

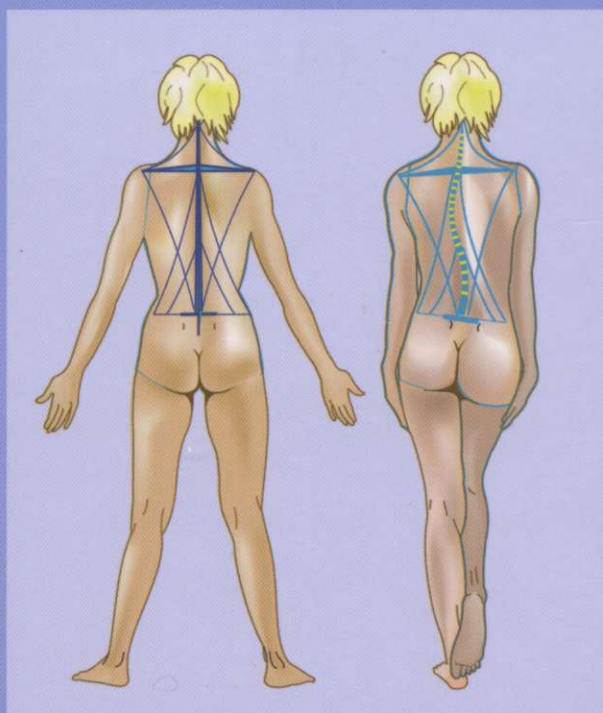
А. И. КАПАНДЖИ

ПОЗВОНОЧНИК

Физиология суставов

539 цветных
иллюстраций

3



Голова

Шея

Грудной отдел

Тазовый пояс

Поясничный
отдел

6-е издание

Глава 1

ПОЗВОНОЧНЫЙ СТОЛБ В ЦЕЛОМ

ЧЕЛОВЕК - ЭТО ПОЗВОНОЧНОЕ

Человек как вид является позвоночным. Он представляет собой результат длинного пути эволюции, начиная с того момента, когда рыбы покинули море и начали заселять сушу.

Скелет человека, основой которого является позвоночник, - это результат трансформации скелета древней костной рыбы (*crossopterygien*) в скелет животного с четырьмя лапами и хвостом, промежуточную форму между рыбой и рептилией. Все элементы этой исходной модели можно найти и в скелете человека, более или менее измененные, но обладающие двумя важными характеристиками:

- Исчезновение хвоста.
- Переход в вертикальное положение.

В ходе эволюции в строении позвоночника происходили глубокие изменения, но он всегда состоит из коротких костей, вставленных друг в друга и подвижных по отношению друг другу, - позвонков.

Этот костно-суставной комплекс служит для поддержания оси тела и защиты спинного мозга. Представляя собой трубку, проводящую информацию к головному мозгу, защищенному черепом, позвоночник передает команды всем мышцам тела.

Такой же позвоночник мы можем увидеть и у наших родственников - крупных обезьян, которые тоже могут принимать вертикальное положение и ходить на задних лапах, правда, не долго. С этой точки зрения наш позвоночник отличается от позвоночника обезьян.



Позвоночный столб: стабильная ось

Позвоночный столб - это ось тела, которая должна соответствовать двум противоположным механическим условиям: устойчивости и пластичности. Это достигается особенностями его собственной «вантовой» структуры. Фактически в симметричном положении (рис. 1) позвоночный столб в целом можно рассматривать как мачту корабля. Эта мачта опирается на таз и продолжается до головы:

- на уровне плечевого пояса поддерживает поперечную грот-рею, то есть плечевой пояс;
- на всех уровнях есть натяжные устройства, играющие роль вантов, то есть соединяющие собственно мачту с ее основанием, то есть тазом.

Другая система вантов тесно связана с плечевым поясом и имеет форму ромба с длинной продольной и короткой поперечной осью.

В симметричном положении силы с обеих сторон взаимно уравновешены, и мачта стоит прямо и вертикально.

Когда вес тела перенесен на одну конечность (рис. 2), таз наклоняется в противоположную сторону, и позвоночник вынужден следовать определенной траектории:

- во-первых, в поясничной области возникает выпуклость в сторону свободной конечности;
- затем вогнутость в грудном отделе
- и еще одна выпуклость.

Мышечные натяжители *автоматически* адаптируются для поддержания равновесия, и эта активная адаптация находится под контролем экстрапирамидной системы, которая изменяет тонус мышц, поддерживающих позу.

Пластичность столба основана на его устройстве, то есть многочисленные компоненты наложены друг на друга и соединены связками и мышцами. Его структура, следовательно, *может быть изменена через натяжение мышц, сохраняя при этом устойчивость*.

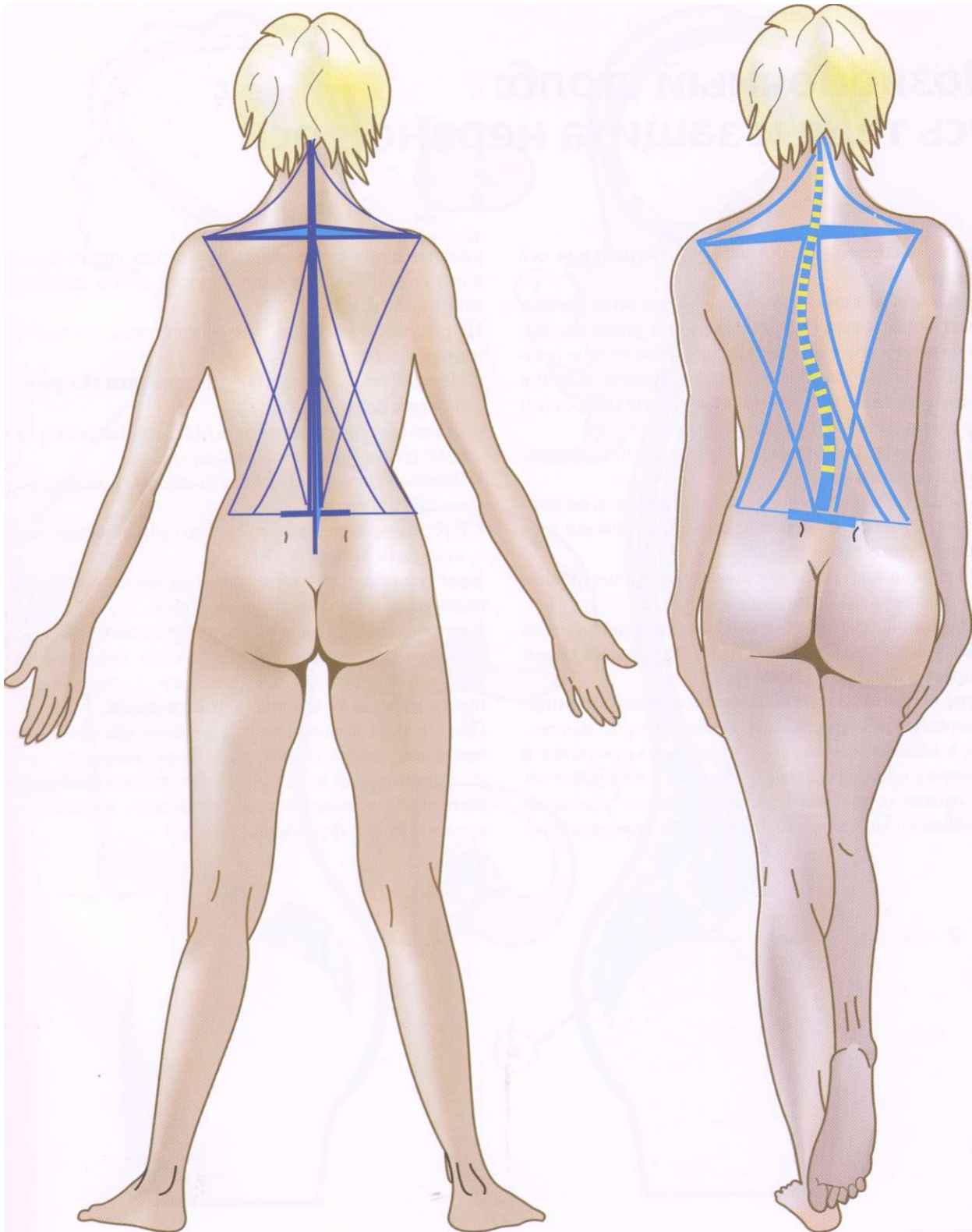


Рис. 1

Рис. 2

Позвоночный столб: ось тела и защита нервной оси

Позвоночный столб работает как **центральная ось тела (рис. 3)**.

Однако в *области грудных сегментов* позвоночник лежит более кзади (разрез (Б>), т.е. в пределах задней четверти грудной клетки, в шейном отделе (разрез (а)) - более центрально, т.е. на границе задней и средней трети шеи. В поясничном отделе (разрез (с)) он расположен центрально.

Эти варианты расположения объясняются локальными факторами:

- В области шеи позвоночный столб должен поддерживать голову и лежит максимально близко к ее центру тяжести.
- В грудной клетке он смещается назад внутренними органами, в частности сердцем.
- В поясничном отделе, где он должен поддерживать массу всего тела, он опять лежит центрально и выпирает в брюшную полость.

Кроме поддержки тела позвоночный столб **защищает нервную ось (рис. 4)**: его канал, который начинается в области большого затылочного отверстия и содержит продолговатый и спинной мозг, работает как гибкая и прочная оболочка. Однако эта защита спинного мозга не абсолютна, и на определенных

уровнях и при определенных условиях спинной мозг и его корешки могут повреждаться этими защитными структурами.

На рисунке 4 показано, что позвоночник состоит из четырех сегментов.

- Поясничный сегмент (1), где позвонки (L) расположены центрально.
- Спинной сегмент (грудной) (2), где позвонки (Т) находятся ближе к плоскости спины.
- Шейный сегмент (3), где позвонки (С) расположены почти центрально.
- Крестцово-копчиковый сегмент (4), образованный из двух моноблоков (S).

Крестец образован объединением пяти крестцовых позвонков, входящих в тазовый пояс.

Копчик, связанный с крестцом суставом, является остатком хвоста, которым обладает большинство млекопитающих. Он образован слиянием четырех-шести маленьких копчиковых позвонков.

Под *вторым поясничным позвонком*, где находится **мозговой конус (conus medullaris)** спинного мозга, позвоночный канал содержит только **конечную нить (filum terminate)**, которая не несет никакой неврологической функции*.

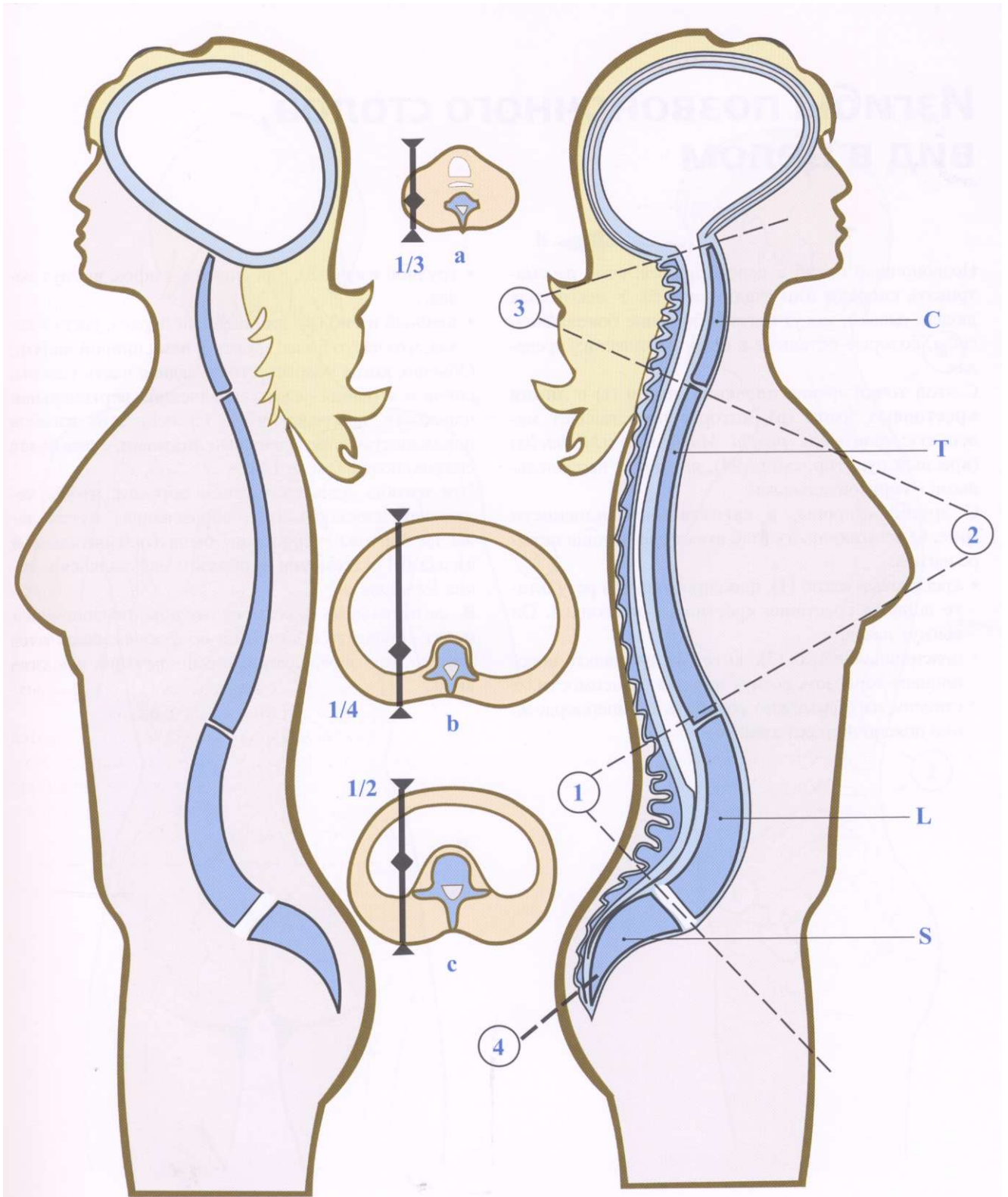


Рис. 3

Рис. 4

Изгибы позвоночного столба, вид в целом

Позвоночный столб в целом прямой, если рассматривать **спереди или сзади (рис. 5)**. У некоторых людей, однако, могут быть небольшие боковые изгибы, которые остаются в физиологических пределах.

С этой точки зрения **плечевая линия (s)** и **линия крестцовых ямок (p)**, которая представляет маленькую диагональ *ромба Михаэлиса (Michaelis)* (красный пунктир, см. с. 94), являются параллельными и горизонтальными.

С другой стороны, **в сагиттальной плоскости (рис. 6)** позвоночный столб имеет следующие четыре изгиба:

- крестцовый изгиб (1), фиксированный в результате полного сращения крестцовых позвонков. Он выгнут назад;
- поясничный изгиб (2), который называют поясничным лордозом, вогнут назад; в зависимости от степени изгиба можно говорить о гиперлордозе, или поясничной седловинке;

- грудной изгиб (3), или спинной кифоз, выгнут назад;

- шейный изгиб (4), или шейный лордоз, вогнут назад, что часто более заметно, чем спинной кифоз.

Обычно, когда человек стоит, задняя часть головы, спина и ягодицы лежат параллельно вертикальной плоскости, например стене. Степень этих изгибов показывается определенными **линиями**, о чем будет сказано позже (см. с. 130).

Эти изгибы совпадают таким образом, чтобы челюстная плоскость (т), образованная путем зажатия картона челюстями, была горизонтальна и взгляд (**h**) естественным образом направлялся к *линии горизонта*.

В сагиттальной плоскости изгибы позвоночника могут совпадать с *изгибами во фронтальной плоскости*, что определяется термином **горб**, или **сколиоз**.

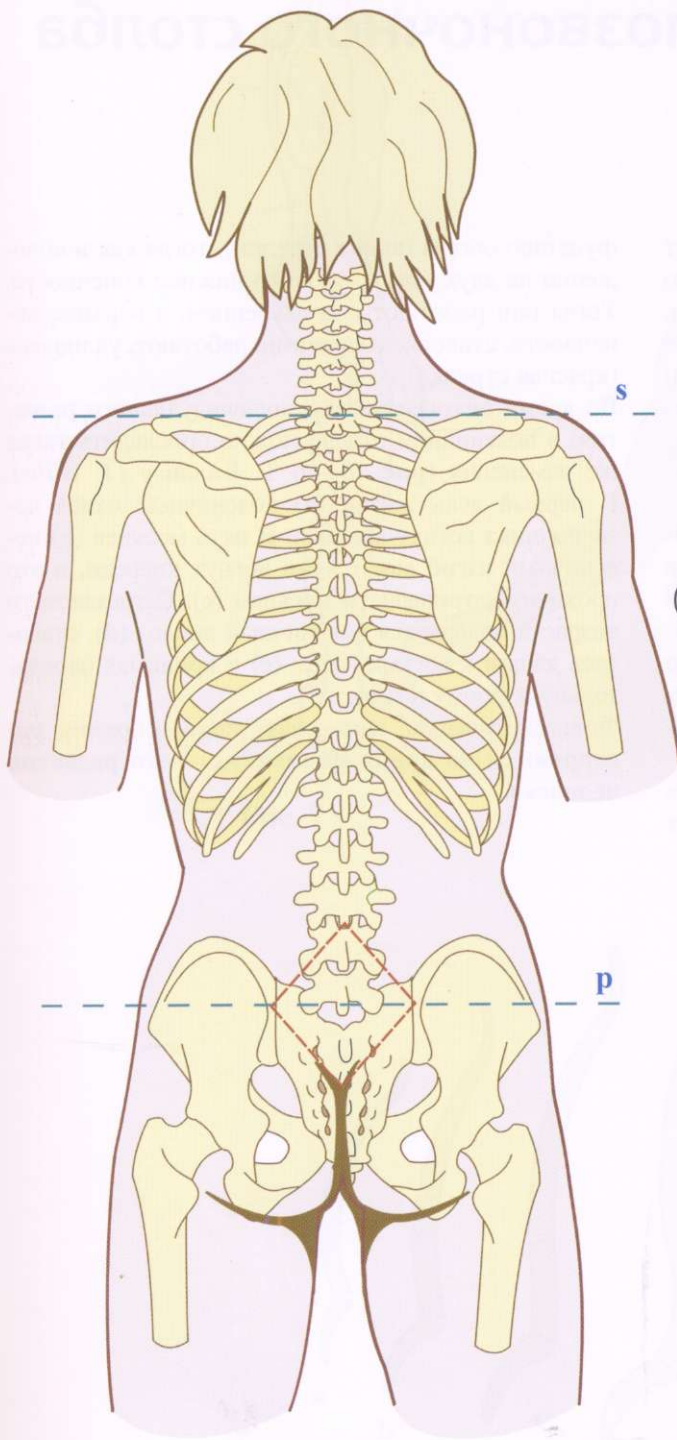


Рис. 5

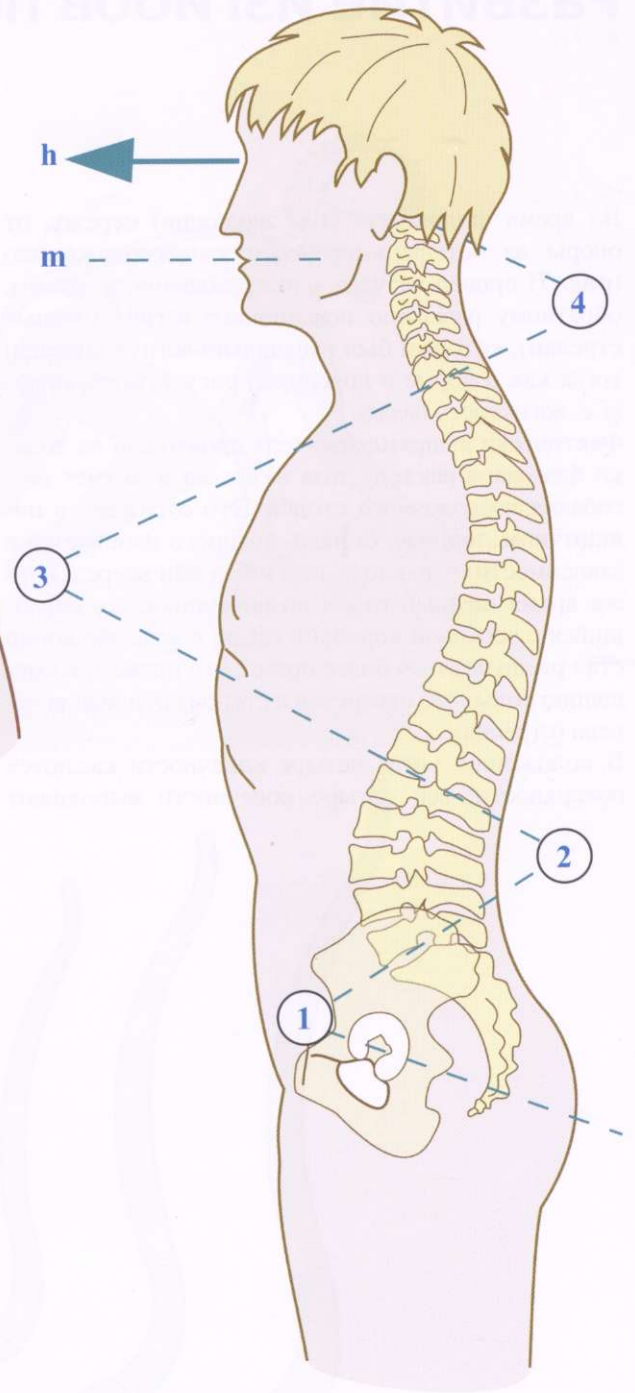


Рис. 6

Развитие изгибов позвоночного столба

Во время филогенеза (т.е. эволюции) переход от опоры на четыре конечности к прямохождению (**рис. 7**) привел вначале к выпрямлению, а затем к обратному развитию поясничного изгиба (черные стрелки), который был изначально вогнут кпереди; тогда как в норме в пояснице присутствует лордоз (т.е. вогнутость назад).

Фактически выпрямление тела произошло не только благодаря наклону таза назад, но и за счет разгибания позвоночного столба. Это отражено в **поясничном лордозе**, степень которого изменяется в зависимости от наклона таза назад или вперед. В то же время шейный отдел позвоночника, соединяющийся с черепной коробкой сзади, в ходе эволюции стал располагаться более прямо, что привело к смещению большого отверстия в сторону основания черепа (стрелка).

В положении, когда четыре конечности касаются поверхности, все четыре конечности выполняют

функцию опоры (синие стрелки), тогда как в положении на двух ногах - только нижние конечности. Тогда они работают под давлением, а верхние конечности, становясь висячими, работают, удлинняясь (красная стрелка).

Во время **онтогенеза** (т.е. индивидуального развития) в поясничном отделе можно проследить такие же изменения (**рис. 8**, по Т. Виллису (*T. Willis*)). В первый день жизни (**а**) поясничный отдел позвоночника вогнут кпереди. В пять месяцев (**б**) поясничный изгиб еще слегка вогнут кпереди, и это проходит к тринадцати месяцам (**с**). С трехлетнего возраста появляется поясничный лордоз (**д**), становясь явным к восьми годам (**е**) и принимая окончательную форму в 10 лет (**ф**).

Филогенетические изменения, таким образом, **повторяются во время индивидуального развития человека**.

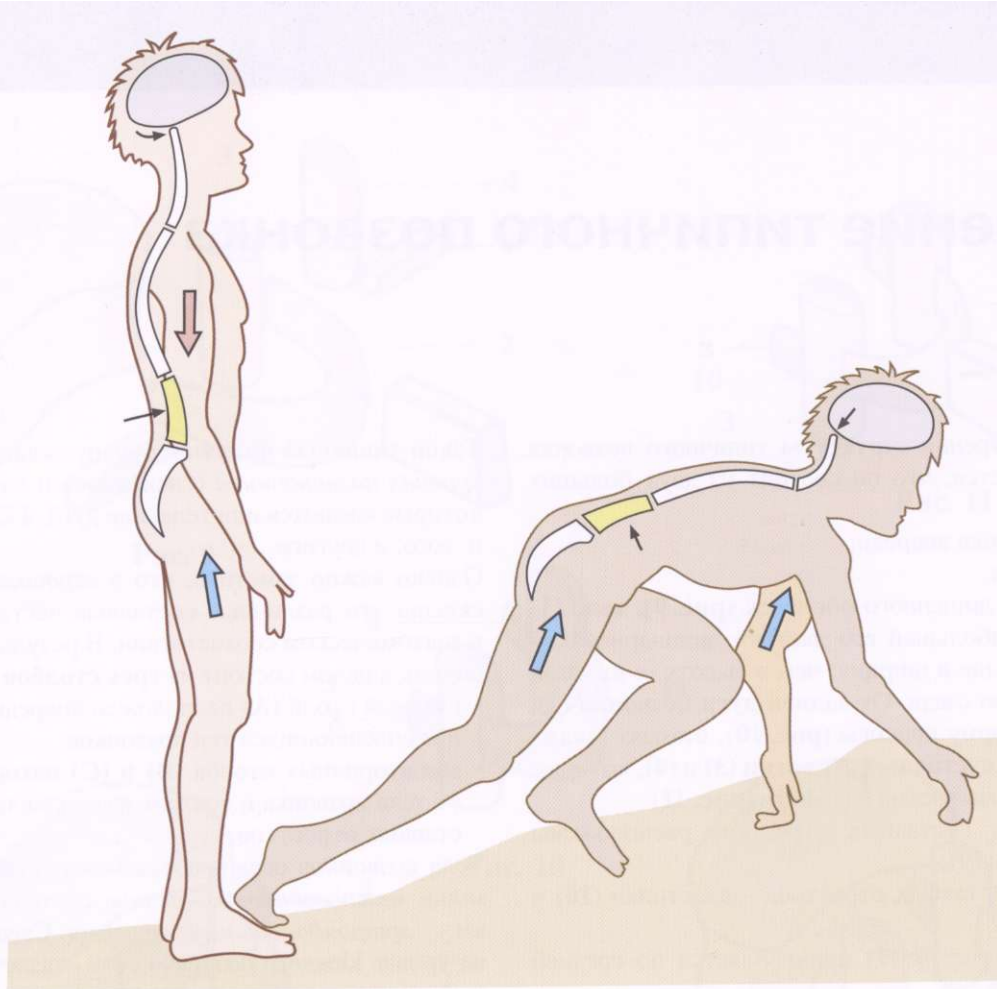


Рис. 7

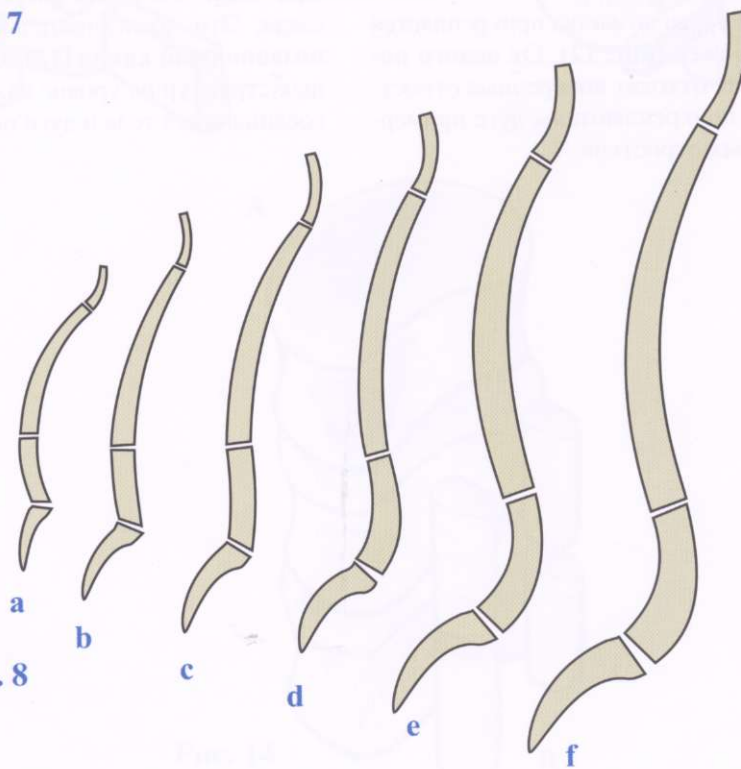


Рис. 8

Строение типичного позвонка

При рассмотрении структуры типичного позвонка обнаруживается, что он состоит из двух больших частей:

- тело позвонка впереди;
- задняя дуга.

У позвонка, лишенного оболочек (**рис. 9**), **тело (1)** является наибольшей его частью: цилиндрической формы, больше в ширину, чем в высоту, с плоской поверхностью сзади. От **задней дуги позвонка (2)**, имеющей форму подковы (**рис. 10**), отходят с каждой стороны **суставные отростки (3) и (4)**, которые делят дугу позвонка на две части (**рис. 11**):

- спереди от суставных отростков расположены ножки (8) и (9);
- сзади от суставных отростков - пластинки (10) и (11).

Остистый отросток (7) прикрепляется по средней линии сзади.

Таким образом, задняя дуга позвонка прикрепляется к телу при помощи ножек (**рис. 12**). От **целого позвонка (рис. 13)** также отходят поперечные отростки (5) и (6), которые прикрепляются к дуге примерно на уровне суставных отростков.

Такой типичный позвонок обнаруживается *на всех уровнях позвоночника* с некоторыми изменениями, которые касаются или тела, или дуги, а как правило, и того, и другого.

Однако важно заметить, что в *вертикальной плоскости* эти различные составные части находятся в анатомическом соответствии. В результате позвоночник в целом состоит из **трех столбов (рис. 14)**:

- главный столб (А) расположен впереди и состоит из сочленяющихся тел позвонков;
- два вторичных столба (В) и (С) находятся сзади от тела позвонка и состоят из сочленяющихся суставных отростков.

Тела позвонков соединяются между собой при помощи *межпозвонковых дисков*, суставные отростки — *артроидальными суставами*. Следовательно, на уровне каждого позвонка есть канал, ограниченный телом позвонка впереди и позвонковой дугой сзади. Эти последовательные каналы формируют **позвоночный канал (12)**, который состоит из костных структур на уровне каждого позвонка и связок, соединяющих тела и дуги позвонков.

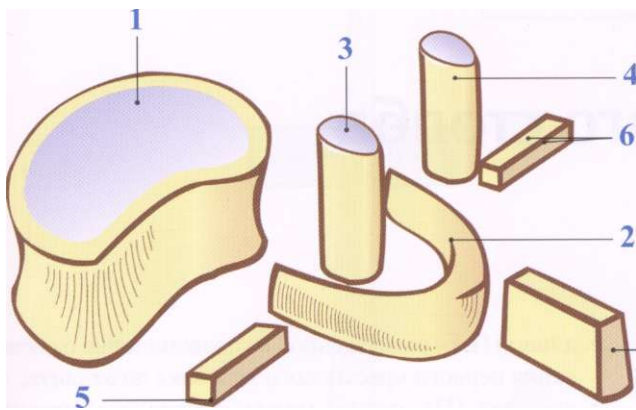


Рис. 9

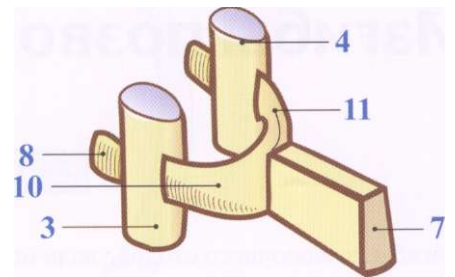


Рис. 11

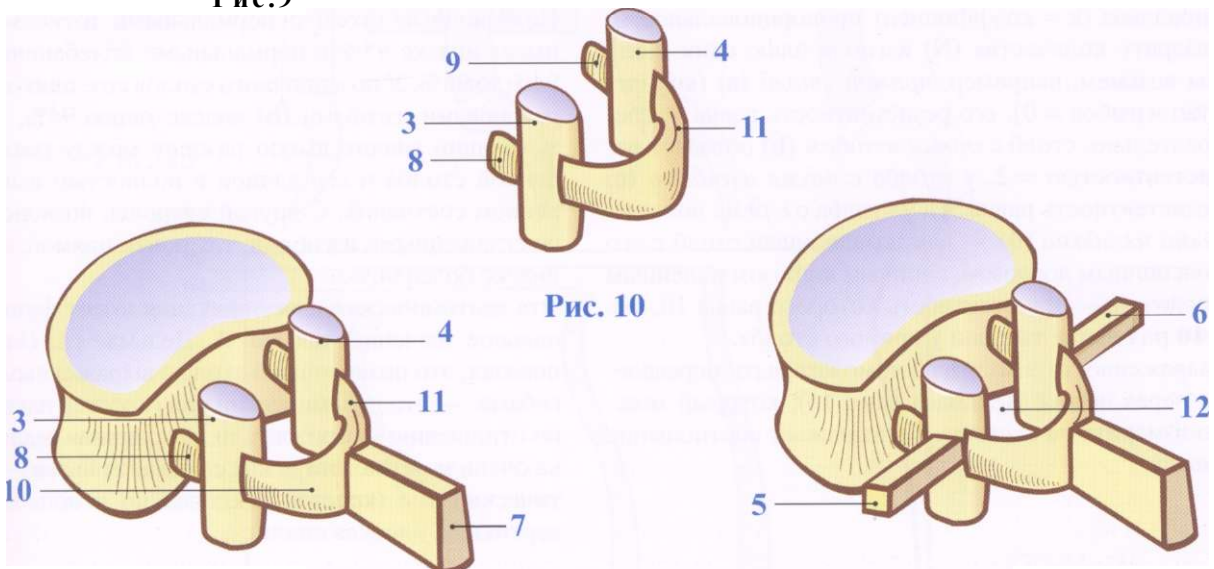


Рис. 12

Рис. 10

Рис. 13

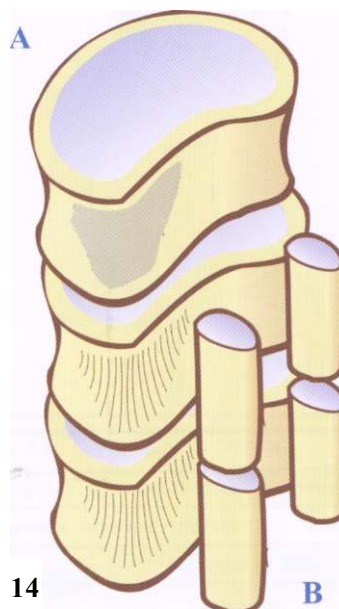


Рис. 14

Изгибы позвоночного столба

Изгибы позвоночного столба увеличивают его резистентность к осевой компрессии.

Инженерами было показано (рис. 15), что резистентность (R) изогнутого столба прямо пропорциональна (k = коэффициент пропорциональности) квадрату количества (N) изгибов плюс один. Если мы возьмем, например, *прямой столб (а)* (количество изгибов = 0), его резистентность равна 1, следовательно, столб с *одним изгибом (б)* обладает резистентностью = 2, у столба с *двумя изгибами (с)* резистентность равна 5, а у столба с *тремя подвижными изгибами (d)* — как позвоночный столб с его поясничным лордозом, спинным кифозом и шейным лордозом — резистентность которого равна **10**, т.е. в **10 раз выше** таковой у прямого столба.

Выраженность этих изгибов может быть определена через индекс Дельмаса (рис. 16), который можно измерить на *скелете*. Он выражает соотношение между:

- длиной (L) - размещенной на позвоночнике от основания первого крестцового позвонка до атланта;
- высотой (H), взятой между основанием верхней поверхности крестца и атлантом.

Позвоночный столб с нормальными изгибами (а) имеет индекс 95% с нормальными колебаниями от 94% до 96%. У позвоночного столба со слишком выраженными изгибами (б) индекс менее 94%, показывающий значительную разницу между реальной длиной столба и его длиной в полностью выпрямленном состоянии. С другой стороны, позвоночник со сглаженными изгибами, т.е. почти прямой, имеет индекс более 96%.

Эта анатомическая классификация имеет функциональное значение, так как А. Дельмас (A. Delmas) показал, что позвоночный столб с выраженными изгибами — это динамический тип (крестец наклонен по отношению к горизонтали, поясничная седловинка очень заметна), тогда как со сглаженными — статический тип (крестец наклонен по отношению к вертикали, плоская спина).

