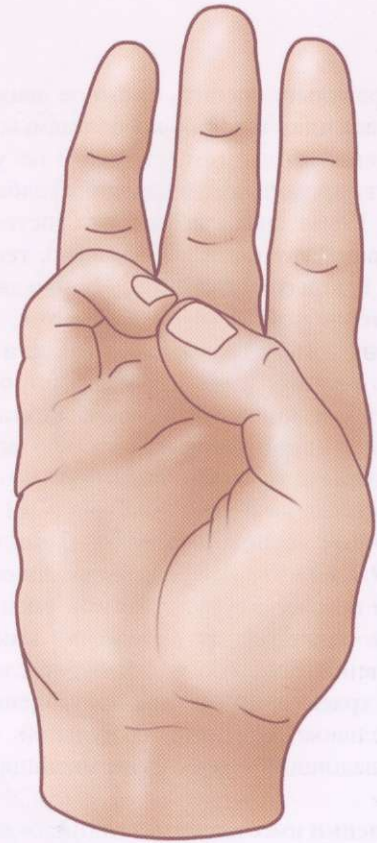


Рис. 240

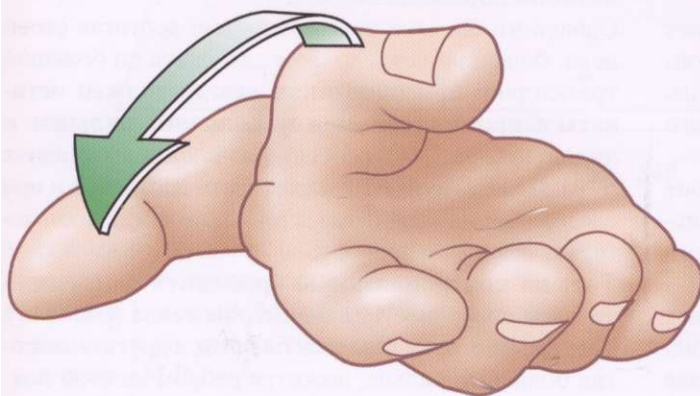


Рис. 241

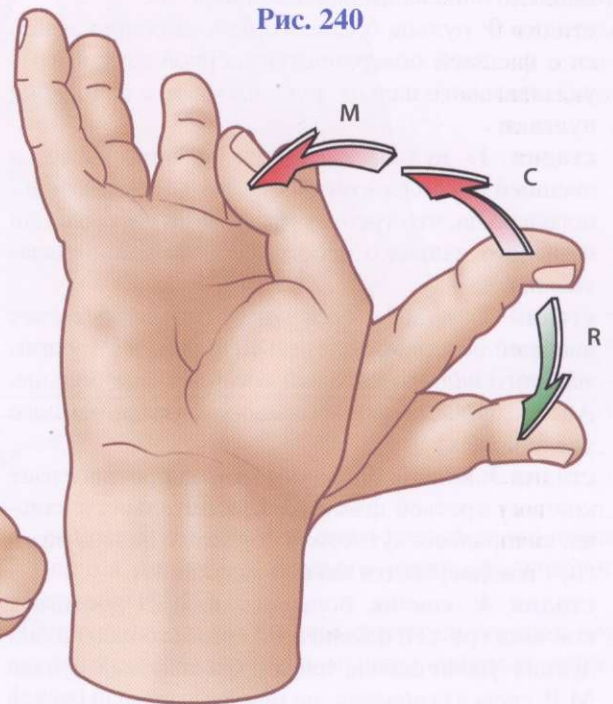


Рис. 242

Трудно правильно оценить сложное движение противопоставления, так как предлагаемые на сегодняшний день методы (см. стр. 254) не учитывают компоненту продольного вращения столба большого пальца. В 1986 г. автор предложил систему оценки, сегодня принятую почти повсеместно: **тесты на оппозицию и контропозицию**. Не нуждаясь в применении измерительных инструментов, эти тесты используют в качестве системы отсчета само тело пациента. Осуществляемые в любой обстановке, они имеют и медицинское значение. Результат выражается лишь **одной цифрой**, которую можно легко вводить в **статистические таблицы**.

Во время теста на оппозицию (рис. 243), который англоязычные авторы называют «*Total Opposition Test*» (*T.O.T.*) и который сегодня включен в международную номенклатуру, системой оценки служит сама рука пациента: от положения максимального отклонения большой палец будет следовать по большой траектории противопоставления при последовательном контакте с пульпой остальных пальцев, ладонной поверхности мизинца, а затем и ладони.

Шкала оценки имеет **десять стадий**, от нулевой оппозиции до оппозиции максимальной:

- **стадия 0:** пульпа большого пальца соприкасается с внешней поверхностью первой фаланги P1 указательного пальца: рука плоская, а оппозиция нулевая;
- **стадия 1:** пульпа большого пальца касается внешней стороны второй фаланги P2 указательного пальца, что требует небольшой антепозиции большого пальца и небольшого сгибания указательного;
- **стадия 2:** пульпа большого пальца достигает внешней поверхности третьей фаланги P3 указательного пальца, который согнулся еще больше. Антепозиция столба большого пальца немного увеличилась;
- **стадия 3:** кончик большого пальца противостоит кончику третьей фаланги P3 указательного пальца, который согнут; столб большого пальца разогнут и подвергается легкой аддукции;
- **стадия 4:** кончик большого пальца достигает кончика третьей фаланги P3 среднего пальца: аддукция увеличилась, пястно-фаланговый сустав М.Р. слегка сгибается, но межфаланговый сустав I.P. остается вытянутым;

- **стадия 5:** большой палец достигает кончика третьей фаланги P3 безымянного пальца: увеличение аддукции и антепозиции, пястно-фаланговый сустав М.Р. сгибается еще немного, а межфаланговый I.P. слегка;
- **стадия 6:** большой палец достигает кончика третьей фаланги P3 мизинца: антепозиция достигает своего максимума, она почти такая же для пястно-фалангового сустава М.Р.; межфаланговый сустав остается разогнутым;
- **стадия 7:** большой палец касается мизинца, слегка согнутого на уровне ладонной складки дистального межфалангового сустава **I.P.D.**: сгиб межфалангового сустава увеличивается; пястно-фаланговый сустав **M.P.** уже согнут максимально;
- **стадия 8:** большой палец достигает мизинца, слегка согнутого на уровне ладонной складки проксимального межфалангового сустава I.P.P.: сгибание межфалангового сустава I.P. увеличивается еще больше; амплитуда запястно-пястного сустава **T.M.** и пястно-фалангового сустава **M.P.** максимальная;
- **стадия 9:** большой палец касается основания мизинца на уровне пальцеладонной складки: межфаланговый сустав I.P. согнут почти максимально;
- **стадия 10:** большой палец достигает в ладони дистальной ладонной складки: сгибание межфалангового сустава I.P., пястно-фалангового сустава I.P. и запястно-пястного сустава T.M. становится максимальным. Это максимальная оппозиция.

Если тест на оппозицию доходит до стадии 10, оппозиция нормальная.

Однако чтобы этот тест полностью достигал своей цели, большой палец должен следовать по большой траектории: **при оппозиции всегда должен оставаться промежуток между большим пальцем и ладонью** (рис. 244), особенно на последних стадиях 6-10. Правда, пункт 10 может быть достигнут и при следовании по малой траектории, но тогда тест теряет всю свою ценность.

Тест на контропозицию проводится на горизонтальной поверхности, например на столе (рис. 245). Тестируемая рука кладется ладонью, а другая, напротив большого пальца, ложится ребром на свой локтевой край, чтобы служить для сравнений. Контропозиция оценивается по шкале из 4 стадий:

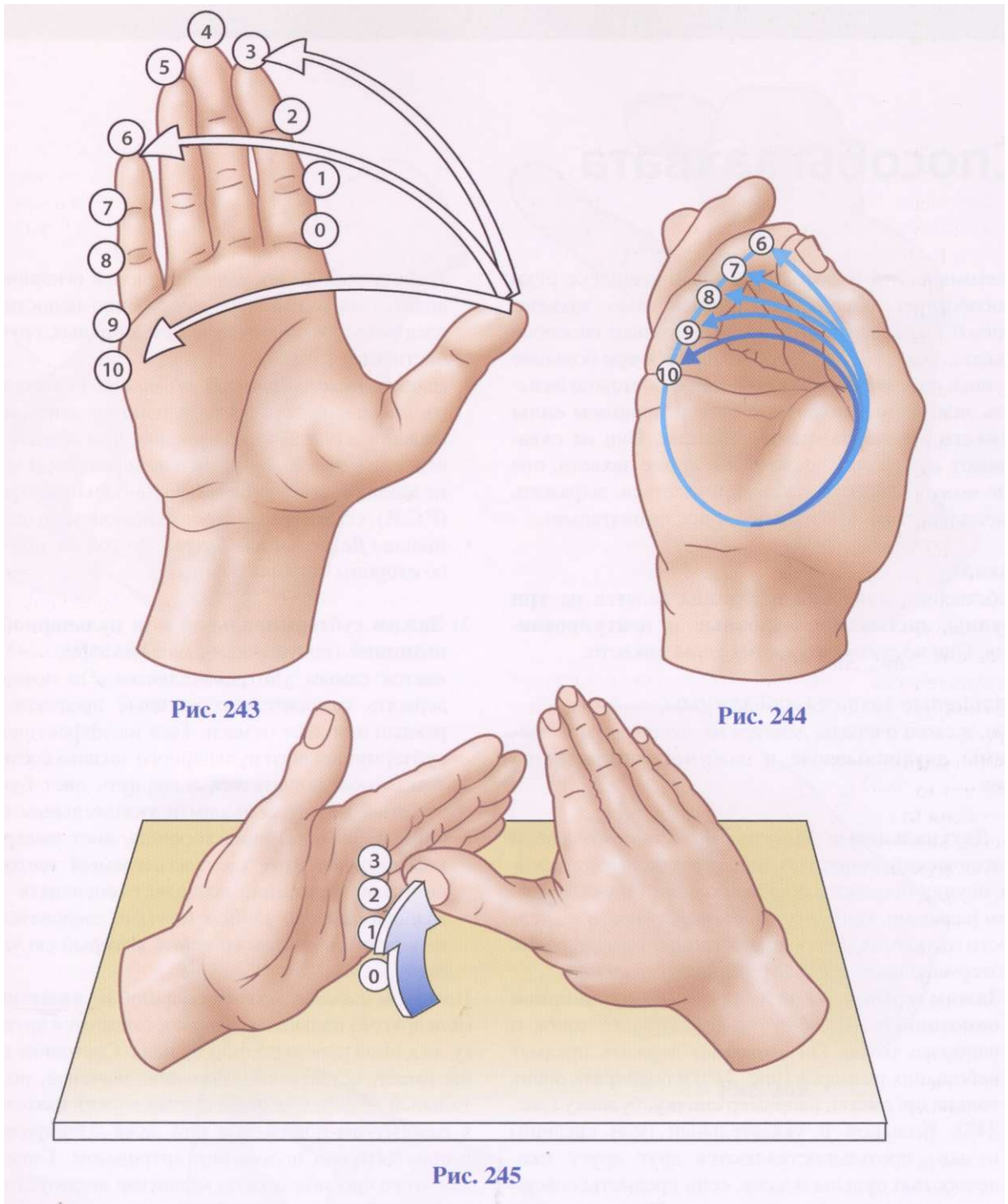


Рис. 243

Рис. 244

Рис. 245

- **стадия 0:** большой палец не может активно отрываться от поверхности стола;
- **стадия 1:** кончик большого пальца активно поднимается до уровня пятого пястно-фалангового сустава (М.Р.);
- **стадия 2:** он активно поднимается до уровня четвертого пястно-фалангового сустава (М.Р.);
- **стадия 3:** кончик большого пальца редко поднимается до уровня третьего пястно-фалангового сустава (М.Р.)-
Достижение стадии 2 или 3 свидетельствует о нормальной эффективности мышцы *extensor pollicis longus*.

Способы захвата

Анатомический и функциональный комплекс руки способствует осуществлению действию захвата. Однако существует не один, а несколько способов захвата, которые можно объединить в три большие группы: **собственно захваты**, которые можно называть **зажимами**, **захваты с использованием силы тяжести** и **захваты-плюс-действие**. Они не охватывают все возможности руки: кроме захвата, она еще может наносить удары, прикасаться, выражать мысли жестами. Мы их изучим последовательно.

Захват

Собственно захваты или зажимы делятся на **три группы: пальцевые, ладонные и центрированные**. Они не требуют участия силы тяжести.

Пальцевые захваты или зажимы

Они, в свою очередь, делятся на две подгруппы: **зажимы двухпальцевые и зажимы многопальцевые**.

А. Двухпальцевые зажимы представляют собой классический пример поллиси-дигитального зажима, осуществляемого обычно большим и указательным пальцами. Они могут быть трех типов, в зависимости от того, является ли оппозиция терминальной, субтерминальной или субтерминалолатеральной.

1) Зажим терминальной или термино-пульпарной оппозицией (рис. 246 и 247) наиболее тонок и наиболее точен. Он позволяет держать предмет небольших размеров (рис. 246) и подбирать очень тонкие предметы, например спичку, булавку (рис. 247). Большой и указательный (или средний) пальцы противопоставляются друг другу оконечностью пульпы и даже, если предметы совсем маленькие (волос), срезом ногтя. Поэтому нужна пульпа эластичная и правильно поддерживаемая ногтем, играющим главную роль в захвате такого типа. Следовательно, этот захват можно назвать **пульпо-ногтевым**. Этот способ захвата легче всего становится неосуществимым вследствие малейших повреждений руки. Дело в том, что он

требует работы всех мышц, так как сгибание доводится до максимума, и особенно целостности следующих мышечных и сухожильных групп, в частности:

- мышцы *flexor digitorum profundus* указательного пальца, которая стабилизирует дистальную фалангу в положении сгибания, чем объясняется важность восстановления в приоритетном порядке длинной сгибающей мышцы большого пальца (F.C.P.), если порезаны обе сгибающие мышцы;
- мышцы *flexor pollicis longus*, по той же причине, со стороны большого пальца.

2) Зажим субтерминальной или пульпарной оппозицией (подушечками пальцев) (рис. 248) является самым употребительным. Он позволяет держать относительно крупные предметы: карандаш или лист бумаги. Тест на эффективность субтерминального пульпарного захвата состоит в том, чтобы попытаться выдернуть лист бумаги, зажатый между большим и указательным пальцами. Если оппозиция хорошая, лист выдернуть невозможно. Этот тест, называемый тестом на симптом **Фромана**, позволяет оценивать силу мышцы *adductor pollicis brevis* и, следовательно, целостность локтевого нерва, который ею управляет.

При этом способе захвата большой и указательный (или другой) пальцы противопоставляются друг другу ладонной поверхностью пульпы. Состояние пульпы имеет, естественно, большое значение, но дистальный межфаланговый сустав может находиться в разогнутом положении или даже блокироваться в полусогнутом положении артродезом. Главными для этого способа захвата мышцами являются:

- *flexor digitorum superficialis* указательного пальца: стабилизация в сгибании второй фаланги P2;
- сгибающие тенарные мышцы первой фаланги P1 большого пальца: *flexor pollicis brevis*, *interosseus palmaris primus*, *abductor pollicis brevis* и особенно *adductor pollicis*.