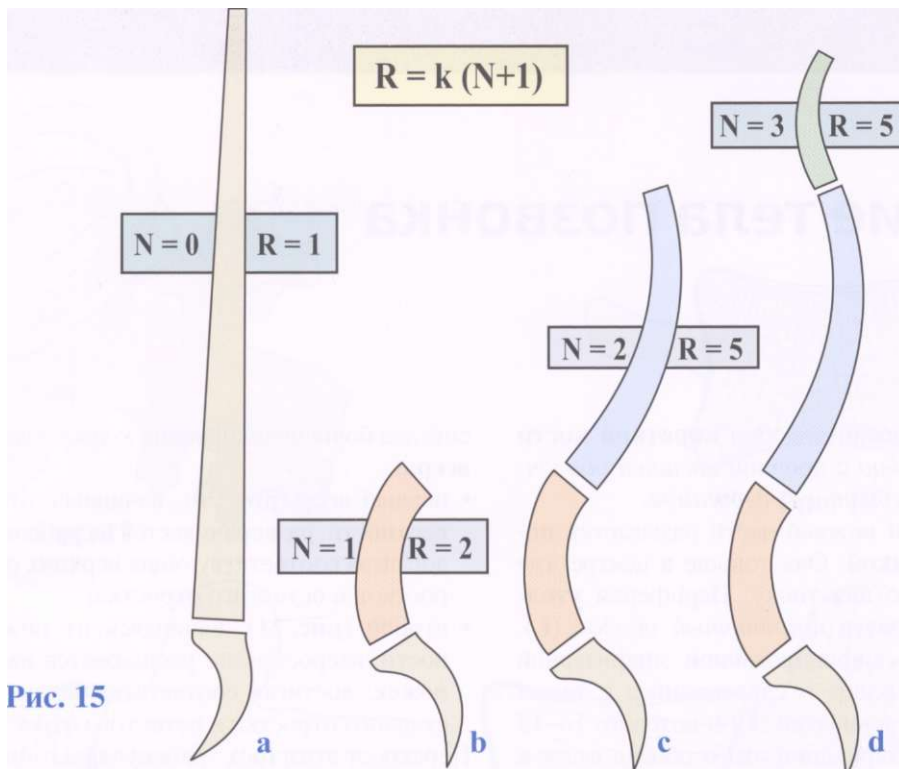
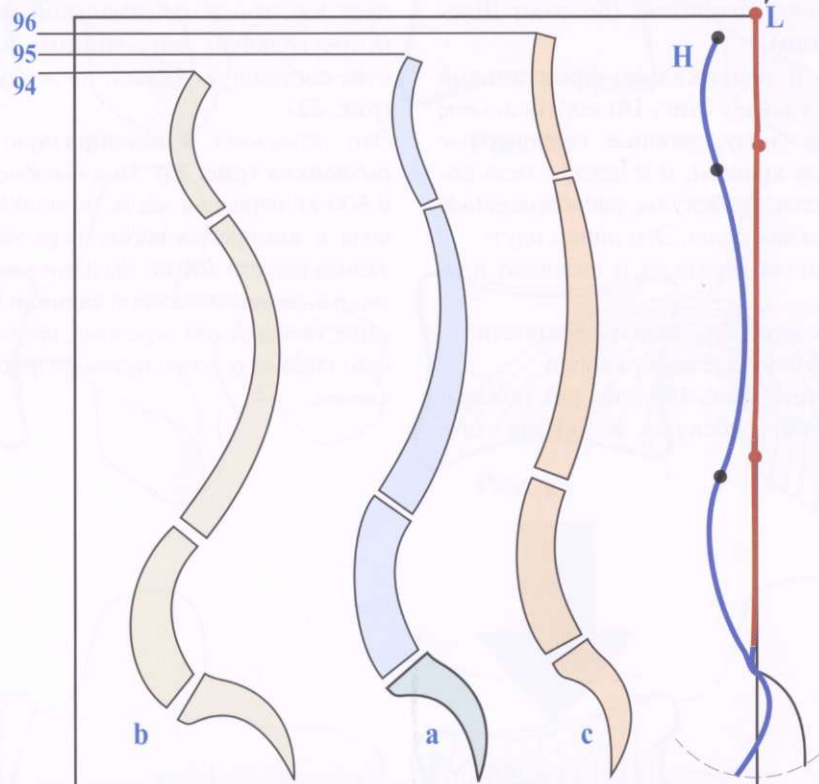


Рис. 15



| | | | | |
|--|------------|------------------|-------------|---------|
| Индекс типичных изгибов | слабый 94 | средний | 96 | высокий |
| | выраженный | промежуточный | уменьшенный | |
| | динамичный | промежуточный | статичный | |
| Позвоночный индекс | | H (высота x 100) | | |
| Дельмаса | | L (длина) | | |

Строение тела позвонка

Тело позвонка устроено подобно **короткой кости** (рис. 17), т.е. как *яйцо* с прочной *внешней оболочкой* окружающей *губчатое содержимое*.

Оболочка верхней и нижней части называется **позвоночной пластинкой**. Она тоньше в центре, где содержит хрящевую пластинку. Периферия **утолщена** (рис. 17), образуя **пограничный ободок (L)**, происходящий из оссифицированной эпифизарной пластинки в виде кольца и сливающийся с телом позвонка в области площадки (P) в возрасте 14-15 лет. Нарушение оссификации этого ободка ведет к развитию позвоночного эпифизита (**болезни Шауэрманна (Shauermann)**).

Сечение позвонка в вертикально-фронтальной плоскости ясно показывает (рис. 18) кортикальное утолщение сверху и снизу, двойные позвонковые пластинки, покрытые хрящом, и в центре тела позвонка костно-губчатые трабекулы, расположенные вдоль *линий направления силы*. Эти линии идут:

- вертикально, соединяя верхнюю и нижнюю пластинки позвонков;
- горизонтально, соединяя боковые поверхности;
- или косо, соединяя боковые поверхности.

Сагиттальное сечение (рис. 19) еще раз показывает эти вертикальные трабекулы, но, кроме того,

еще два больших скопления *косых волокон* в форме **веера**:

- первый веер (рис. 20), начинаясь от верхней поверхности, разворачивается на уровне двух ножек, достигая соответствующих верхних суставных отростков и остистого отростка;
- второй (рис. 21), начинаясь от нижней поверхности, веерообразно расширяется на уровне двух ножек, достигая соответствующего нижнего суставного отростка и остистого отростка.

Перекрест этих трех трабекулярных систем определяет как зоны максимальной резистентности, так и треугольную зону **минимальной резистентности**, состоящую только из вертикальных трабекул (рис. 22).

Это объясняет **клинообразную форму перелома позвонков** (рис. 23). Под воздействием по оси силы в 600 кг передняя часть позвонка разрушается, приводя к компрессионному перелому. Такая же сила, эквивалентная 800 кг, вызывает разрушение всего позвонка, делая подвижной **заднюю часть** (рис. 24). Это единственный тип перелома, приводящий к повреждению спинного мозга путем разрушения позвоночного канала.

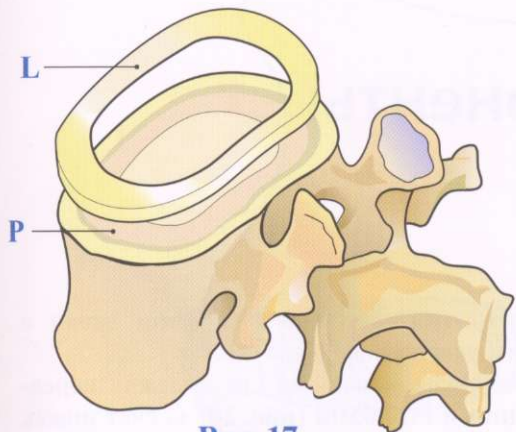


Рис. 17

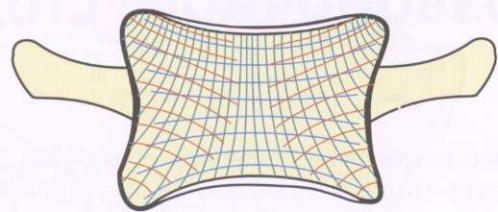


Рис. 18

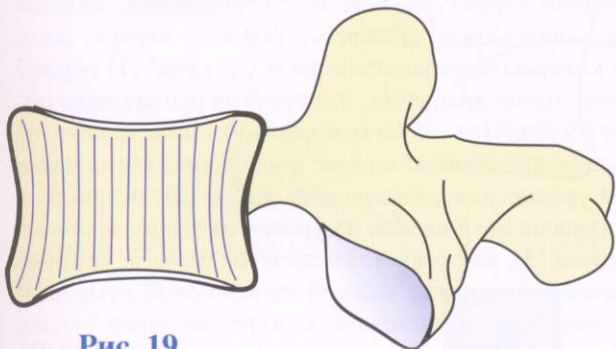


Рис. 19

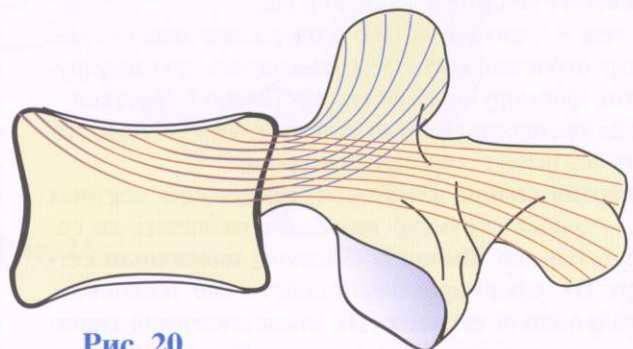


Рис. 20

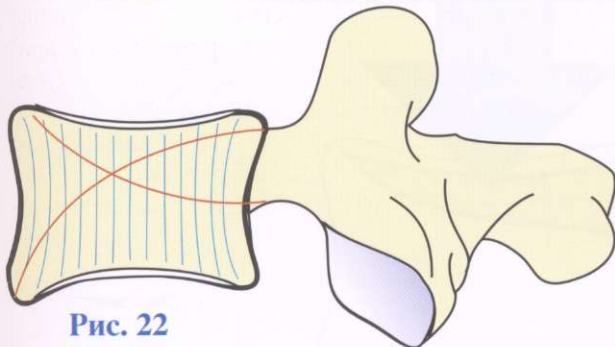


Рис. 22

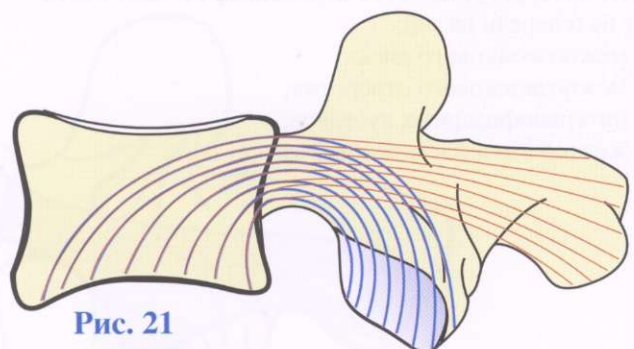


Рис. 21

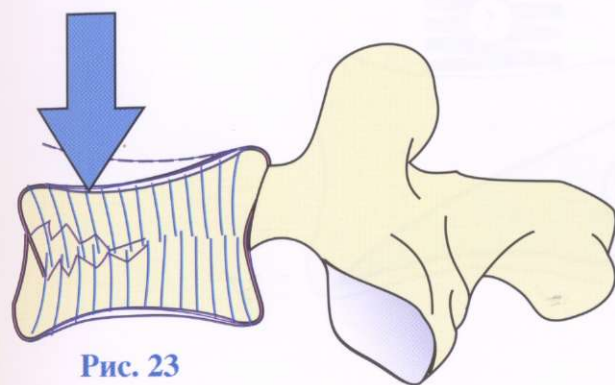


Рис. 23

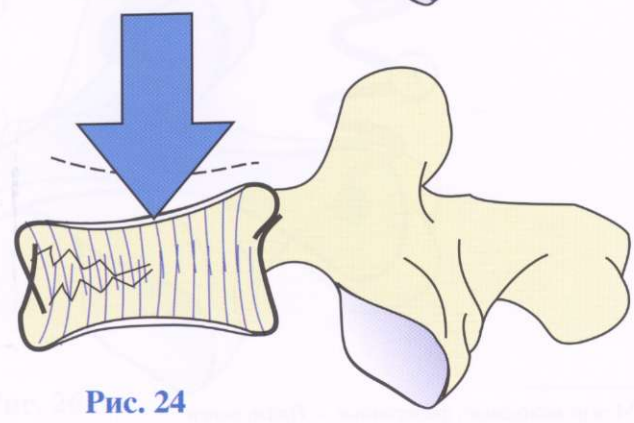


Рис. 24

Функциональные компоненты позвоночного столба

При рассмотрении **позвочника сбоку** (рис. 25. по Брюггеру (*Briigger*)) функциональные компоненты позвоночного столба легко различимы:

- впереди (А) расположено тело позвонка, которое входит в состав переднего столба. Этот столб выполняет поддерживающую роль;
- сзади - задняя дуга (В), поддерживающая суставные отростки, которые, располагаясь друг под другом, формируют столбики суставных отростков.

Тогда как передняя ось играет статическую роль, задняя ось играет динамическую роль.

В **вертикальной плоскости** чередование костных и связочных структур позволяет различать (в соответствии со Шморлем (*Shcmorl*)) **пассивный сегмент (I)**, сформированный собственно позвонком, и **подвижный сегмент (II)**, представленный синим цветом на рисунке. Этот подвижный сегмент состоит из (спереди назад):

- межпозвонкового диска;
- межпозвонкового отверстия;
- интрапофизарных суставов;
- желтой связки и межкостистой связки.

Подвижность этого активного сегмента лежит в основе движения позвоночного столба.

Существует функциональная связь между **передним и задними столбами** (рис. 26) за счет **ножек позвонков**. Если вернуться к вопросу о трабекулярной структуре тела и дуги позвонка, каждый позвонок можно сравнить с рычагом первого рода, в котором интрапофизарные суставы* (1) играют роль точки вращения. Эта система рычага позволяет поглощать осевую компрессию, приложенную по оси позвоночника: прямое и пассивное поглощение на уровне *межпозвонкового диска* (2); не прямое и активное поглощение на уровне *околопозвоночных мышц* (3), как результат системы рычага, установленной на уровне каждой позвонковой дуги, следовательно, поглощение компрессионного усилия бывает **пассивным и активным**.

* Межпозвонковые, фасеточные. - Прим. перев.

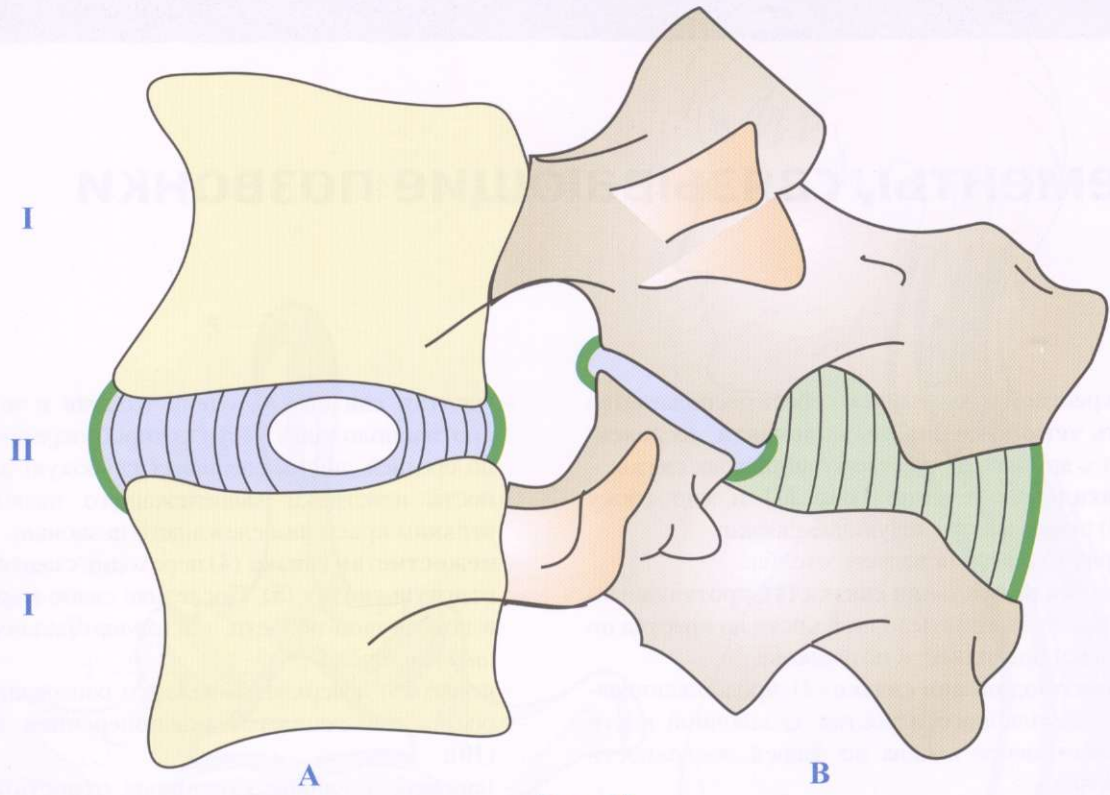


Рис. 25

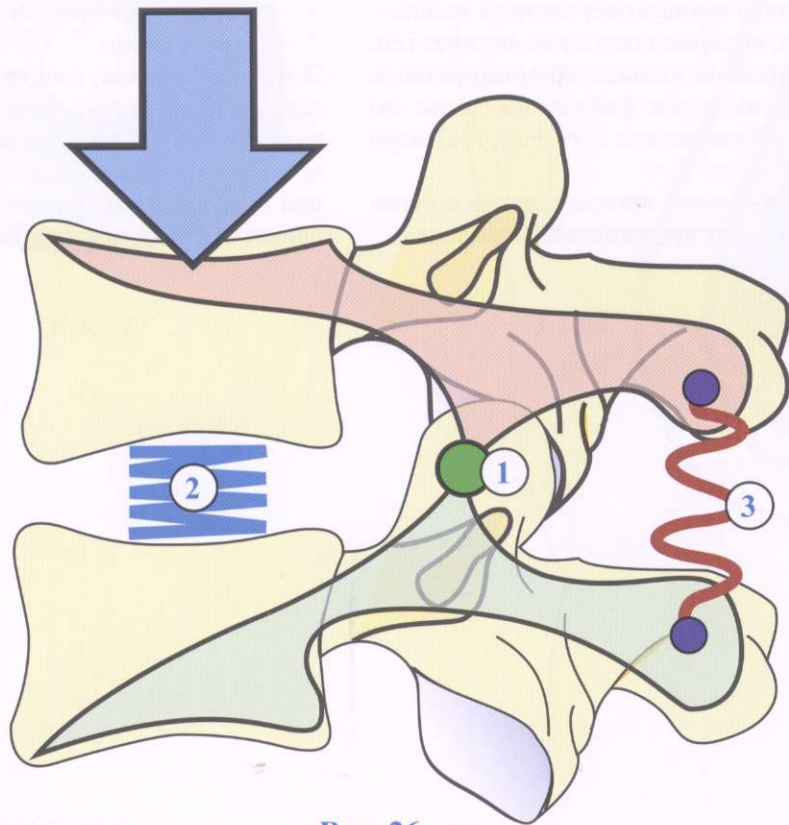


Рис. 26

Элементы, связывающие позвонки

Между крестцом и основанием черепа располагается **двадцать четыре подвижных элемента**, соединенных друг с другом множеством фиброзных связок.

Горизонтальное сечение (рис. 27) и вид сбоку (рис. 28) показывают следующие связки:

- Во-первых, связки переднего столба:
 - **передняя продольная связка (1)**, протянувшаяся от основания затылочной кости до крестца по передней поверхности позвонков;
 - **задняя продольная связка (2)**, продолжающаяся от базилярного отростка затылочной кости до **крестцового канала по задней поверхности** позвонков.

Эти длинные связки соединяются друг с другом на уровне каждого позвонка посредством межпозвонковых дисков, которые состоят из двух частей: снаружи — фиброзное кольцо, сформированное из концентрических слоев фиброзной ткани (6) и (7); в центре - пульпозное (студенистое) ядро (8).

- Многочисленные связки, прикрепленные к дугам позвонков, соединяют прилегающие позвонки:

- **желтая связка (3)**, очень толстая и мощная, противоположные части которой пересекаются по средней линии, соединяет глубокую поверхность пластинки вышележащего позвонка с верхним краем нижележащего позвонка;
- **межстистая связка (4)** переходит сзади в **надостистую связку (5)**. Последняя слабо выражена в поясничной области, но *хорошо различима в шейном отделе*;
- к верхней поверхности каждого поперечного отростка прикрепляется **межпоперечная связка (ю)**;
- наконец, на уровне **суставных отростков** расположены мощные **капсульные связки (9)**, укрепляющие сумку этих суставов (*передняя и задняя связки*).

Эти связки в совокупности осуществляют исключительно прочную связь между позвонками и придают позвоночному столбу высокую механическую прочность. Только серьезная травма: падение с высоты или дорожно-транспортное происшествие - может привести к разрыву этих межпозвонковых связок.

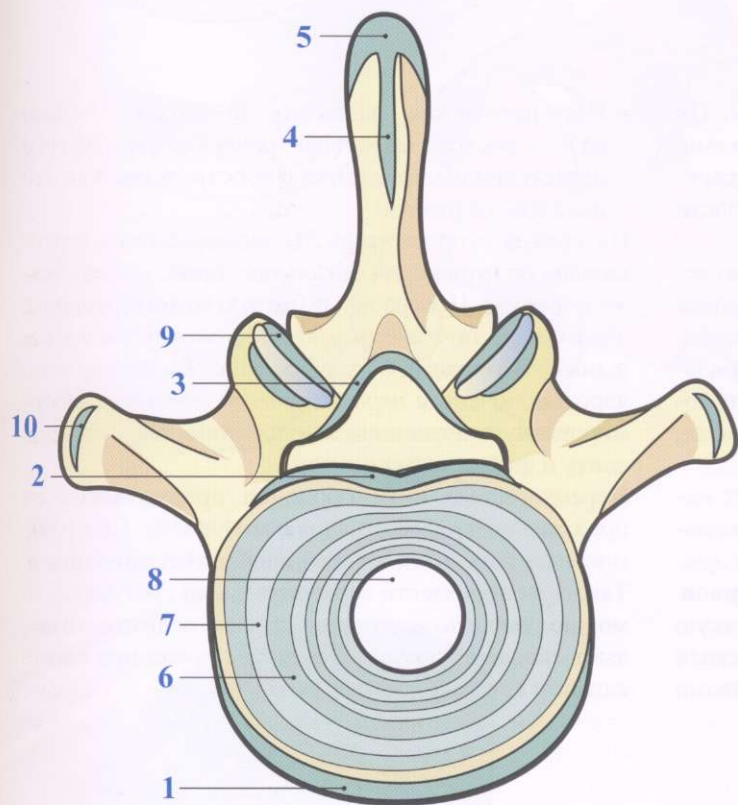


Рис. 27

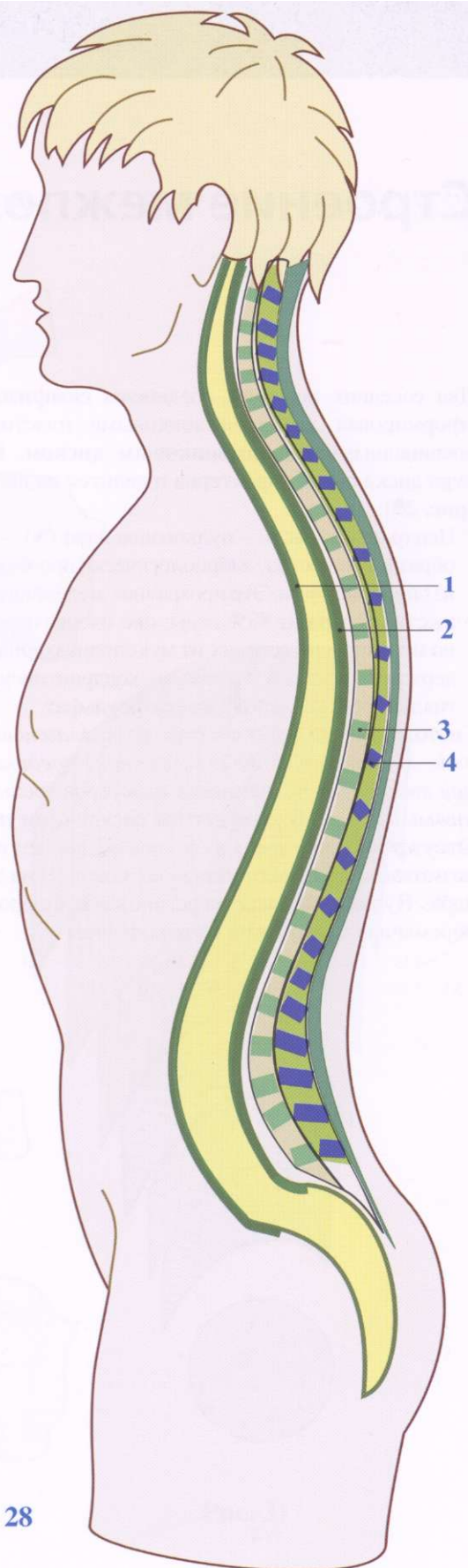


Рис. 28

Обозначения одинаковы для обоих рисунков

Строение межпозвонкового диска

Два соседних позвонка соединены **симфизом**. Он сформирован двумя позвонковыми пластинками, соединенными **межпозвонковым диском**. Структура диска очень характерна и делится на две части (**рис. 29**):

- Центральная часть - пульпозное ядро (N) — желеобразное вещество, эмбриологически происходящее из спинной хорды. Это прозрачное желеобразное вещество содержит 88% воды; оно очень гидрофильно и химически состоит из мукополисахаридов; содержит связанный с белками хондроитинсульфат, гиалуроновую кислоту и кератосульфат.

Гистологически ядро состоит из *коллагеновых нитей, хондроцитоподобных клеток, соединительной ткани* и очень немногих кластеров зрелых *хрящевых клеток*. В ядре нет **ни сосудов, ни нервов**. Отсутствие кровеносных сосудов исключает всякую возможность самостоятельного заживления тканей ядра. Пульпозное ядро перегорожено фиброзными перемычками, идущими от периферии.

- Периферическая часть — фиброзное кольцо (A) — состоит из концентрических нитей, косо пересекающих друг друга в пространстве, как это показано на **рис. 30**.

На правой стороне (**рис. 31**) видимые нити вертикальны на периферии остальные, *более косые, ближе к центру*. Центральные нити, контактирующие с ядром, идут почти горизонтально между позвонковыми пластинками, образуя эллипс. Таким образом, ядро заключено в *нерастяжимую оболочку*, сформированную позвонковыми пластинками сверху и снизу и фиброзным кольцом.

Переплетенные нити оболочки предохраняют от пролапса содержимого ядра в молодости. Содержимое ядра находится в своей ячейке **под давлением**. Так, если произвести горизонтальный срез диска, то можно увидеть желатинообразное вещество ядра, выступающее наружу. Это также видно при сагитальном сечении позвоночника.

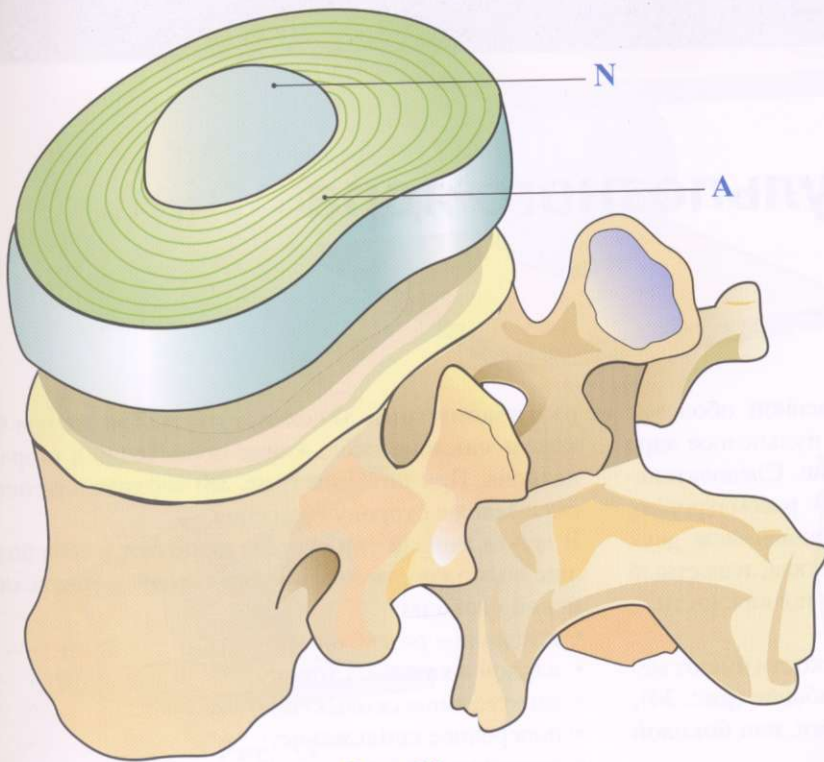


Рис. 29

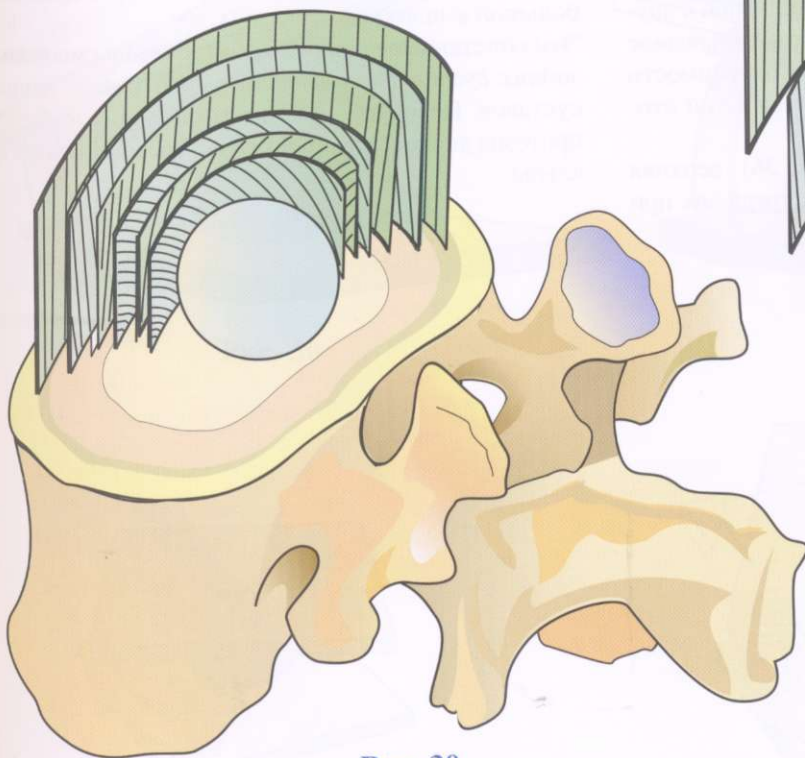


Рис. 30

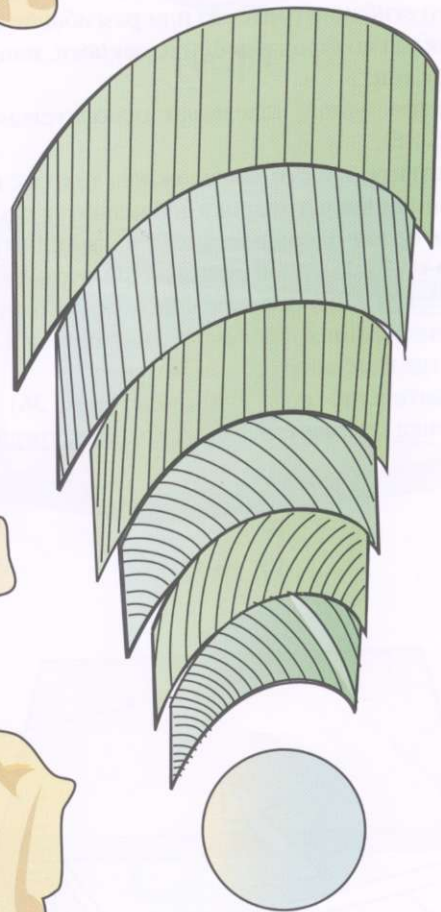


Рис. 31

Сравнение пульпозного ядра с шарниром

Находясь под давлением в собственной оболочке меж двух позвоночных пластинок, пульпозное ядро **приближено к сферической форме**. Следовательно, в первом приближении можно рассматривать пульпозное ядро как **шар**, помещенный меж двух плоскостей (**рис. 32**). Этот тип сустава, известный как шарнирный, допускает три типа подвижности:

- Наклонные движения:
 - при наклоне в сагиттальной плоскости имеют место сгибание (**рис. 33**) или разгибание (**рис. 34**);
 - наклон во фронтальной плоскости, или **боковой наклон**.
- Ротация одной пластинки относительно другой (**рис. 35**).

В действительности все сложнее, так как к данным движениям вокруг шарика добавляются *скольжение* или *смещение* одной пластинки по отношению к другой по срединной оси сферы. При этом пульпозное ядро слегка изменяет свое положение в зависимости от происходящих движений, уплощается с той стороны, где пластинки сближаются.

Следовательно, при **сгибании (рис. 36)** верхняя пластинка смещается слегка кпереди, тогда как при

разгибании (рис. 37) слегка кзади. Так же при **боковом наклоне** скольжение происходит в сторону наклона. При **ротации (рис. 38)** верхняя пластинка смещается в сторону вращения.

В целом данный тип сустава включает в себя большие возможности подвижности, точнее, **шесть степеней свободы**:

- сгибание - разгибание;
- наклон в каждую сторону;
- сагиттальное скольжение;
- поперечное скольжение;
- вращение вправо;
- вращение влево.

Но каждое движение обладает малой амплитудой. Только благодаря сумме движений многочисленных суставов данного типа можно достигнуть движения большой амплитуды.

Эти сочетанные движения обусловлены смещением *задних суставных поверхностей* и *связок* данных суставов. Невозможно не напомнить о разработках протезов дисков, которые сейчас чрезвычайно актуальны.

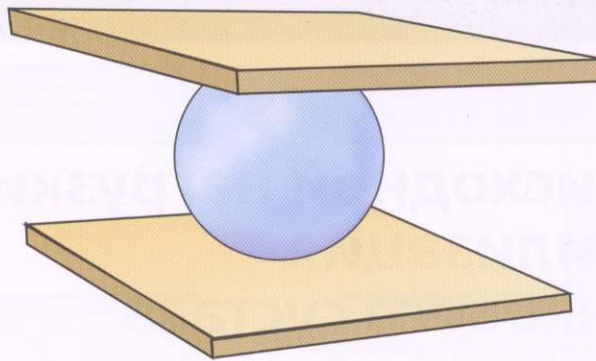


Рис. 32

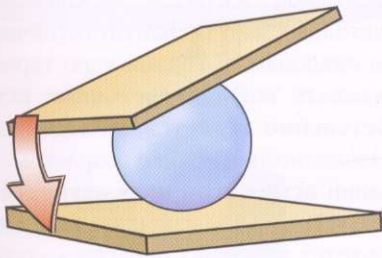


Рис. 33

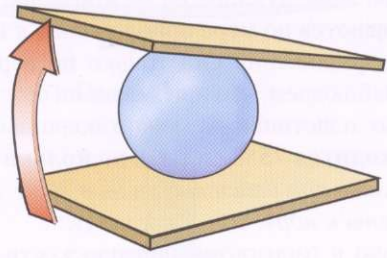


Рис. 34

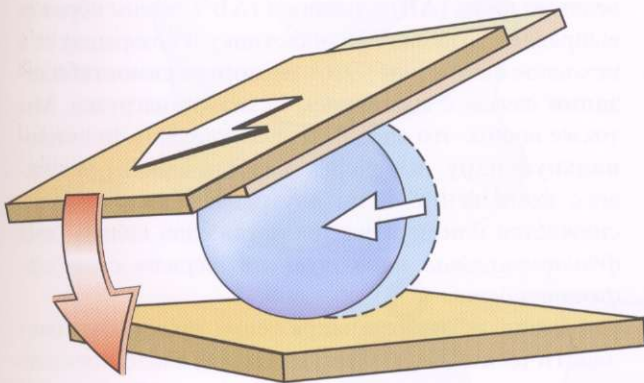


Рис. 36

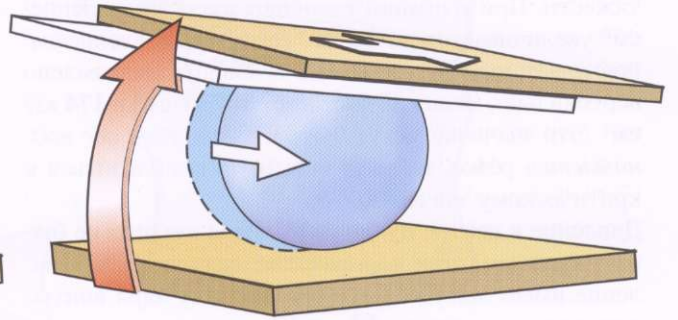


Рис. 37

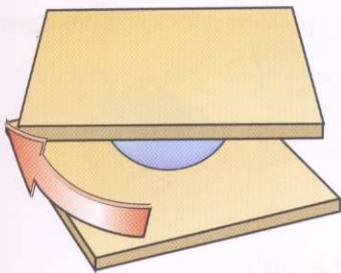


Рис. 35

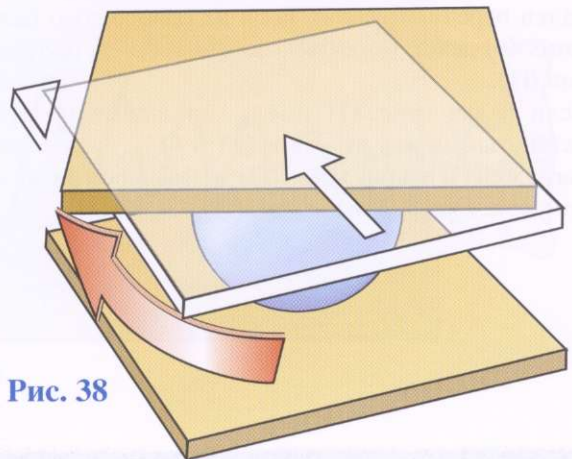


Рис. 38

Состояние исходной нагрузки диска и самостабилизация межпозвонкового сустава

Силы, действующие на межпозвонковый диск, увеличиваются по мере приближения к крестцу.