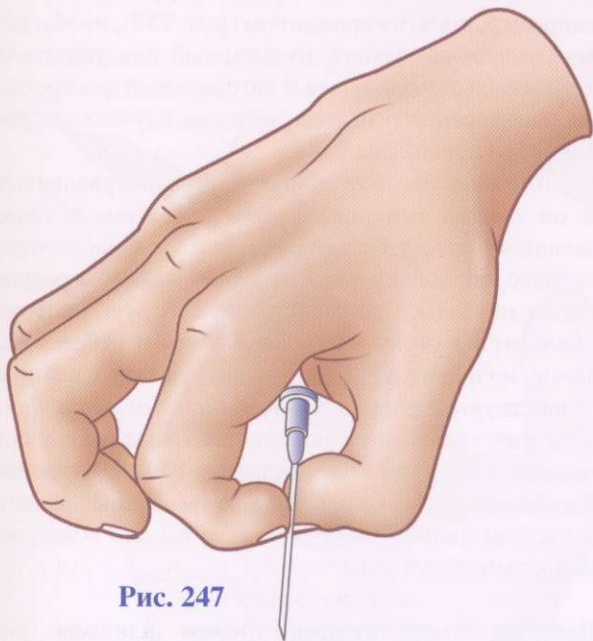


Рис. 247

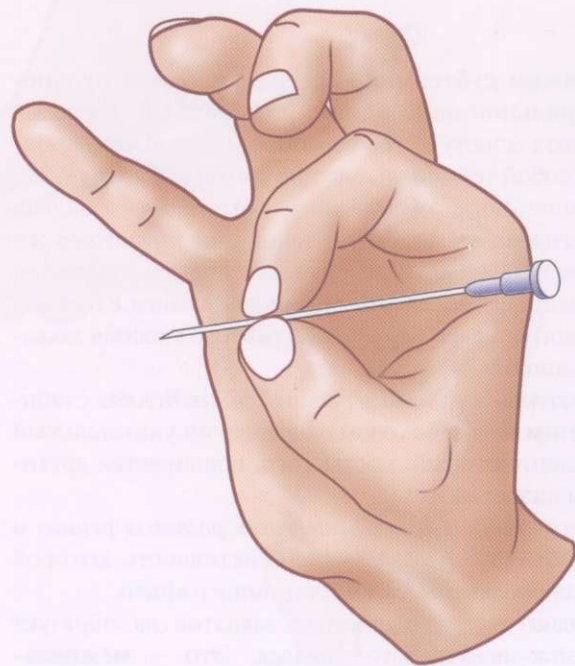


Рис. 246



Рис. 249

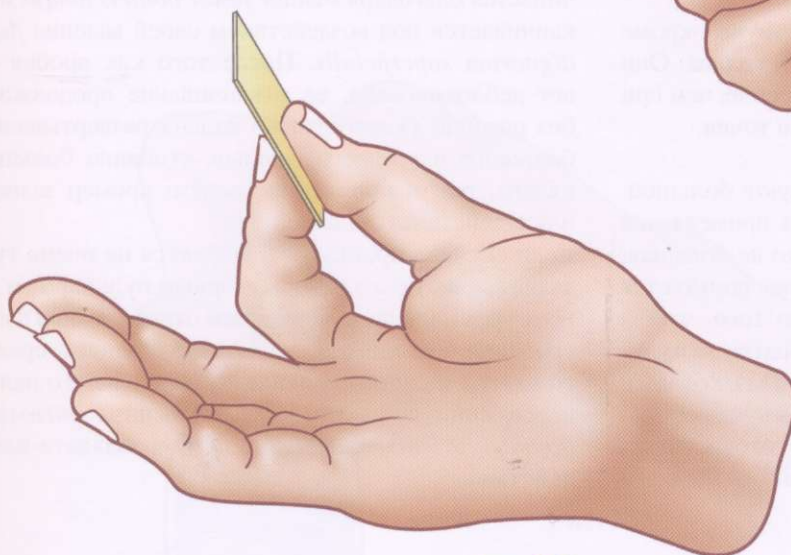


Рис. 248

3) Зажим субтермино-латеральной или пульпо-латеральной оппозицией (рис. 249): это когда вы держите монету. Этот способ захвата может дополнять собой терминальную или субтерминальную оппозицию, когда обе фаланги указательного пальца ампутированы: захват не такой тонкий, но все же сильный. Ладонная поверхность пульпы упирается во внешнюю поверхность первой фаланги P1 указательного пальца. Главными для этого способа захвата мышцами являются:

- *interosseus dorsalis primus indicis* (чтобы стабилизировать в боковом направлении указательный палец, который, кроме того, подпирается другими пальцами);
- *flexor pollicis brevis*, *interossei palmaris primus* и особенно *adductor pollicis*, активность которой была подтверждена электромиографией.

4) Один из двухпальцевых захватов не образует поллпси-дигитального зажима. Это - **межпальцевый латеро-латеральный захват** (рис. 250), играющий совсем второстепенную роль (например, держание сигареты или любого другого небольшого предмета). Он обычно осуществляется между указательным и средним пальцами, без участия большого. Диаметр взятого предмета должен быть небольшим. Участвуют мышцы *interossei* (вторая ладонная и тыльная). Хватка слабая и неточная, но весьма полезная, так как людям с ампутированным большим пальцем удается удивительным образом развить эту функцию.

В. 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.

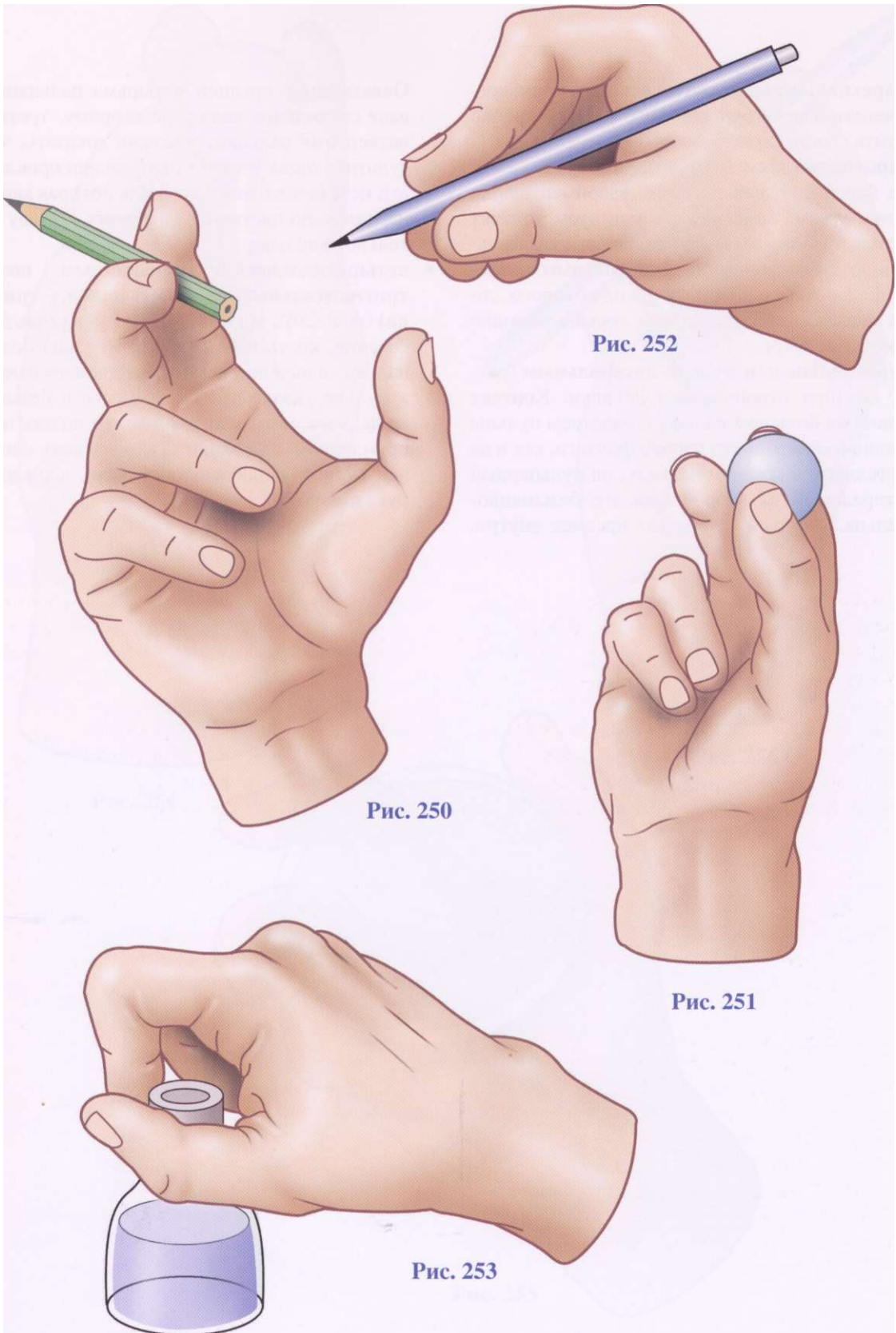
1) **В трехпальцевом захвате** участвуют большой, указательный и средний пальцы. Он применяется чаще всего. Значительная, если только не большая, часть человечества, которая еще не пользуется вилок, применяет такие захваты для того, чтобы класть пищу в рот. **В** этом случае он похож на **пульпарный трехпальцевый захват** (рис. 251), который применяется для того, чтобы держать в руке небольшой мячик, когда большой палец противопоставляет свою пульпу пульпе указательного и среднего

пальцев по отношению к предмету. Для того чтобы, например, писать карандашом (рис. 252), необходим трехпальцевый захват, пульпарный для указательного и большого пальцев и латеральный для третьей фаланги среднего пальца, которая служит опорой, как и дно первой спайки.

В этом смысле этот захват весьма направленный, и он сродни центрированным захватам, а также захватам-плюс-действие, которые мы рассмотрим позднее, поскольку написание букв является результатом не только движений плеча и руки, которая скользит по столу на своем локтевом ребре и мизинце, но и движений трех первых пальцев, которые задействуют мышцы *flexor pollicis longus* и *flexor digitorum superficialis* указательного пальца для осуществления возвратно-поступательного движения карандаша, а также внешние сезамовидные мышцы и вторую мышцу *interosseus dorsalis* для поддержания карандаша в руке.

Действие **отвинчивания пробки флакона** (рис. 253) является трехпальцевым захватом, латеральным для большого пальца и второй фаланги среднего, которые противопоставляются друг другу непосредственно, и пульпарным для указательного пальца, который блокирует предмет на третьей стороне. Средний палец служит упором, опирающимся на безымянный палец и мизинец. Большой палец сильно прижимает пробку к среднему благодаря сокращению всех тенарных мышц; блокировка начинается благодаря мышце *flexor pollicis longus* и заканчивается под воздействием своей мышцы *flexor digitorum superficialis*. После того как пробка будет деблокирована, ее отвинчивание продолжится без помощи указательного пальца развертыванием большого и среднего пальцев: сгибание большого пальца, разгибание среднего. Это пример захвата-плюс-действие (см. ниже).

Если сначала пробка завинчивается не очень туго, захват может быть трехпальцевым пульпарным для всех трех пальцев с движением отвинчивания путем сгибания большого пальца, выпрямлением среднего пальца и сопровождением указательного пальца в абдукции под воздействием мышцы *interosseus dorsalis primus*: еще один пример захвата-плюс-действие.



2) **Четырехпальцевые захваты** используются, когда предмет более крупный и его следует крепко ухватить. Тогда захват может быть:

- **четырехпальцевым пульпарным** (рис. 254), когда берут круглый предмет, например шарик для пинг-понга. Заметим, что при этом контакт является пульпарным для большого, указательного и среднего пальцев, но латеральным на третьей фаланге безымянного, роль которого состоит в том, чтобы помешать соскальзыванию предмета вовнутрь;
- **четырехпальцевым пульпо-латеральным** (рис. 255), как при отвинчивании крышки. Контакт широкий на большом пальце, с участием пульпы и ладонной поверхности первой фаланги, как и на указательном и среднем пальцах; он пульпарный и латеральный на второй фаланге безымянного пальца, который блокирует предмет внутри.

Охватывание крышки четырьмя пальцами придает спиральное движение второму, третьему и четвертому пальцам, и можно доказать, что результирующая усилий, которые они прикладывают, исчезает в центре крышки, которая движется параллельно пястно-фаланговому суставу указательного пальца;

- **четырехпальцевым пульпарным поллистригидитальным (большой палец + три пальца)** (рис. 256), когда держат в руке уголь для рисования, кисть или карандаш: пульпа большого пальца сильно прижимает, поддерживая, предмет к пульпе указательного, среднего и безымянного пальцев, находящихся в почти полностью выпрямленном состоянии. Такой захват свойственен скрипачу или виолончелисту, держащему в руке смычок.

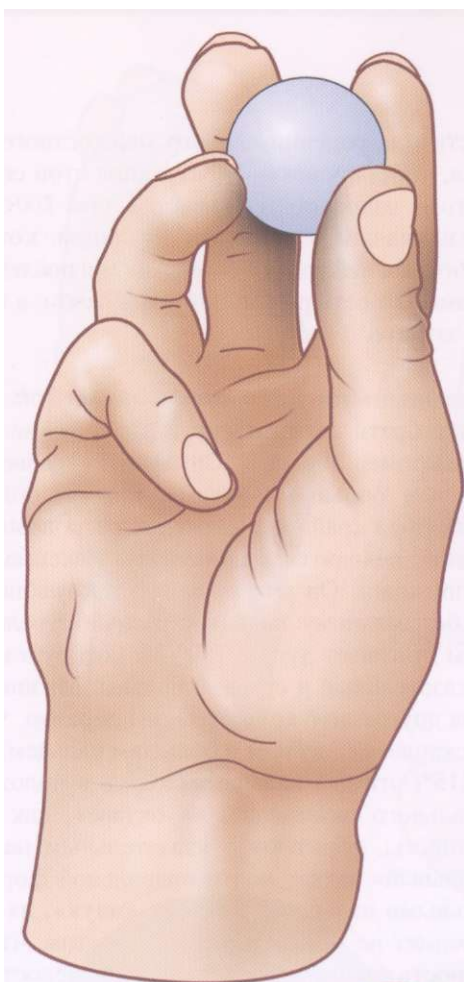


Рис. 254

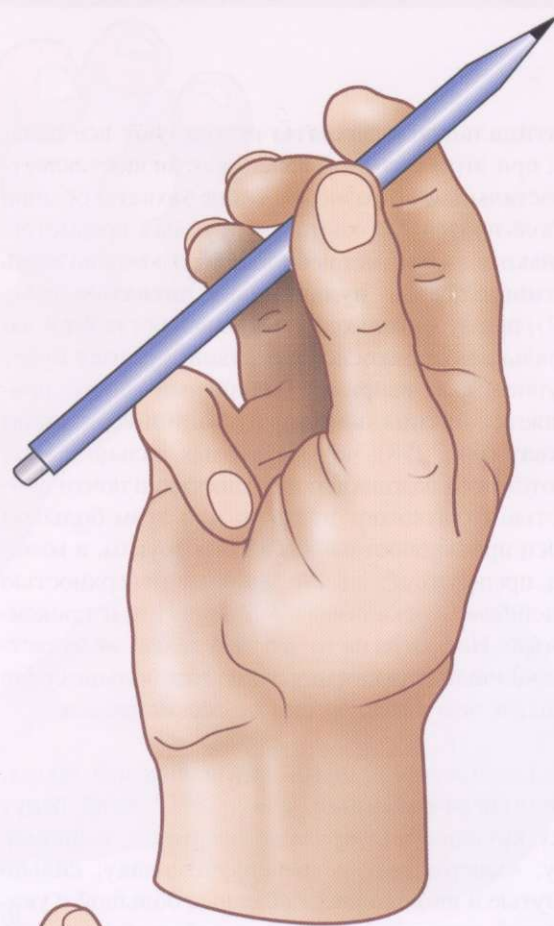


Рис. 256

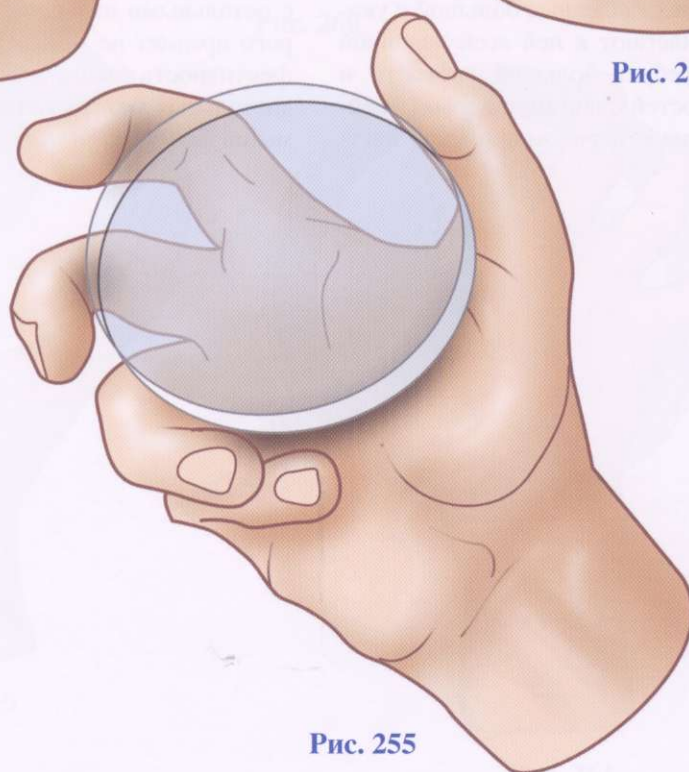


Рис. 255

3) **Пятипальцевые захваты** используют все пальцы; при этом большой палец противопоставляется остальным по-разному. Такие захваты обычно используются для хватания крупных предметов. Однако если предмет небольшой, его можно взять **пятипальцевым пульпарным захватом** (рис. 257); при этом только пятый палец вступает в латеральное соприкосновение. Если предмет будет крупнее, как, например, теннисный мячик, применяется **пятипальцевый пулю-латеральный захват** (рис. 258): четыре первых пальца прикасаются всей ладонной поверхностью и почти полностью охватывают предмет; при этом большой палец противопоставляется трем другим, а мизинец препятствует своей внешней поверхностью малейшему соскальзыванию вовнутрь и проксимально. Несмотря на то что этот захват не является ладонным, так как мяч находится больше среди пальцев, чем в ладони, он уже весьма крепок.

Можно упомянуть и другой пятипальцевый захват, **пятипальцево-спаечный** (рис. 259), когда берут в руку крупные полукруглые предметы, например чашку, «завертывая» ее в первую спайку: сильно вытянутые и широко расставленные большой и указательный пальцы прилегают к ней всей ладонной поверхностью, что требует большой гибкости и нормальных возможностей сдвигания первой спайки. Это невозможно после переломов первой пяст-

ной кости или ранений первого межкостного промежутка, когда происходит ретракция этой спайки. Кроме того, чашка поддерживается (рис. 260) средним, безымянным пальцами и мизинцем, которые прикасаются к ней только своими двумя последними фалангами. То есть речь идет о пальцевом, а не ладонном захвате.

«Панорамный» пятипальцевый захват (рис. 261) позволяет брать довольно крупные плоские предметы, например блюда. Он требует разведения пальцев под большими углами, причем большой палец, занимая крайние положения ретропозиции и разгибания, находится в положении максимальной контрпозиции. Он диаметрально противопоставляется безымянному пальцу (красные стрелки), с которым стягивает дугу в 180° , за которую цепляются указательный и средний пальцы. Мизинец заходит на другое полукружие таким образом, чтобы дуга, лежащая между ним и большим пальцем, была равна 215° ; эти два пальца, находясь в положении максимального разведения, «в октаве», как говорят пианисты, образуют с указательным пальцем «треугольный» захват почти правильной формы, а с остальными пальцами - **захват «паук»**, из которого предмет не может выпасть. Заметим, что эффективность такого захвата зависит от целостности дистальных межфаланговых суставов и от действия *мышцам ores digitorum profondi*.

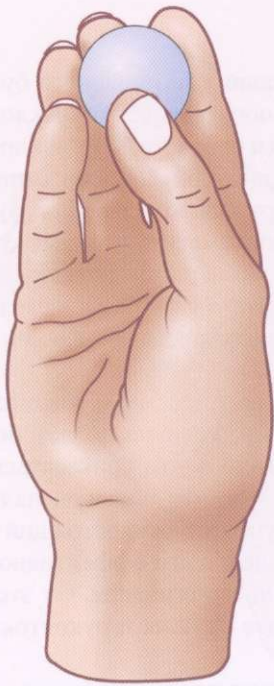


Рис. 257

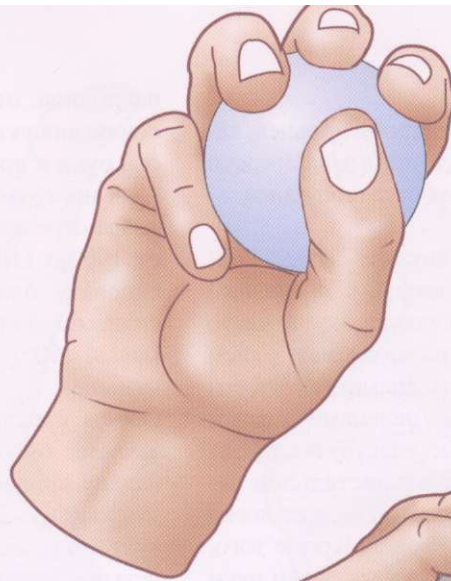


Рис. 258



Рис. 260

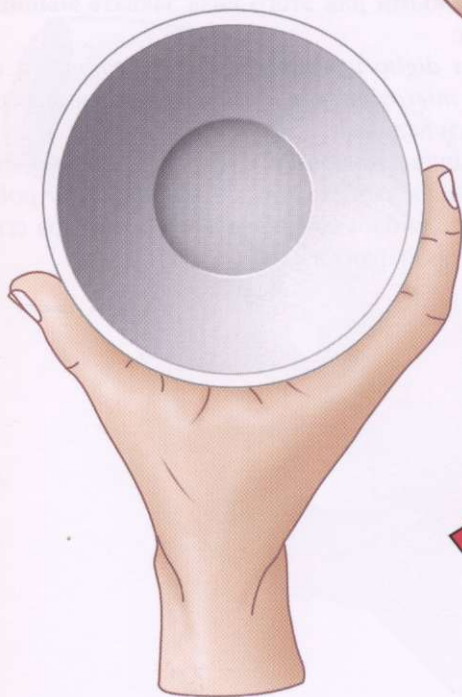


Рис. 259

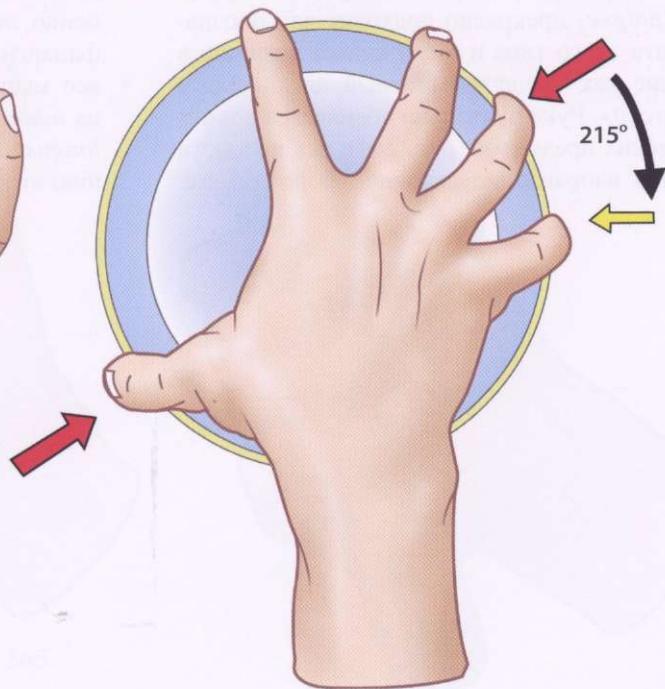


Рис. 261

Ладонные захваты

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

А. При **пальцево-ладонном захвате** (рис. 262) ладонь противопоставляется четырем 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 заблокирован. Кроме того, заметим, что ось захвата перпендикулярна оси руки и не совпадает с косым направлением ладонной борозды. Этот пальцево-ладонный захват может также использоваться для более крупных предметов, например стакана (рис. 263), но чем больше диаметр предмета, тем менее крепким будет захват.

В. Ладонный захват «всей рукой» или «всей ладонью» (рис. 264 и 265) является силовым захватом для тяжелых и относительно крупных предметов. Старинный и сегодня редко используемый термин «**хватка**» (*poigne*) прекрасно подходит для обозначения захвата этого типа и заслуживает возврата в употребление как предпочтительный английскому термину «*grasp*». Рука буквально обвивается вокруг цилиндрических предметов (рис. 264); ось предмета приводится в направление ладонной борозды, т.е.

наклонной, от основания гипотенарного бугорка до основания указательного пальца. Эта наклонность к оси руки и предплечья соответствует наклону рукоятки инструментов (рис. 265) и, к сожалению, приклада стрелкового оружия, которые образуют угол от 100 до 110°. Легко заметить, что легче компенсировать, благодаря ульнарному наклону запястья, слишком большой угол (120-130°), чем слишком малый (90°), так как радиальный наклон гораздо меньше.

Объем схваченного предмета обуславливает силу захвата: он оптимален, если позволяет большому пальцу прикоснуться (или почти прикоснуться) к указательному. Дело в том, что большой палец образует единственный упор, противостоящий нажиму четырех других пальцев, а его эффективность пропорциональна степени его сгибания. От этого зависит диаметр прикладов оружия и рукояток инструментов.

Форма хватаемого предмета также имеет значение, и поэтому сегодня изготавливают рукоятки с оттисками пальцев.

Необходимыми для этого вида захвата **мышцами** являются:

- *flexores digitorum superficialis* и *profondi* и особенно *interossei*: для сильного сгибания первой фаланги пальцев;
- все мышцы тенарного бугорка, особенно мышца *adductor pollicis brevis* и мышца *flexor pollicis longus*: для блокировки захвата благодаря сгибанию второй фаланги.



Рис. 263

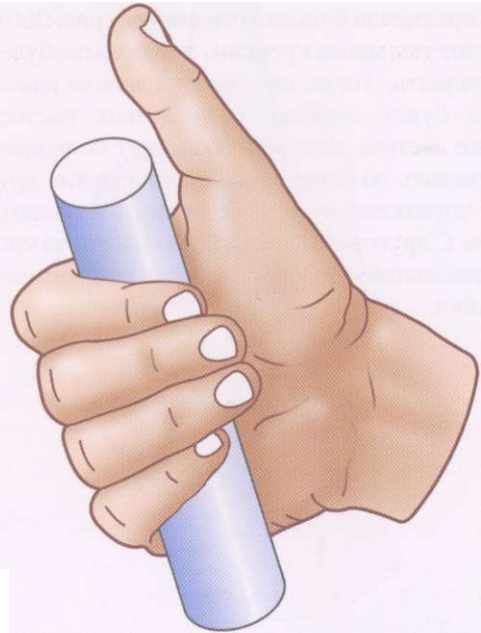


Рис. 262



Рис. 265

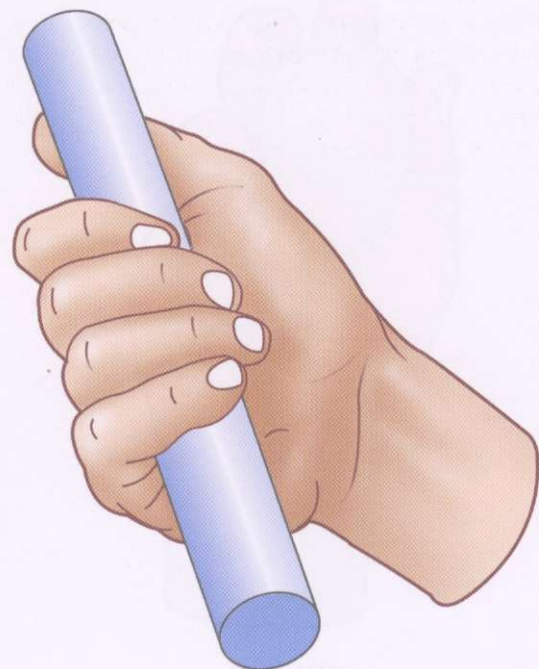


Рис. 264

1) Если цилиндрический ладонный захват используется для предметов большого диаметра (рис. 266 и 267), он будет тем менее крепким, чем больше будет диаметр предмета. Тогда, как мы уже видели ранее, блокировка будет зависеть от действия пястно-фалангового сустава, который позволяет большому пальцу следовать по директрисе цилиндра, т.е. кругу, самому короткому пути для совершения оборота вокруг него. С другой стороны, объем предмета требует максимальной степени свободы отодвигания первой спайки.

2) В сферических ладонных захватах могут участвовать три, четыре или пять пальцев. Если в них участвуют три (рис. 268) или четыре (рис. 269) пальца, последний из которых, будучи внутри - либо средний палец в трехпальцевом сферическом захвате, либо безымянный палец в четырехпальцевом сферическом захвате, - приходит во внешнее латеральное соприкосновение с предметом, образующим внутренний упор, поддерживаемый остальными пальцами, а именно, одним мизинцем или мизинцем совместно с безымянным. Этот упор противостоит давлению со стороны большого пальца, а предмет находится дистально заблокирован «крючком» или «крючками» пальцев, вступающих в ладонное соприкосновение с предметом.

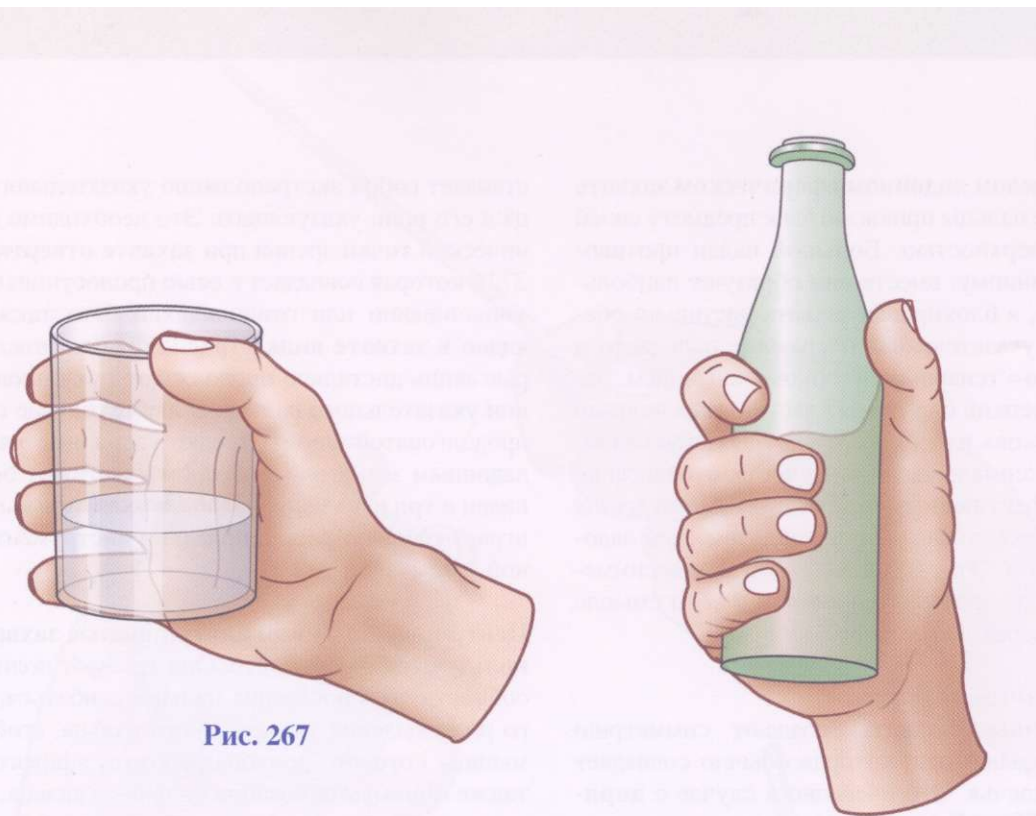


Рис. 267

Рис. 266

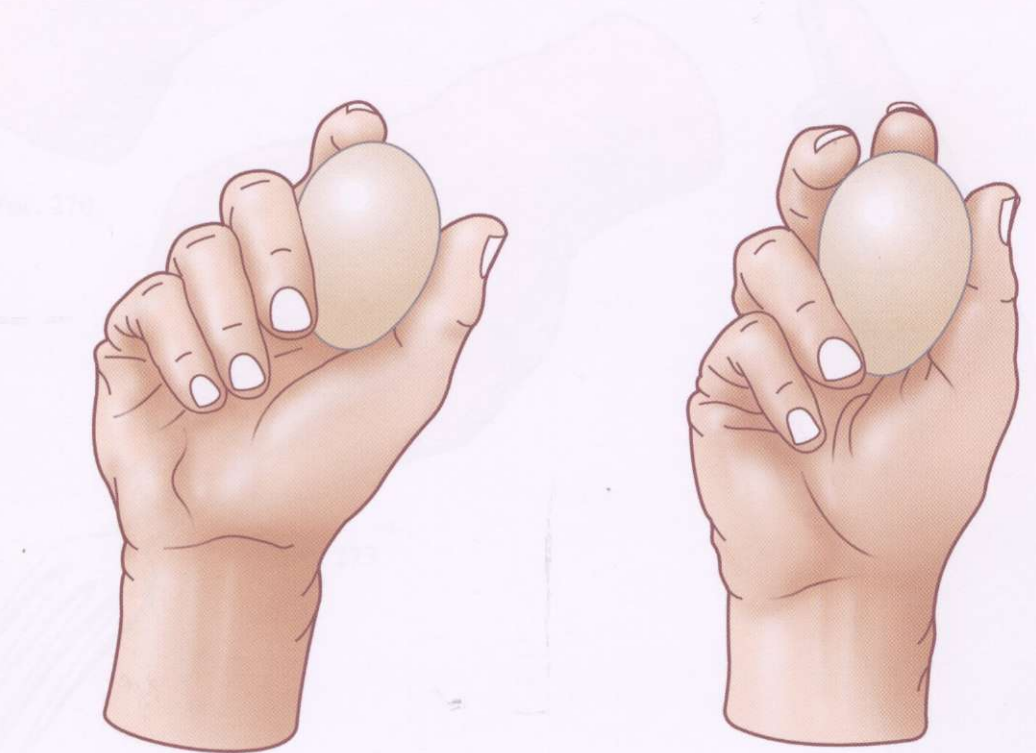


Рис. 268

Рис. 269

Рис. 271

В пятипальцевом ладонном сферическом захвате (рис. 270) все пальцы прикасаются к предмету своей ладонной поверхностью. Большой палец противопоставлен безымянному; вместе они образуют наибольший диаметр, а блокировка захвата дистально обеспечивается указательным и средним пальцами, а проксимально - тенарным бугорком и мизинцем. Захват очень крепкий благодаря участию всех пальцев в виде «крючков» и ладони. Это предполагает одновременно максимальные возможности отодвигания спайки и эффективность *Miniflexores superficialis* и *profondi*, обеспечивая соприкосновение всей ладони с предметом. Этот захват гораздо более симметричен, чем два предшествующих, и в этом смысле он является переходным к следующим.