При приложении сил только по вертикальной оси мы наблюдаем, что при давлении со стороны позвонковых пластинок на межпозвонковый диск на **ядро приходится 75% силы, а на кольцо — 25%**, таким образом, *при действии силы в 20 кг 15 кг силы приложены к ядру, а 5 — к кольцу.*

Однако в горизонтальной плоскости ядро **передает часть усилия** кольцу (рис. 39). Например, в положении стоя на уровне дисков (L5 - S1) сила вертикальной компрессии, действующая на ядро и передающаяся на кольцо, соответствуют 28 кг/см^2 и 16 кг/см^2 . Эти силы значительно увеличиваются при поднятии тяжести. При сгибании туловища кпереди давление/см² увеличивается до **58 кг**, тогда как давление/см² повышается до **87 кг**. Когда туловище выпрямлено вертикально, давление достигает **107 кг/см²** и **174 кг/см²**. Эти значения могут быть и выше, если вес поднимается резко, и могут вплотную приблизиться к критическому значению.

Давление в центре пульпозного ядра никогда не бывает нулевым, даже если диск не нагружен. Это давление имеет место благодаря свойству ядра впитывать воду, вследствие чего диск «*выбухает*» *внутри нерастяжимой оболочки*. Это аналогично состоянию **исходной нагрузки**. В технологии строительства «исходная нагрузка» означает напряжение балки перед нагрузкой. Если на однородную балку (рис. 40) давит тяжесть, она сгибается на протяжении (f1).

Если балка (рис. 41) имеет металлический трос, натянутый между точками (Т) и (Т'), она исходно нагружена и искривление (f2), вызванное тем же весом, будет явно меньше, чем (f1).

Состояние исходной нагрузки межпозвонкового диска, следовательно, дает большую устойчивость к компрессии и наклонам. С годами ядро теряет свои свойства связывать воду, и **состояние исходной нагрузки постепенно теряется**; отсюда *снижение гибкости позвоночного столба с возрастом.*

При приложении **асимметричной нагрузки** к диску по оси (рис. 42) вышележащая позвонковая пластинка наклоняется в сторону перегрузки под углом (а). Следовательно, волокна (АВ') будут растянуты, как (АВ), но в то же время максимальное давление ядра будет направлено в сторону стрелки, что приведет волокна (АВ) к позиции (АВ'), таким образом выправляя позвонковую пластинку и возвращая ее в исходное положение. Этот **механизм самостабилизации** связан с состоянием исходной нагрузки. Мы также видим, что ядро и диск составляют **функциональную пару**, чья эффективность зависит от каждого компонента. Если внутреннее давление ядра снижается или нарушается натяжение кольца, *эта функциональная пара тут же теряет свою эффективность.*

Состояние исходного напряжения также объясняет **эластические свойства диска**, как было показано в эксперименте Хирша (Hirsch) (рис. 43). Если исходно нагруженный диск (Р) испытывает сильное воздействие (S), толщина диска колеблется от минимальной до максимальной согласно *кривой убывания колебаний* в течение одной секунды. Если воздействие слишком сильно, силы этой вибрации достаточно для *разрушения волокон кольца*. Так происходит изнашивание диска при повторяющихся серьезных воздействиях.

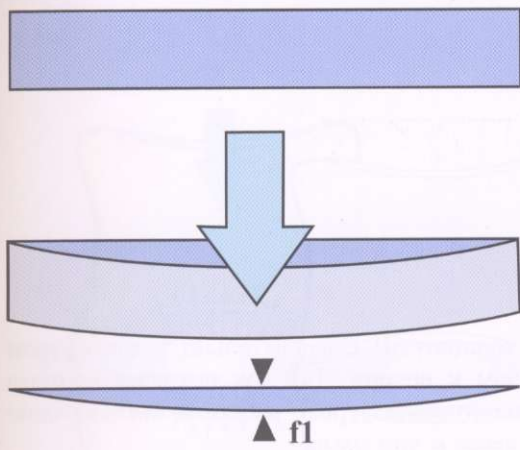


Рис. 40

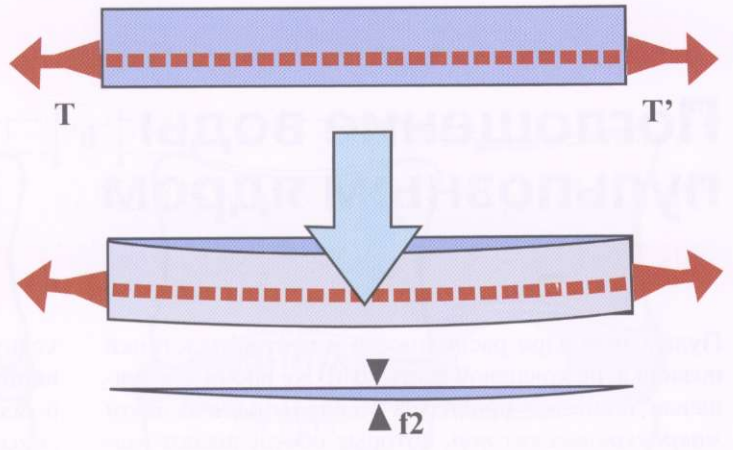


Рис. 41

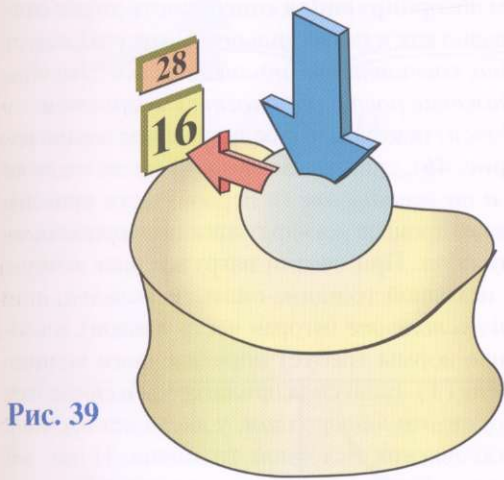


Рис. 39

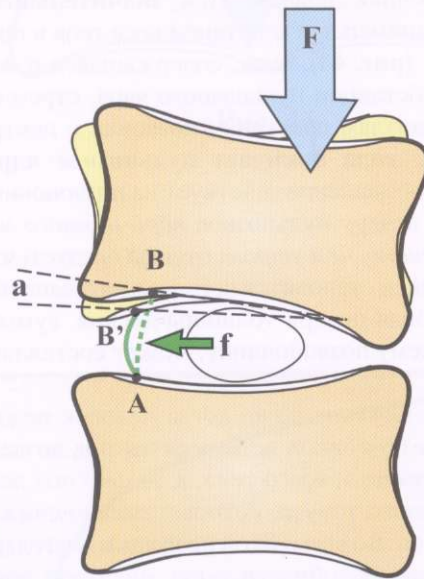


Рис. 42

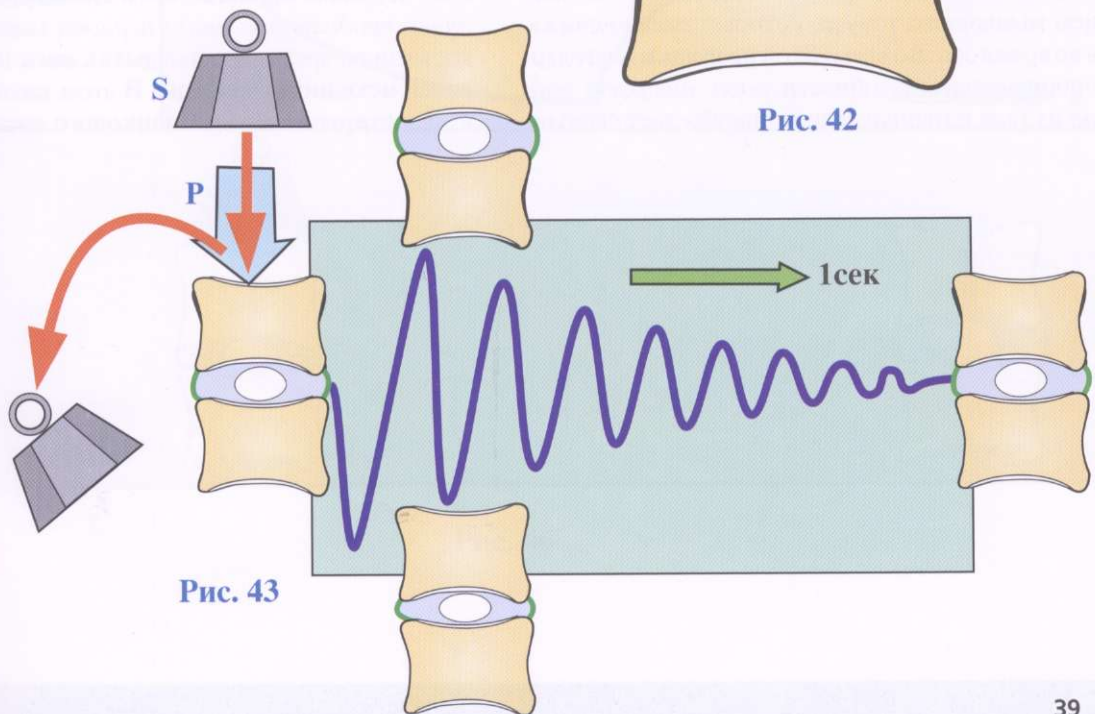


Рис. 43

Поглощение воды пульпозным ядром

Пульпозное ядро расположено в центре пластинки позвонка, на хрящевой части. В то же время эта хрящевая ткань вся пронизана *большим количеством микроскопических пор*, которые обеспечивают взаимосвязь ячейки (с пульпозным ядром) и хрящевой ткани, расположенной под пластинкой позвонка. Когда позвоночник подвергается **значительному давлению**, например под действием веса тела в позе человека стоя (**рис. 44**), вода, содержащаяся в желеобразной субстанции пульпозного ядра, стремится по узким каналам пластинки позвонка к центру тела позвонка: **вода покидает пульпозное ядро**. Такое статичное давление действует на позвоночник весь день, и к вечеру пульпозное ядро *намного менее гидратировано, чем утром*; отсюда следует, что позвоночный диск становится несколько тоньше (**d**). В норме подобная потеря толщины дисков, суммированная по всему позвоночнику, может составлять до 2 см.

И наоборот, *в течение ночи*, когда человек лежит (**рис. 45**), тела позвонков не находятся под воздействием силы тяжести всего тела, а только под воздействием мышечного тонуса, который сильно снижается во время сна. Во время этой **разрядки** благодаря абсорбирующей способности ядро *забирает воду назад* из тела позвонка, и диск приобретает свою ис-

ходную толщину (**d**). Следовательно, человек **утром выше, чем к вечеру**. Так как исходная нагрузка более значительна утром, *гибкость позвоночного столба выше в это время*.

Давление пропитывания ядра значительно, так как достигает 250 мм рт. ст. (по Чарнли, *Charnley*). С возрастом **абсорбирующая способность диска снижается**, равно как и гидрофильность, откуда следует *уменьшение состояния исходной нагрузки*. Это объясняет *снижение роста и гибкости с возрастом*.

Хирш (*Hirsch*) показал, что если диск постоянно нагружен (**рис. 46**), снижение толщины происходит *не линейно, а по экспоненте* (в первой части кривой), поддерживая процесс дегидратации *пропорционально объему ядра*. При снятии нагрузки диск возвращается к исходной толщине *опять не линейно, а по обратной экспоненте* (вторая часть кривой), и восстановление нормы требует определенного количества времени (Т). Если сила прилагается и снимается *с очень коротким интервалом*, у диска нет времени для восстановления исходной толщины. И так же если эти силы прилагаются и снимаются *в течение очень продолжительного периода* (даже если есть достаточно времени для отдыха), **диск не достигает своей исходной толщины**. В этом заключается феномен **старения межпозвонкового диска**.

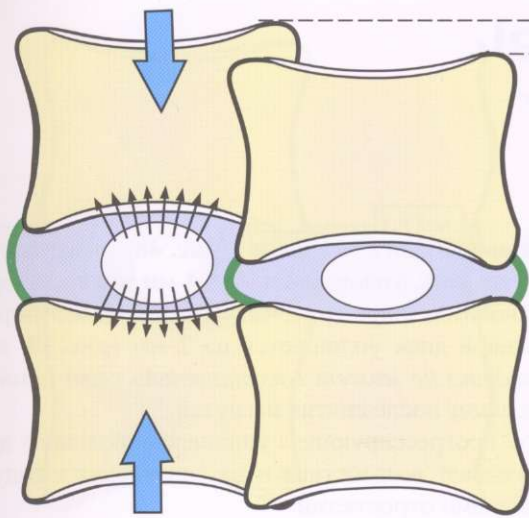


Рис. 44

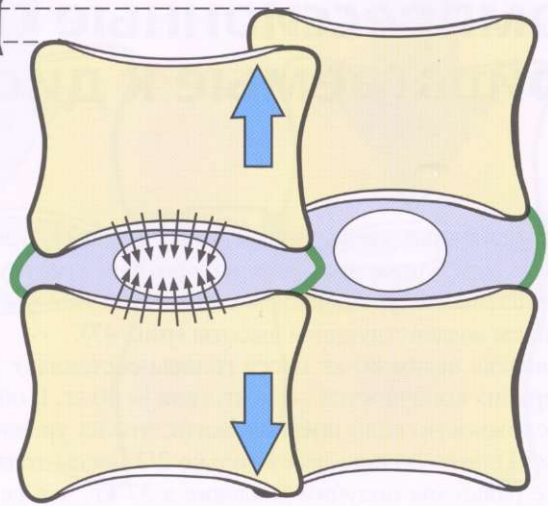


Рис. 45

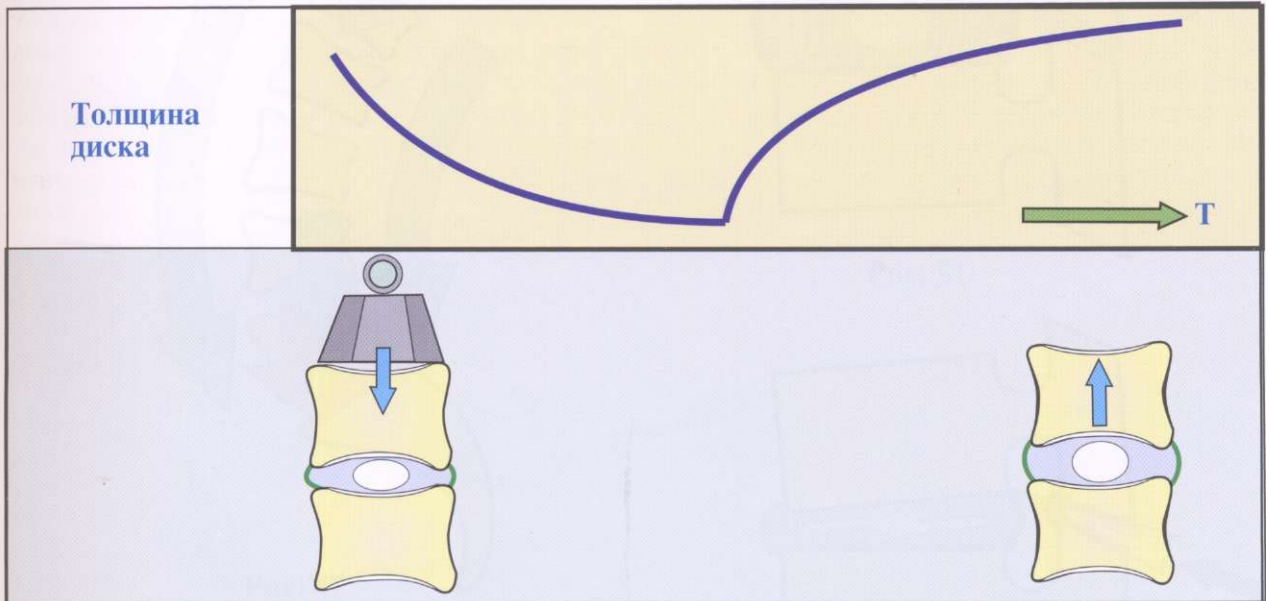


Рис. 46

Компрессионные силы, прилагаемые к диску

Компрессионные силы, прилагаемые к диску, тем сильнее, чем ближе этот диск находится к крестцу, что объясняется увеличением силы тяжести с увеличением воздействующей высоты (рис. 47).

У человека весом 80 кг масса головы составляет 3 кг, верхних конечностей — 14 кг, тела — 30 кг. В общей сложности, если предположить, что на уровне (L5 - S1) позвоночник несет только 2/3 массы тела, то все равно мы получим давление в 37 кг, что составит почти половину веса тела (P). К этому нужно добавить *тонус околопозвоночных мышц* (M1) и (M2), необходимый для поддержания тела в прямом положении в покое. При *дополнительной нагрузке* (E) или любой серьезной *перегрузке* (S) становится ясно, что нижние диски, на уровне крестца, могут стать объектом воздействия сил, которые превышают их резистентность, особенно у пожилых.

Здоровый диск в покое (рис. 48), нагруженный 100 кг веса, уплощается на 1,4 мм и в то же время становится шире (рис. 49). При такой же нагрузке больной диск уплощается на 2 мм (рис. 50) и *абсолютно не может восстановить свою исходную толщину* после снятия нагрузки.

Это прогрессирующее уплощение больного диска оказывает воздействие и на сочленения между суставными отростками:

- При нормальной толщине диска (рис. 51) суставные хрящи этих суставов нормально расположены, и суставная щель прямая и ровная.
- При уплощении диска (рис. 52) эти соотношения нарушаются, и суставная щель наклоняется назад. Это суставное нарушение может само по себе привести к **артрозу позвоночника** на большом протяжении.

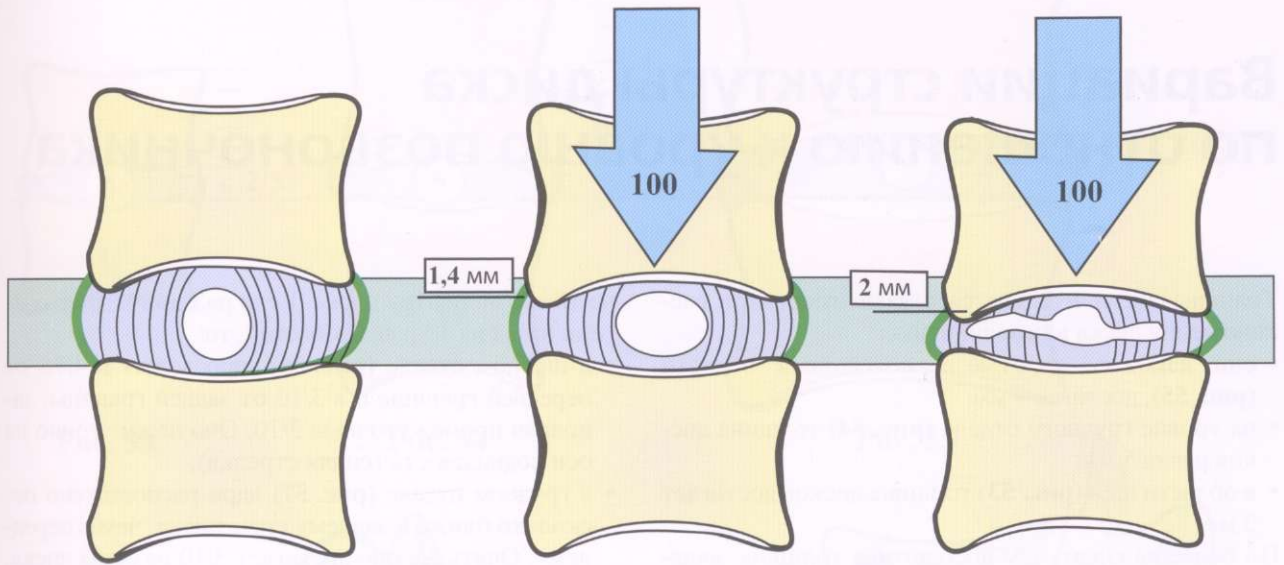


Рис. 48

Рис. 49

Рис. 50

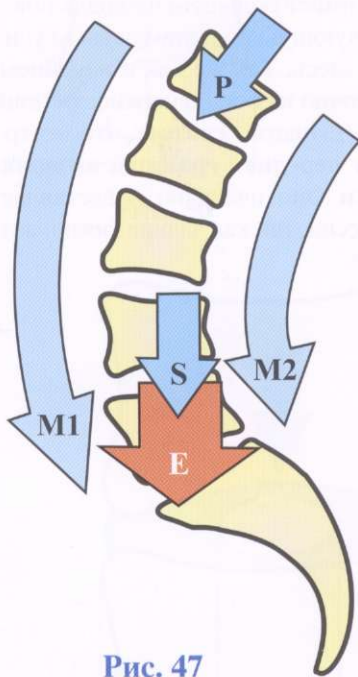


Рис. 47

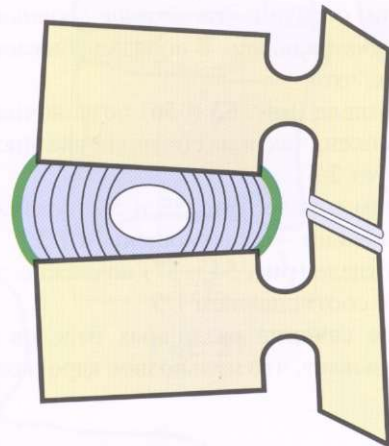


Рис. 51

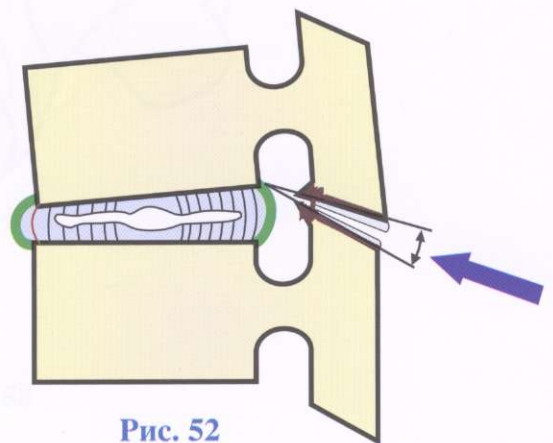


Рис. 52

Вариации структуры диска по отношению к уровню позвоночника

Толщина диска изменяется в зависимости от расположения диска в позвоночнике:

- они наиболее толстые в поясничной области (рис. 55), достигая 9 мм;
- на уровне грудного отдела (рис. 54) толщина дисков равна 5 мм;
- в области шеи (рис. 53) толщина дисков достигает 3 мм.

Но более важным, чем абсолютная толщина, является **соотношение толщины диска** к высоте тела позвонка. Фактически это соотношение описывает подвижность каждого отдельного сегмента позвоночника, таким образом: *чем больше соотношение, тем больше подвижность*. В порядке убывания следует отметить, что:

- в шейном отделе (рис. 53 и 56) позвоночник наиболее подвижен, так как соотношение диск/тело соответствует 2/5;
- в поясничном отделе (рис. 55 и 58) подвижность несколько меньше - с соотношением 1/3;
- в грудном отделе (рис. 54 и 57) подвижность наименьшая - с соотношением 1/5.

Сагиттальное сечение различных отделов позвоночника показывает, что пульпозное ядро находится

не точно по центру диска. Если разделить диск спереди назад на 10 равных частей, то:

- в шейном отделе (рис. 56) ядро лежит в 4/10 от передней границы и в 3/10 от задней границы, заполняя промежуточные 3/10. Оно лежит точно на оси подвижности (синяя стрелка);
- в грудном отделе (рис. 57) ядро расположено несколько ближе к заднему краю диска, чем к переднему. Опять же оно достигает 3/10 размера диска, но лежит сзади от оси подвижности. Синяя стрелка, представляющая эту ось, проходит четко спереди от ядра;
- в поясничном отделе (рис. 58) ядро лежит в 4/10 от передней границы и в 2/10 от задней границы диска, но теперь оно достигает 4/10 размера диска, т.е. оно имеет большую площадь поверхности, соответствующую большим осевым усилиям, прилагаемым здесь. Так же как и в шейном отделе, оно лежит точно на оси подвижности (синяя стрелка).

Леонарди (*Leonardi*) считает, что центр ядра **равноудален от передней границы позвонка и от желтой связки**. Оно, очевидно, представляет собой точку равновесия, так как задние связки активно *тянут* ядро назад.

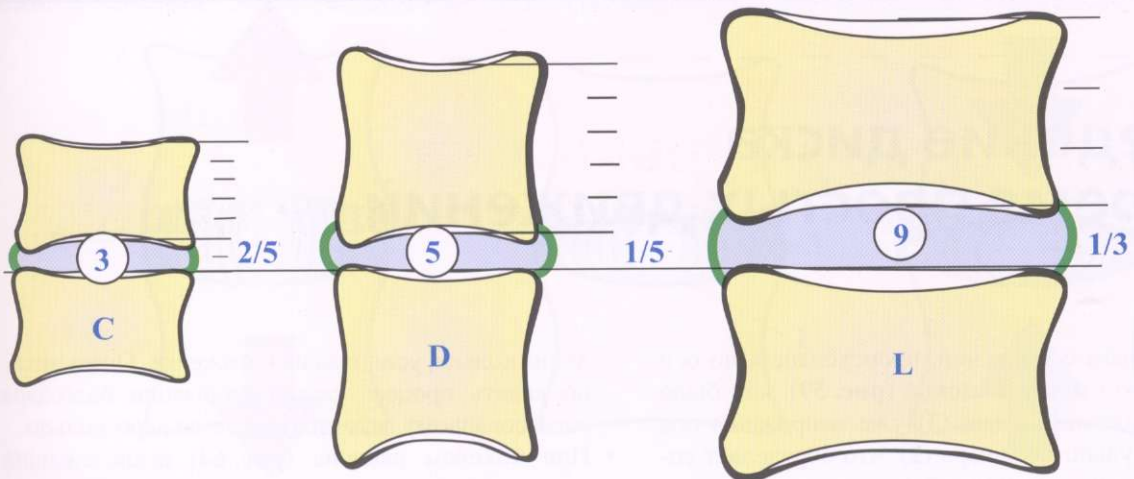


Рис. 53

Рис. 54

Рис. 55

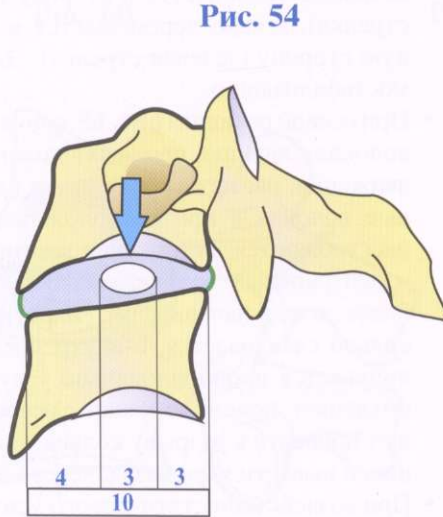


Рис. 56

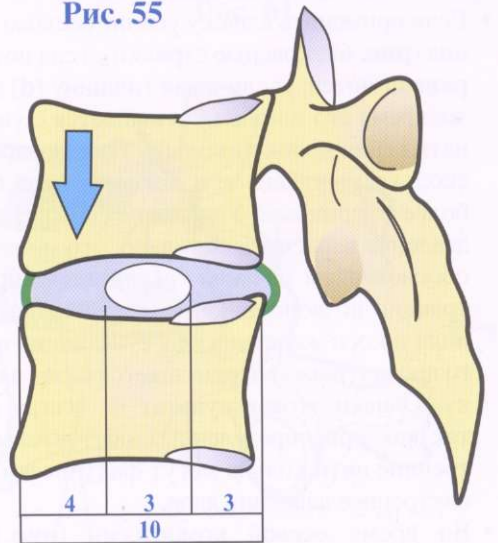


Рис. 57

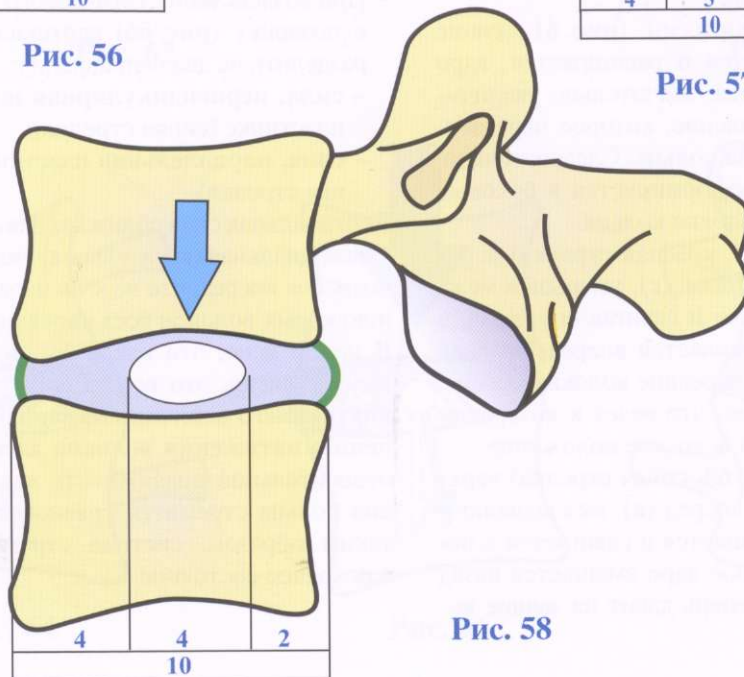


Рис. 58

Поведение диска во время простых движений

Давайте начнем с движений, происходящих по оси позвоночного столба. В покое (рис. 59), как было показано, волокна кольца (3) уже напряжены под действием пульпозного ядра (2), что определяет состояние **исходного напряжения**.

- Если применить к диску усилие осевого растягивания (рис. 60, красные стрелки), тела позвонков (1) раздвигаются, увеличивая толщину (d) диска. В то же время его ширина уменьшается с увеличением натяжения волокон кольца. Пульпозное ядро, несколько уплощенное в покое, теперь становится более сферичным. Удлинение снижает внутреннее давление ядра; следовательно, это может служить обоснованием лечения грыжи диска при помощи тракции позвоночника. При удлинении позвоночника по оси желатинозная субстанция выдвинутого диска (грыжа) перемещается назад в свою ячейку. Однако этот результат не всегда достижим, так как при определенных обстоятельствах внутренние нити кольца могут фактически повышать внутреннее давление ядра.
- Во время осевой компрессии (рис. 61, синие стрелки) диск уплощается и расширяется, ядро становится более плоским, значительно увеличивая свое внутреннее давление, которое передается на внутренние волокна кольца. Следовательно, вертикальная сила трансформируется в боковые силы, растягивающие волокна кольца.
- При разгибании (рис. 62, красная стрелка) верхний позвонок движется назад (г), уменьшая межпозвоночное пространство и сдвигая его назад, в то время как ядро направляется вперед (зеленая стрелка). Ядро давит на передние волокна кольца, увеличивая их натяжение, что ведет к возвращению верхнего позвонка в исходное положение.
- Во время сгибания (рис. 63, синяя стрелка) верхний позвонок движется вперед (а), межпозвоночное пространство уменьшается и сдвигается к переднему краю. Пульпозное ядро смещается назад (синяя стрелка). Ядро теперь давит на задние во-

локна кольца, усиливая их натяжение. Опять можно видеть процесс самостабилизации благодаря согласованному действию системы ядро-кольцо.

- При боковом наклоне (рис. 64) вышележащий позвонок наклоняется в сторону сгибания (синяя стрелка), а ядро перемещается в противоположную сторону (зеленая стрелка). Это вызывает самостабилизацию.
- При осевой ротации (рис. 65, синие стрелки) косые волокна, идущие противоположно направлению движения, растягиваются, тогда как промежуточные волокна с противоположным направлением расслабляются. Натяжение достигает максимума в центральных волокнах кольца, имеющих наиболее косое направление. Ядро, таким образом, сильно сдавливается, и внутреннее давление увеличивается пропорционально углу поворота. Это объясняет, почему сгибание с осевой ротацией может привести к разрыву кольца, увеличивая давление, и вывести ядро назад, через щели кольца.
- При воздействии статического усилия слегка косо к позвонку (рис. 66) вертикальные силы можно разделить на два направления:
 - **сила, перпендикулярная** нижней позвонковой пластинке (синяя стрелка);
 - **сила, параллельная** пластинке позвонка (красная стрелка).

Вертикальная сила сближает два позвонка, тогда как тангенциальная (касательная) сила сдвигает верхний позвонок вперед, что ведет к нарастающему натяжению косых волокон всех слоев кольца.

В целом ясно, что какая бы сила ни была приложена к диску, это всегда приводит к **повышению внутреннего давления пульпозного ядра и увеличению натяжения волокон кольца**. Но благодаря относительной подвижности ядра натяжение волокон кольца стремится уравновесить это движение; таким образом, система стремится возвратиться в исходное состояние.

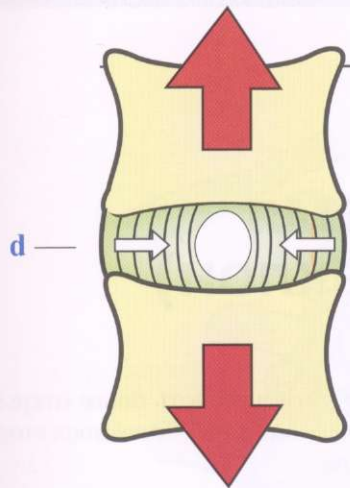


Рис. 60

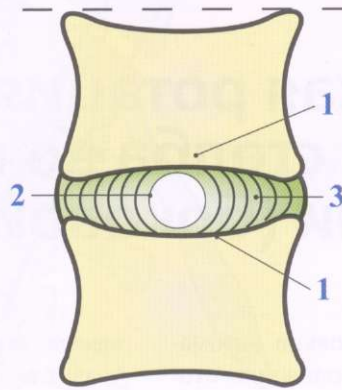


Рис. 59

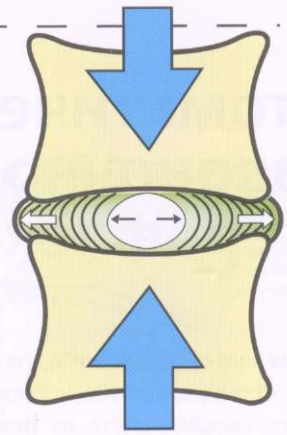


Рис. 61

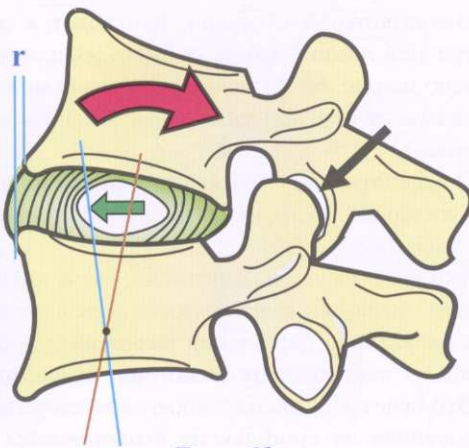


Рис. 62

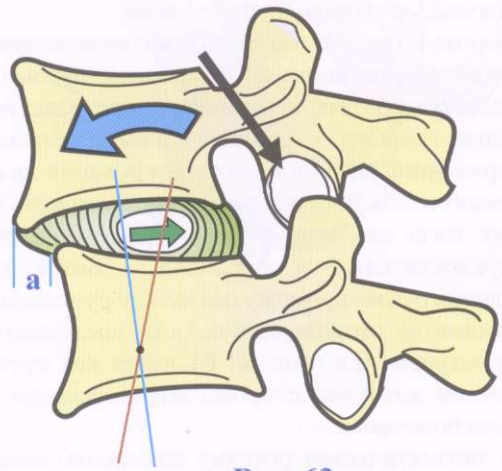


Рис. 63

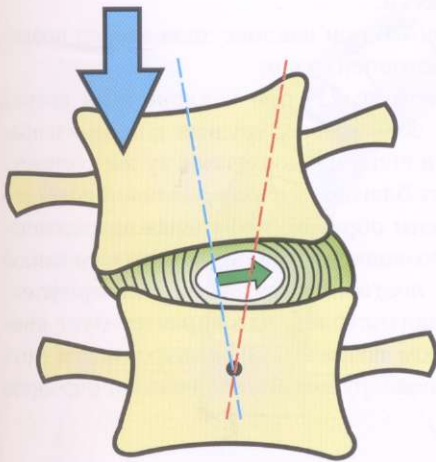


Рис. 64

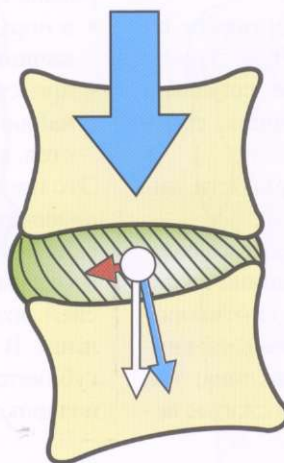


Рис. 66

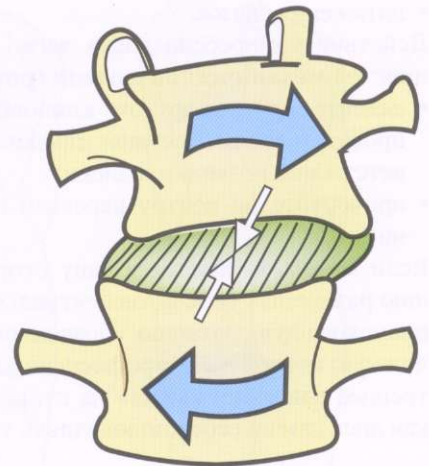


Рис. 65

Автоматическая ротация позвоночного столба во время латерофлексии (боковой наклон)

Во время латерофлексии тела позвонков автоматически поворачиваются в противоположную сторону. Это можно видеть на **рентгенограмме в передней проекции в положении бокового наклона (рис. 67)**: тела позвонков утратили свою симметричность, и остистая линия (жирный синий пунктир) сдвинулась в сторону перемещения.

На схеме позвонок изображен в соответствии с его анатомическим костным строением, чтобы лучше представить его расположение в пространстве и позволить сравнить с рентгеновским изображением. **Сверху (рис. 68 А)** в положении ротации на стороне вогнутости поперечный отросток виден полностью, тогда как поперечный отросток на стороне выпуклости кажется укороченным. Более того, на рентгенограмме промежутки между суставными отростками на стороне выпуклости последовательно просматриваются (**рис. 68 В**), тогда как суставные отростки выгнутой стороны видны спереди, как и ножки позвонков.

Эта автоматическая ротация позвонков зависит от двух механизмов:

- компрессии межпозвонковых дисков;
- натяжения связок.

Действие компрессии диска легко представить по простой **механической модели (рис. 69)**:

- склейте друг с другом клиновидные сегменты пробки и мягкой резины, представляющие соответственно позвонки и диски;
- прочертите по центру передней поверхности линию.

Если модель сгибается в одну сторону, по смещению различных сегментов центральной линии видно происходящую ротацию «позвонков» в противоположную сторону. Латерофлексия увеличивает внутреннее давление «диска» на стороне наклона; так как диск сам по себе клиновидный, то его сжатое ве-

щество стремится уйти в область более открытого угла, т.е. — в противоположную от наклона сторону. Это ведет к ротации.

Распределение этого давления показано на рис. 68 А, где (+) обозначает область высокого давления, а стрелками показано направление ротации.

И наоборот, латерофлексия натягивает связки противоположной стороны, что ведет к движению к средней линии, чтобы снизить их длину. Это показано на рис. 68 А, где (-) на уровне межпоперечных связок, а стрелки показывают направление движения.

Примечательно, что два эти процесса синергичны, и каждый вносит вклад в *поворот позвонка в одну сторону*.

Это — *нормальная* ротация, но в некоторых случаях позвонки фиксируются в положении ротации в результате нарушения развития или баланса связок - наступает **постоянная ротация позвонка**. Это ведет к сколиозу, в котором сочетается фиксированная латерофлексия позвоночника с ротацией позвонков.

Эта аномальная ротация может быть продемонстрирована клинически:

- в норме (**рис. 70**) при наклоне тела вперед позвоночник симметричен сзади;
- при сколиозе (**рис. 71**) при наклоне тела вперед наблюдается асимметрия: грудная клетка изгибается, а позвоночник наклоняется в ту же сторону.

Это происходит благодаря *фиксированной ротации позвонков*. Таким образом, небольшая автоматическая ротация позвонков становится патологической и оказывается постоянно связанной с латерофлексией позвоночного столба, что характеризует **сколиоз**. В молодом возрасте такая деформация усугубляется компенсирующим увеличением размеров позвонков.

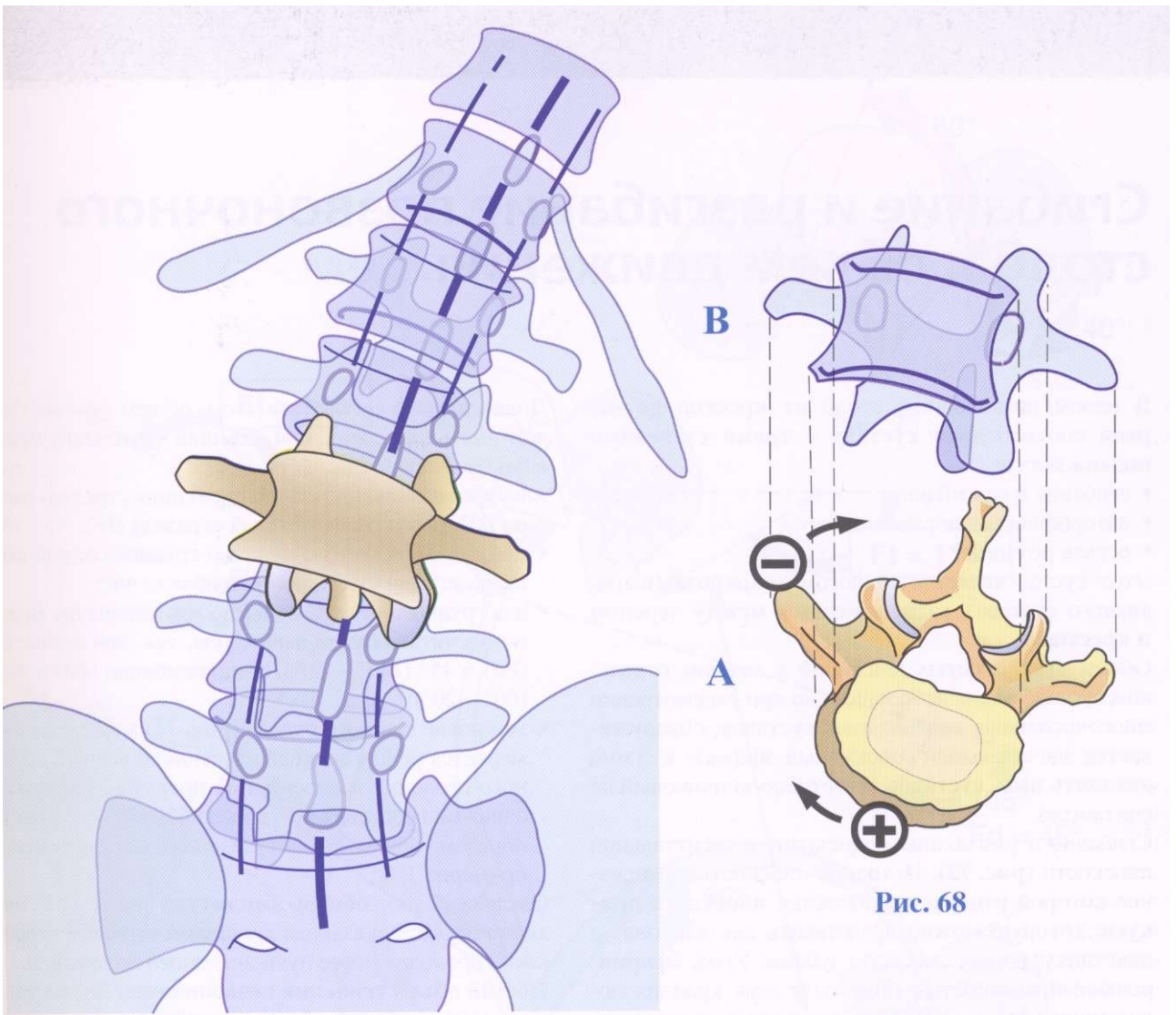


Рис. 67

Рис. 68

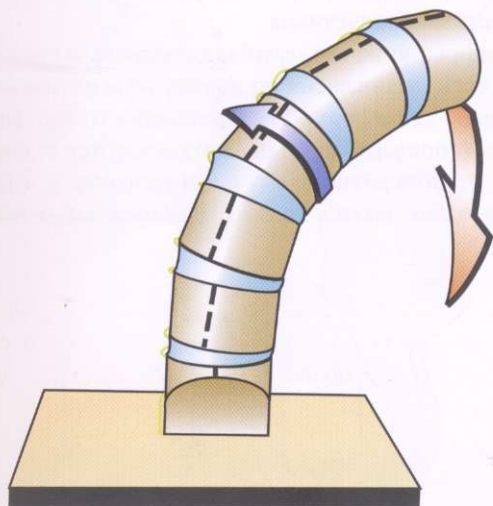


Рис. 69

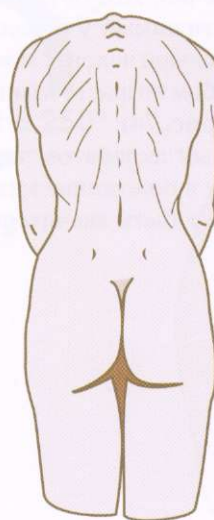


Рис. 70

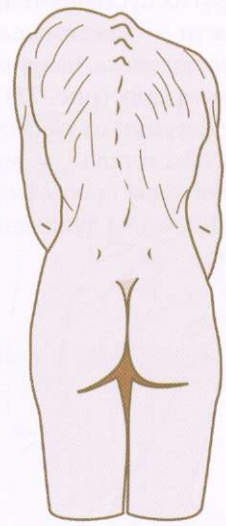


Рис. 71

Сгибание и разгибание позвоночного столба: объем движения

В целом позвоночный столб от крестца до черепа соответствует суставу с тремя степенями подвижности:

- сгибание и разгибание;
- латерофлексия вправо и влево;
- осевая ротация.

Этот сустав является аналогом **энартроза** (шаровидного сустава), расположенным **между черепом и крестцом**.

Объем этих простых движений в каждом отдельном суставе очень небольшой, но при рассмотрении многочисленных вовлеченных суставов, обнаруживается значительный совокупный эффект: в сумме **двадцать пять суставов** (крестцово-копчиковый не считается).

Сгибание и разгибание происходит в сагиттальной плоскости (**рис. 72**). Исходной плоскостью, движение которой измеряется, является **плоскость прикуса**, которую можно представить как картонную пластинку, плотно зажатую зубами. Угол, сформированный плоскостью прикуса в двух крайних положениях (**At**), — **250°**. Этот угол очень значителен, особенно в сравнении со 180° максимального объема в других суставах тела. Конечно, этот объем подвижности — максимально достижимый у *довольно гибкого* человека, например, молодой человек может сделать мостик (**рис. 73**). В любом возрасте намного проще свернуться калачиком (**рис. 74**).

С другой стороны, у некоторых акробатов, которые способны привести голову в положение между ног, амплитуды движений могут быть значительно больше.

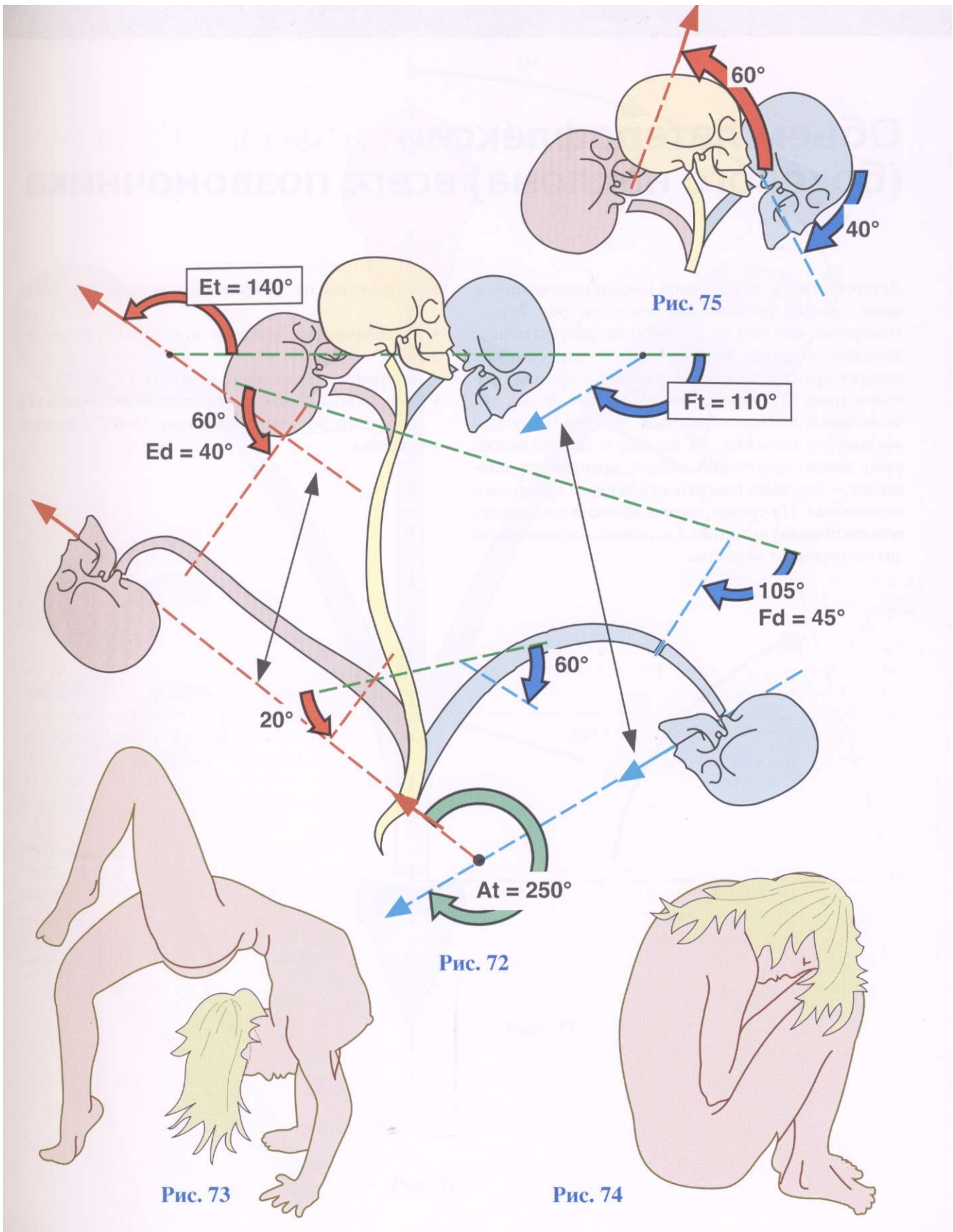
Доля каждого сегмента в этом, общем объеме может быть измерена при помощи рентгенографии в боковой проекции:

- на уровне поясницы сгибание (синяя стрелка) равно 60°, разгибание (красная стрелка) 20°;
- при сгибании всего пояснично-грудного отдела амплитуда равна 105°, при разгибании 60°;
- для грудного отдела, в частности, амплитуду можно посчитать путем вычитания, так, при сгибании (Fd) = 45° (105° - 60°), при разгибании (Ed) = 40° (60° - 20°);
- на уровне шейного отдела (**рис. 75**) амплитуда измеряется между верхней пластинкой первого грудного позвонка и плоскостью прикуса. Для разгибания она составит 60°, для сгибания - 40°. Таким образом, общая амплитуда движений составляет примерно 100°.

Следовательно, **общая амплитуда движений позвоночника**, показанная двойными черными стрелками, проходит через пути исходного положения.

Общий объем сгибания позвоночника (Ft) составляет 110°, а **общий объем разгибания** (Et) - 140°. Сумма этих цифр дает нам общую амплитуду (At) в 250°, что намного превышает 180°, обычные для всех остальных суставов.

Эти цифры, конечно, *приблизительны*, и среди авторов есть разногласия по поводу объема движений в разных сегментах позвоночного столба. Более того, эти показатели сильно отклоняются в зависимости от конкретного случая и возраста. Следовательно, здесь даются только **максимальные значения**.



Объем латерофлексии (бокового наклона) всего позвоночника

Латерофлексия, или боковой наклон позвоночника, происходит во фронтальной плоскости (**рис. 76**).

Измерение амплитуды клинически дает неточные значения, тогда как для получения точных сведений следует произвести рентгенограмму в прямой проекции (**рис. 77**): можно опираться или на ось позвоночника, или на направление верхней пластинки выбранного позвонка. За исходную линию можно взять линию крестцовых впадин, **крестцовую площадку** - верхнюю поверхность первого крестцового позвонка. На уровне черепа можно использовать **межсосцевидную линию**, т.е. линию, соединяющую два сосцевидных отростка.

- Латерофлексия поясничного отдела (L) равна 20° .
- Латерофлексия грудного отдела (D) составляет 20° .
- Латерофлексия шейного отдела (C) - $35-45^\circ$.
- Общий объем бокового наклона позвоночника (T) от крестца до черепа достигает $75-85^\circ$ с каждой стороны.

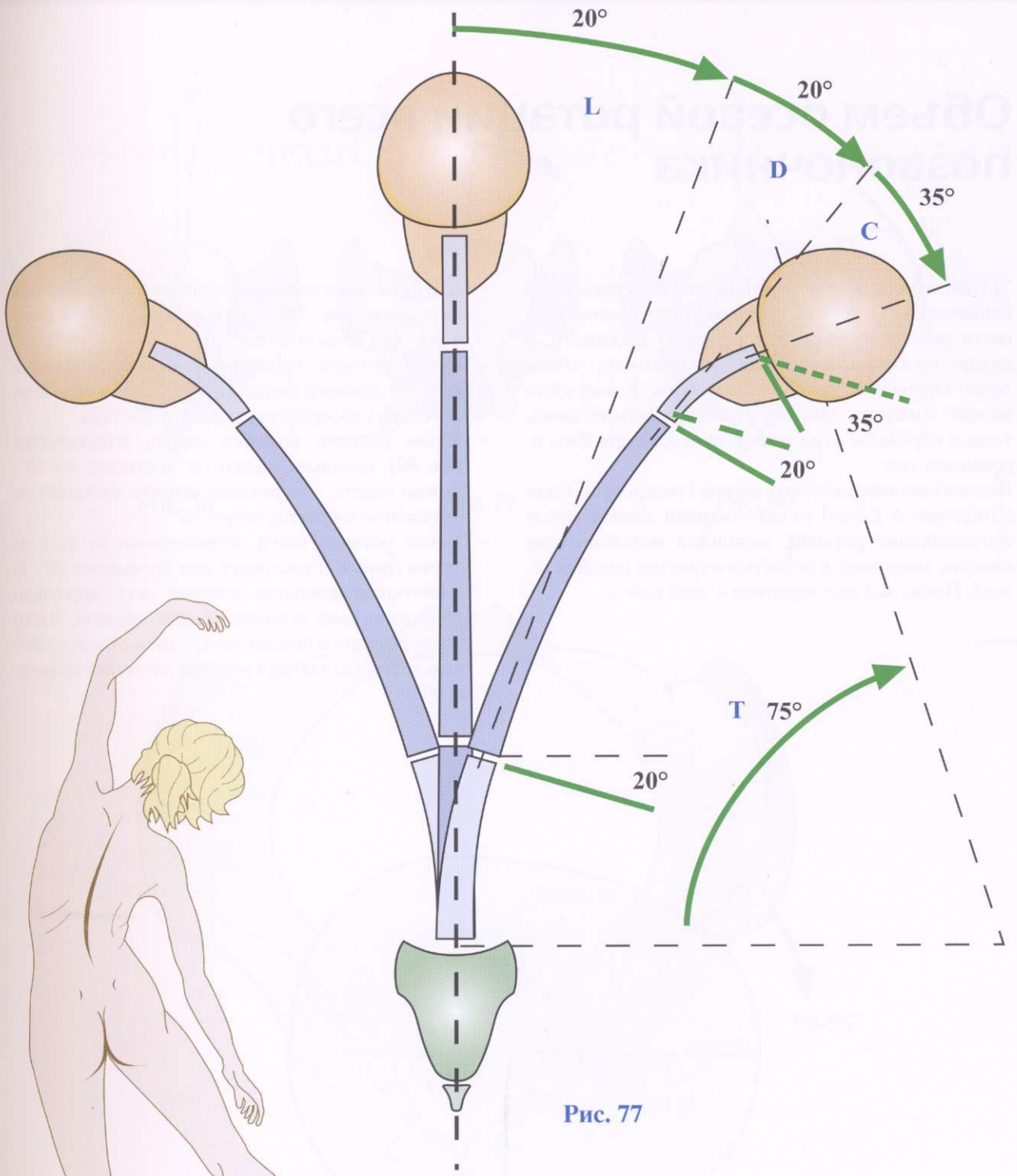


Рис. 77

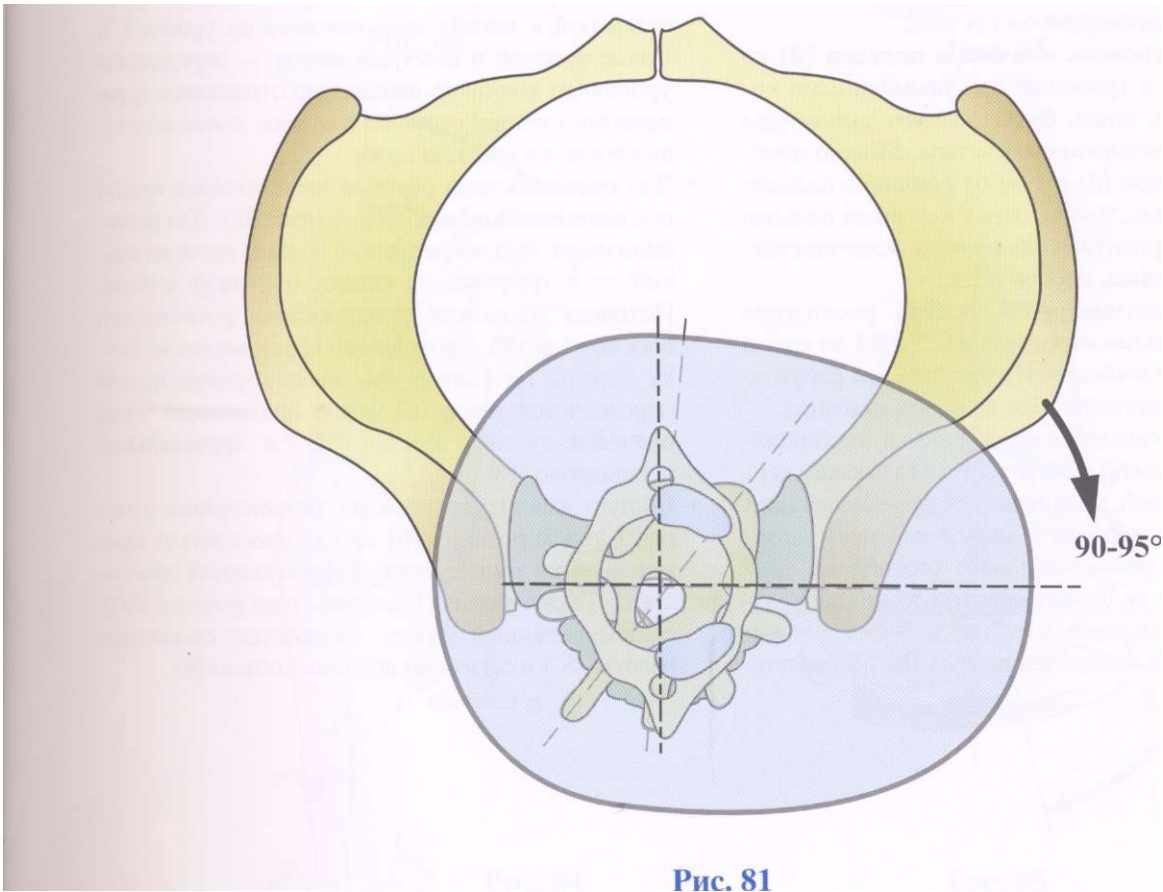
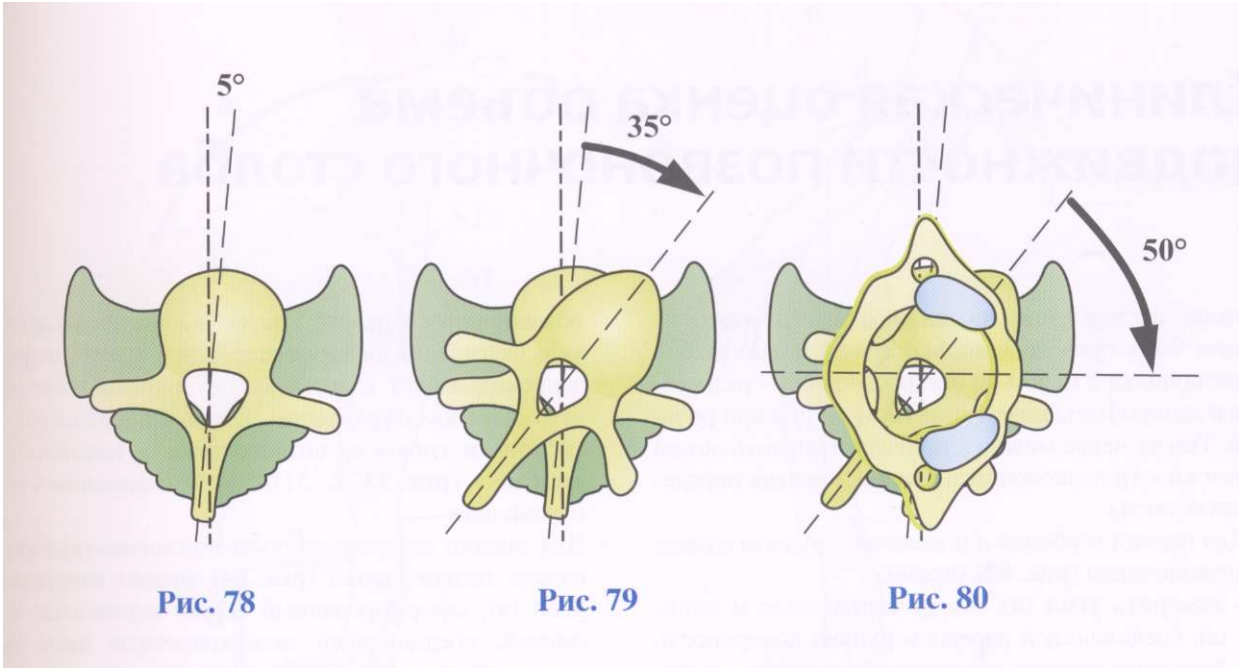
Рис. 76

Объем осевой ротации всего позвоночника

Трудно измерить объем ротационной подвижности клинически. С другой стороны, невозможно провести рентгенографию в поперечной плоскости, и нужно прибегать к осевым томограммам, чтобы точно определить ротацию позвонков. Клинически можно измерить общую ротацию позвоночника, только определяя угол поворота черепа при фиксированном тазе.

Недавно два американских автора Греггерсон и Лукас (*Gregersen & Lucas*) точно измерили элементарные составляющие ротации, используя металлические клипсы, введенные в остистые отростки под анестезией. Позже мы еще вернемся к этой работе.

- Осевая ротация поясничного отдела позвоночника очень мала (**рис. 78**) - только 5° . Причины этого станут вам ясны позже.
- Осевая ротация грудного отдела позвоночника (**рис. 79**) намного больше — 35° . Это в основном благодаря строению суставных отростков.
- Осевая ротация шейного отдела позвоночника (**рис. 80**) довольно велика и достигает $45-50^\circ$. Можно видеть, что ротация атланта достигает по отношению к крестцу почти 90° .
- Осевая ротация всего позвоночника от таза до черепа (**рис. 81**) достигает или превышает 90° . В атлантоокипитальном суставе есть несколько градусов осевой ротации. Таким образом, часто объем ротации в пояснично-грудном отделе позвоночника ниже, а общая ротация достигает примерно 90° .



Клиническая оценка объема подвижности позвоночного столба

Точное исследование подвижности позвоночника может быть проведено только при рентгенографии позвоночника в целом во время сгибания - разгибания и латерофлексии и путем томографии при ротации. Тем не менее можно клинически оценить объем подвижности позвоночного столба, проведя определенные тесты.

- Для оценки сгибания в пояснично-грудном отделе позвоночника (**рис. 82**) можно:
 - измерить **угол (а)** между вертикалью и линией, соединяющей передневерхнюю поверхность большого вертела и наружный край акромиона. Этот угол также включает некоторые элементы сгибания в тазобедренном суставе;
 - определить **уровень кончиков пальцев (d)** во время наклона туловища с выпрямленными коленями; здесь опять будет элемент амплитуды сгибания тазобедренного сустава. Можно измерить расстояние (**d**) в 1 см от кончиков пальцев до пола или расстояние (**n**) от кончиков пальцев до любого ориентира на нижних конечностях, т.е. надколенника, носков и т.д.;
 - измерить сантиметровой лентой расстояние между остистыми отростками С7 и S1 во время сгибания и разгибания. На рисунке это расстояние увеличивается на 5 см во время сгибания.
- Для оценки разгибания в пояснично-грудной области (**рис. 83**) можно измерить угол (**а**) между вертикалью и линией, соединяющей передневерхний край большого вертела и наружный край акромиона во время максимального разгибания. Это значение также включает некоторую степень разгибания в тазобедренных суставах. Более точный метод состоит в определении угла (**б**) разгибания позвоночника в целом, а затем вычитание из него угла разгибания шейного отдела (измеряемого при запрокидывании головы назад, сохраняя тело в вертикальном положении). Хороший тест на разгибание и гибкость позвоночника - положение «мостик» (**рис.73**, с. 51), но его применимость ограничена.
- Для оценки латерофлексии в пояснично-грудном отделе позвоночника (**рис. 84**) можно измерить угол (**а**), сформированный между вертикалью и линией, соединяющей межъягодичную щель и остистый отросток С7. Должно быть более точным измерение угла (**б**) между вертикалью и касательной к изгибу позвоночника на уровне С7. Более простой и быстрый метод — определение уровня (**n**) кончиков пальцев по отношению к коленному суставу стороны наклона: выше колена, на уровне колена или ниже.
- Для оценки осевой ротации позвоночника нужно исследовать пациента сверху (**рис. 85**). Для иммобилизации таза обследуемый должен сесть на низкий стул, опираясь на спинку и сдвинув колени. Исходная плоскость представлена фронтальной плоскостью (F), проходящей через верхнюю точку черепа. Ротация в пояснично-грудном отделе определяется углом (**а**) между проходящей через плечевые суставы линией (ЕЕ') и фронтальной плоскостью (F).
- Общую амплитуду ротации позвоночника измеряют углом ротации (**б**) между плоскостью, проведенной на уровне ушей, и фронтальной плоскостью. Также можно измерить угол ротации (**б'**), сформированный между плоскостью симметрии головы (S') и сагиттальной плоскостью (S).