Центрированные захваты

Центрированные захваты создают симметрию вокруг продольной оси, которая обычно совпадает с осью предплечья. Это очевидно в случае с **дирижерской палочкой** (рис. 271), которая в данном примере является лишь продолжением руки и пред-

ставляет собой экстраполяцию указательного пальца в его роли указующего. Это необходимо с механической точки зрения при **захвате отвертки** (рис. 272), которая совпадает с осью проносуляции при завинчивании или отвинчивании. Это также ясно видно в **захвате вилки** (рис. 273) или ножа, которые лишь дистально продолжают руку в направлении указательного пальца. В любом случае предмет продолговатой формы крепко удерживается в руке ладонным захватом, в котором участвуют большой палец и три последних пальца, а указательный палец играет главную роль в придании инструменту нужной ориентации.

Центрированные или дирекционные захваты используются очень часто. Они требуют полной способности трех последних пальцев сгибаться, полного распрямления указательного пальца, сгибающие мышцы которого должны работать эффективно, а также минимум оппозиции большого пальца, для которого сгибание межфалангового сустава не является необходимым.

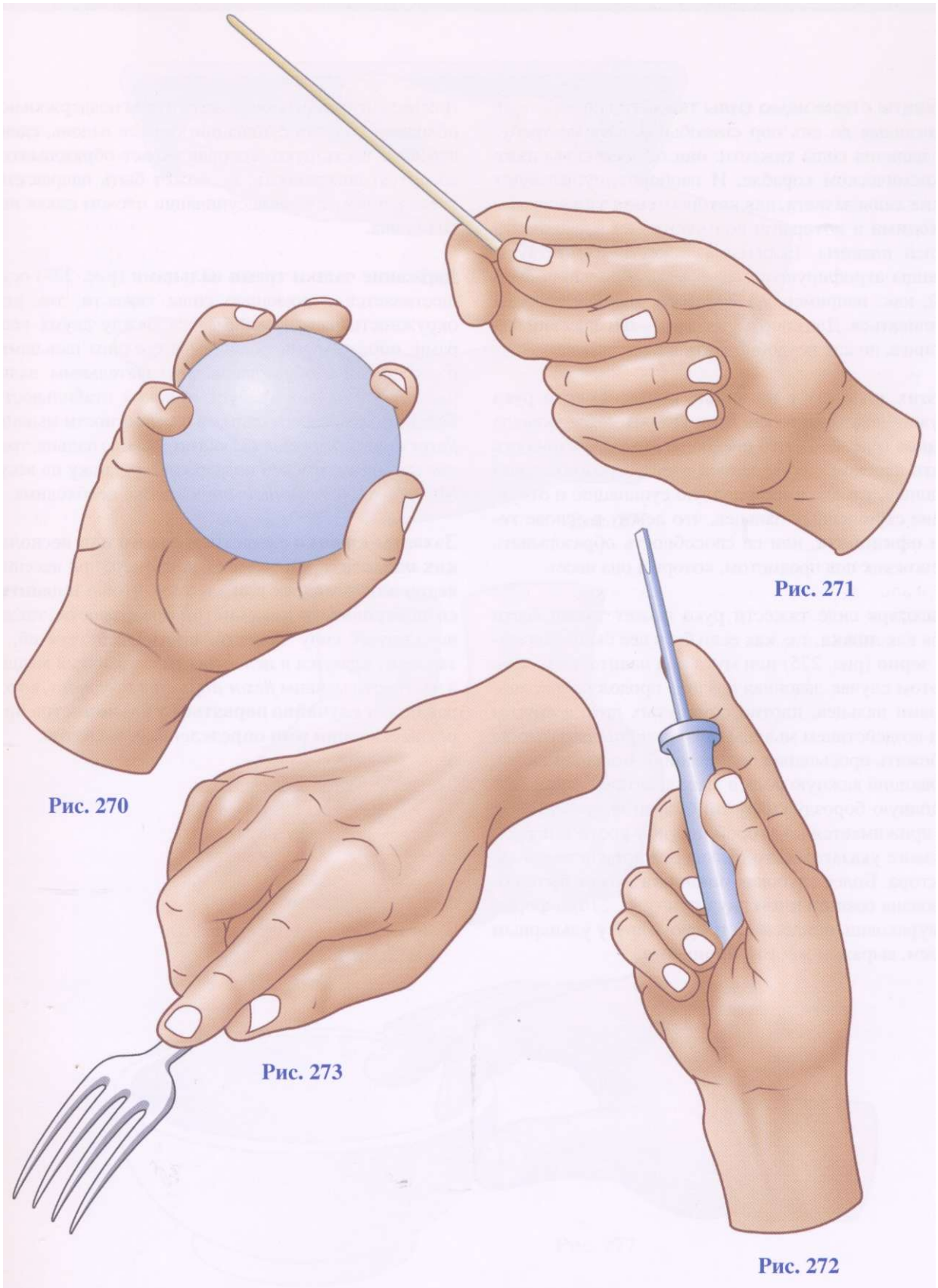


Рис. 270

Рис. 271

Рис. 273

Рис. 272

Захваты с помощью силы тяжести

Описанные до сих пор способы захвата не требуют наличия силы тяжести: они осуществимы даже в космическом корабле. И наоборот, существуют такие типы захвата, для которых **сила тяжести необходима** и которыми пользуются на поверхности нашей планеты. Если сила тяжести отсутствует, мышцы атрофируются, но если она больше обычной, как, например, на Юпитере, мышцы должны усиливаться. Для спортсменов это - физический вид допинга, но как неудобно жить в центрифуге!

В этих захватах с помощью силы тяжести рука служит подставкой, как если бы она поддерживала **поднос** (рис. 274), что предполагает ее способность стать плоской с обращенной вверх горизонтальной ладонью, т.е. мы имеем полную супинацию и отсутствие скрюченных пальцев, что лежит в основе **теста официанта**, или ее способность образовывать треножник под предметом, который она несет.

Благодаря силе тяжести рука может также вести себя как **ложка**, т.е. как если бы в нее были насыпаны **зерно** (рис. 275) или мука или налита жидкость. В этом случае ладонная впадина продолжается впадинами пальцев, плотно сомкнутых друг с другом под воздействием мышцы *interossei palmaris*, чтобы избежать просыпания (выливания). Большой палец, играющий важную роль в этом действии, закрывает ладонную борозду снаружи: будучи полусогнутым, он прижимается ко второй пястной кости и первой фаланге указательного пальца под воздействием аддуктора. Более глубокая **раковина** может быть образована **соединением двух рук** (рис. 276) в форме полураковин, прилегающих друг к другу ульнарным краем, выражая жест **приношения**.

Для всех этих способов захвата путем поддержки необходима полнота супинации: без нее ладонь, единственная часть руки, которая может образовывать вогнутую поверхность, не может быть направлена кверху, так как замена супинации плечом никак невозможна.

Держание чашки тремя пальцами (рис. 277) 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 целостности мышцы *flexor digitorum profundus* указательного пальца, третья фаланга которого поддерживает чашку на весу. Мышца *adductor pollicis brevis* также необходима.

Захваты-крючки с участием одного или нескольких пальцев, применяемые, например, при несении **ведра или чемодана** или для того, чтобы **зацепиться за неровности каменистой поверхности**, также используют силу тяжести, противодействуя ей, и также нуждаются в целостности сгибающих мышц, в частности мышцы *flexor digitorum profundus*, которая может **случайно порваться у альпинистов при осуществлении ими определенных захватов**.

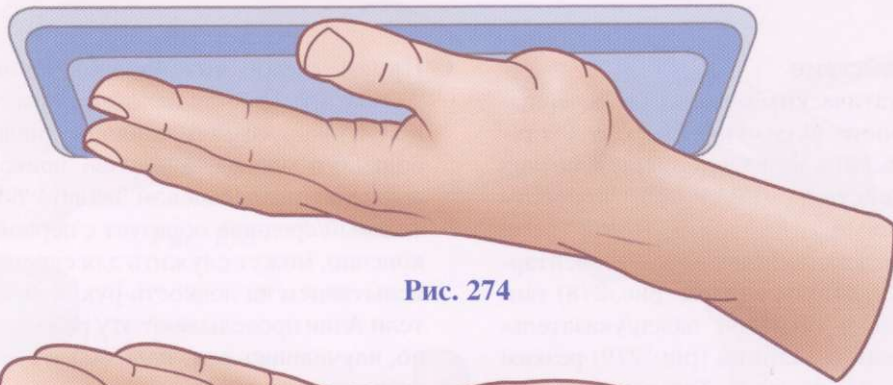


Рис. 274

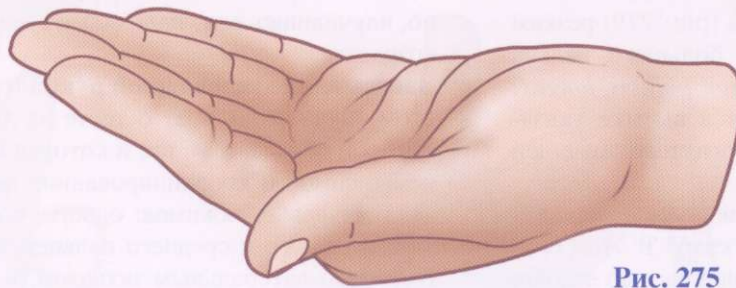


Рис. 275

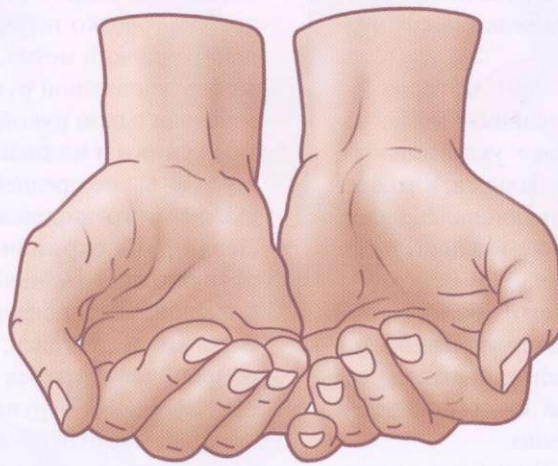


Рис. 276



Рис. 277

Захваты-плюс-действие

Уже описанные статические захваты не исчерпывают все возможности руки. Например, она **также способна брать**. Мы называем такие действия **захватами-плюс-действие (РРА)** или попросту **захватами-действиями**.

Некоторые из этих действий являются элементарными, как, например, **запуск волчка** (рис. 278) тангенциальным захватом большого палец/указательный палец или **бросание шарика** (рис. 279) резким расслаблением второй фаланги большого пальца под воздействием мышцы *extensor pollicis longus*; перед этим шарик удерживается в выемке указательного пальца, полностью согнутого мышцей *flexor profundus*.

Другие захваты сложнее, так как рука совершает **действие, направленное на нее саму**. В этом случае предмет, поддерживаемый одной частью ладони, подвергается воздействию со стороны другой ее части. Такие захваты-действия, когда рука воздействует сама на себя, неисчислимы; приведем некоторые примеры:

- **Зажигание зажигалки** (рис. 280), которое довольно похоже на бросание шарика, когда зажигалка удерживается в выемке указательного пальца и остальных последних пальцев, в то время, как согнутый крючком большой палец нажимает на механизм под воздействием *мышц flexor pollicis longus* и тенарных мышц.
- **Нажатие кнопки аэрозольного баллончика** (рис. 281): в этом случае предмет удерживается ладонным захватом, а указательный палец, согнутый крючком, нажимает на кнопку под воздействием мышцы *flexor profundus*.
- **Резание ножницами** (рис. 282): кольца надеваются, с одной стороны, на большой палец, а с другой, на средний или безымянный. Главным двигателем является большой палец, как при закрывании ножниц действием тенарных мышц, так и при их открывании мышцей *extensor pollicis longus*. Если раскрытие ножниц повторяется профессиональным движением, оно может вызвать разрыв этой разгибающей мышцы. Указательный палец направляет ножницы, что является примером **захват-плюс-направляющее действие**.

- **Прием пищи китайскими палочками** (рис. 283), когда одна из палочек остается неподвижной, блокируемой безымянным пальцем в спайке большого пальца, а другая, приводимая в движение в трехпальцевом захвате большой/указательный/средний, образует с первой щипцы. Это, конечно, может служить для европейца хорошим испытанием на ловкость рук, в то время как жители Азии продельвают эту работу бессознательно, научившись есть палочками с самого раннего возраста.
- **Завязывание узлов одной рукой** (рис. 284). И в этом случае речь идет о тесте на ловкость рук, которой обладают не все и которая предполагает независимое и координированное действие двух двухпальцевых зажимов: одного, состоящего из указательного и среднего пальцев, действующего латеро-латеральным захватом, и другого, состоящего из большого и безымянного пальцев, осуществляющего поллиси-дигитальный захват, довольно редко используемый. **Хирурги** применяют похожий метод, более простой, для завязывания узлов одной рукой. Такие многочисленные действия одной рукой весьма часто продельвают **фокусники и иллюзионисты**, ловкость которых гораздо выше средней и поддерживается каждодневными тренировками.
- **Левая рука скрипача** (рис. 285) или **гитариста** осуществляет мобильный захват плюс действие: большой палец поддерживает гриф («рукоятку») скрипки и, двигаясь, служит противоположной опорой для четырех других пальцев, которые, прижимаясь к струнам, формируют звуки. Это давление на струну должно быть одновременно точным, твердым и модулированным, **чтобы создавать вибрато**. Эти сложные действия являются результатом продолжительного обучения, и умение их производить должно поддерживаться каждодневными упражнениями.

Каждый читатель может сам открыть для себя все разнообразие захватов-плюс-действие, которые являются самыми отработанными видами работы руки, обладающей всей полнотой своей функциональности, и могут служить **тестами на функциональность**.