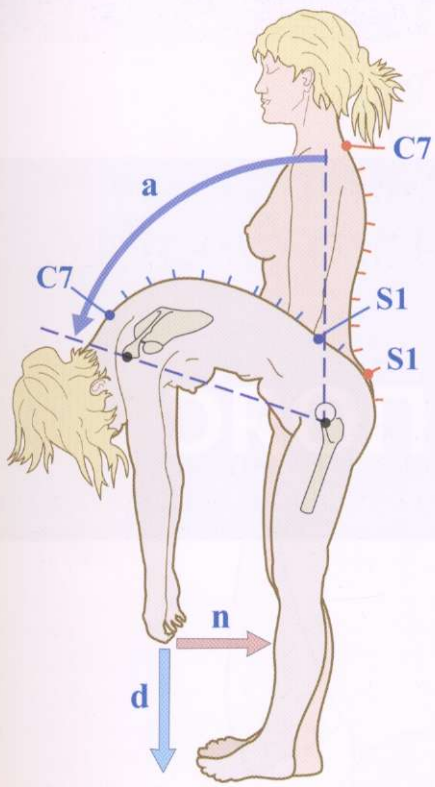


Рис. 82

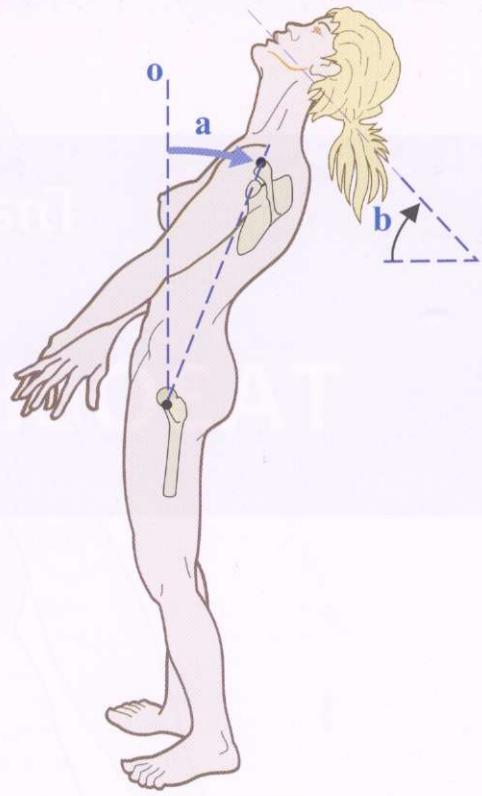


Рис. 83

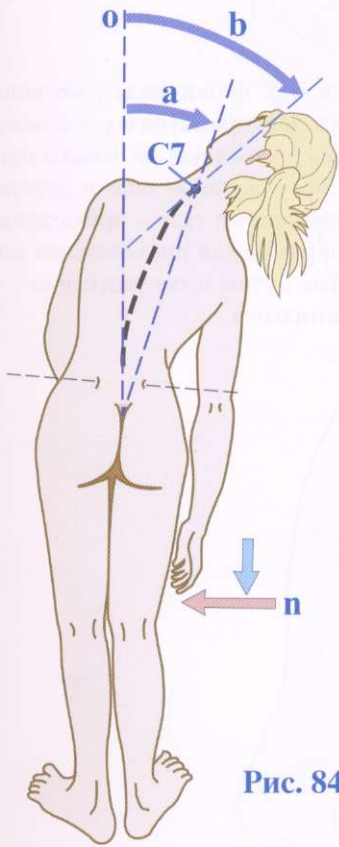


Рис. 84

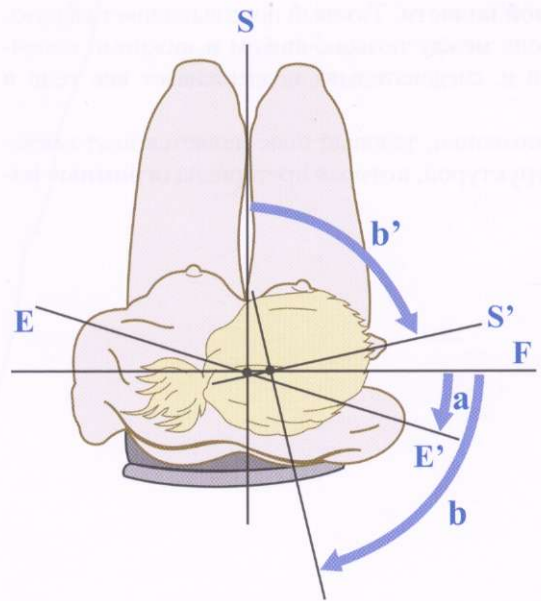


Рис. 85

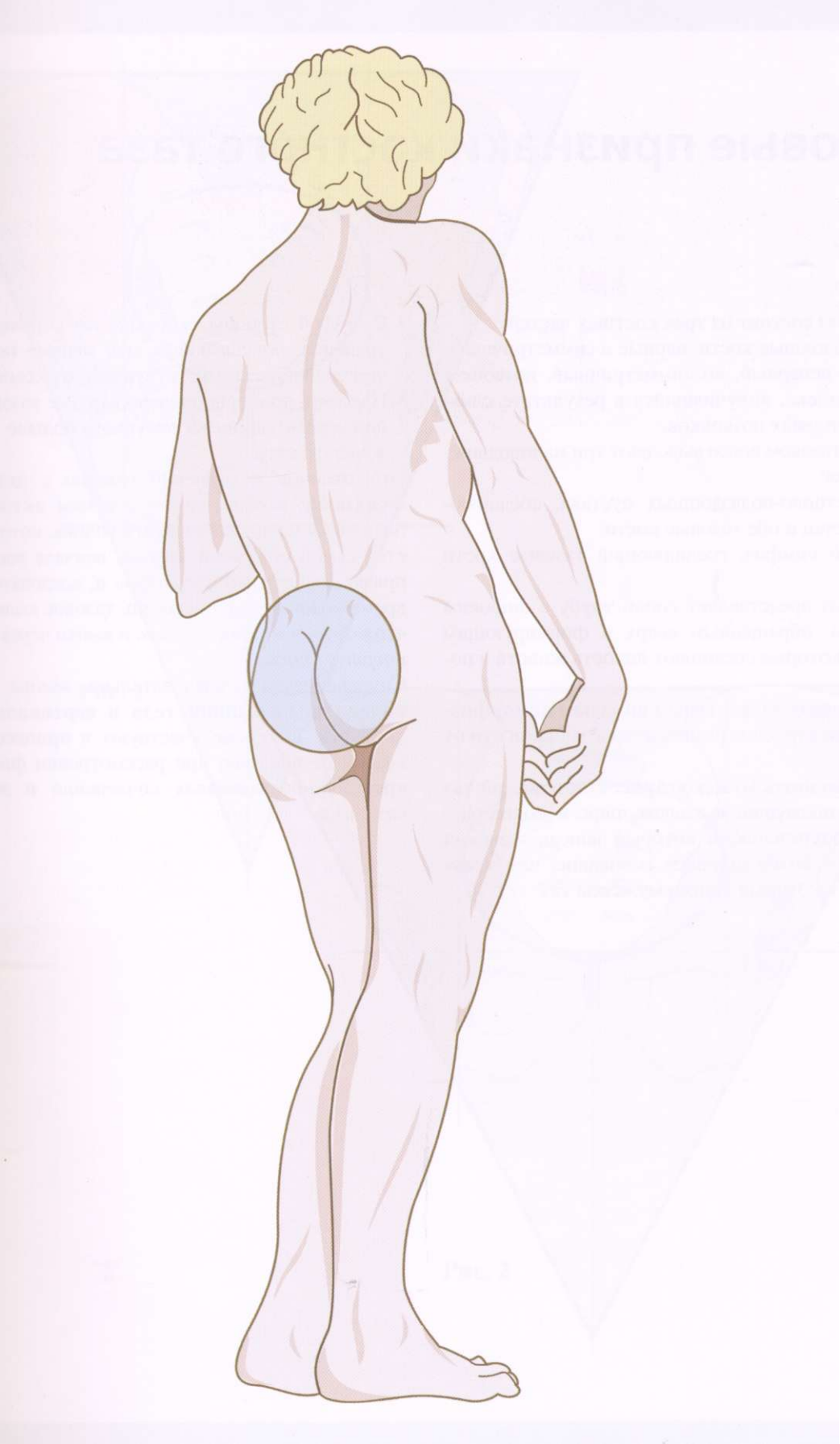
Глава 2

ТАЗОВЫЙ ПОЯС

Тазовый пояс также еще называют **таз**. Он является основанием туловища, и в частности **основанием брюшной полости**. Тазовый пояс выполняет связующую роль между позвоночником и нижними конечностями и, следовательно, поддерживает **все тело в целом**.

Как и позвонки, тазовый пояс является анатомической структурой, которая претерпела **огромные из-**

менения в ходе филогенеза у млекопитающих, особенно у высших приматов и у человека. Таз является полостью, содержащей не только органы брюшной полости, но у женщин еще и детородные органы. Нижняя диафрагма таза - **промежность** - устроена особым образом для прохождения новорожденного по родовым путям в соответствии с особым **родовым механизмом**.



Половые признаки костного таза

Костный таз состоит из трех костных частей:

- две подвздошные кости, парные и симметричные;
- крестец, непарный, но симметричный, позвоночный комплекс, получившийся в результате слияния крестцовых позвонков.

А также в тазовом поясе выделяют три малоподвижных сустава:

- два крестцово-подвздошных сустава, соединяющих крестец и обе тазовые кости;
- лобковый симфиз, соединяющий тазовые кости впереди.

В целом таз представляет собой трубу с широким основанием, обращенным вверх и формирующим края таза, которые соединяют полость живота и полость таза.

Тазовый пояс обладает явным **половым диморфизмом**, т.е. его строение различается в зависимости от пола:

- Если сравнивать мужской (**рис. 1**) и женский таз (**рис. 2**), последний выглядит шире и более раскрыт. Треугольник, в который вписан женский таз, имеет более широкое основание, чем треугольник, в который вписан мужской таз.

- С другой стороны, женский таз короче, так что трапеция, описывающая его, меньше по высоте, чем трапеция, соответствующая мужскому тазу.
- Наконец, пропорционально верхнее тазовое кольцо (черные линии на рисунках) больше и шире в женском тазу.

Это отличие в строении связано с **детородной функцией**, в особенности с самим **актом родов**, поскольку плод, особенно его голова, которая является самой объемной частью, вначале расположен прямо *над верхней апертурой* и, следовательно, во время родов должен пересечь тазовое кольцо перед *вхождением в полость таза* и выйти через *нижнюю апертуру таза*.

Сочленения таза, следовательно, важны не **только для поддержания тела в вертикальном положении**, но также участвуют в **процессе родов**, как будет показано при рассмотрении физиологии крестцово-подвздошных сочленений и лобкового симфиза.

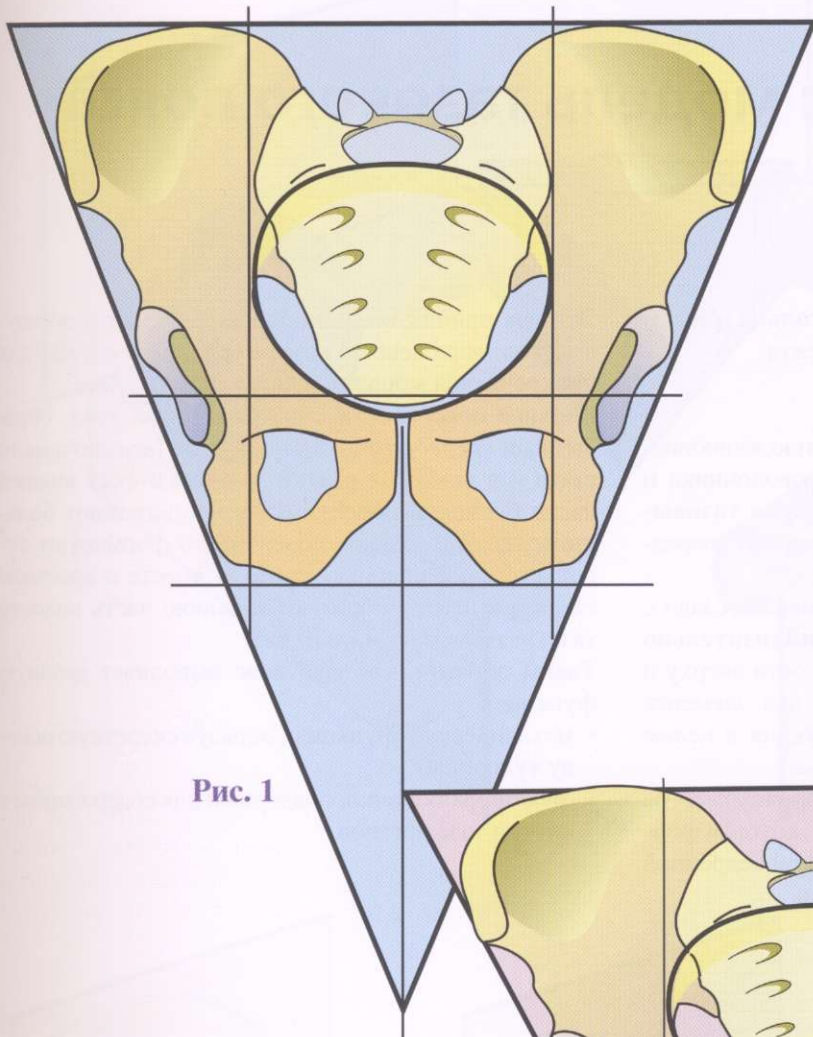


Рис. 1

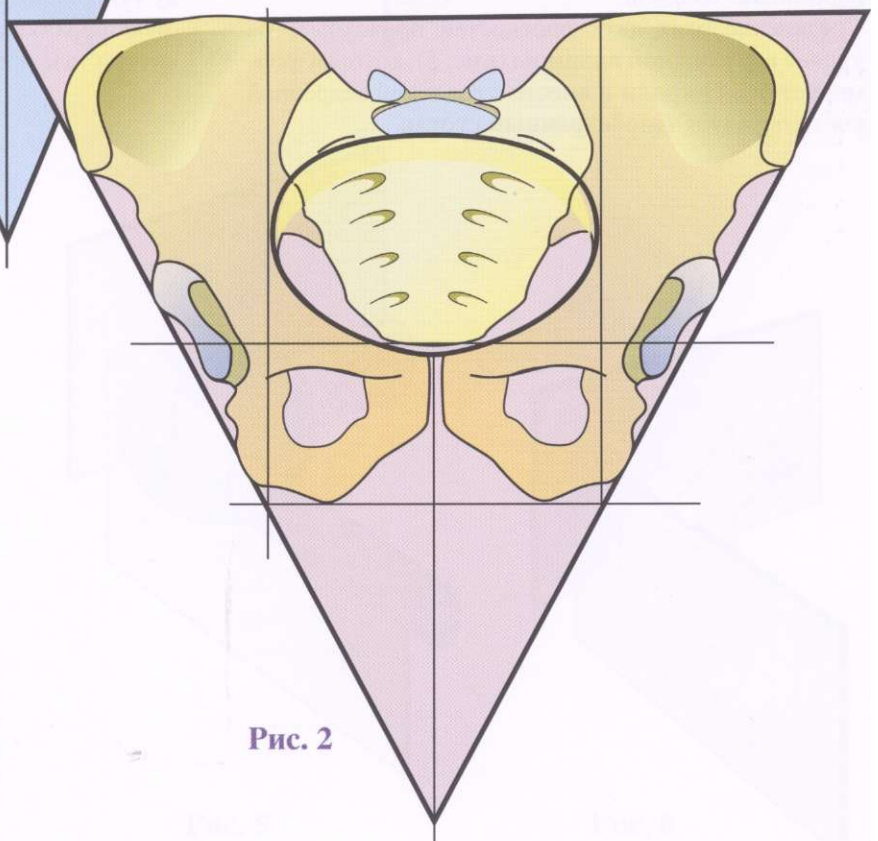


Рис. 2

Механическая модель тазового пояса

Механическая структура тазового кольца (рис. 3) включает в себя три костных компонента:

- крестец;
- две тазовые кости.

Крестец является симметричной костью клиновидной формы; составляет основание позвоночника и является связующим звеном между двумя **тазовыми костями**, которые соединяются впереди посредством лобкового симфиза.

Каждая тазовая кость (**рис. 4**), соединенная сзади с крестцом, представляет собой **две приблизительно плоские части**, крыло подвздошной кости вверху и запирающее отверстие внизу. Эти два элемента создают такой **угол**, что вся конструкция в целом напоминает *спираль*.

Соединение этих двух плоскостей происходит на уровне **вертлужной впадины (рис. 5)**, которая формирует **ось спирали** и вместе с головкой бедренной кости образует **тазобедренный сустав**.

Эти два приблизительно плоских элемента образуют угол, обращенный **внутрь (рис. 6)**, и служат для прикрепления мощных мышц тазового пояса.

Верхние поверхности образуют **тупой угол**, обращенный *кпереди (рис. 3)*, и вместе с позвоночником сзади и в центре образуют заднюю стенку нижней части брюшной полости, которую называют **большой таз**. Две нижние поверхности формируют тупой угол, обращенный *кзади*, и вместе с крестцом сзади и в центре образуют нижнюю часть полости таза, называемую **малый таз**.

Таким образом, тазовый пояс выполняет двойную функцию:

- механическую функцию, образуя скелетную основу туловища;
- функцию оболочки, поддержки для содержащихся внутри таза органов.

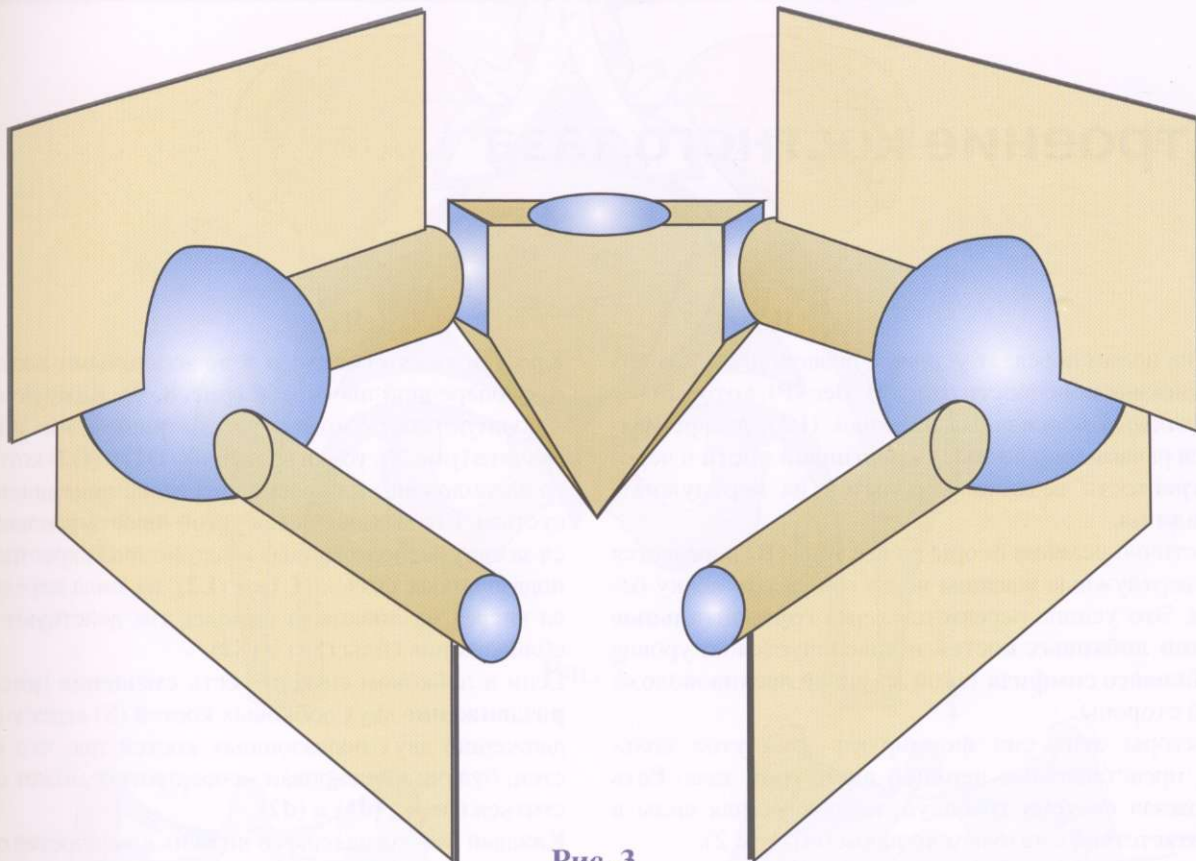


Рис. 3



Рис. 4

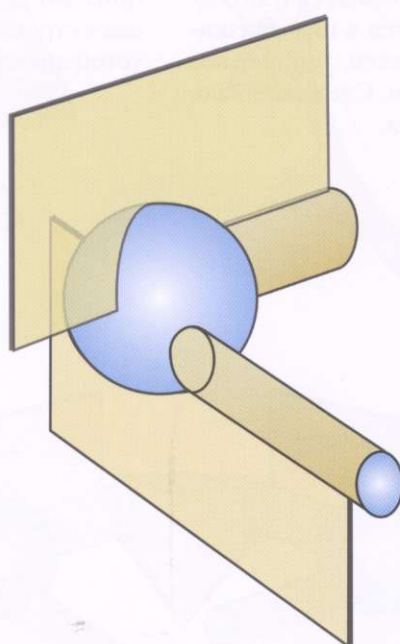


Рис. 5

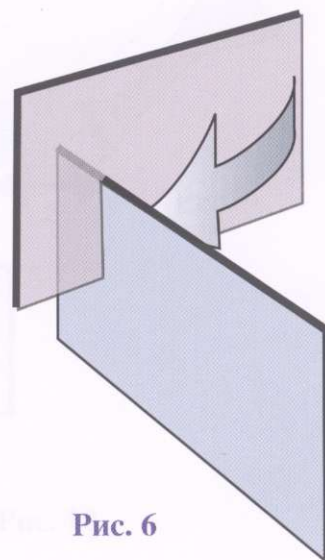


Рис. 6

Строение костного таза

Таз в целом передает усилие с позвоночного столба на нижние конечности (**рис. 7**). Вес (**P**), который несет *пятый поясничный позвонок* (L5), распределяется равномерно по **мысу крестцовой кости** и через бугристости седалищных костей на **вертлужные впадины**.

Частично реакция опоры на вес тела (**R**) передается на вертлужные впадины через головку и шейку бедра. Это усилие передается через **горизонтальные ветви лобковых костей** и нивелируется на уровне **лобкового симфиза** такой же силой противоположной стороны.

Векторы этих сил формируют замкнутое кольцо, представленное **верхней апертурой** таза. Есть сложная система трабекул, направляющая силы в соответствии с тазовым кольцом (см. том 2).

Так как крестец сверху шире, чем внизу, он может быть рассмотрен как клин (**треугольник**), который помещается точно вертикально между двух подвздошных костей. Крестец **крепится к ним связками**, и чем больше нагрузка на крестец, тем плотнее он крепится к подвздошным костям. Следовательно, это **самофиксирующаяся система**.

Крестец также соединен с подвздошными костями и в поперечной плоскости (**рис. 8, 9**). Каждую подвздошную кость можно рассматривать как **плечо рычага** (**рис. 8**), точки вращения (O1) и (O2) которого расположены на уровне крестцово-подвздошного сустава. Его механическая устойчивость усиливается за счет расположенных сзади мощных крестцово-подвздошных связок (L1) и (L2), их сила передается вперед на лобковый симфиз, где действуют две сближающие силы (S1) и (S2).

Если в лобковом симфизе есть **смещение** (**рис. 9**), **раздвижение** двух лобковых костей (S) ведет к раздвижению двух подвздошных костей так, что крестец, будучи фиксирован менее плотно, может сместиться вперед (d1) и (d2).

Каждый раз, когда одна из нижних конечностей опирается на пол, тазовое кольцо смещается и становится центром движения, сдвигая лобковый симфиз (**рис. 10**): любая асимметрия на любом уровне нарушает структуру в целом и снижает ее механическую устойчивость.

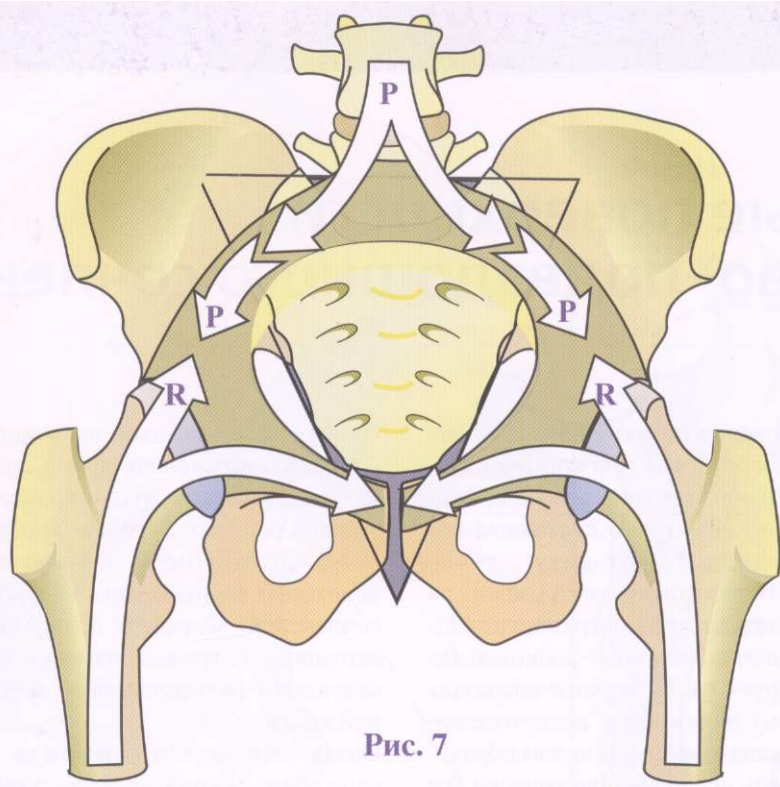


Рис. 7

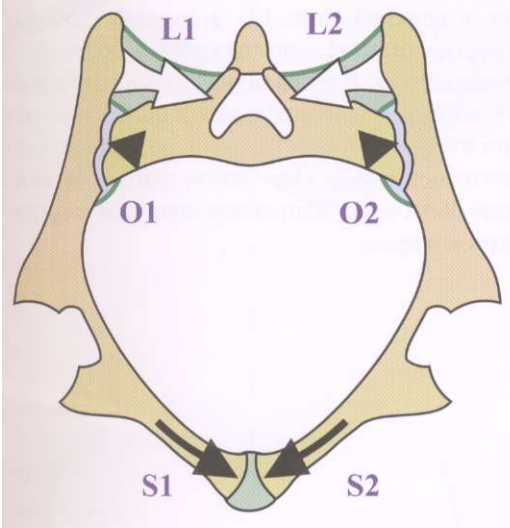


Рис. 8

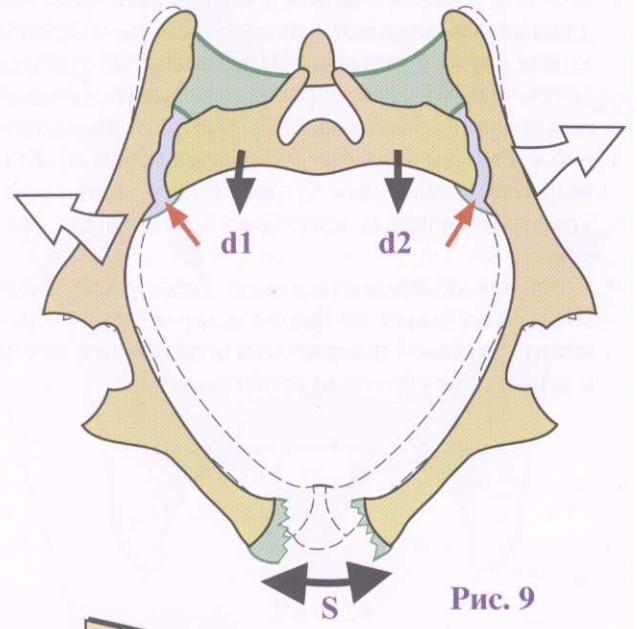


Рис. 9

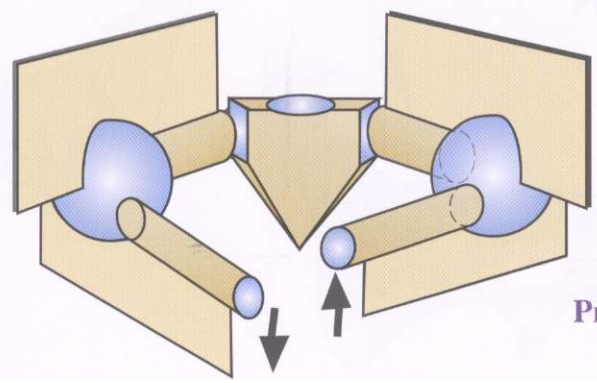


Рис. 10

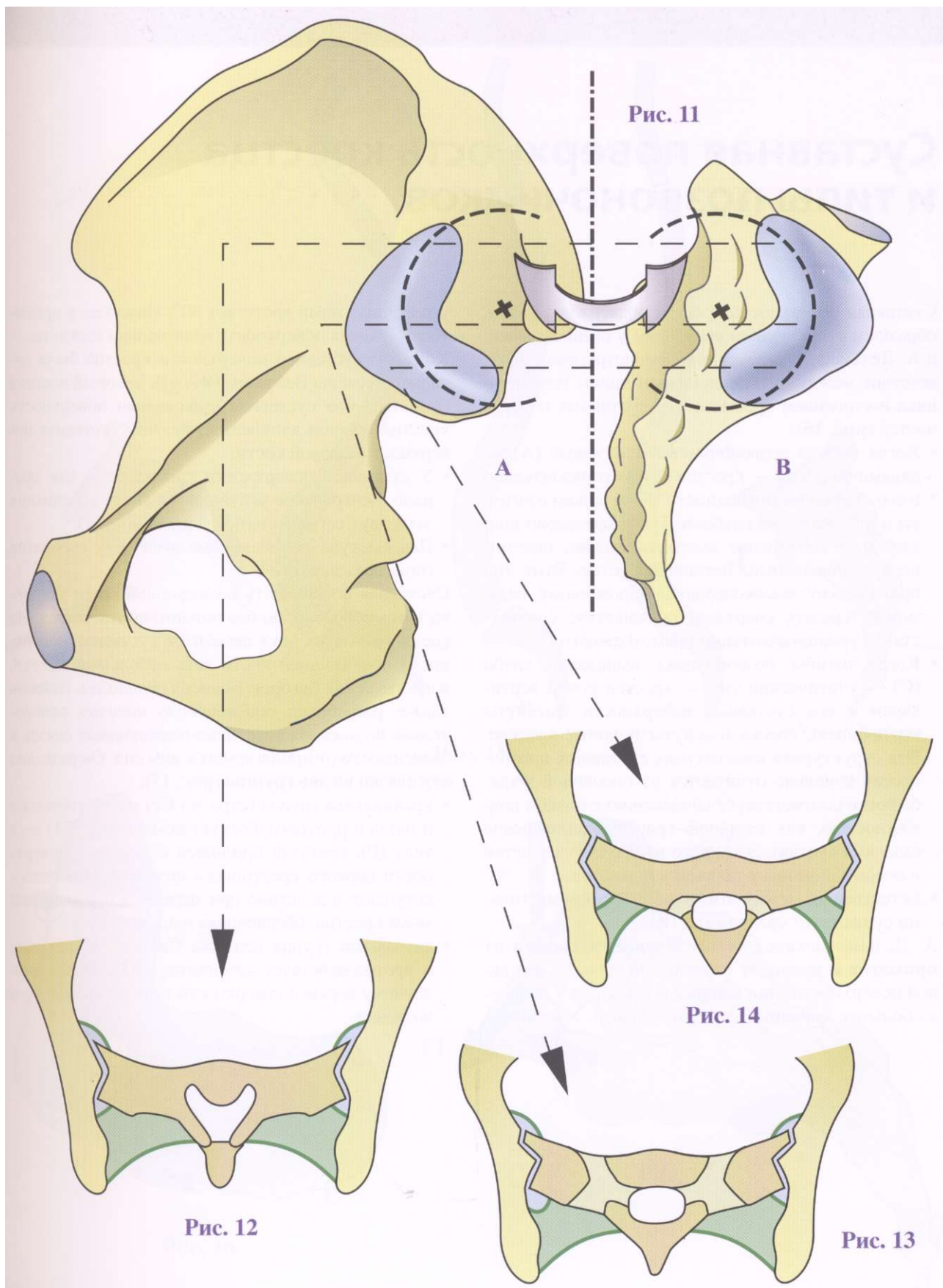
Суставные поверхности крестцово-подвздошного сочленения

Если раскрыть крестцово-подвздошный сустав (**рис. 11**), как книгу, поворачивая оба костных элемента вокруг вертикальной оси (ось показана пунктиром с точками), ясно видно, что суставные поверхности точно соответствуют друг другу:

- суставная поверхность тазовой кости (А) лежит на задневерхней части медиальной поверхности тазовой кости, сразу сзади от подвздошно-лобковой линии, которая формирует часть верхней апертуры таза. Она имеет форму полумесяца, вогнутого назад и вверх, и окружена хрящом. В целом образуется поверхность очень неровная. Фактически его длинная ось содержит длинный гребень, лежащий между двумя бороздами. Этот изогнутый гребень соответствует дуге окружности, центр которой лежит приблизительно на бугристости подвздошной кости или пирамиде (обозначен крестом). Как мы увидим далее, эта бугристость — точка прикрепления мощных крестцово-подвздошных связок;
- суставная поверхность крыла крестцовой кости (**В**) соответствует по форме и характеру поверхности суставной поверхности подвздошной кости и является ее обратным отображением.

На осевой линии этой поверхности есть изогнутая **борозда**, окруженная двумя длинными гребнями и соответствующая дуге окружности с центром на уровне первого бугорка крестца (обозначен крестом). Этот бугорок — также точка прикрепления некоторых мощных связок крестцово-подвздошного сочленения. Фарабеф (*Farabeuf*) сравнил эту поверхность с трамвайным рельсом, точно соответствующим рельсоподобной поверхности подвздошной кости.

Однако эти две поверхности не так ровны, как описано выше, и три горизонтальных сечения (**рис. 11**)¹ сделанные на разных уровнях, показывают, что! только в верхней (**рис. 12**) и средней (**рис. 13**) частях суставной поверхности крестца борозда расположена в центре. В нижней части (**рис. 14**) она более выгнута в своей центральной части. Следовательно, трудно отобразить крестцово-подвздошную борозду! на рентгенограмме. Для этого рентгеновский луч должен быть косо направлен снаружи кнутри или изнутри кнаружи.



Суставная поверхность крестца И ТИПЫ ПОЗВОНОЧНИКОВ

Суставная поверхность крестца подвержена разнообразным структурным вариациям у разных людей, и А. Дельмас (*A. Delmas*) продемонстрировал соответствие между функциональным типом позвонка и строением крестца и его суставных поверхностей (**рис. 15**):

- Когда изгибы позвоночника очень явные (А) — динамичный тип — крестец лежит горизонтально и его суставные поверхности значительно изогнуты и в то же время глубоки. Такое крестцово-подвздошное сочленение высокоподвижно, напоминает синовиальный, истинный сустав. Этот тип принадлежит высокоэволюционированному виду, можно сказать сверхадаптированному; соответствует уровню адаптации прямоходящего.
- Когда изгибы позвоночника выражены слабо (С) — статический тип — крестец почти вертикален и его суставные поверхности вытянуты вертикально, слегка изогнуты и почти плоские. Эта структурная конституция суставных поверхностей довольно отличается от описанной Фарабефом и соответствует сочленению с низкой подвижностью, как вторично-хрящевое сочленение (плоский сустав). Это часто наблюдается у детей и очень напоминает таковой у приматов.
- Естественно, между этими двумя крайними типами существует средний тип (В).

А. Дельмас показал, что **в течение эволюции от приматов к человеку** каудальный сегмент суставной поверхности стал длиннее и приобрел у человека большее значение, чем краниальный. У человека

угол между ними достигает 90° , тогда как у приматов суставная поверхность минимально изогнута.

Контуры суставной поверхности крестца были детально изучены Вейзелем (*Weisel*), который показал (**рис. 16**), что суставная ушковидная поверхность крестца обычно длиннее и уже, чем суставная поверхность тазовой кости:

- У суставной поверхности крестца есть, как правило, центральное углубление в месте соединения этих двух сегментов (показано знаком -).
- Два выступа около концов этих двух сегментов (показано знаком +).

Суставная поверхность подвздошной кости устроена взаимнообратно, но без полного соответствия. На соединении этих двух сегментов суставной поверхности подвздошной кости есть небольшой выступ, известный как бугорок Боннера (*Bonnaire*). Вейзель также разработал *собственную теорию* относительно положения крестцово-подвздошных связок в зависимости от прилагаемых к ним сил. Он разделил эти связки на **две группы** (**рис. 17**):

- краниальная группа (стрелка Сг) идет латерально и назад и противодействует компоненту (F1) веса тела (Р), который приложен к передней поверхности первого крестцового позвонка. Эти связки вступают в действие при переднем перемещении мыса крестца, обеспечивая наклон;
- каудальная группа (стрелка Са) идет краниально и противодействует компоненту (F2), перпендикулярному верхней поверхности первого крестцового позвонка.

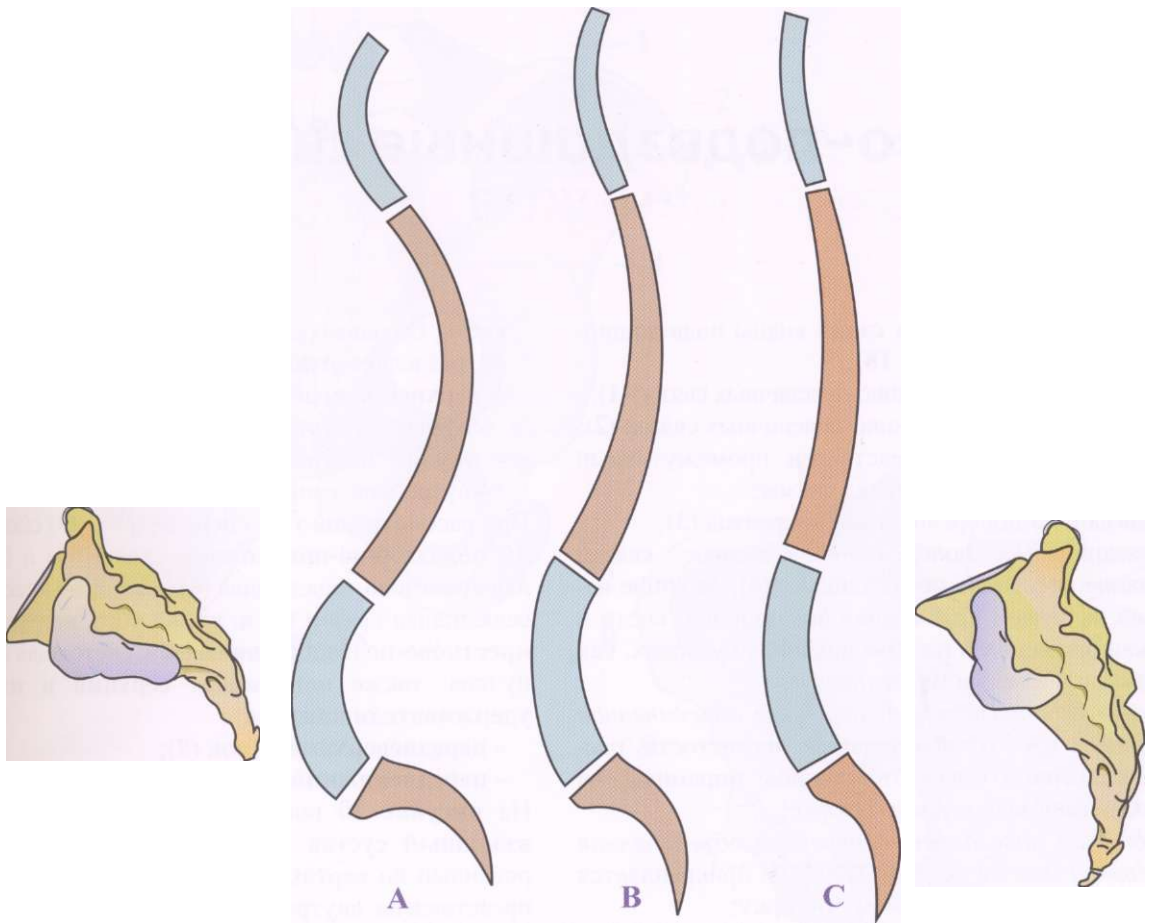


Рис. 15

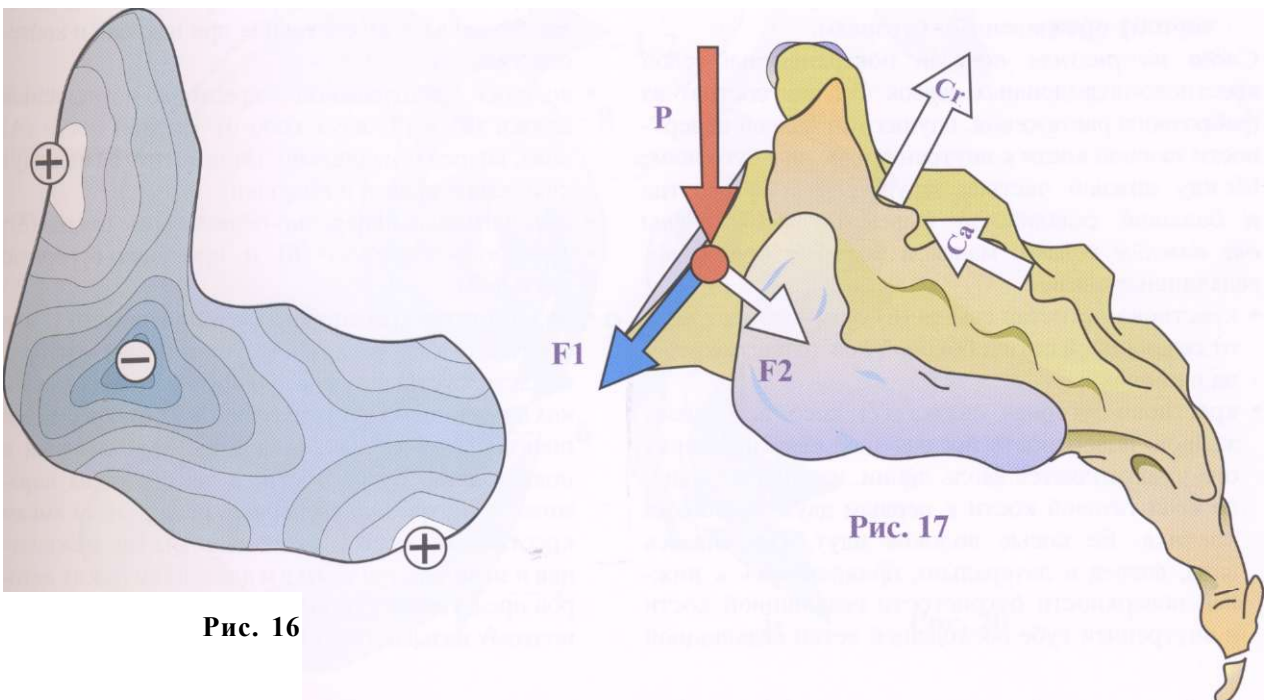


Рис. 16

Рис. 17

Крестцово-подвздошные связки

При рассмотрении таза сзади видны подвздошно-поясничные связки (рис. 18):

- верхняя порция подвздошно-поясничных связок (1);
 - нижняя порция подвздошно-поясничных связок (2);
- Справа на рисунке представлен промежуточный слой крестцово-подвздошных связок:

- подвздошно-поперечная связка крестца (3);
- объединенные поперечно-подвздошные связки (задние крестцово-подвздошные) (4), берущие начало на заднем крае гребня подвздошной кости и заканчивающиеся на объединенных бугорках, как описано Фарабефом (*Farabeuf*):

- первая подвздошно-поперечная объединенная связка идет от подвздошной бугристости, расположенной кзади от вершины пирамиды, на первом объединенном бугорке;
- вторая подвздошно-поперечная объединенная связка (связка Загласа (*Zaglas*)) прикрепляется к второму объединенному бугорку;
- третья и четвертая подвздошно-поперечные объединенные связки идут от задневерхней поверхности подвздошной ости к третьему и четвертому объединенным бугоркам.

Слева на рисунке показан поверхностный слой крестцово-подвздошных связок (5), они состоят из фиброзного растяжения, идущего от задней поверхности тазовой кости к внутренним задним бугоркам. Между нижней частью наружного края крестца и большой седалищной вырезкой расположены две важные связки: малая и большая крестцово-седалищные связки:

- крестцово-остистая связка (6), которая идет косо от седалищной ости к боковой поверхности крестца и копчика;
- крестцово-бугорная связка (7) косо пересекает заднюю поверхность предыдущей связки. Вверху она прикрепляется вдоль линии, идущей от заднего края тазовой кости к первым двум позвонкам копчика. Ее косые волокна идут, скручиваясь вниз, вперед и латерально, прикрепляясь к нижней поверхности бугристости седалищной кости и внутренней губе восходящей ветви седалищной

кости. Большая седалищная вырезка, следовательно, разделена этими двумя связками на две части:

- **верхнее отверстие**, которое пропускает через себя грушевидную мышцу;
- **нижнее отверстие**, пропускающее сухожилие внутренней запирающей мышцы.

При рассмотрении таза спереди (рис. 19) снова видны подвздошно-поясничные связки (1) и (2), малая крестцово-седалищная (6) и большая крестцово-седалищная связки (7) и, кроме того, **вентральная крестцово-подвздошная связка**, состоящая из двух пучков, также называемых **верхний и нижний удерживатели наклона**:

- **передневерхний пучок (8);**
- **передненижний пучок (9).**

На рисунке 20 показан **правый крестцово-подвздошный сустав** со своими связками, препарированный по вертикальной оси. На рисунке также представлена внутренняя поверхность тазовой кости (А) и наружная поверхность крестца (В). Также можно видеть:

- закрученные связки вокруг крестцово-подвздошного сустава и их состояние при наклоне и контр-наклоне;
- волокна вентральной крестцово-подвздошной связки (8) и (9) идут косо от тазовой кости (А) вниз, вперед и медиально. От крестца (В) они идут косо вверх вперед и кнаружи;
- объединенные поперечно-подвздошные связки (5);
- крестцово-остистую (6) и крестцово-бугорную связки (7);
- межкостную крестцово-подвздошную связку, или осевую связку (показанную как белый сектор в области суставной поверхности на обоих рисунках), составляющую глубокий листок крестцово-подвздошных связок, прикрепленный снаружи к подвздошной бугристости, в частности на пирамиде, и внутри к двум первым решетчатым ямкам крестца. Эта связка также известна как межкостная или волнистая связка и для классических авто-ров представляет собой ось подвижности крестца, поэтому называется осевой.

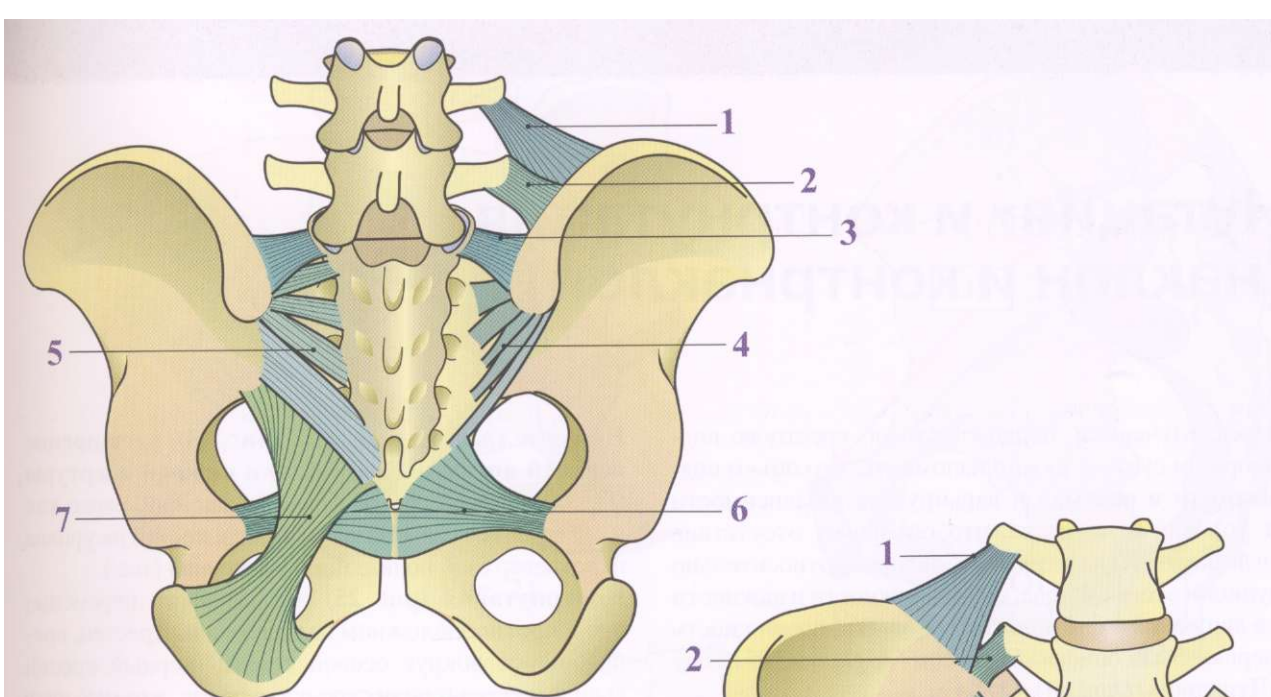


Рис. 18

Рис. 19

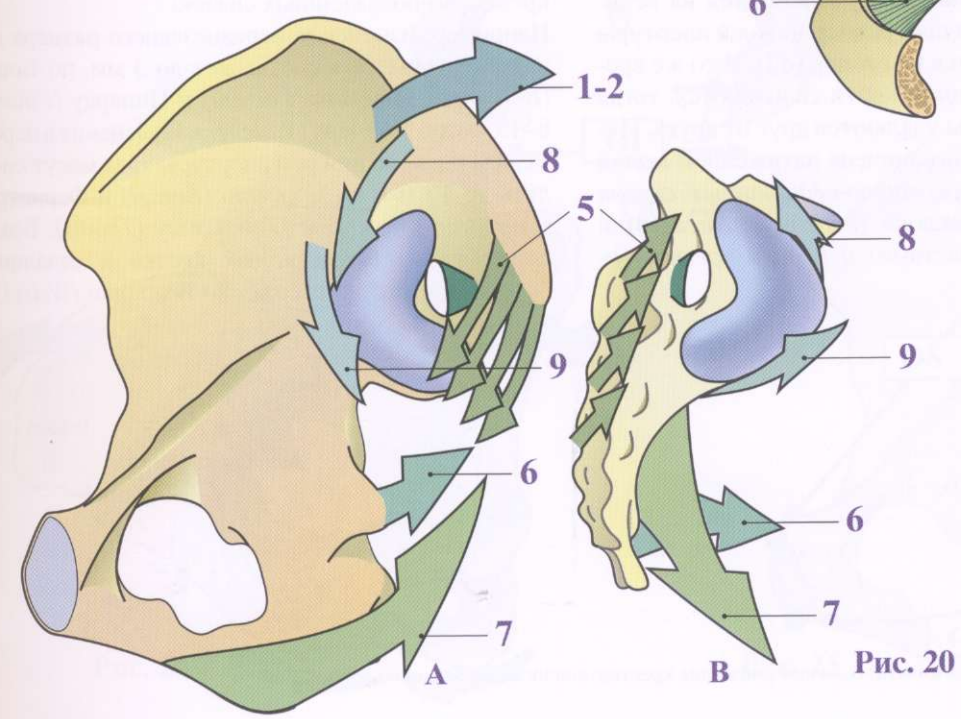


Рис. 20

Нутация* и контрнутация (наклон и контрнаклон)

Перед изучением подвижности в крестцово-подвздошном суставе нужно напомнить, что объем подвижности в нем мал и варьируется в зависимости от условий и человека, что объясняет отсутствие согласованности у разных авторов относительно функции этого сустава, его подвижности и важности его движений в физиологии родов. Эта подвижность впервые была описана Загласом (*Zaglas*) в 1851 году и Дунканом (*Dunkan*) в 1854-м.

Определения и механизм согласно классической теории

Во время нутации (наклона) (рис. 22) крестец вращается (красная стрелка) вокруг оси, определяемой осевой связкой (обозначена черным крестом), так, что мыс крестца движется вперед и вниз (S2), тогда как вершина крестца и копчик — назад (d2).

Во время этого наклона, который можно сравнить с «приветственным кивком», переднезадний размер верхней апертуры таза (OS) уменьшается на величину (S2), а переднезадний размер нижней апертуры таза (OI) увеличивается на размер (d2). В то же время (рис. 21) подвздошные кости сближаются, тогда как седалищные бугры удаляются друг от друга. Нутация (рис. 20, с. 71) ограничена натяжением малой (6) и большой (7) крестцово-седалищных связок и удерживателями наклона (передневерхней (8) и передненижней (9) частями) передней крестцово-подвздошной связки.

На срезе таза, вид спереди (рис. 23), расширение верхней апертуры таза (OS) и нижней апертуры (OI) легко показать на примере наклона, равно как и сближение гребней подвздошных костей на уровне передневерхней подвздошной ости *eias* (*sias*).

Контрнутация (рис. 25) осуществляет перемещение в противоположном направлении. Крестец, вращающийся вокруг осевой связки (черный крест), выпрямляется (синяя стрелка) сам так, что мыс идет вверх и назад (S1), а верхушка крестца и копчик — вниз и вперед (d1).

В результате выпрямления после наклона переднезадний размер верхней апертуры таза (OS) увеличивается на величину (S1), а переднезадний размер нижней апертуры таза (OI) уменьшается на величину (d1). А также (рис. 24) подвздошные кости раздвигаются, а седалищные бугры сближаются.

Контрнутация ограничивается (рис. 20, с. 71) натяжением поверхностных (5) и глубоких (4) пучков крестцово-подвздошных связок.

Например, изменение переднезаднего размера верхней апертуры таза составляет до 3 мм, по Боннеру (*Bonnaire*), Пинзани (*Pinzani*) и Пинарду (*Pinard*), и 8-13 мм, по Уолчеру (*Walcher*). Изменения в переднезаднем размере нижней апертуры таза могут составлять до 15 мм, по Борселю (*Borcel*) и Фернстрому, (*Fernstrom*), и 17,5 мм, по Томсу (*Thorns*). Боковое перемещение подвздошных костей и седалищных бугров недавно подтверждено Вейзелем (*Weisel*).

*Нутация (от лат. *nutare* — кивать) означает движение крестца, аналогичное киванию головы.

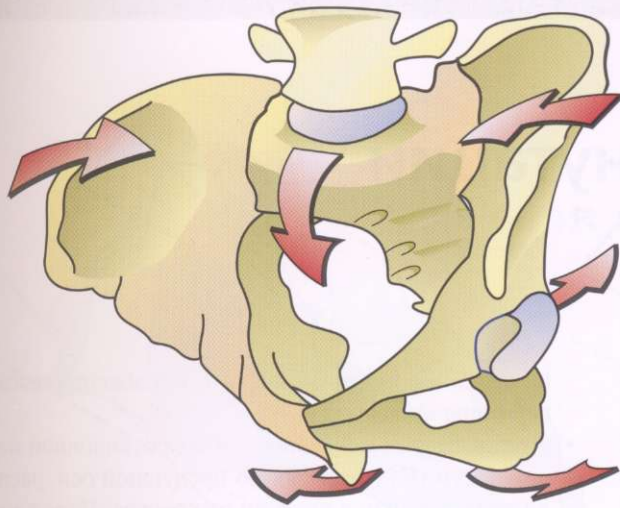


Рис. 21

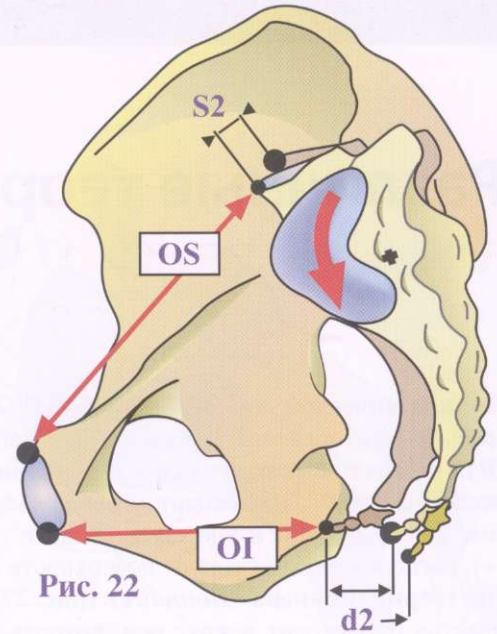


Рис. 22

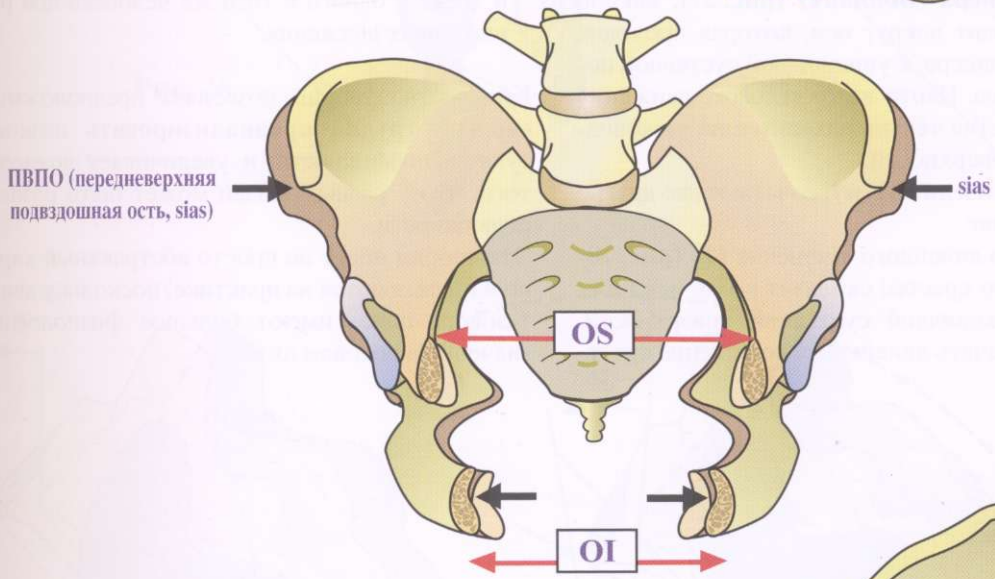


Рис. 23

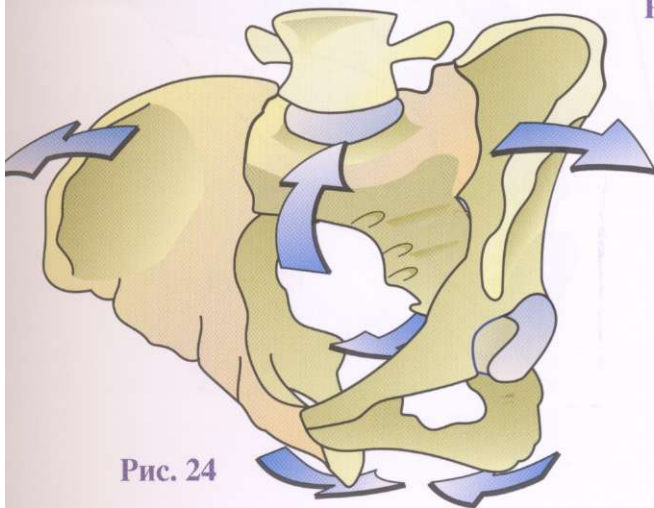


Рис. 24

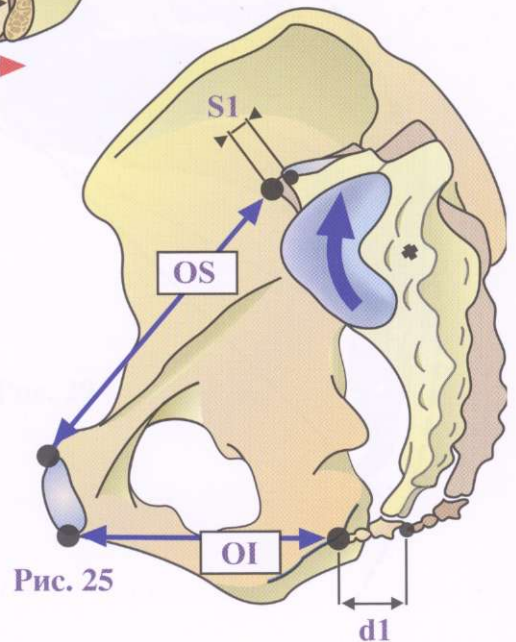


Рис. 25

Различные теории нутации

По классической теории **Фарабефа** (*Farabeuf*) (рис. 26), которую мы только что описали, наклон (**R**) крестца происходит вокруг оси, установленной осевой связкой. Происходит угловое смещение, и мыс движется вниз и вперед вдоль дуги с центром (+), расположенным сзади от поверхности сустава.

По теории **Боннера** (*Bonnaire*) (рис. 27), наклон крестца происходит вокруг оси, которая проходит через бугорок Боннера, к ушковидной суставной поверхности крестца. Центр этого углового движения (**R**) наклона крестца теперь находится на ушковидной суставной поверхности.

Исследования **Вейзеля** (*Weisel*) сочетают две другие возможные теории:

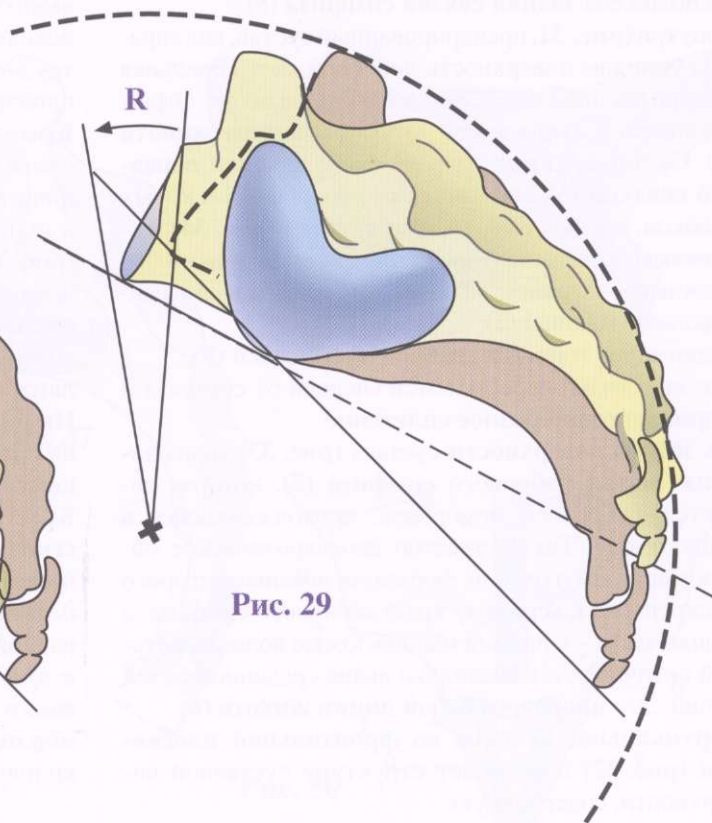
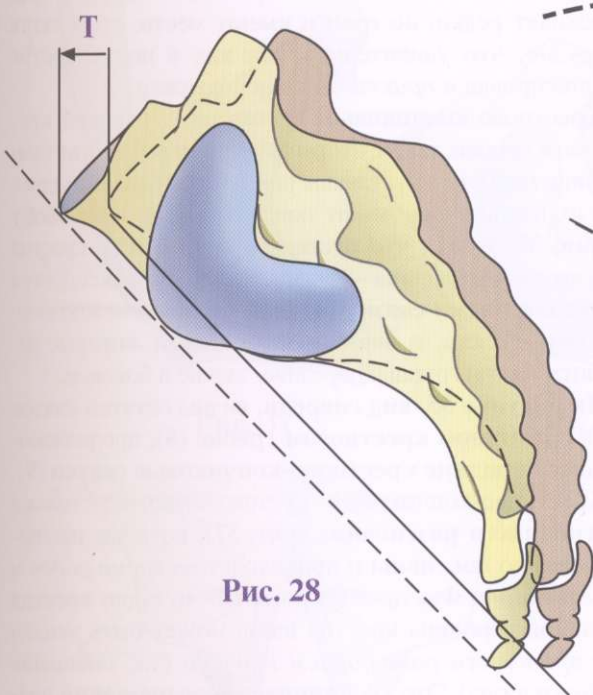
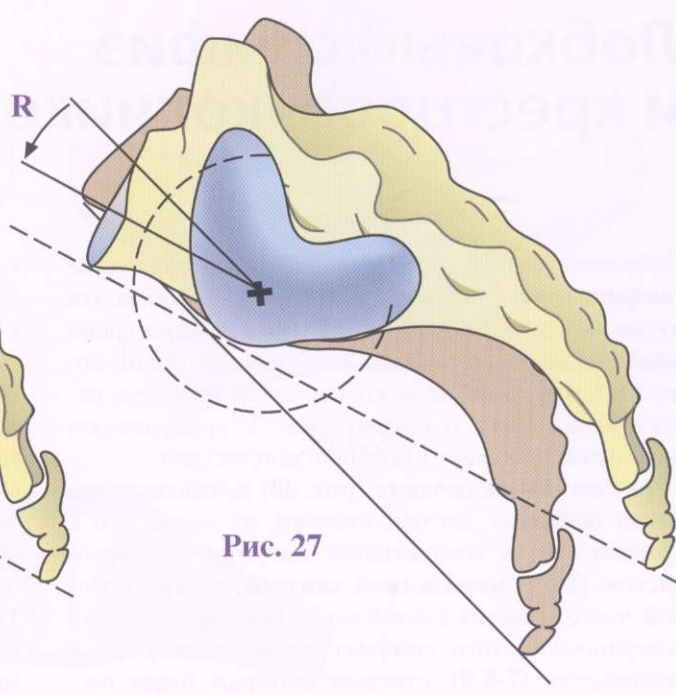
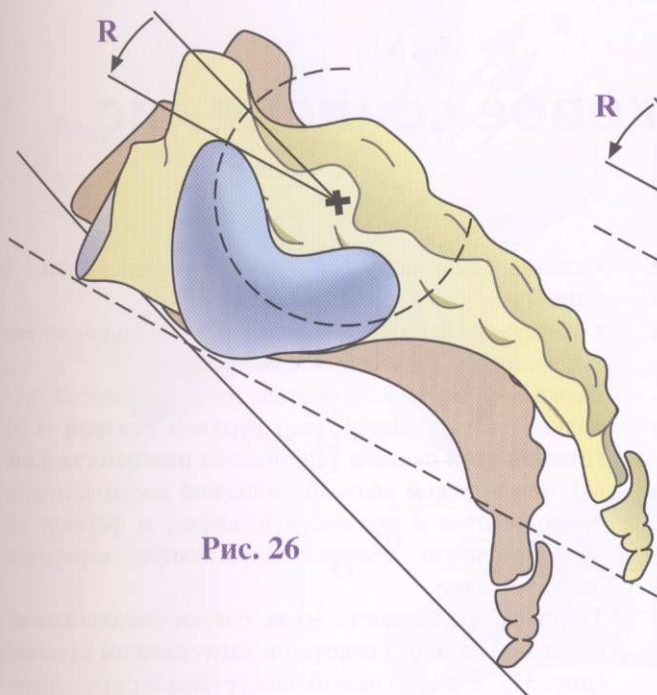
- теория чистого линейного смещения (**T**) (рис. 28) утверждает, что крестец скользит вдоль оси нижней части ушковидной суставной поверхности. Это может означать линейное перемещение крест-

ца в том же направлении, что и движение мыса и вершины крестца;

- другая теория основывается на ротационной подвижности (**R**) (рис. 29): по передней оси, расположенной книзу и впереди от крестца. Положение этого центра может изменяться у разных людей и даже у одного и того же человека при различных типах движения.

Количество теорий позволяет предположить, насколько **трудно проанализировать** низкоамплитудную подвижность, и увеличивает возможность того, что у разных людей может быть разный тип подвижности.

Эти теории носят не просто абстрактный характер, но и применяются на практике, поскольку движения тазового пояса имеют большое физиологическое значение в родовом акте.



Лобковый симфиз и крестцово-копчиковое сочленение

Лобковый симфиз — это вторично-хрящевой сустав (**амфиартроз**) с минимальной подвижностью, почти нулевой. Однако в конце беременности и во время родов вода, пропитывающая его мягкие ткани, позволяет двум лобковым костям скользить друг относительно друга и раздвигаться. У грызунов эта подвижность обладает большой амплитудой.

Горизонтальное сечение (рис. 30) показывает два конца лобковых костей, стоящих на одной оси с хрящом (10) и соединенных фиброзно-хрящевым диском (11) - **межкостной связкой**, внутри которой часто имеется тонкая щель (12). На *передней поверхности* этого симфиза имеются *фиброзные уплотнения* (7-8-9), строение которых будет рассмотрено далее. На *задней поверхности симфиза* расположена **задняя связка симфиза (5)**.

Изнутри (**рис. 31**, препарированный сустав, вид справа) суставная поверхность лобковой кости овальная с косой длинной осью, идущей вперед и вверх, соединяющаяся с сухожилием **прямой мышцы живота (1)**. Сустав прикрыт впереди очень мощной **передней связкой (3)**, состоящей из поперечных и косых волокон, как показано на виде спереди (**рис. 34**):

- апоневроз наружной поперечной мышцы живота (8);
- апоневроз прямой мышцы живота (7) и пирамидальной мышцы (2);
- апоневроз тонкой и длинной приводящей (9).

Все эти связки пересекаются впереди от симфиза и формируют **фиброзное сплетение**.

На *задней поверхности сустава (рис. 33)* видна **задняя связка лобкового симфиза (5)**, которая является фиброзной мембраной, продолжающейся в надкостницу. Также заметно апоневротическое образование треугольной формы, основание которого прикреплено к верхнему краю лобкового симфиза, а задняя часть - к прямой мышце, косые волокна которой оканчиваются несколько выше срединной белой линии. Это **апоневроз белой линии живота (6)**.

Вертикальное сечение во фронтальной плоскости (рис. 32) показывает структуру суставной поверхности, содержащую:

- гиалиновый хрящ (10) лобковых поверхностей;
- фиброзно-хрящевой диск (11);
- тонкую центральную щель (12), расположенную в толще фиброзно-хрящевого диска.

Верхняя поверхность сустава усилена толстой, довольно твердой фиброзной **верхней связкой (13)**. Нижний край сустава усиливается **нижней связкой (4)**, или арочной связкой, лобковой кости, которая продолжается в межкостную связку и формирует остроконечную аркаду, окружающую верхушку лобковой дуги.

Толщину и мощность этой связки (**подлобковой арки (4)**) можно увидеть на сагитальном сечении (**рис. 31**). Эти сильные околосуставные связки делают симфиз **мощным сочленением, которое нелегко вывихнуть**. В клинической практике смещения происходят редко, но если и имеют место, то лечатся трудно, что удивительно, так как в норме сустав фиксирован и *практически неподвижен*.

Крестцово-копчиковый сустав, соединяющий крестец и копчик, также **вторично-хрящевой сустав (амфиартроз)**. Его суставные поверхности эллипсоидны, а их длинная ось лежит поперечно. При **виде сбоку (рис. 37)** видно, что суставная поверхность крестца выпуклая, а копчика — вогнутая. Сустав фиксируется **межкостными связками**, аналогичными межпозвоноковым дискам, и **внешними связками**, которые делятся на три группы: передние, задние и боковые.

На **рисунке 35, вид спереди**, видны остатки связок на **срединном крестцовом гребне (8)**, продолжающиеся в **задние крестцово-копчиковые связки (9)**. Крестцово-копчиковый сустав позволяет только **сгибание и разгибание (рис. 37)**, которые исключительно **пассивны** и происходят *во время родов и дефекации*. Фактически во время нутации крестца наклон вершины крестца назад может быть **усилен и продолжен разгибанием копчика** (т.е. смещение вниз и назад). Это **увеличивает переднезадний размер нижней апертуры таза** во время выхода головки плода.

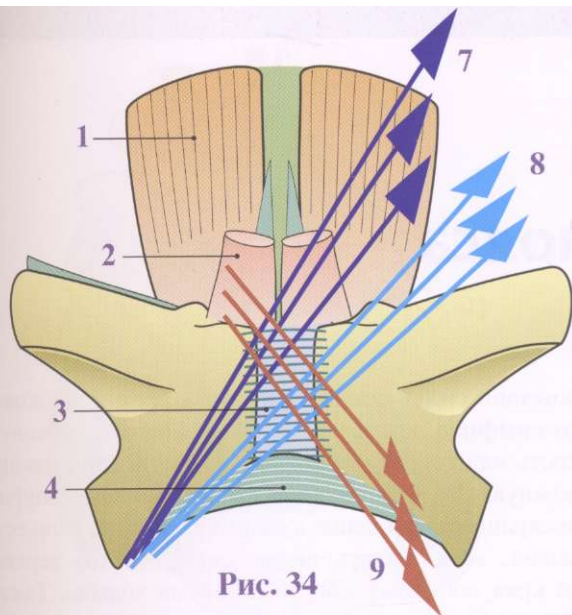


Рис. 34

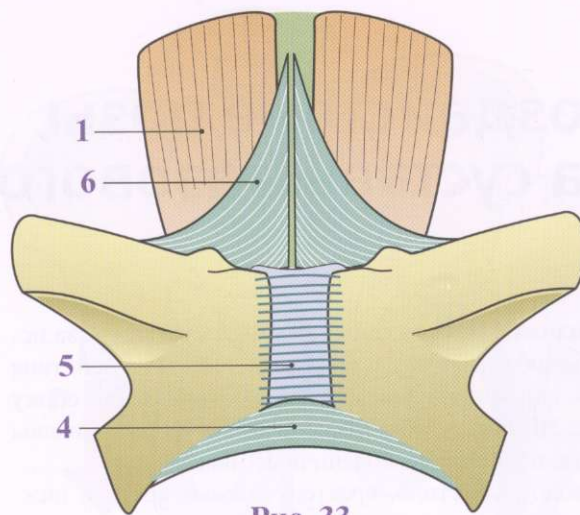


Рис. 33

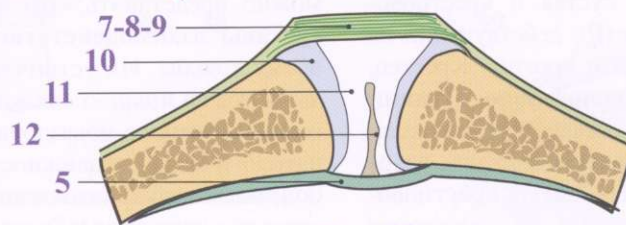


Рис. 30

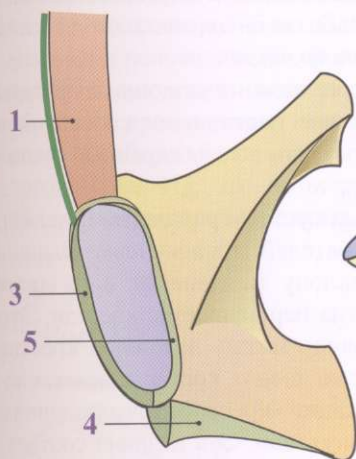


Рис. 31

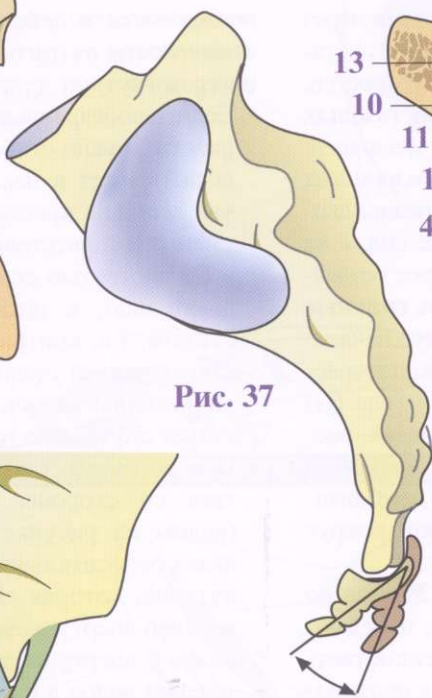


Рис. 37

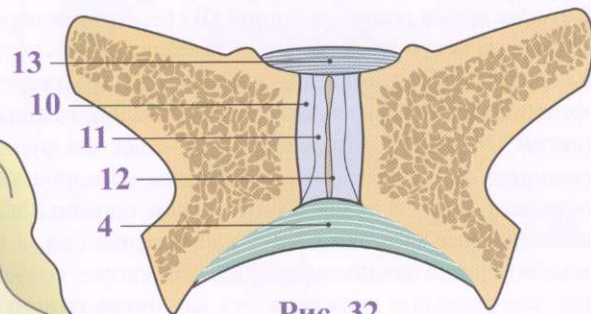


Рис. 32

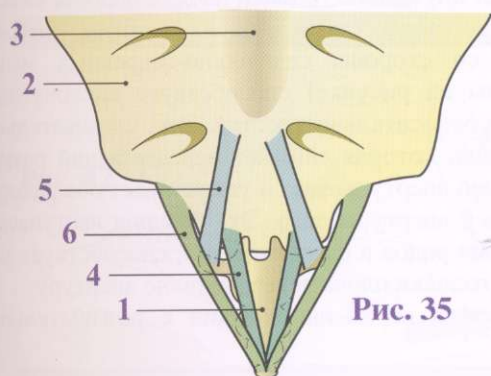


Рис. 35

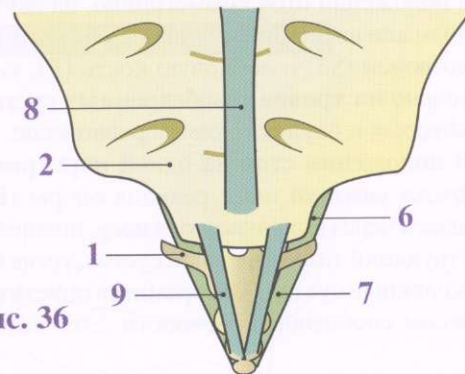


Рис. 36

Воздействие позы на суставы тазового пояса

В положении стоя (симметрично) суставы таза испытывают нагрузку в виде веса тела. Тип действия этих сил можно увидеть, рассматривая таз сбоку (рис. 38) так, чтобы бедренные кости были видны сквозь подвздошно-поясничные мышцы.