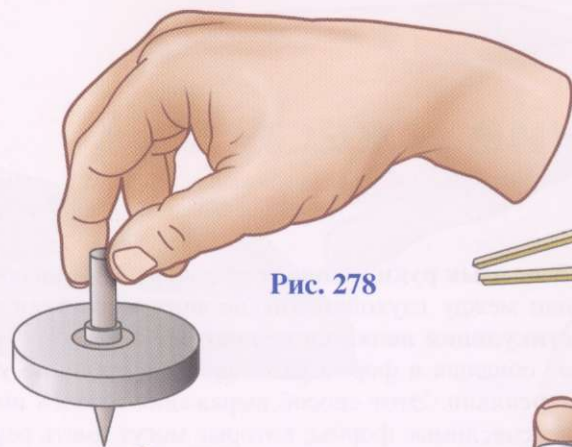


Рис. 278

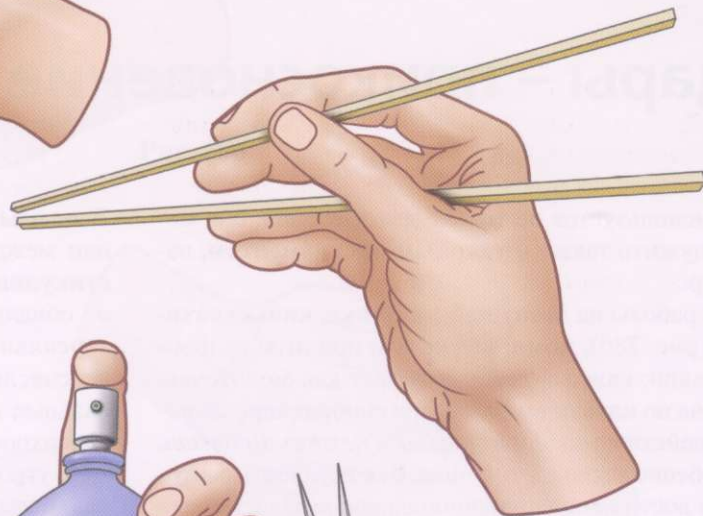


Рис. 283

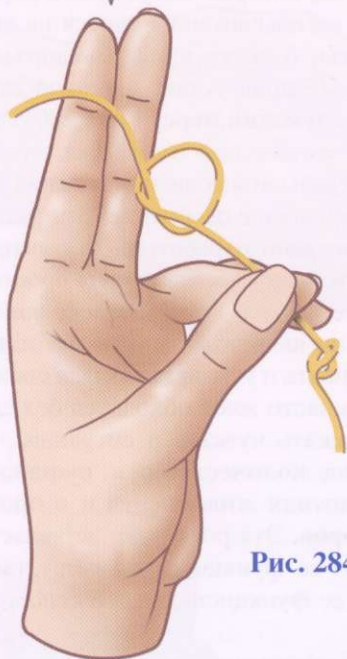


Рис. 284



Рис. 281

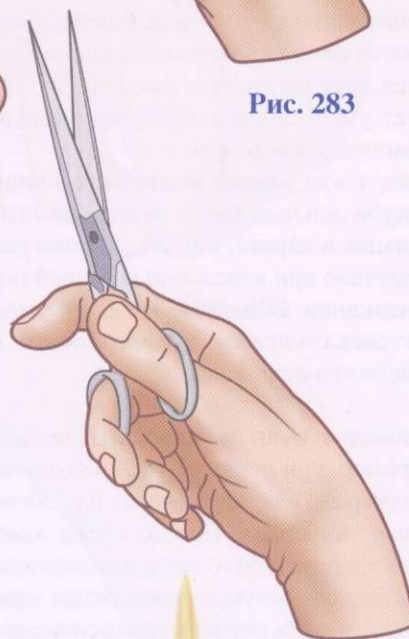


Рис. 282

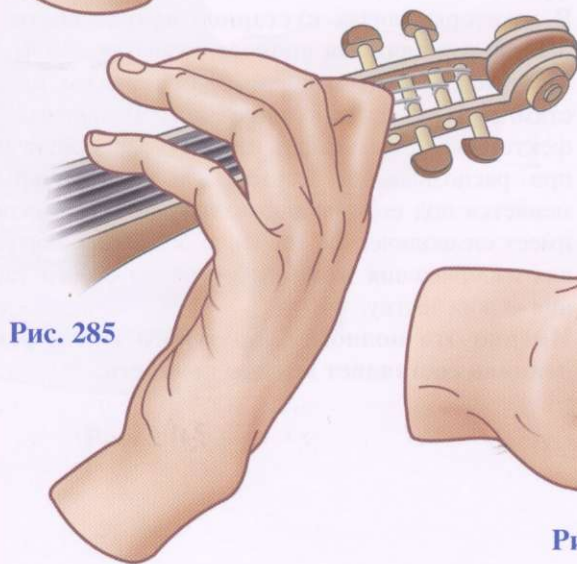


Рис. 285

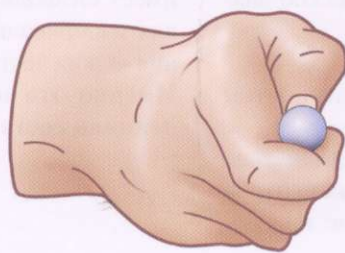


Рис. 279

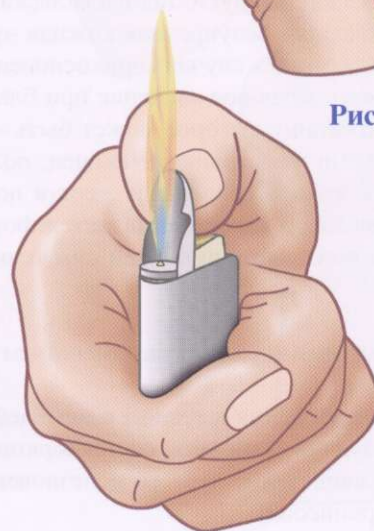


Рис. 280

Удары - прикосновение - жест

Рука используется не только для хватания, она может служить также и **ударным инструментом**, например:

- для работы на **пишущей машинке, калькуляторе** (рис. 286), **компьютере** или при игре на фортепьяно: каждый палец работает как молоточек, стуча по клавишам благодаря скоординированному действию мышц *interossei* и *flexores digitorum*, особенно мышцы *profundus*. Вся трудность состоит в достижении функциональной независимости пальцев друг от друга и рук одна от другой, что требует умственной и мускульной подготовки и постоянной тренировки;
- в драке, когда **удары наносятся кулаком** (рис. 287): кубитальным краем руки в боксе или концами пальцев в карате, или же широко распластанной ладонью при нанесении обычной пощечины;
- при щелкании пальцами, когда средний палец с силой соскальзывает с поверхности большого пальца на его основание.

Прикосновение руки может быть весьма легким, как, например, при **ласках** (рис. 288), которые играют главную роль в общественных и особенно эмоциональных отношениях. Нужно также заметить, что как для ласкающей руки, так и для ласкаемого предмета необходима безупречная кожная чувствительность. В некоторых случаях прикосновение двух рук может иметь лечебное значение при благословении (рукоположении), которое может быть «эффективным» даже на расстоянии. Наконец, пожатие руки (рис. 289), самый банальный жест в повседневной жизни западного человека, является формой общественных контактов, имеющей символическое значение.

Жестикуляция является незаменимым атрибутом руки.

Она осуществляется в тесном взаимодействии лица с рукой, будучи зависимой от подкорковых центров (об этом свидетельствует ее исчезновение при болезни Паркинсона).

Этот **язык руки и лица** кодифицируется при общении между глухонемыми, но **инстинктивная жестикуляция является вторым языком**; в отличие от общения в форме разговора его **значение универсально**. Этот способ выражения мыслей имеет неисчислимые формы, которые могут иметь региональные варианты, но обычно понимаются на всей поверхности планеты, будь то кулак, поднятый в знак угрозы (рис. 282), приветствие широкой ладонью в знак мира, **указующий перст** (рис. 290. Рука святого Фомы на Изенгеймском иконостасе художника Матиаса Груневальда) как знак обвинения или **аплудисменты**, означающие одобрение. Эта жестикуляция профессионально отрабатывается актерами театра, но является инстинктивной для простого человека, причем тем более неукротимой, живой, чем более южным он является. Ее цель состоит в том, чтобы подчеркивать и усиливать смысл словесного выражения, но часто жест обходится без слов и может один выражать чувства и ситуации, чем объясняется **большое количество рук, выражающих жесты на полотнах живописцев и в произведениях скульпторов**. Эта роль руки не является наименее важной из ее функций, она имеет такое же значение, как и ее функциональная и сенсорная функции.

В некоторых видах **кустарной деятельности**, например в **гончарном производстве** (рис. 291), рука мастера скользит одновременно по всем плоскостям, играя роль исполнительного механизма (эффлектора) в формовании изделия, сенсорную роль при распознавании формы, которая непрерывно меняется под его «рабочими ласками», и, наконец, имеет символическое значение, когда используется для изображения жеста приношения своего творчества человечеству.

Именно эта полнота творческого жеста ремесленника составляет всю его ценность.



Рис. 286

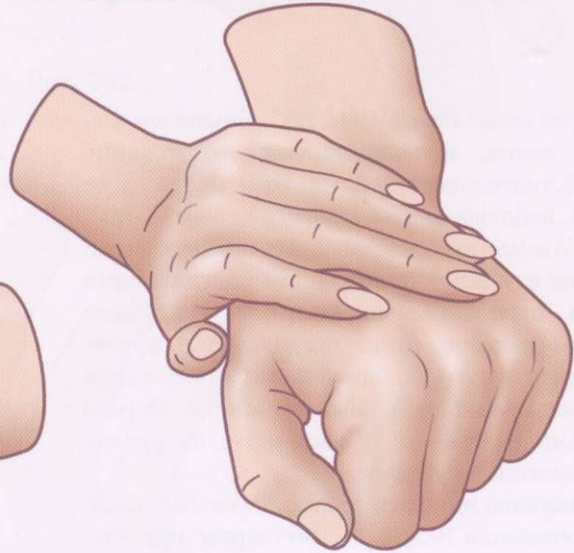


Рис. 288

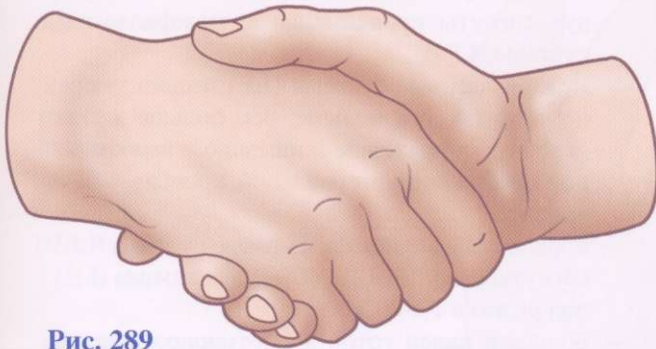


Рис. 289

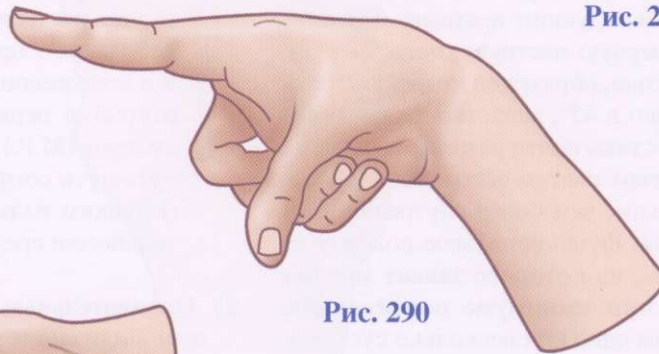


Рис. 290

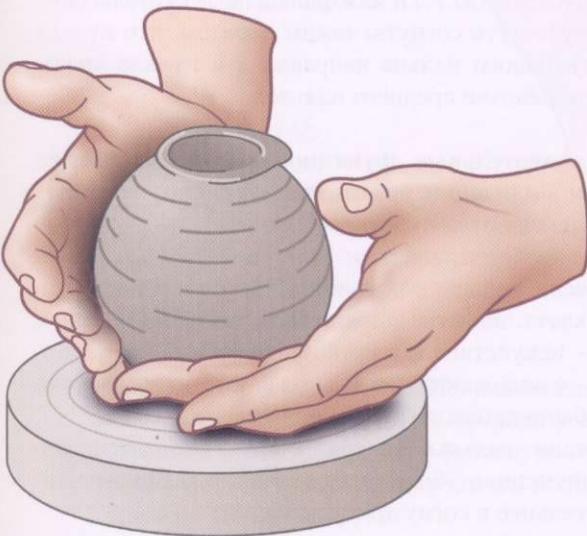


Рис. 291

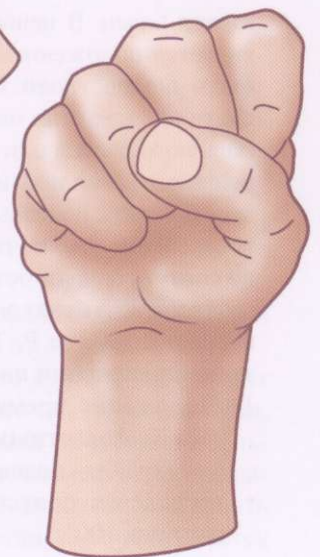


Рис. 287

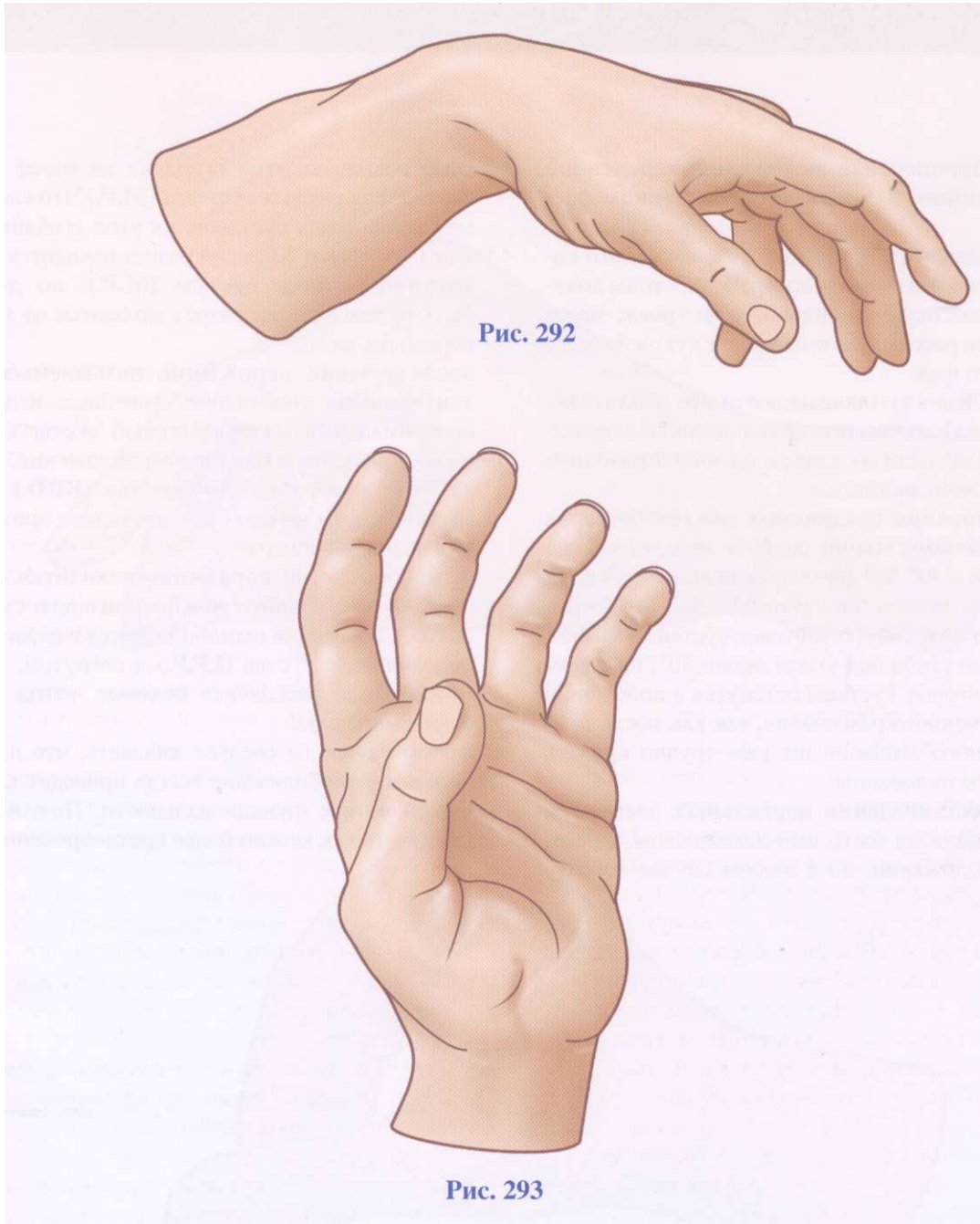
Функциональное положение руки и ее иммобилизация

В первый раз описанное в 1948 г. С. Бюннелем как состояние покоя, **функциональное положение руки** в действительности сильно отличается от ее положения, наблюдаемого у спящего человека (рис. 292. Рука Адама, изображенная Микеланджело) и которое еще называют **положением расслабления или покоя**, являющимся также и болеутоляющим положением раненой руки: предплечье в пронации, запястье согнуто, большой палец в положении аддукции-ретропозиции, спайка сомкнута, пальцы относительно разогнуты, в частности, на уровне пястно-фаланговых суставов.

Функциональное положение (рис. 293 и 294) было подробно описано в 1951 г. У. Литтлером: предплечье в полупронации, запястье разогнуто на 30°, находится в положении аддукции и ставит большой палец, в частности первую пястную кость, на одну линию с лучевой костью, образуя со второй пястной костью угол примерно в 45°, запястно-фаланговый и межфаланговый суставы почти разогнуты, пальцы слегка согнуты, причем пястно-фаланговые суставы согнуты тем больше, чем более внутренним является палец. В целом функциональное положение является положением, **из которого захват мог бы быть осуществлен при минимуме подвижности суставов**, как если бы один или несколько суставов большого пальца или других пальцев оказались сращенными (анкилоз), или из которого было бы легко восстановить полезные движения, так как противопоставление уже почти достигнуто и остается только согнуть один из остальных суставов на несколько градусов, что будет достаточно для его дополнения. Однако в 1973 г. Р. Тубьяна дал определение **трех типов положения покоя**:

1) Положение временной иммобилизации, называемое «защитным» (рис. 295), которое стремится сохранить подвижность руки в последующем:

- предплечье полусогнуто, пронация, локоть согнут под 100°;
 - запястье разогнуто на 20° и находится в положении незначительного отведения;
 - пальцы согнуты тем в большей степени, чем более внутренними они являются:
 - пястно-фаланговые суставы (М.Р.) согнуты на 50-80°, тем в большей степени, чем меньше будут согнуты проксимальные межфаланговые суставы (I.P.P.);
 - межфаланговые суставы (I.P.) весьма умеренно согнуты, тем меньше, чем больше желают ослабить напряжение и ишемию - недостаточное снабжение артериальной кровью - на их уровне;
 - проксимальные межфаланговые суставы (I.P.P.) согнуты под углом 10-40°, а дистальные (I.P.) - под углом в 10-20°;
 - большой палец готов к противопоставлению: первая пястная кость находится в положении небольшого приведения (аддукции), но также и в положении антепозиции, обеспечивающим открытие первой спайки, пястно-фаланговые суставы (М.Р.) и межфаланговые суставы (I.P.) чуть-чуть согнуты таким образом, что пульпа большого пальца направлена к пульпе указательного и среднего пальцев.
- 2) Окончательные функциональные положения иммобилизации**, называемые «фиксирующими»: Они зависят от конкретного случая:
- Что касается запястья:
 - если пальцы сохранили свои способности захвата, запястье должно быть зафиксированным - искусственно иммобилизованным (артродез)
 - в положении разгибания на 25°, чтобы можно было привести руку в положение захвата;
 - если пальцы потеряли свою хватательную функцию, блокировка запястья предпочтительнее в согнутом положении;
 - если оба запястья окончательно приведены в положение иммобилизации, необходимо заблокировать одно из них в согнутом положении в целях соблюдения промежуточной гигиены; использование трости должно блокировать запястье в



выпрямленном положении. Использование двух тростей должно приводить к артродезу (искусственной иммобилизации) в разогнутом на 10° положении доминирующей руки и в положении сгиба на 10° другой руки.

Предплечье оказывается в неподвижности в более или менее полной pronации.

Что касается запястно-фаланговых суставов, их угол сгибания составляет от 35° для указательного пальца и до 50° для мизинца.

- Для проксимальных межфаланговых суставов угол сгибания варьируется от 40 до 60° .
- Артродез запястно-пястного сустава происходит в определенном для каждого случая положении, но каждый раз, когда должен быть окончательно заблокирован один из элементов поллицидигитального зажима, необходимо учитывать возможности движения ветви, которая остается подвижной.

3) Нефункциональные положения «временной иммобилизации» - положения частичного расслабления.

Они оправдывают себя только в течение самого короткого, насколько возможно, времени, чтобы получить более высокую стабильность на уровне места перелома или расслабление на уровне сухожильного или нервного шва.

Риск наступления тугоподвижности в результате венозного и лимфатического застоя высок. Но он значительно ниже, если соседние с иммобилизованным суставы активно двигаются:

- после **сшивания срединного, локтевого нерва или сгибающих мышц** запястье может сгибаться до угла в 40° без серьезных последствий в течение трех недель, но самое важное, это иммобилизовать пястно-фаланговые суставы (M.P.) в положении сгиба под углом около 80° ; при этом межфаланговые суставы останутся в положении их естественного разгибания, так как после принудительного сгибания им уже трудно придать разогнутое положение;
- после **восстановления дорсальных элементов** суставы должны быть иммобилизованы в разогнутом положении, но в любом случае необхо-

димо сохранять угол сгибания не менее 10° в пястно-фаланговых суставах (M.P.) Что касается межфаланговых суставов, их угол сгибания может быть равен 20° , если разрез находится выше запястно-пястного сустава (M.P.), но должен быть нулевым, если разрез находится на уровне первой фаланги;

- после **лечения поражений, называемых «бу-тоньерками»** (небольшие линейные надрезы), проксимальный межфаланговый сустав (I.P.P.) иммобилизуется в разогнутом положении, а дистальный межфаланговый сустав (I.P.D.) в согнутом, чтобы можно было дистально притянуть разгибающий аппарат;
- и наоборот, если **поражение находится около сустава дистального межфалангового сустава (I.P.D.)**, последний иммобилизуется в разогнутом положении, а сустав (I.P.P.) в согнутом, чтобы можно было расслабить боковые ленты разгибающей мышцы.

В любом случае не следует забывать, что продолжительная иммобилизация всегда приводит к определенной потере функциональности. Поэтому она должна быть как можно более кратковременной.

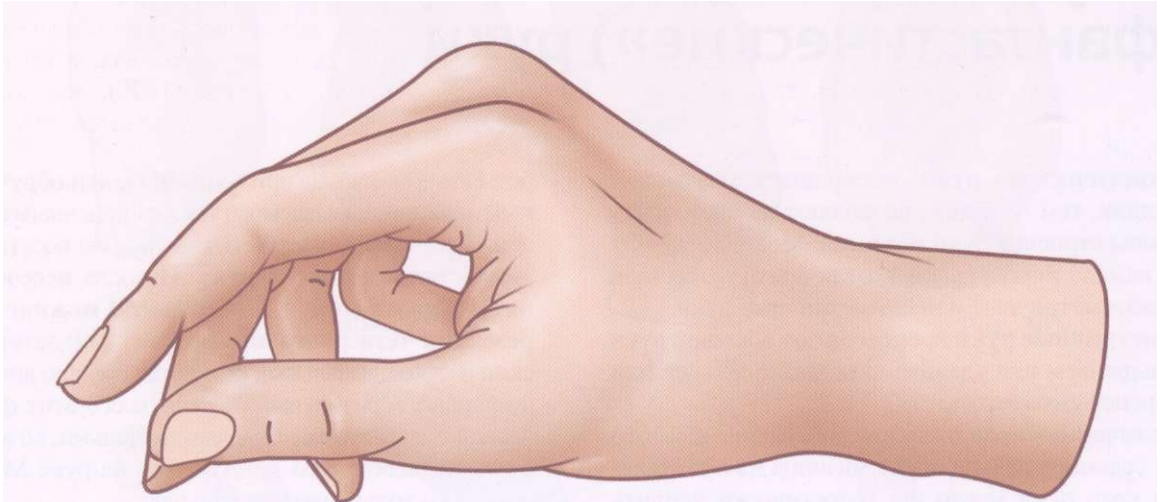


Рис. 294

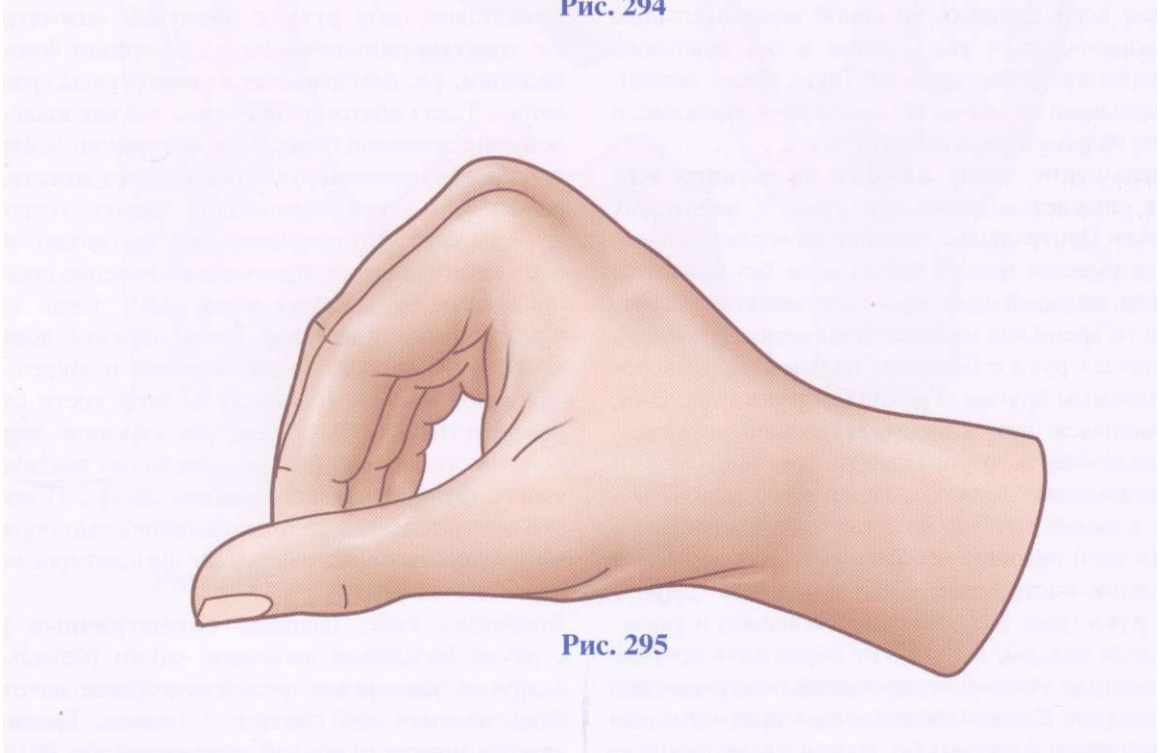


Рис. 295

Ампутированные и воображаемые («фантастические») руки

«Фантастические» руки, являющиеся плодом воображения, тем не менее, позволяют лучше понять принципы строения руки человека. Можно было бы найти немало иных решений, отличных от обычной руки: асимметричные или симметричные руки.

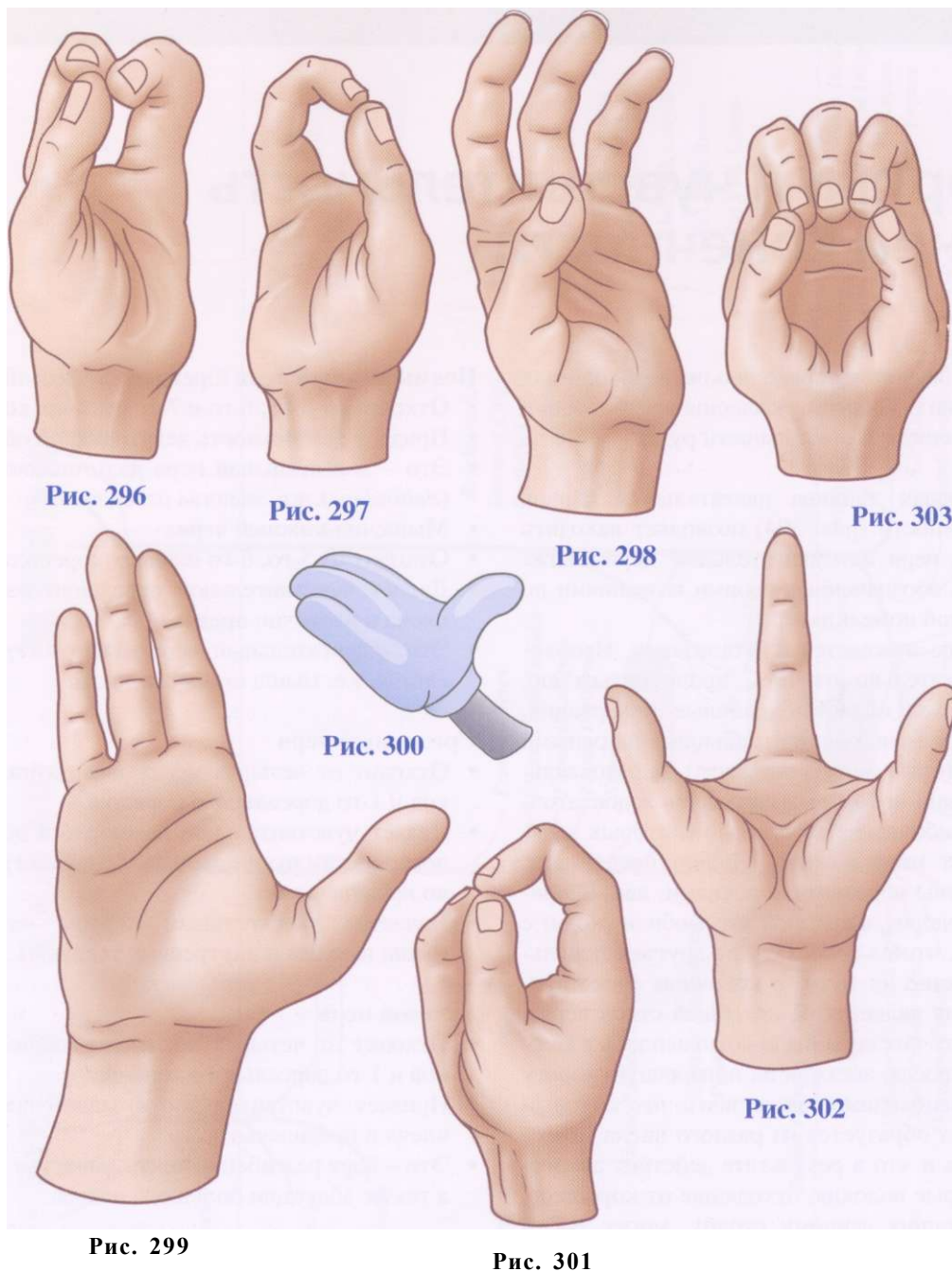
Асимметричные руки происходят от обычной руки с уменьшением или увеличением числа пальцев или с инверсией симметрии.

- 1) **Увеличение числа пальцев:** добавление шестого или седьмого пальца после мизинца на кубитальном крае руки могло бы теоретически усилить захват всей ладонью, но ценой нежелательного функционального усложнения и без реального повышения эффективности. Такие руки с лишними пальцами являются врожденными пороками, и такие пальцы нужно ампутировать.
- 2) **Уменьшение числа пальцев до четырех или трех** снижает возможности руки. У некоторых обезьян Центральной Америки на верхней конечности имеется четырехпалая рука без большого пальца, который один позволяет цепляться за ветки, в то время как на нижней конечности имеется пятипалая рука с большим пальцем, противопоставляемым другим. **Трехпалая рука** (рис. 296), являющаяся результатом ампутаций, сохраняет способность осуществлять трехпальцевые и двухпальцевые захваты, чаще всего используемые и самые точные, но теряет возможность захвата всей ладонью необходимого для держания рукояток инструментов или прикладов. **Двупалая рука** (рис. 297), имеющая большой и указательный пальцы, еще может образовать крючок с помощью указательного пальца и двухпальцевый захват для хватания мелких предметов, но трехпальцевые захваты и захваты всей ладонью она осуществить не может. Однако какой непредвиденный результат может дать сохранение или восстановление такой двупалой руки для некоторых инвалидов с ампутированной рукой!
- 3) **После поражений мизинца** - конечная ампутация в случае болезни (контрактуры) Дюпоитрена или

безымянного пальца при сдирании кожи обручальным кольцом, называемого также «колечным пальцем» - хирурги могут быть вынуждены восстанавливать **четырепалую руку**. И после **иссечения пятого пальца** (рис. 298), и после **межпястной резекции четвертого пальца** (рис. 299) эстетический и функциональный результат обычно довольно удовлетворительный, и чаще всего этот физический недостаток не замечается людьми, которые о нем не знают. Кто заметил, что на руке Микки (рис. 300) только четыре пальца?