Позвоночный столб, крестец, тазовые кости и нижние конечности создают координированную суставную систему: тазобедренный сустав и крестцово-подвздошный сустав. Вес тела (P), действующий на крестец, стремится опустить мыс крестца. Крестец, таким образом, стремится к положению нутации (N2). Это движение быстро ограничивается вентральными крестцово-подвздошными связками, или **удерживателями нутации**, а особенно **двумя крестцово-седалищными связками**, которые не допускают удаление (раздвижение) крестца по отношению к бугру седалищной кости.

В это же время **реакция опоры (R)** передается через бедренные кости и действует на тазобедренные суставы, формируя с весом тела, действующим на крестец, ротаторную пару, вызывая **задний наклон тазовых костей (N1)**. Это отклонение таза назад *усиливает нутацию, происходящую в крестцово-подвздошных суставах*. В этом анализе, хотя в нем описаны движения, скорее имеется в виду направление сил, а не реально происходящие движения. Это скорее тенденция, чем реальные движения, так как **очень сильные связки** препятствуют движению с самого его начала. Что касается **равновесия тазового пояса**, интересно отметить (рис. 40), что центр тяжести тела (G) в положении стоя симметрично, на двух ногах, расположен на линии, соединяющей третий крестцовый позвонок (S3) и лобковую кость (P), т.е. приблизительно **на уровне тазобедренных суставов**, вокруг которых и осуществляется равновесие.

В положении стоя на одной ноге (рис. 39) или во время каждого шага реакция опоры (R), передающаяся через опирающуюся ногу, поднимает соответствующий тазобедренный сустав, тогда как противоположный сустав (D) стремится опуститься вниз под весом свободной конечности. Это ведет к возник-

новению **силы смещения (d)** на уровне лобкового симфиза, которая стремится поднять лобковую кость на стороне опоры (A) и опустить противоположную (B). Обычно силы, фиксирующие симфиз, прекращают движение в самом начале, но если есть вывих, может быть видно смещение (d) верхнего края лобковых костей во время ходьбы. Также можно представить, что **крестцово-подвздошные суставы взаимодействуют** обратным образом во время ходьбы. Их устойчивость к смещению основывается на *мощных связках*, но после травмы одного из крестцово-подвздошных суставов наступает патологическая подвижность в суставе и возникает болезненность при каждом шаге. Следовательно как *стояние, так и ходьба зависят от механической устойчивости костного таза*.

В положении лежа крестцово-подвздошные суставы вовлекаются в действие различными способами в зависимости от того, согнут тазобедренный сустав или разогнут.

- Если тазобедренные суставы разогнуты (рис. 41), работа мышц-сгибателей (поясничные мышцы видны) ведет к наклону таза вперед, в то время как вершина крестца перемещается кпереди. Это уменьшает расстояние между вершиной крестца и бугристостью седалищных костей и ведет, следовательно, к ротации крестцово-подвздошного сустава, т.е. контрнутации. Эта позиция соответствует ранней стадии родов, а контрнутация, увеличивающая размер верхней апертуры таза, содействует опусканию головки плода в полость таза.
- При согнутых тазобедренных суставах (рис. 42) тяга со стороны седалищно-бедренных мышц (видны на рисунке) способствует наклону таза назад относительно крестца. Это, следовательно, нутация, которая снижает переднезадний размер верхней апертуры таза и увеличивает оба размера нижней апертуры таза. Эта позиция наступает в течение родов в фазе изгнания, способствует выходу головки плода через нижнюю апертуру.
- Во время перемены позиции с разгибательной

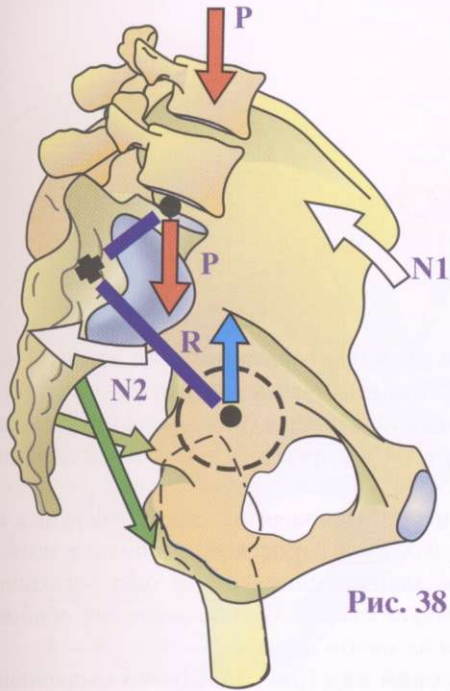


Рис. 38

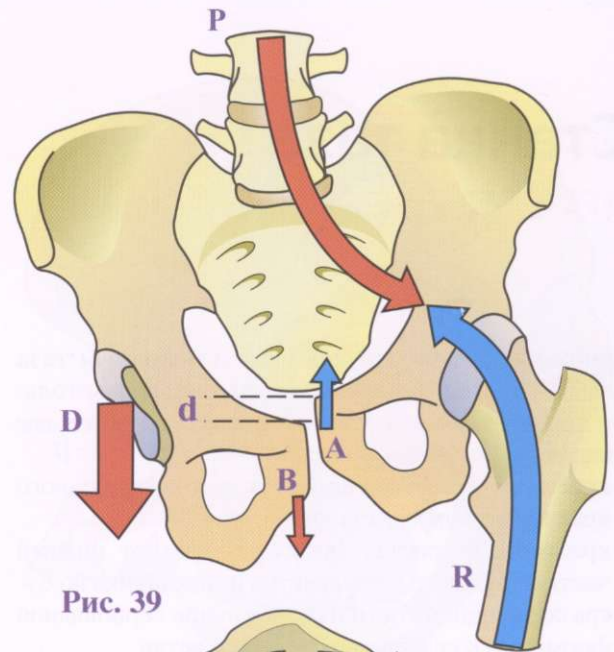


Рис. 39

на сгибательную величина амплитуды движения крестца составляет 5–6 мм. Следовательно, эти изменения в положении бедер способствуют значительным изменениям размеров полости таза, что облегчает прохождение головки плода во время родов. Сгибание бедра корректирует поясничный лордоз (рис. 41), что позволяет положить руку под поясницу (серая стрелка).

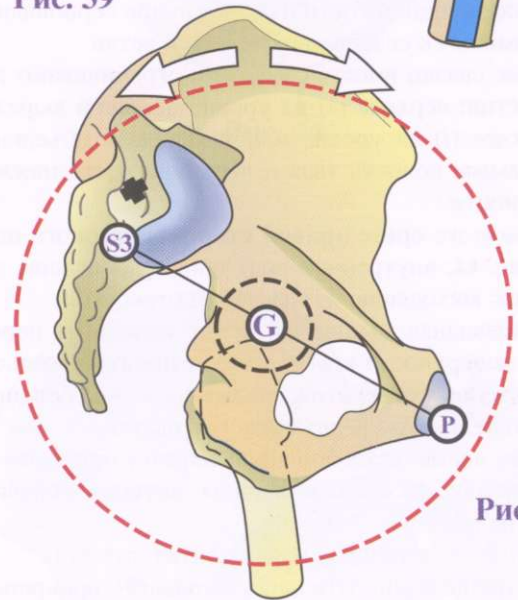


Рис. 40

Рис. 41

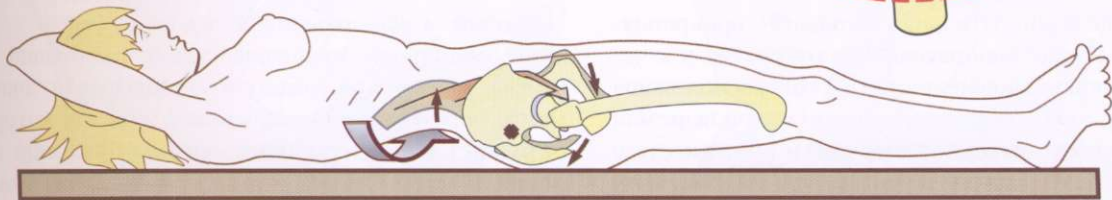
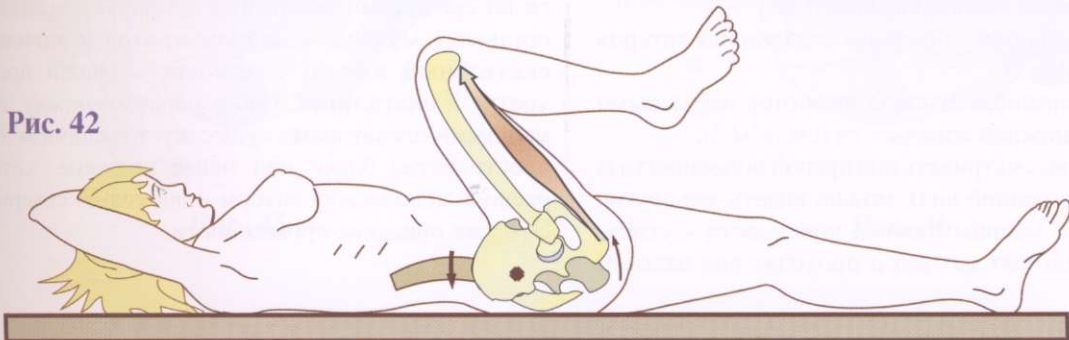


Рис. 42



Стенка таза

При рассмотрении изнутри правой **половины таза** (рис. 43, правая тазовая кость удалена) видны только правая тазовая кость и крестец, а также две крестцово-седалищные связки:

- крестцово-остистая связка (1) идет от наружного края крестца до седалищной ости;
- крестцово-бугристая связка (2) идет от нижней части наружного края крестца и от копчика до бугра седалищной кости и отдает пучок серповидной формы (3) к седалищно-лобковой ветви.

Эти две связки вместе с костями ограничивают два отверстия: верхнее (s) на уровне большой вырезки и нижнее (i) на уровне малой вырезки, объединяя тем самым полость таза и верхнюю часть нижней конечности.

На таком же **срезах правой стороны тазового пояса** (рис. 44, внутренний вид) теперь добавлены две мышцы, выходящие из таза через отверстия.

- Грушевидная мышца (4) берет начало на передней поверхности крестца и от второго и третьего крестцовых отверстий; заканчивается на большом вертеле, пройдя через большую вырезку.

В то же время через большую вырезку проходят:

- вверху, важная ягодичная артерия (красная стрелка);
- снизу, седалищный нерв (желтая стрелка).
- Внутренняя запирающая мышца (5), прикрепляющаяся вокруг запирающего отверстия и к четырехугольной поверхности (q). Она расположена под острым углом к заднему краю малой вырезки, направляется кпереди и кнаружи и идет вместе с близнецовыми мышцами (не видны на рисунке). Заканчивается на большом вертеле.

Через малую вырезку проходит седалищная артерия (красная стрелка).

Две вышеописанные мышцы являются наружными ротаторами нижней конечности (см. том 2).

Продолжая рассматривать вид правой половины таза (рис. 45, внутренний вид), можно видеть две другие двигательные мышцы нижней конечности - сгибатели. Они выходят из таза и проходят под паховой

связкой (с) и над горизонтальной ветвью лобковой кости. Этими мышцами являются:

- Подвздошная мышца (6), широко прикрепляющаяся ко всей поверхности внутренней подвздошной ямки.
- Большая поясничная мышца (7), берущая начало от поперечных отростков поясничных позвонков. Эти две мышцы сливаются в одну - подвздошно-поясничную мышцу и заканчиваются *общим сухожилием* на малом вертеле.

Внутренний вид (рис. 46) костно-мышечной стенки таза позволяет увидеть прикрепление **мышцы, поднимающей анус** (8). Это широкая мышца, *симметричная диафрагме*, формирует нижнюю стенку таза; прикрепляется по линии, окружающей нижнюю стенку брюшины. Места прикрепления показаны детально спереди назад:

- задняя поверхность лобковой кости;
- фиброзная дуга запирающего отверстия;
- сухожильная дуга, наружный край которой соединен с седалищной остью;
- внутренняя поверхность малой крестцово-седалищной связки;
- нижняя часть наружного края крестца и наружный край копчика;
- анально-копчиковая связка - фиброзный пучок, идущий от вершины копчика к анусу (a).

Этот обширный мышечный слой, состоящий из множества пучков, тщательно описанными анатомами, образует **нижнюю стенку живота**, которая **окружает и поддерживает органы брюшной полости и таза**. Однако эта перегородка прерывается по срединной линии, чтобы пропустить важные органы: у мужчин - **задний проход и мочеспускательный канал**; у женщин - задний проход, уретру и **влагалище**. Таким образом, между двумя мышцами-элеваторами существует срединная щель, пространство более или менее широкое, которое расположено между анусом и лобковым симфизом. Это уже описание промежности.

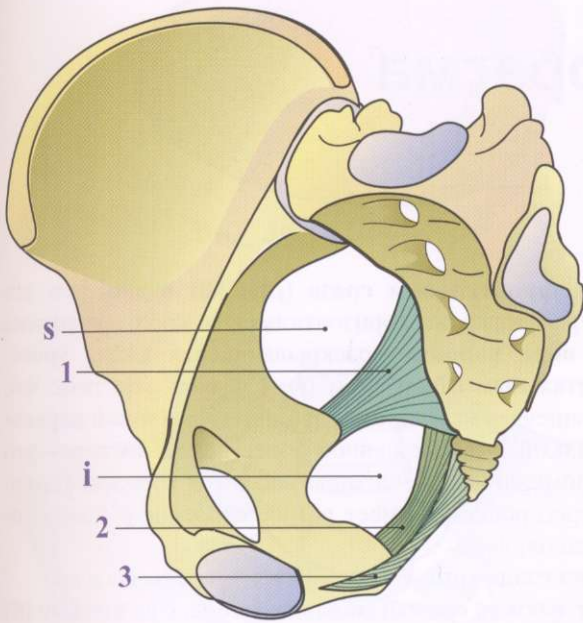


Рис. 43

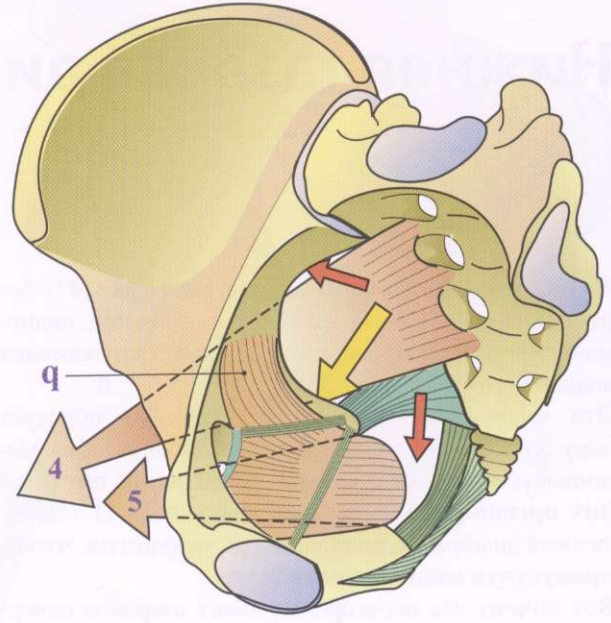


Рис. 44

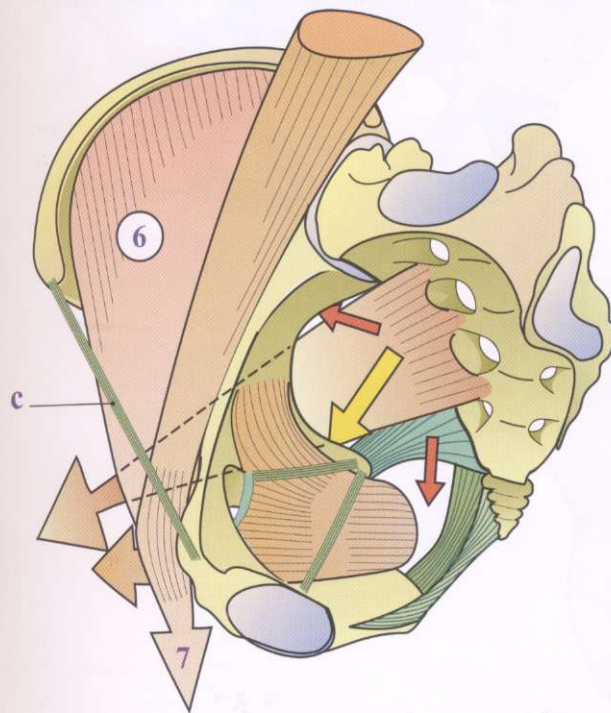


Рис. 45

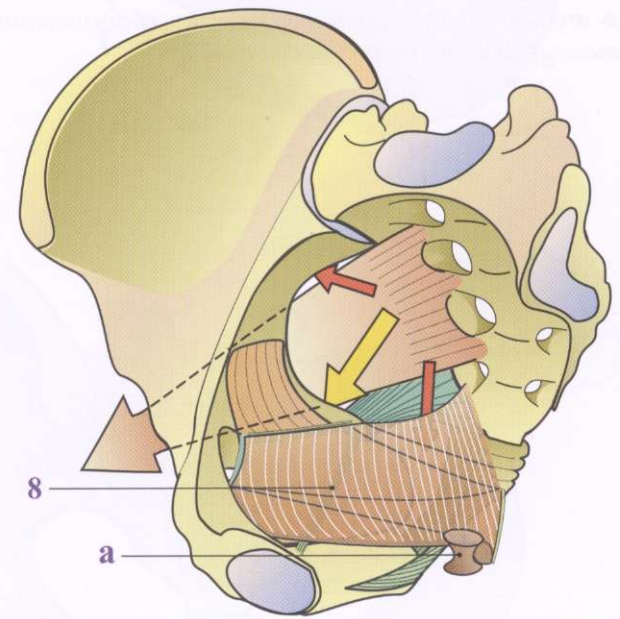


Рис. 46

Нижняя тазовая диафрагма

На задненижненаружном виде таза (рис. 47) хорошо виден широкий мышечный слой мышц, поднимающих анус, с множеством пучков, окружающих анальное отверстие (а).

Эта мускульная перегородка (рис. 48) образует пару, симметричную грудной диафрагме. Она выполняет такую же функцию **разделения внутренних органов**, как и грудная диафрагма. И так же тазовая диафрагма должна иметь **отверстия**, чтобы пропустить **важные органы**.

Вот почему эта перегородка имеет широкое отверстие, **урогенитальную щель (f) (рис. 49)**, имеющее *разное строение у мужчин и женщин*. Тем не менее в обоих случаях задний проход расположен в самой задней части и окружен специальными пучками - волокнами **элеваторов**. Эти волокна сливаются в большей или меньшей степени со сфинктером ануса и играют важную роль в *механизме поддержания тонуса заднего прохода и дефекации*.

На **фронтальном срезе (рис. 50)** видно, что эта перегородка не горизонтальна, а косо направлена в **виде воронки**, раскрывающейся книзу уrogenитальным отверстием (f). Следует отметить, что мышечная перегородка дублируется **второй перегородкой**, расположенной более поверхностно, - это **промежность Р**, которая является горизонтальной перегородкой и имеет разное строение *в зависимости от пола*.

Вид сзади (рис. 51) позволяет увидеть два слоя:

- глубокий слой мышцы-элеватора, с ее задними (8) и передними (8') пучками;
- поверхностный слой промежности (Р), прикрепляющийся снаружи к седалищно-лобковым ветвям и соединяющийся в центре со сфинктером заднего прохода (sa) и анально-копчиковой связкой (г).

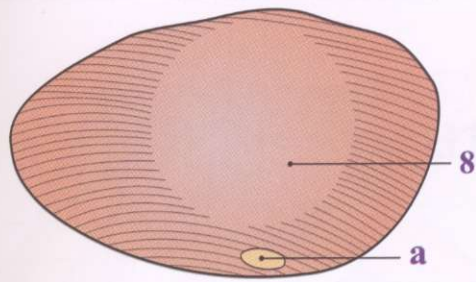


Рис. 48

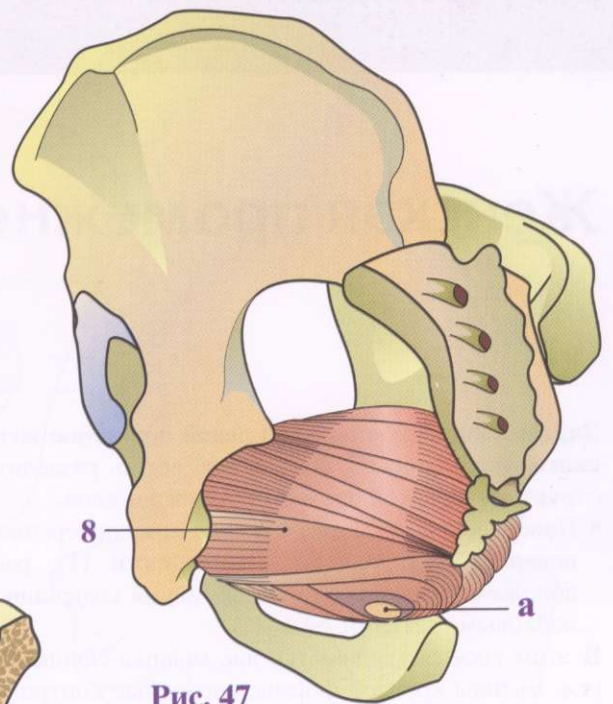


Рис. 47

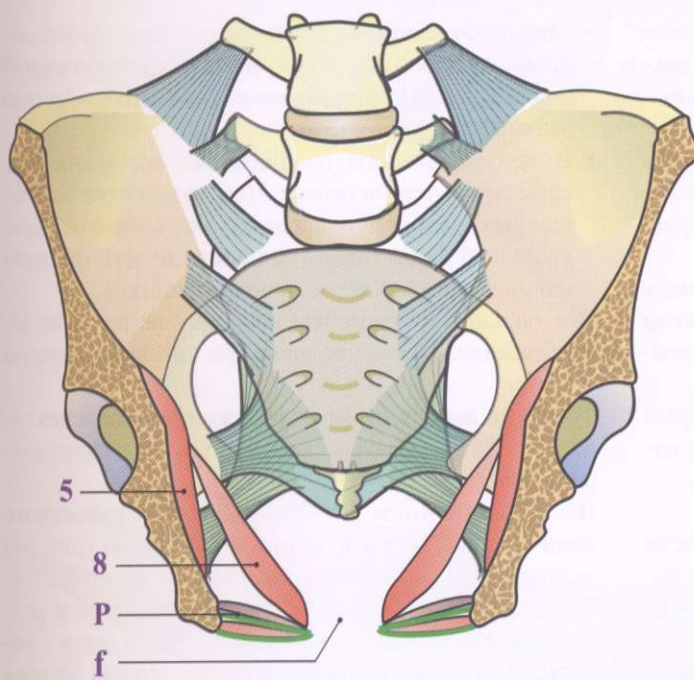


Рис. 50

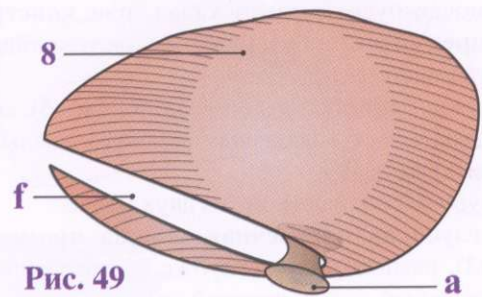


Рис. 49

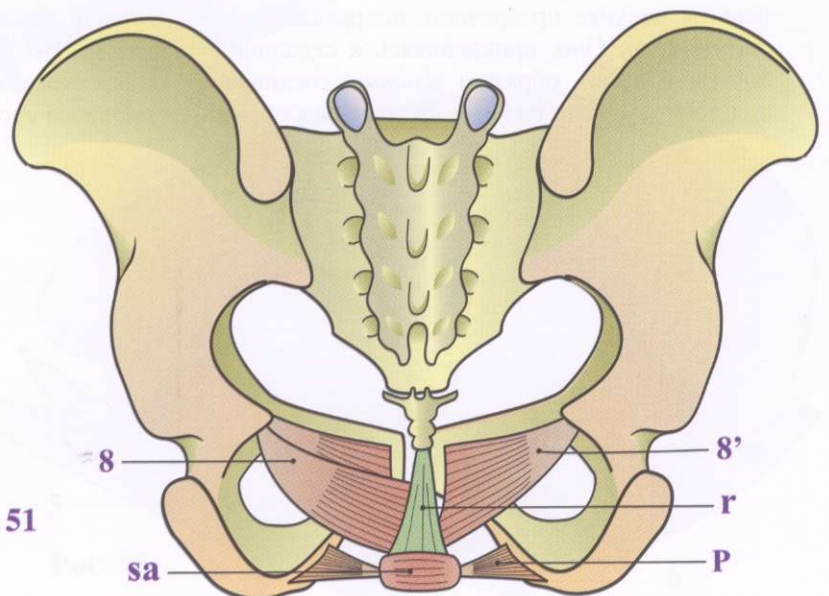


Рис. 51

Женская промежность

Задненижненааружный вид левой половины женского таза (рис. 52) позволяет четко разделить структуру женской промежности на два слоя.

- Поверхностный слой состоит из поперечной поверхностной мышцы промежности (1), расположенной поперечно между двумя седалищно-лобковыми ветвями.

В этом слое объединяются две мышцы-сфинктера (т.е. мышцы круглой формы, способные контролировать диаметр естественных отверстий. Для сравнения, на лице имеется круглая мышца рта):

- спереди располагается мышца, сдавливающая мочеиспускательный канал, или **констриктор преддверия влагалища (4)**, окружающий влагалищное отверстие **в**;
- сзади - **сфинктер заднего прохода (5)**, который охватывает мышечным кольцом анальное отверстие **а**.
- Глубокий слой состоит из двух мышц:
 - **глубокая поперечная мышца промежности (2)**, расположенная глубже по сравнению с поперечной поверхностной мышцей промежности и прикрепляющаяся идентично;
 - **седалищно-кавернозная мышца (7)** представлена на рисунке прозрачной, покрывает пещеристое тело. Оно, прикрепляясь к седалищно-лобковой ветви, образует *клитор*, соединяясь под лобковым симфизом с идентичным образо-

ванием противоположной стороны. Мышца, покрывающая пещеристое тело, расположена так же, как само тело.

- Между описанными двумя слоями мышц расположены верхняя и нижняя фасции урогенитальной диафрагмы (3), которая незначительно выходит за задний край мышц (3').
- В центре данного изображения все мышечные слои путаются, пересекаются, путем слияния мышечных волокон и апоневрозов. Создается центральный фиброзный узел промежности (6), важнейший элемент целостности комплекса.

Все описанные элементы показаны на **рисунке 53**, изображающем ракурс тела при гинекологическом осмотре.

Также на **выделенном изображении, в перспективе (рис. 54)**, можно рассмотреть все представленные ранее элементы.

На **объединенном изображении поверхностного слоя промежности и мышцы-элеватора (рис. 55)** хорошо видна взаимосвязь изученных компонентов. В отличие от мужской промежности женская подвергается определенному травматизму в связи с родами, в течение которых новорожденный должен пройти сложный путь, пересекая урогенитальную щель. Это может привести к некоторым нарушениям строения таза и закончиться разными типами пролапса урогенитальных органов.

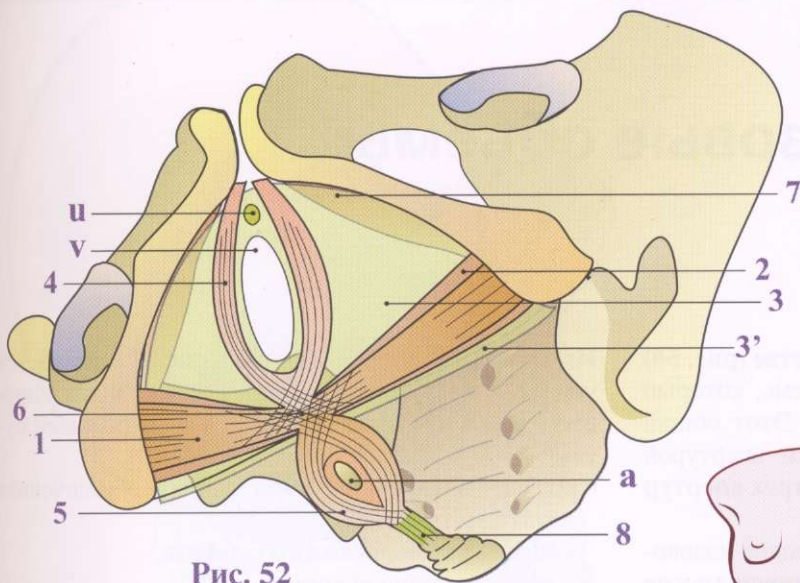


Рис. 52

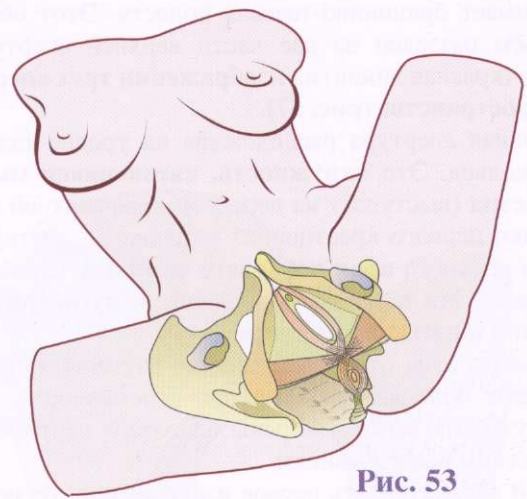


Рис. 53

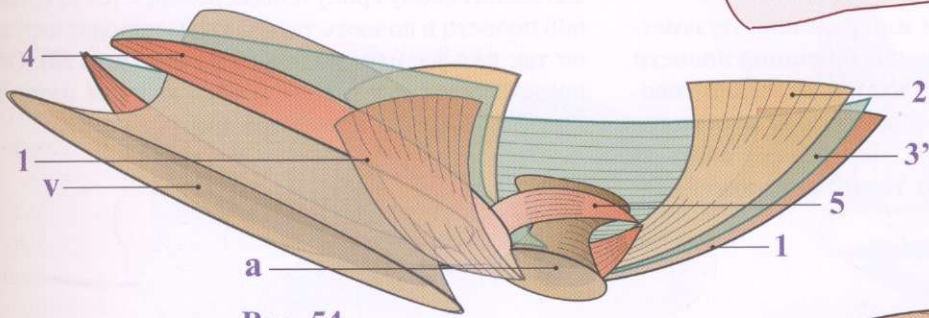


Рис. 54

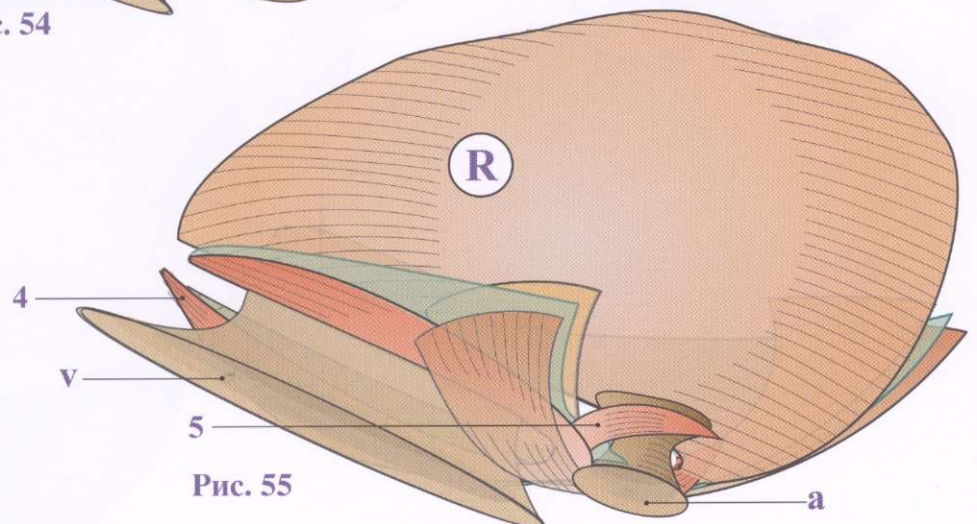


Рис. 55

Брюшинно-тазовые объемы

Передневерхний вид таза в пространстве (рис. 56) дает представление о возможном объеме, который занимает брюшинно-тазовая полость. Этот общий объем разделен на две части верхней апертурой таза (красная линия) на **изображении трех апертур в пространстве (рис. 57)**.

Верхняя апертура расположена на уровне тазового кольца. Это **окружность, касающаяся мысов крестца** (выступает на переднем крае верхней площадки первого крестцового позвонка) и достигающая **верхнего края лобкового симфиза**. С каждой стороны эта окружность проходит по **дугообразной линии подвздошной кости**.

Размеры этих отверстий хорошо изучены и приобретают большое значение при беременности. Они могут быть легко измерены благодаря рентгенологическим исследованиям.

Если рассматривать первое изображение, то заметно, что объем, соответствующий **брюшной полости** (светло-прозрачный на рисунке), собственно говоря, *расположен над верхней апертурой* и является определенно более важным, чем объем, соответствующий **полости малого таза, расположенный ниже** (голубого цвета).

Изображение в пространстве (**рис. 57**) позволяет увидеть *две другие апертуры*, очень важные в процессе родов при прохождении плода по родовым путям:

- средняя апертура (зеленая линия), ограниченная четырьмя точками:
 - нижний край лобкового симфиза;
 - ости седалищной кости;
 - передняя поверхность крестца;
- нижняя апертура (синяя линия) также ограничена четырьмя точками:
 - нижний край лобкового симфиза;
 - верхушка копчика;
 - внутренняя поверхность бугров седалищных костей.

Согласно своему сроку плод перемещается из брюшной полости в полость таза, а затем выходит наружу по так называемым **родовым путям (рис. 58)**. Они представлены тут в виде трубы, которая изогнута впереди и пересекает все три апертуры.