Представим себе **руку с обратной симметрией**, т.е. с **пятью пальцами, но с ульнарным большим пальцем**, т.е. находящимся на внутреннем краю ладони... Такая анатомия изменила бы наклонное положение ладонной борозды: в положении нейтральной проносупинации рукоятка молотка, вместо того чтобы быть косо обращенной кверху, будет наклонена вниз, что помешает бить по гвоздю сверху вниз, если только нейтральное положение проносупинации не будет иметь знака $+180^\circ$; тогда ладонь будет вывернута наружу! Таким образом, локтевая кость пройдет над лучевой костью, и закрепление двуглавой мышцы (бицепса) на этой кости станет неэффективным. В общем, все строение верхней конечности должно быть изменено без достижения явного функционального преимущества. И потому это доказательство *ab absurdo* полностью оправдывает существование радиально имплантированного большого пальца!

Вообразим себе, наконец, **симметричные руки** с двумя большими пальцами, одним радиальным, а другим ульнарным, между которыми находятся один, два или три срединных пальца. **Трехпалая симметричная рука**, самая простая (рис. 301), может осуществлять два поллиси-дигитальных зажима, один зажим между двумя большими пальцами и трехпальцевый захват (рис. 302) путем противопоставления обоих больших пальцев указательному, т.е. четыре точных захвата. Можно также представить себе захват «всей ладонью» между двумя боль-



шими пальцами, с одной стороны, и ладонью и указательным пальцем - с другой. Обладая некоторой силой, такой захват имел бы все же серьезный недостаток: его симметрия приводила бы рукоятку инструмента в положение, перпендикулярное оси предплечья; однако мы знаем, что наклонность рукоятки в сочетании с проносупинацией позволяет изменять направление инструмента. То же самое относится ко всем **симметричным** рукам с двумя или тремя

средними пальцами внутри (рис. 303), т.е. с пятью пальцами, из которых два большие. У попугаев имеется два задних пальца, образующих симметричный захват, позволяющий им прочно держаться на ветке, но ведь это не наша проблема! Другим последствием двупалой руки было бы симметричное строение предплечья. А что тогда случится с проносупинацией?

Моторика и чувствительность верхней конечности

Эта страница является справочником необходимых неврологических понятий, касающихся моторики верхней конечности и стабильности руки.

Большая сводная таблица двигательных нервов верхней конечности (рис. 304) позволяет находить двигательный нерв или двигательные нервы каждой из мышц, обозначенных своими названиями по Международной номенклатуре.

Эта таблица не нуждается в детализации. Необходимо ее внимательно изучить, проникнуться ею, признавая раздел областей, двойные иннервации, а также анастомозы между большими нервными стволами, которые могут объяснить парадоксальные констатации некоторых признаков недостаточности или ошибочные результаты некоторых электрологических исследований. Нужно представить себе эти обмены нервными волокнами, как, например, сеть автодорог, в которой автомобили сходят с одной дороги, чтобы переехать на другую, используя соединяющие их пути: в конечном счете пунктом прибытия является не исходный ствол нерва, а соседний. Это как если бы вы отправились в Бордо вместо Марселя, заезжая на поперечную дорогу с Макона... Необходимо также знать, что крупный нервный ствол образуется из разного числа мозговых корешков и что в результате действия анастомозов некоторые волокна, отходящие от корешков, не принадлежащих данному столбу, могут также заканчиваться в непредвиденном месте. Варианты бесчисленны и непредсказуемы, но средняя схема, к счастью, подтверждается в большинстве случаев.

Подмышечный нерв (прежний N.Circonflexe)

- Отходит от 5-го, 6-го и 7-го шейных корешков.
- Придает стабильность дельтовидной области.
- Это - двигательный нерв дельтовидной мышцы (*.deltoideus*), т.е. мышцы отведения.
- Мышечно-кожный нерв.
- Отходит от 5-го, 6-го шейных корешков.
- Делает чувствительной переднюю поверхность плеча и частично предплечья.
- Это - двигательный нерв мышц *biceps* и *brachialis*, т.е. мышц сгибания локтя.

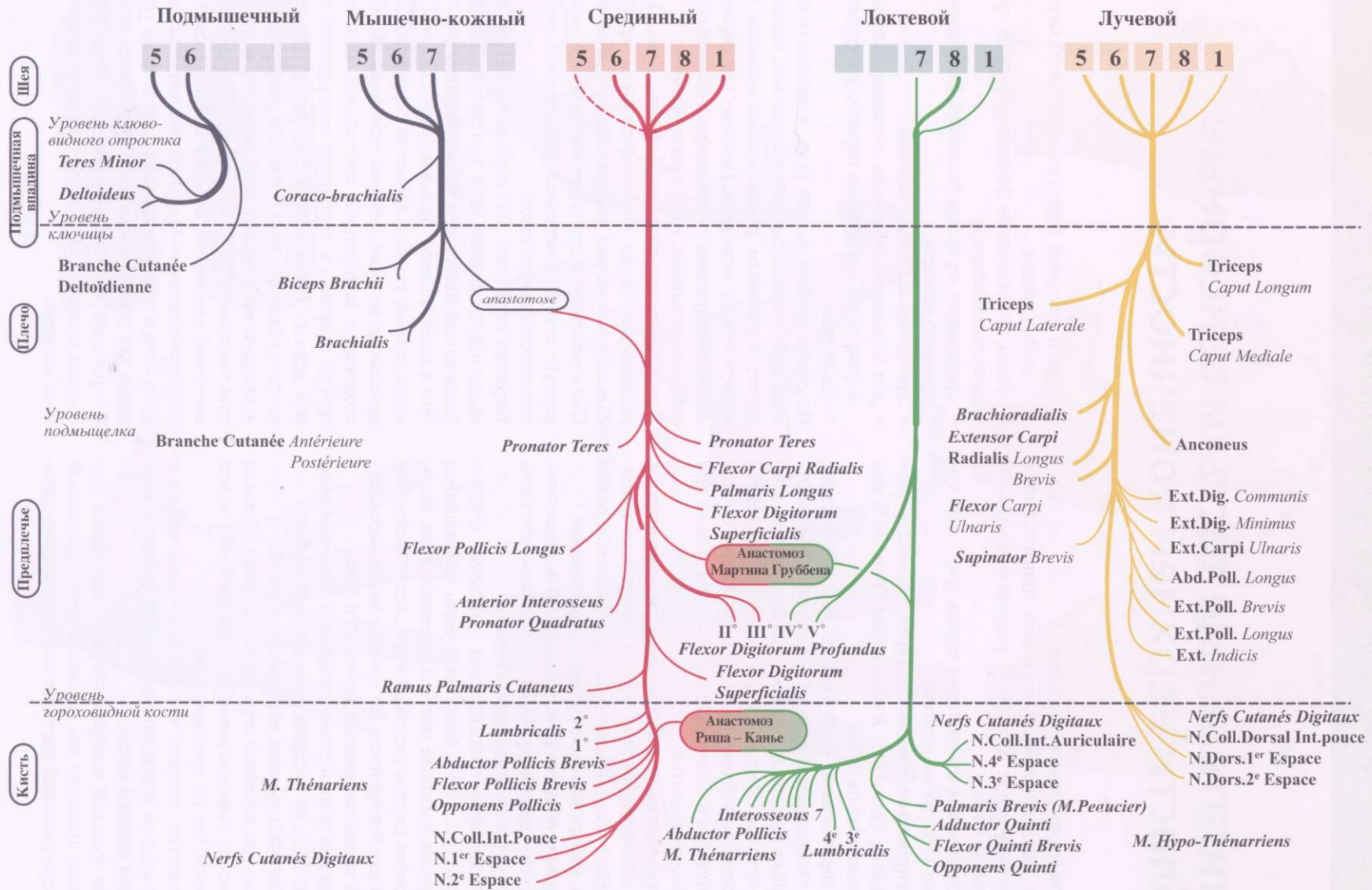
Срединный нерв

- Отходит от четырех последних шейных корешков и 1-го дорсального корешка.
- Делает чувствительной ладонную и дорсальную поверхности руки и пальцев (см. далее) и частично предплечья.
- Является двигательным нервом межкостных мышц пальцев и внутренних тенарных мышц.

Лучевой нерв

- Отходит от четырех последних шейных корешков и 1-го дорсального корешка.
- Придает чувствительность задней поверхности плеча и предплечья.
- Это - нерв разгибания локтя, запястья и пальцев, а также абдукции большого пальца.

Сводная таблица двигательных нервов верхних конечностей (рис. 304)



Двигательные тесты и сенсорные области верхней конечности

Пульпа (подушечки) пальцев

Тесты на деятельность главных двигательных нервов позволяют установить разрыв или паралич нервного столба:

- **тестирование срединного нерва** (рис. 305) состоит в закрытии кулака;
- **тестирование локтевого нерва** состоит в раздвигании (рис. 306) и сближении (рис. 307) выпрямленных пальцев;
- **тестирование лучевого нерва** (рис. 308) состоит в активном разгибании запястья, разгибании и отведении большого пальца. Заметим, что разгибаются только пястно-фаланговые суставы (М.Р.) пальцев: межфаланговые суставы (I.P.) остаются согнутыми и полностью разгибаются только при сгибании запястья;
- **тестирование лучевого нерва, примыкающего к локтевому нерву** (рис. 309), отличается от предыдущего тестирования только возможностью разгибать межфаланговые суставы одновременно.

Сенсорные области руки должны быть досконально изучены для того, чтобы можно было уточнить диагноз нервной недостаточности.

- Нет проблем относительно *ладонной поверхности* (рис. 310): срединный нерв, находящийся снаружи (розовый цвет), и локтевой нерв, находящийся внутри (зеленый цвет), делят между собой эту поверхность по прямой линии, проходящей точно посередине четвертого луча.
- Сложнее дело обстоит с *тыльной поверхностью* (рис. 311), по которой проходят *три нерва*:
 - снаружи лучевой нерв (желтый цвет);
 - внутри локтевой нерв (зеленый цвет). Граница между этими двумя областями проходит по оси руки, т.е. по третьему лучу;
 - заметим, однако, что это относится только к тыльным поверхностям первых фаланг и первой пястной кости;
 - по тыльной поверхности двух последних фаланг проходят два ладонных нерва: срединный нерв (розовый цвет) вне оси безымянного паль-

ца и локтевой нерв (зеленый цвет) внутри от этой границы.

В общем, две последние фаланги обладают чувствительностью благодаря:

- срединному нерву для большого, указательного и среднего пальцев;
- локтевому нерву для мизинца;
- для безымянного пальца: внешняя половина иннервируется срединным нервом, а внутренняя - локтевым.

Не следует забывать, что рука, в частности пульпа, обладает густой сетью сосудов и нервов, так как рука является **главным рецепторным органом** одного из пяти чувств: **осзания**. Поэтому она управляется весьма обширными участкам коры головного мозга, как двигательными, так и сенсорными.

Васкуляризация пальцевой пульпы (рис. 312) обеспечивается *двумя коллатеральными артериями* пальца (одна из них изображена красным цветом). Они сообщаются друг с другом через густую пульпарную сеть и поперечные анастомозы, окружающие каждый из суставов.

Нервная сеть (рис. 312) образуется весьма обширными ответвлениями двух коллатеральных нервов (один из них изображен зеленым цветом).

Что касается самой **пульпы** (рис. 313), она состоит из особой ткани с ячеистой структурой, соединительные волокна которой прикреплены, с одной стороны, к надкостнице дистальной фаланги, а с другой стороны, к глубинной поверхности пальцевой дермы. Такая структура придает ей эластичность и механическую прочность, необходимые для установления контакта при захватах, а также для чувствительности. С краю пульпа поддерживается *ногтевой пластиной*, которой принадлежит главная роль в обеспечении ее функциональных качеств.

Подушечки пальцев являются настоящими сокровищами для ремесленников и художников, пианистов и скрипачей: банальный панариций способен их повредить и сделать окончательно непригодными к использованию.

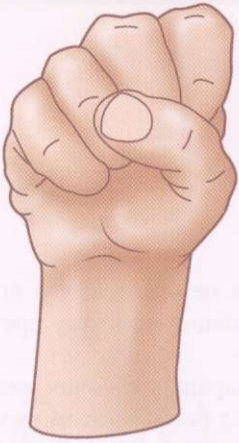


Рис. 305

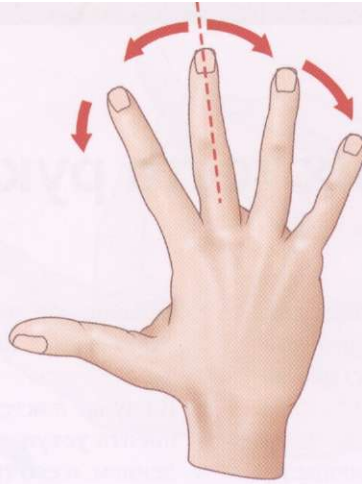


Рис. 306

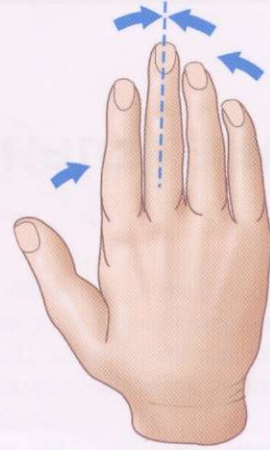


Рис. 307

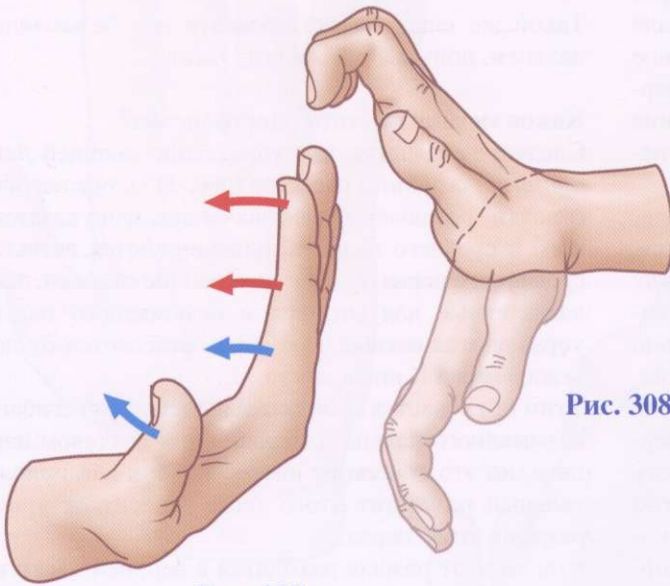


Рис. 309

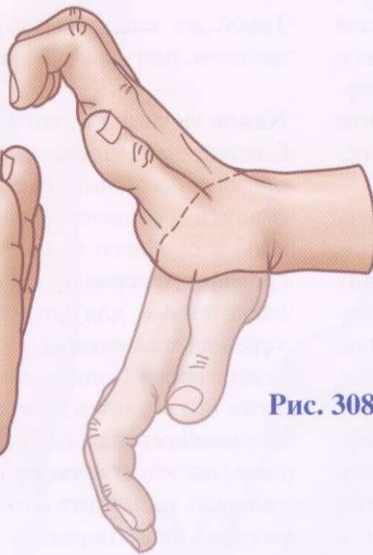


Рис. 308

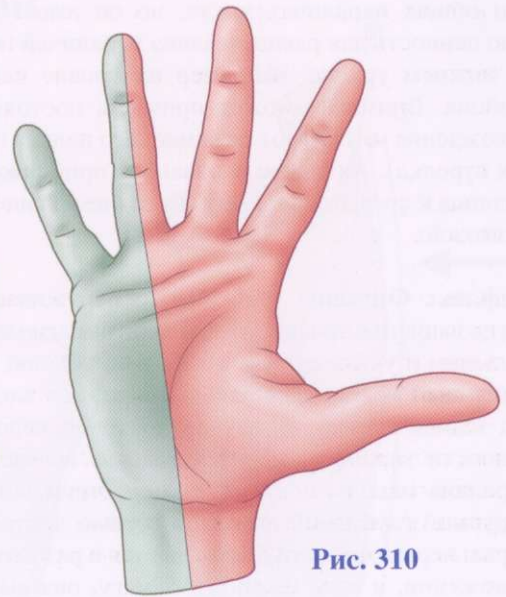


Рис. 310



Рис. 312

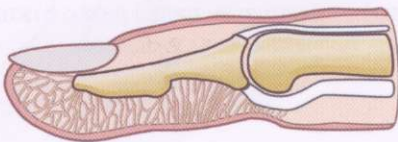


Рис. 313

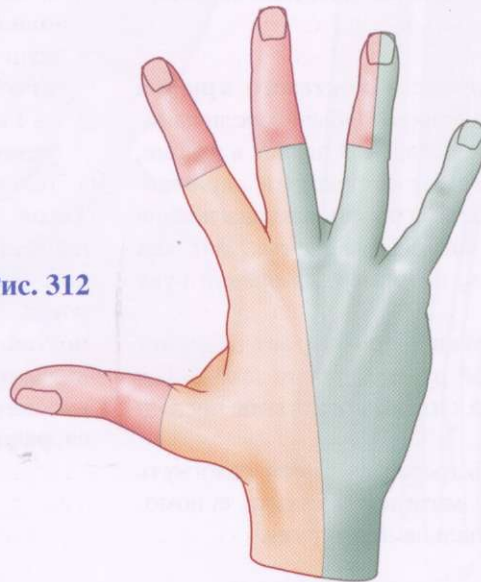


Рис. 311

Три двигательных теста руки

Кроме двигательных тестов, подробно описанных на предшествующих страницах, заслуживают внимания три теста для локтевого нерва. Два из них являются классическими, а третий - новым.

1) **Рефлекс Вартенберга** (рис. 314) наблюдается при общих параличах локтя, но он имеет особую ценность для распознавания параличей нерва на нижнем уровне, например на уровне канала Гюйона. Внимание может привлечь постоянное отхождение мизинца от безымянного пальца (черная стрелка). Активное осознанное приближение мизинца к соседнему пальцу (на заднем плане) невозможно.

2) **Рефлекс Фромана** (рис. 315) обнаруживается, когда пациента просят зажать лист бумаги между большим и указательным пальцами: обычно указательный и большой пальцы образуют кольцо (на заднем плане). В случае локтевой недостаточности зажим становится слабым вследствие паралича мышцы *adductor pollicis brevis*, иннервируемой глубинной ладонной ветвью локтевого нерва; первая фаланга откидывается в разогнутом положении, и если потянуть бумагу, она выскочит из зажима, чего не происходит, если нерв нормальный.

3) **Признак недостаточности локтевого крючка** (недавно описанный автором). Обычно, если пациент сильно согнет два последних пальца в ладони, исследователь не сможет распрямить скрюченный мизинец, т.е. добиться пассивного разгибания последней фаланги мизинца пациента. Вот как этот тест проводится, например, на правой руке пациента (рис. 316):

- Исследователь (двурукий) протягивает пациенту мизинец своей правой руки и просит зажать его между своими двумя сильно согнутыми последними пальцами.
- Затем исследователь пытается силой разогнуть последнюю фалангу мизинца пациента с помощью указательного пальца левой руки.

- Обычно эта попытка не удастся: два последних скрюченных пальца пациента этому препятствуют.
- В случае локтевого паралича крючок мизинца пациента уступает перед оказываемым на него давлением, и его третья фаланга разгибается (черная стрелка).

Такой же опыт можно провести и с безымянным пальцем, получив тот же результат.

Каков механизм этого расстройства?

Следует напомнить, что управление мышцей *flexor digitorum profundus* сложное (рис. 317): обе внешние головки (розовые), предназначенные для указательного и среднего пальцев, иннервируются ветвью 2 срединного нерва М, а две внутренние головки, предназначенные для мизинца и безымянного пальца, управляются ветвью 1, которая отделяется от локтевого нерва U ниже локтя.

Этим объясняется избирательный паралич сгибания безымянного пальца и мизинца при локтевом параличе, но это совсем не интересно, так как положительный результат этого теста зависит от уровня разрыва этого нерва:

- если этот разрыв находится в верхней части над точкой **а**, результат теста **положительный**;
- если этот разрыв находится в нижней части, в точке **б**, или под ней, например на уровне канала Гюйона, результат этого теста будет **отрицательным**, а результат теста по Фроману положительным.

Таков тест, весьма селективный, который легко провести. Он должен проводиться при любом полном неврологическом обследовании верхней конечности. Его можно назвать **тестом с пилочкой для ногтей**, так как рефлекс был обнаружен у пациентки, которая жаловалась на свою неспособность подпилить ноготь мизинца: ее палец резко откидывался, разгибаясь, под давлением пилочки.

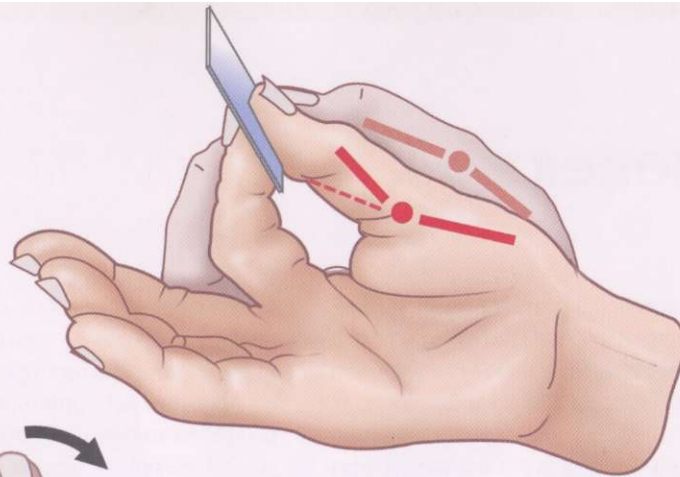


Рис. 315

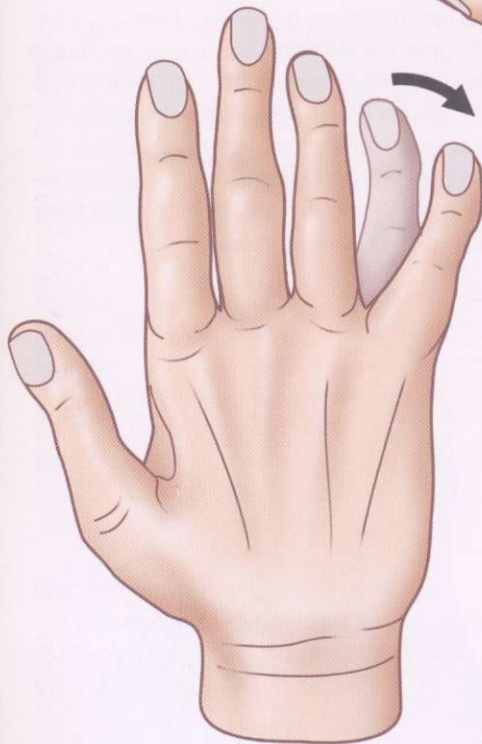


Рис. 314

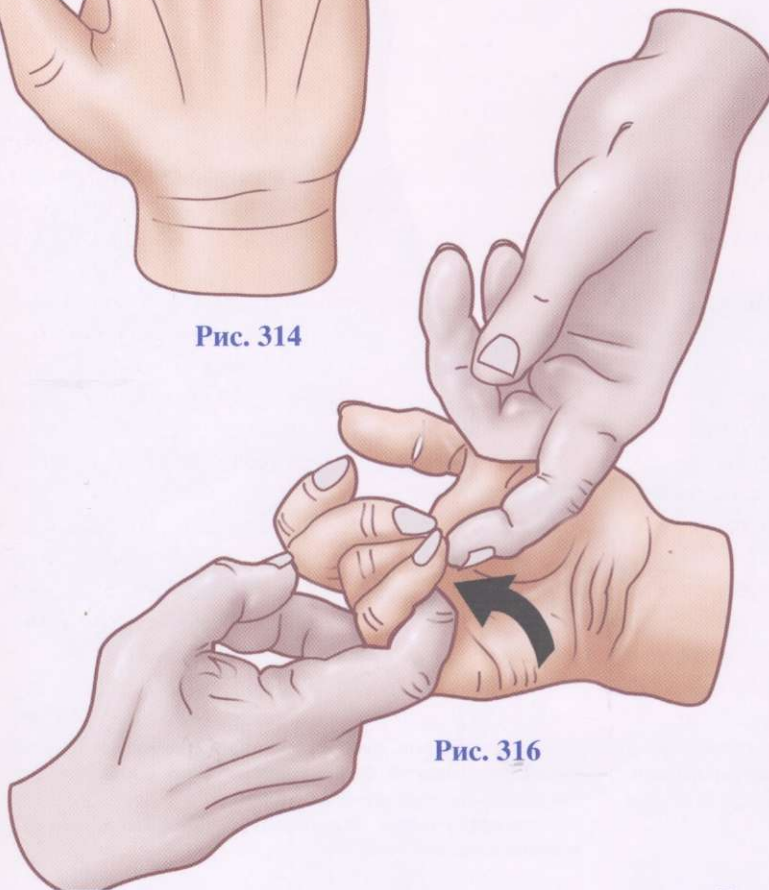


Рис. 316

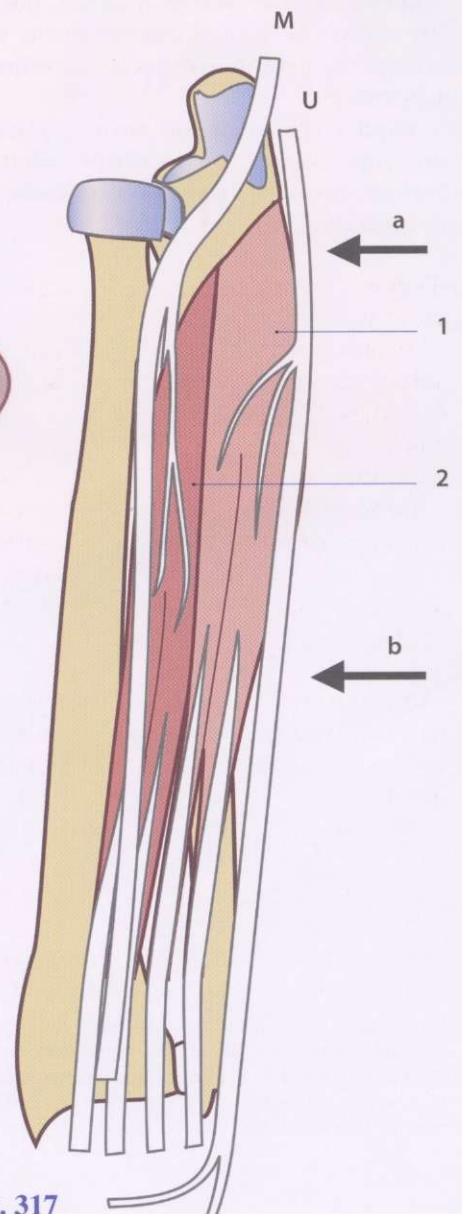


Рис. 317

Рука человека

Рука человека не изменялась с доисторических времен. Об этом свидетельствует отпечаток руки (рис. 318), оставленный, несомненно, в качестве подписи, одним из наших далеких предков, художником, на стене пещеры.

Рука обезьян похожа на нашу руку. Она имеет противопоставляемый большой палец, но разница состоит в способе использования руки, управляемой головным мозгом, с которым она образует нераздельную пару.

Эта **пара рука/головной мозг** функционирует в двух направлениях: существуют отношения «взаимности». Мозг человека смог развиваться именно благодаря возможностям руки.

Следовательно, сложное устройство руки оказывается абсолютно логичным и приспособленным к выполнению разнообразных функций. Оно отражает принцип всеобщей экономии, которому придавал большое значение Гийом Окамский¹. Это один из самых блестящих успехов **творческой эволюции**. Движимый своими прометеевскими амбициями, человек уже создает робототехнические органы хватания и манипуляции, но он еще далеко не достиг степени совершенства своей модели.

¹Гийом Окамский (1285-1349), францисканец, проживавший в Оксфорде, а затем в Париже. Прославился своим афоризмом, известным под названием «Оккамская бритва»: «Качество теории измеряется ее простотой».

«Entia non sunt multiplicanda sine necessitate»: «Не должно умножать сущности без надобности». Это выражение известно также как «*принцип всеобщей экономии*».

Философ и теолог, он был отлучен от церкви и умер во время великой эпидемии чумы.

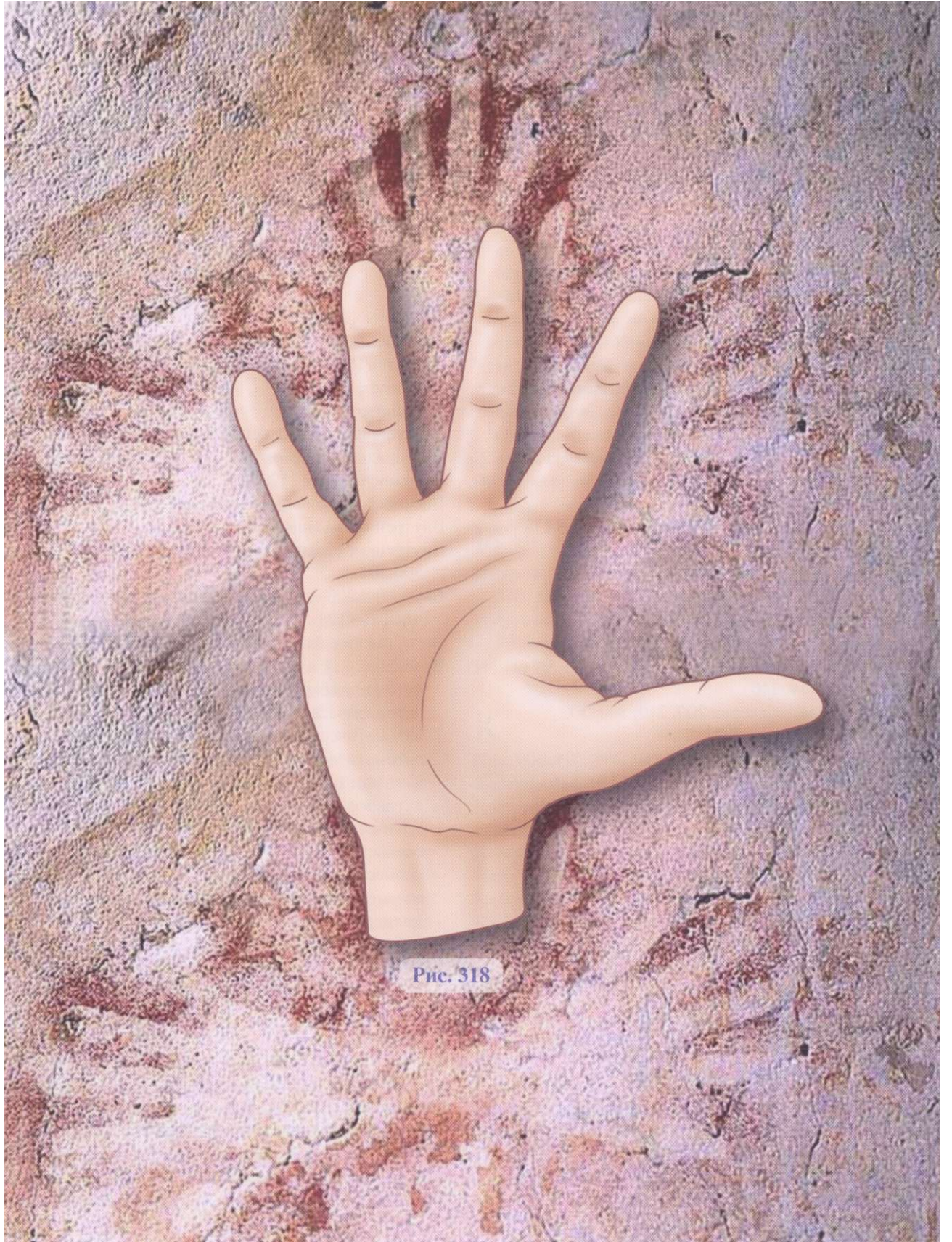


Рис. 318