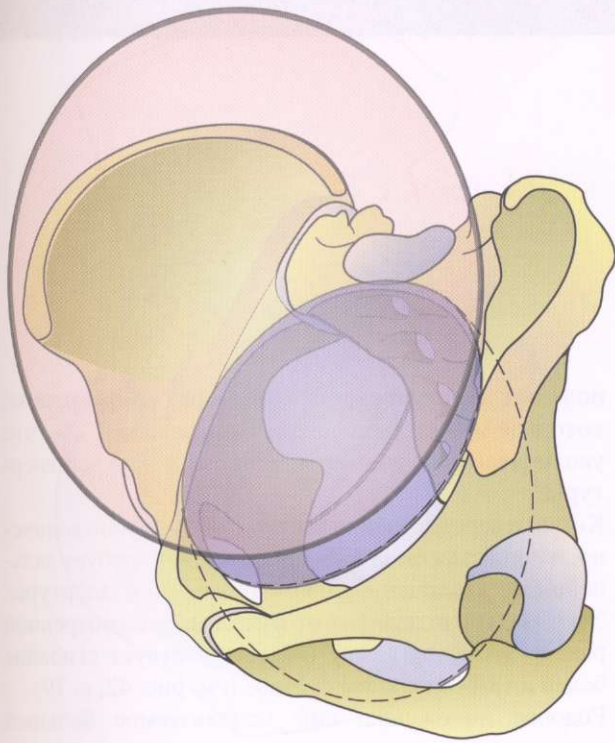


Рис. 56

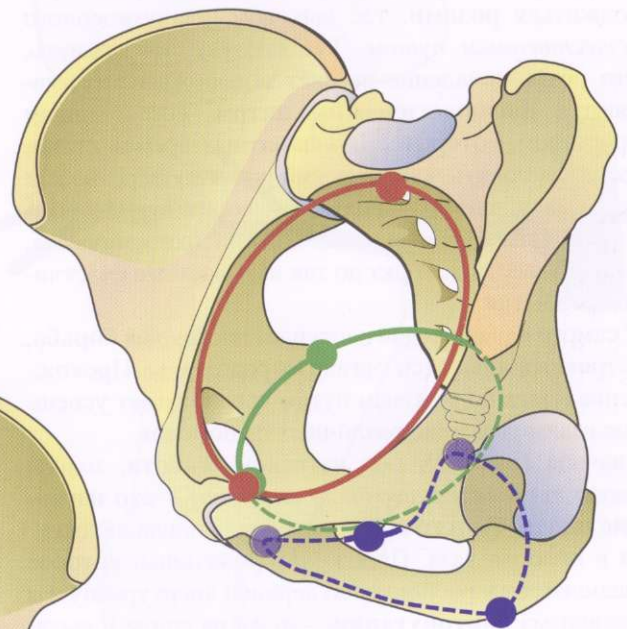


Рис. 57

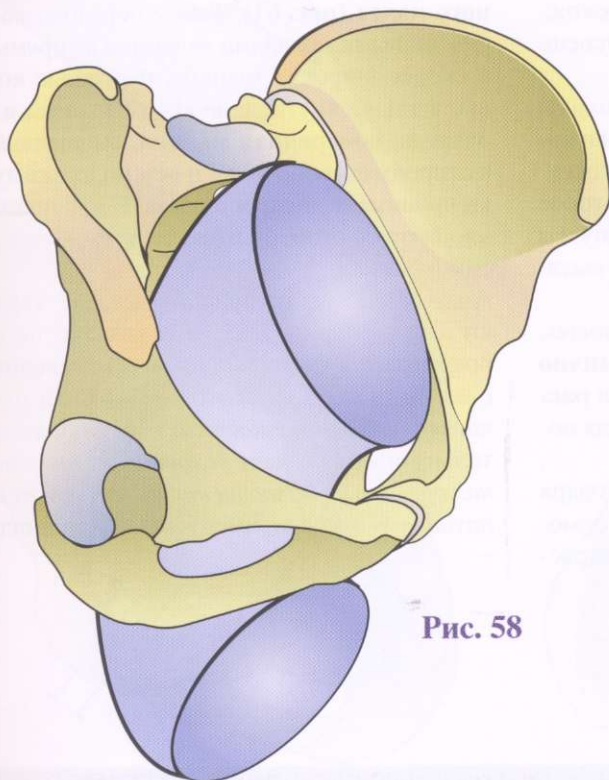


Рис. 58

Роды

Данное издание не связано с акушерством, и, следовательно, мы не будем описывать сложнейший механизм родов, тем более патологического процесса. Этот физиологический акт нас интересует в той мере, насколько он **захватывает локомоторный аппарат в широком смысле**, т.е. скелет, суставы и мышцы брюшины и полости таза.

В определенный срок беременность должна продолжиться **родами**, т.е. выходом новорожденного *естественным путем*. Тут следует подчеркнуть, что роды, появление на свет новорожденного, являются **физиологическим актом**, естественным процессом, который с незапамятных времен позволял продолжить человеческий род. Акушерство как наука располагает знаниями, касающимися механизма нормальных родов и осложнений этого процесса, чтобы довести этот акт до так называемого счастливого события.

С самого начала родов наступает настоящая **борьба**, встряхивающая весь организм роженицы. Прохождение плода по родовым путям предполагает успешное взаимодействие различных феноменов.

Сначала (**рис. 59**), под натиском **живота**, *голова плода пересекает верхнюю апертуру* - это **изгнание плода**. С этого времени головка плода находится в полости таза. Положение роженицы, которое располагает к расширению верхней апертуры путем механизма **контрнотации**, - лежа на спине и вытянув ноги (см. рис. 41, с. 79).

Мышцы матки (**рис. 60**), состоящие из *круговых, косых и продольных пучков*, начинают **ритмично** сокращаться, тогда как отверстие шейки матки **расширяется**. Этот период мышечного сокращения носит название **схватки**.

Увеличение диаметра таза облегчается благодаря раздвижению лобкового симфиза (**рис. 62**). Гормональное состояние в конце беременности предрас-

полагает к подвижности лобкового амфиартроза, который может раздвигаться вплоть до 1 см, что увеличивает все диаметры, начиная с верхней апертуры.

Когда отверстие шейки матки максимально увеличено, начинается фаза изгнания, которая требует дальнейшего увеличения диаметра нижней апертуры. Этот механизм зависит от **нотации**, рассмотренной ранее. Этому процессу благоприятствует сгибание бедер в тазобедренном суставе (см. рис. 42, с. 79).

Родовое положение, еще используемое большей частью человечества, - **на корточках, повиснув руками на перекладине (рис. 63)**. Сгибание тазобедренного сустава **благоприятствует нотации**, следовательно, расширению нижней апертуры таза. А также вертикальное положение роженицы способствует **брюшному давлению** живота благодаря силе тяжести внутренних органов брюшины, **действию грудной диафрагмы и сокращению брюшного пояса (рис. 61)**. Таким образом, наиболее эффективными мышцами являются не прямые мышцы, а скорее широкие мышцы, наружные косые мышцы, а также внутренние косые мышцы и, в первую очередь, **поперечная мышца**, смещающаяся кзади, в сторону позвоночника и **оси родовых путей**. Матка принимает диспропорциональное положение, наклоняется в сторону живота, проходя под лобковым симфизом.

Анатомические и функциональные характеристики женской промежности указывают на то, что она подвергается функциональным изменениям *в связи с возрастом*, а у некоторых женщин *из-за многочисленных беременностей*. Таким образом, урогенитальная щель создает условия для выхода *внутренних органов из полости таза*. Это может привести к **опущению органов**, именуемому **пролапсом**.



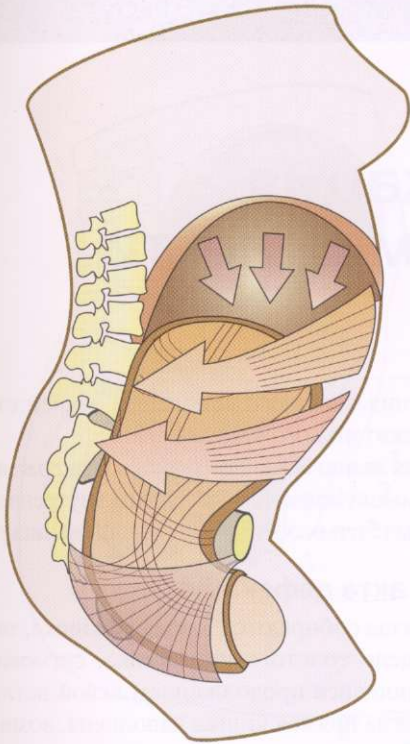


Рис. 59

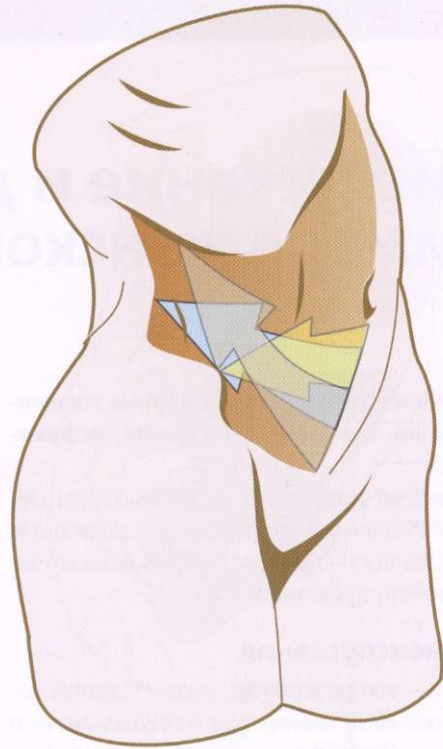


Рис. 61

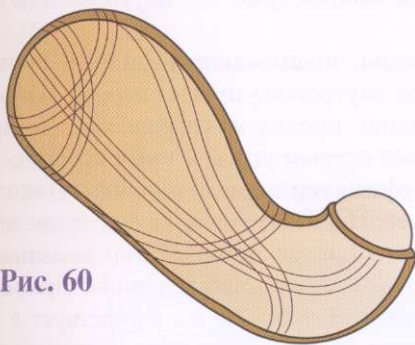


Рис. 60

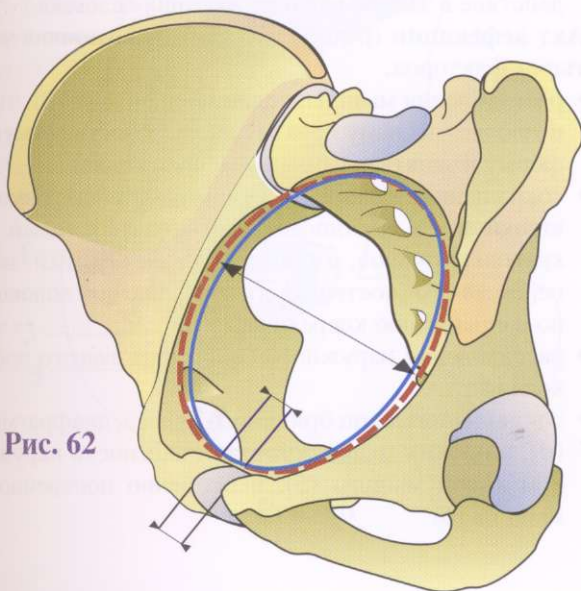


Рис. 62



Рис. 63

Мочеиспускание и дефекация на примере женской промежности

Мышцы промежности контролируют такие жизненно важные функции, как **мочеиспускание, дефекация и эрекция**.

На примере женской промежности рассмотрим механизмы мочеиспускания и дефекации, одинаковые у обоих полов. Сначала - процесс напряжения мочевого пузыря и мочеиспускания.

Контроль мочеиспускания

Мочевой пузырь - это **резервуар**, позволяющий собирать *постоянно выделяющуюся почками мочу* и эвакуировать ее исключительно по желанию. Значительное наполнение пузыря приводит к возникновению желания мочеиспускания. Таким образом, **поддержание тонуса мочевого пузыря и добровольное мочеиспускание** являются важнейшими условиями автономного существования каждого человека.

Поддержание тонуса мочевого пузыря (рис. 64, женское строение) способствует постепенному наполнению пузыря (v), органа, занимающего наиболее переднее положение в тазовой полости. Когда **гладкий сфинктер мочеиспускательного канала (1)**, образованный гладкими мышцами, сокращается, то мочевой пузырь сдерживает мочу. Вторая мышца - **наружный сфинктер мочеиспускательного канала (2)** - входит в состав поверхностного слоя мышц промежности и состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон. Эта мышца сокращается в зависимости от желания человека и расположена ниже предыдущей, на задней поверхности уретры, и контролирует как напряженность мочевого пузыря, так и мочеиспускание. Добровольное сокращение именно этой мышцы позволяет *сдерживать мочеиспускание* даже при сильном желании.

Мочеиспускание (рис. 65) происходит за счет четырех факторов:

- расслабления гладкого сфинктера мочеиспускательного канала;
- сокращения детрузора, гладкой мышцы стенки мочевого пузыря;
- расслабления внешнего сфинктера задней стенки мочеиспускательного канала;
- сокращения мышц брюшного пресса, диафрагмы (**d**), широких мышц живота, в частности внутренней косой мышцы (**5**), и особенно поперечной мышцы (**6**).

Контроль акта дефекации

Каловые массы собираются в прямой кишке, терминальном отделе толстого кишечника, сигмовидной кишке, являющейся продолжением левой петли кишечника. Когда прямая кишка наполнена, возникает желание дефекации.

Тонус прямой кишки (рис. 66) обусловлен двумя факторами:

- работа **мышцы, поднимающей задний проход (3)**, наиболее внутренние пучки которой окружают сзади задний проход и, сокращаясь, сгибают этот канал под острым углом и тянут кпереди;
- **наружный сфинктер заднего прохода (4)** входит в состав поверхностного слоя мышц промежности; состоит из поперечно-полосатых мышечных волокон. Расположен сфинктер ниже предыдущей, контролирует тонус ануса и участвует в дефекации путем своего расслабления, приходит в действие в зависимости от желания человека.

Акт дефекации (рис. 67) зависит от сочетания четырех факторов:

- расслабления мышцы, поднимающей анус (3), что позволяет заднему проходу вновь обрести прямую форму и занять вертикальное положение;
- сокращения гладкой мускулатуры стенки прямой кишки (г), в частности продолговатых тяжей и круговых пучков, в процессе перистальтики, попеременного постепенного сокращения волокон по направлению кпереди;
- расслабления наружного сфинктера заднего прохода (**4**);
- сокращения мышц брюшного пресса, диафрагмы (**d**), широких мышц живота, в частности наружной косой мышцы (**5**), и особенно поперечной мышцы (**6**).

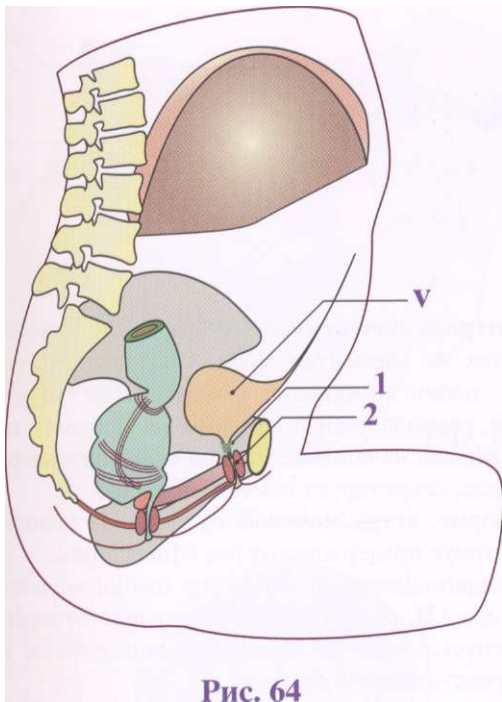


Рис. 64

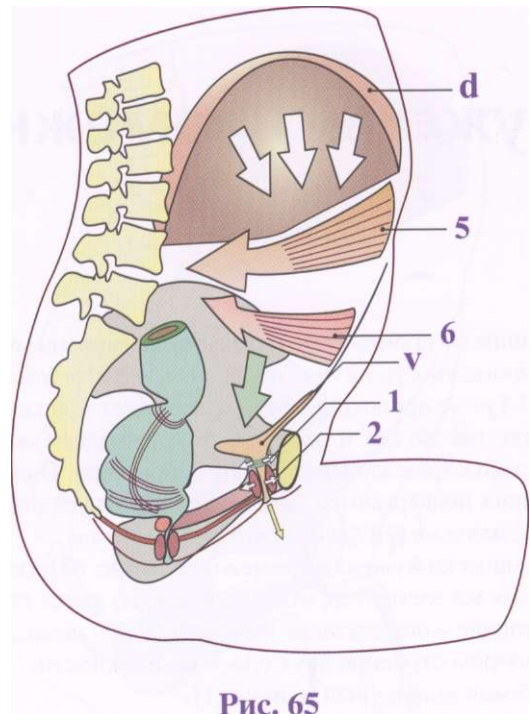


Рис. 65

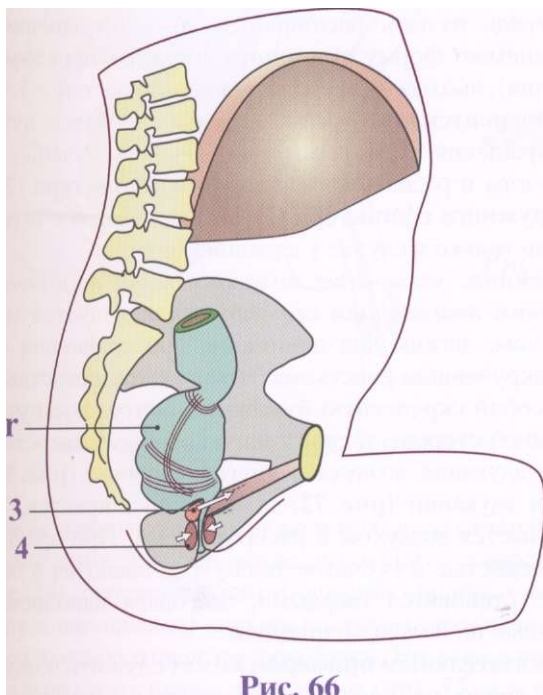


Рис. 66

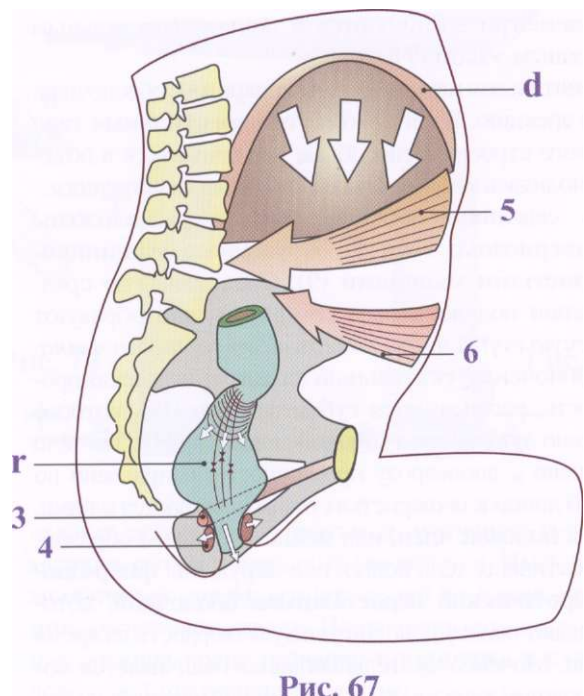


Рис. 67

Мужская промежность

В отличие от промежности женского организма мужская промежность *не так интересна в плане физиологии!* Тут не происходит родов, не бывает пролапсов органов, так же как и отсутствует недержание мочи, разве только послеоперационного характера. Однако мужчины подвергаются задержке мочеиспускания в связи с *патологией предстательной железы...*

Анатомически **мужская промежность (рис. 68)** состоит из тех же элементов, что и женская, но имеет главное отличие - *отсутствие уrogenитальной щели...*

Рассмотрим строение двух слоев промежности:

- глубокая поперечная мышца (1);
- поверхностная поперечная мышца (2).

Эти слои разделены следующими элементами:

- средний апоневроз промежности (3), заполняющий весь передний треугольник промежности;
- сфинктер заднего прохода (4), прикрепленный к копчику анально-копчиковой связкой (5);
- наружный сфинктер мочеиспускательного канала (6).

Все элементы соединяются в центре центральным фиброзным узлом (7).

Уrogenитальная щель заменена аппаратом, обеспечивающим эрекцию. В него входят **три эректильных тела** губчатого строения, способные увеличиваться в объеме, наполняясь кровью благодаря *половым артериям*.

Вдоль седалищно-лобковых ветвей расположены **два кавернозных тела (8)**, окруженные **седалищно-пещеристыми мышцами (9)**. Соединяясь по средней линии под лобковым симфизом, они образуют *наружную дорзальную поверхность полового члена*.

Обходя **мочеиспускательный канал (и)**, пересекая промежность, располагается **губчатое тело (10)**, которое окружено **луковично-губчатой мышцей (11)**. Это тело подвешено к апоневрозу промежности, направлено по средней линии к пещеристым телам и сливается с ними, образуя **половой член**, или **пенис (v)**. Таким образом, три эректильных тела полностью окружены **фиброзно-апоневротической нерастяжимой оболочкой**, которая придает пенису дополнительную твердость во время эрекции. Мочеиспускательный канал оканчивается мочевыводящим каналом на конце полового члена.

Контроль мочеиспускания (рис. 69) основывается на тех же элементах, что и у женщин, но с дополнительным компонентом - простатой (**p**). Эта железа, расположенная у основания мочевого пузыря, охватывая начальные отделы мочеиспускательного канала, секретирует семенную жидкость.

В норме, когда **мочевой пузырь (1)** наполняется, его тонус поддерживают два сфинктера:

- гладкомышечный сфинктер шейки мочевого пузыря (2), окружающий начальные отделы мочеиспускательного канала, расположенные внутри предстательной железы;
- наружный сфинктер (3), работает в зависимости от желания человека, расположен на верхушке простаты. Именно этот сфинктер обеспечивает добровольное мочеиспускание.

При *аденоме простаты* гипертрофия железы давит на начальный отдел мочеиспускательного канала и затрудняет опорожнение мочевого пузыря. В свою очередь пузырь расширяется от переполнения и принимает форму **пузырного шара (g)** (пунктирная линия), выходя за пределы лобковых костей.

Мочеиспускание (рис. 70) осуществляется путем сокращения гладкой мышцы мочевого пузыря, детрузора и расслабления **гладкого сфинктера (2)** и **наружного сфинктера (3)**. Брюшной пресс играет роль только в случае удержания мочи.

Эрекция, увеличение полового члена в объеме с резким повышением его упругости, является процессом, легким для понимания при сравнении его с закрученным свистком. Этот свисток представляет собой скрученную бумажную ленту, замкнутую с одной стороны и снабженную особым отверстием для вдувания воздуха с другой стороны (**рис. 71**). При вдувании (**рис. 72**) свисток расширяется, наполняется воздухом и распрямляется. При эрекции пещеристые и губчатое тела увеличиваются в объеме, становятся твердыми, благодаря наполнению кровью по половым артериям.

Показательным примером может служить воздушный шарик, прикрепленный к подставке, снабженной

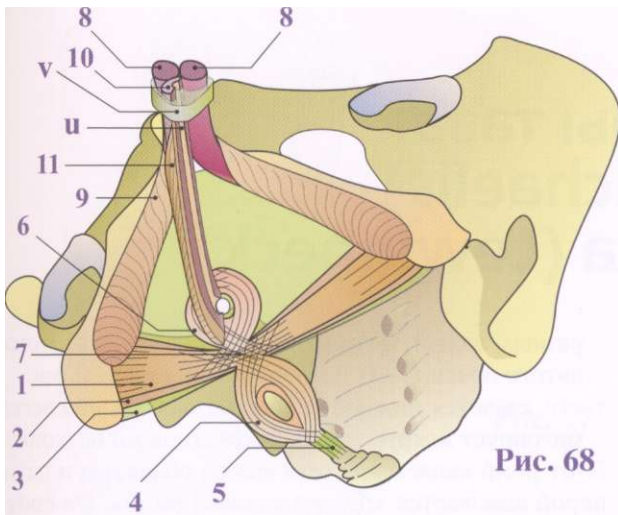


Рис. 68

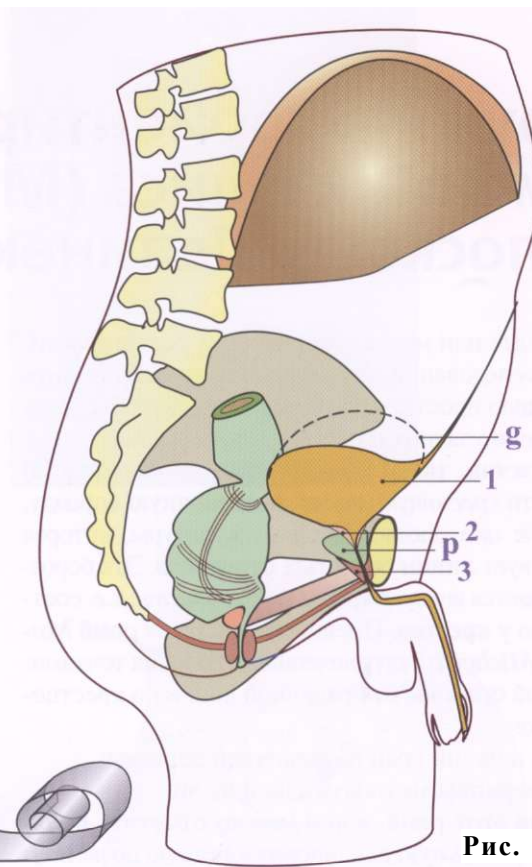


Рис. 69

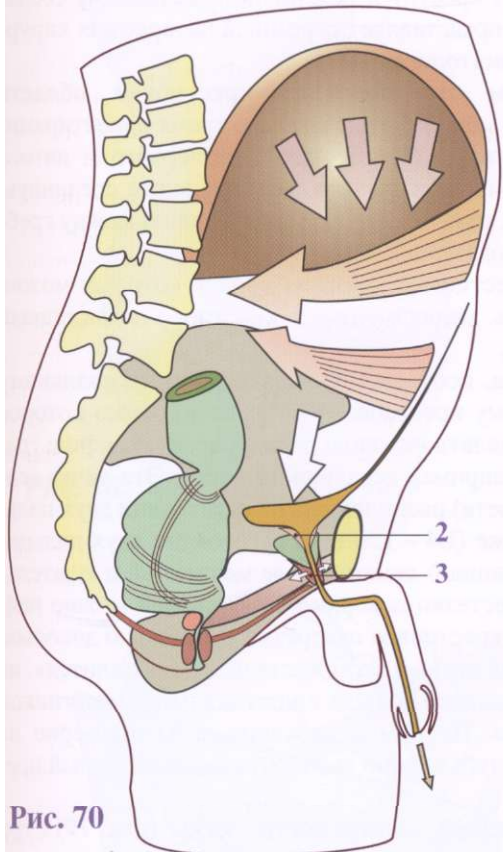


Рис. 70

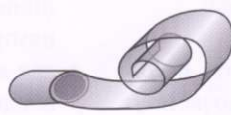


Рис. 71



Рис. 72

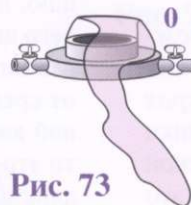


Рис. 73

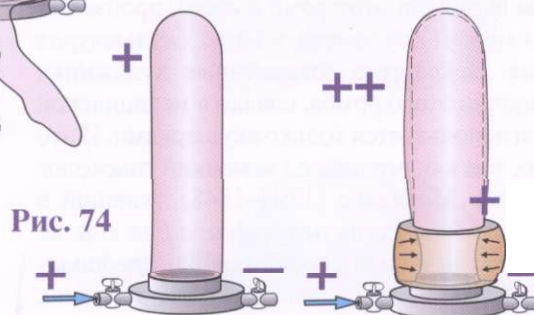


Рис. 74

Рис. 75

краном, запирающим входное и выходное отверстия цоколя (рис. 73). Закрытие выходного отверстия (рис. 74), соответствующее сужению половых вен, ведет к наполнению шарика воздухом, проходящим через входное отверстие подставки. Но если дополнительно сжать шарик у основания (рис. 75), как это

делают седалищно-губчатые и луковично-губчатые мышцы, объем и твердость увеличатся. Именно этот **мышечный спазм**, возникающий во время **эякуляции**, составляет **оргазм**. Постоянная самопроизвольная эрекция носит название **приапизма** и является довольно болезненным недугом.

Наружные ориентиры таза: ромб Михаэлиса (Michaelis) и плоскость Левинека (Lewinneck)

Кроме более или менее совершенных рентгенологических исследований, строение таза можно изучить и с помощью простого клинического осмотра благодаря наличию задних и передних ориентиров.

Как у мужчин, так и у женщин на спине (рис. 76) легко найти *срединную линию, позвоночную борозду*, углубление околопозвонокковой мускулатуры, которая соответствует *линии остистых отростков*. Эта борозда прерывается внизу, в *крестцовой области*, т.е. соответственно у *крестца*. Именно тут рисуется **ромб Михаэлиса (Michaelis)**, ограниченный четырьмя точками:

- с каждой стороны от срединной линии по крестцовой ямке;
- сверху, нижний край позвоночной борозды;
- внизу, вершина межъягодичной щели.

Нарисовав этот ромб, в нем можно отметить **большую вертикальную ось**, продолжающую позвоночную борозду, и **малую вертикальную ось**, перпендикулярную предыдущей и соединяющую крестцовые ямки. *Длина малой оси постоянна*, тогда как *длина большой оси варьирует*, что приводит к изменению формы ромба у различных людей.

Со времен Древней Греции *скульпторы и художники* всегда выделяли этот ромб в своих произведениях, и мы можем его заметить на их *скульптурах и картинах*. Некоторые современные художники знают о наличии этого ромба, однако в медицинской практике он используется только акушерками. И это неслучайно, так как его *описал* немецкий гинеколог Густав Адольф Михаэлис (1798-1848), живший в Киле. В те времена, когда *рентгенография еще не существовала*, он нашел способ оценки *предполагаемых деформаций таза своих будущих рожениц*, предвестниц патологических родов.

Отметив *металлическими метками* вершины ромба, можно увидеть эти **ориентиры на передней поверхности костей (рис. 77)**. Существует следующее соответствие:

- две ямки всегда проецируются на верхнюю часть крестцово-подвздошного сустава;
- верхняя вершина ромба расположена различно у

разных людей, возможно, на уровне четвертого, пятого поясничных позвонков или между ними;

- что касается нижней вершины, она также слегка мигрирует вокруг третьего крестцового позвонка. Этот ромб является эстетической областью и даже порой называется *«божественный ромб»*. Он соответствует крестцу и пояснично-крестцовому соединению и представляет огромный интерес для хирургов и ревматологов.

В целом эта **пояснично-крестцовая область (рис. 78)** может быть разделена тремя ориентирами:

- межкостное пространство четвертого и пятого поясничных позвонков, пересекающее срединную линию, отмечено пунктирной линией между гребнями подвздошных костей;
- две крестцовые ямки, на уровне которых можно вводить медикаменты в крестцово-подвздошный сустав;
- впадина, соответствующая первому дорзальному верхнему крестцовому отверстию, через которое легко делать нижнюю перидуральную инфильтрацию, например седалищной кости. Эта точка (синего цвета) расположена на расстоянии двух пальцев ниже (L4 - L5) и на расстоянии двух пальцев от срединной линии. После медленной и тщательной анестезии поверхностных тканей можно найти это крестцовое отверстие с помощью довольно длинной иглы: в этом месте игла «провалится», не соприкасаясь больше с кортикальной пластинкой крестца. После продвижения иглы примерно на 1 см вглубь можно вводить медикаментозный препарат.

На **передней поверхности таза (рис. 79)** три костных ориентира (две верхнепередние ости подвздошной кости и лобковая кость) ограничивают **треугольник Левинека (Lewinneck)**, на который накладывается таз при **положении лежа на животе (рис. 80)**. Этот треугольник служит важным ориентиром для трехмерного определения структуры таза в случаях высокоточных хирургических вмешательств, контролируемых компьютером.

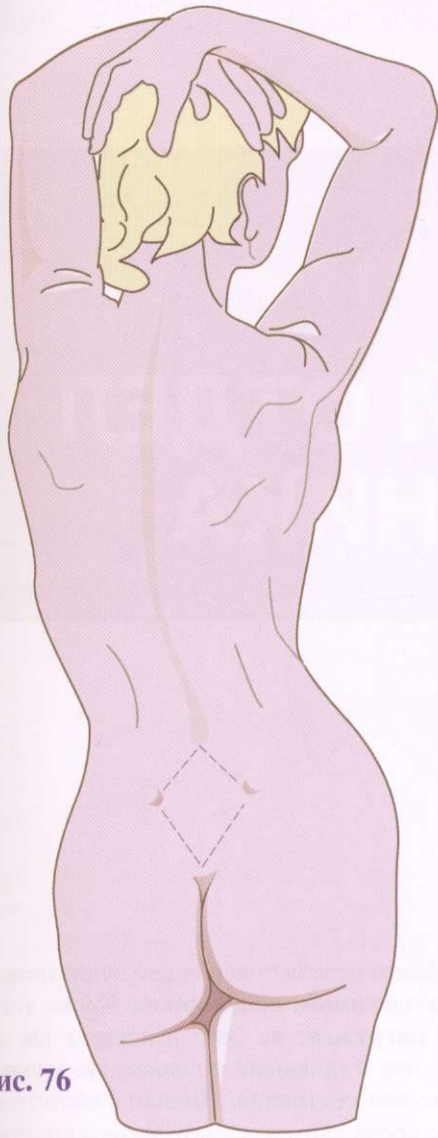


Рис. 76

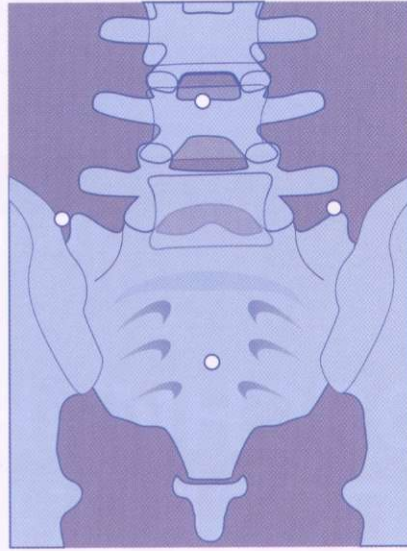


Рис. 77

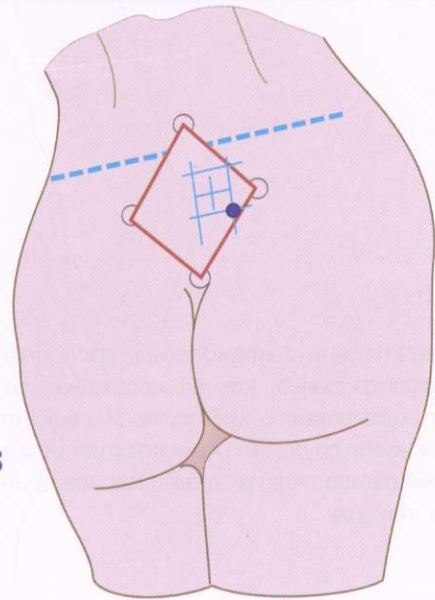


Рис. 78

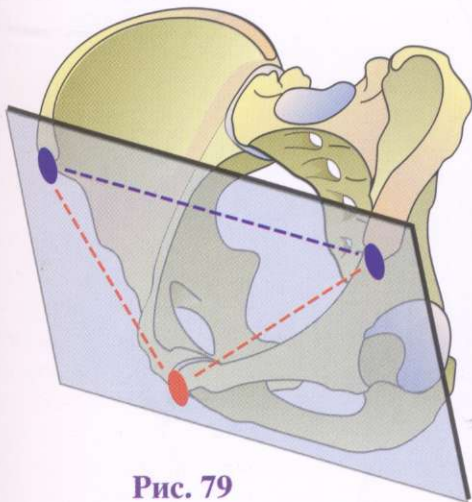


Рис. 79

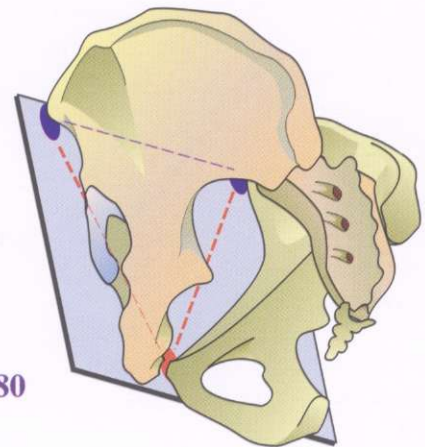


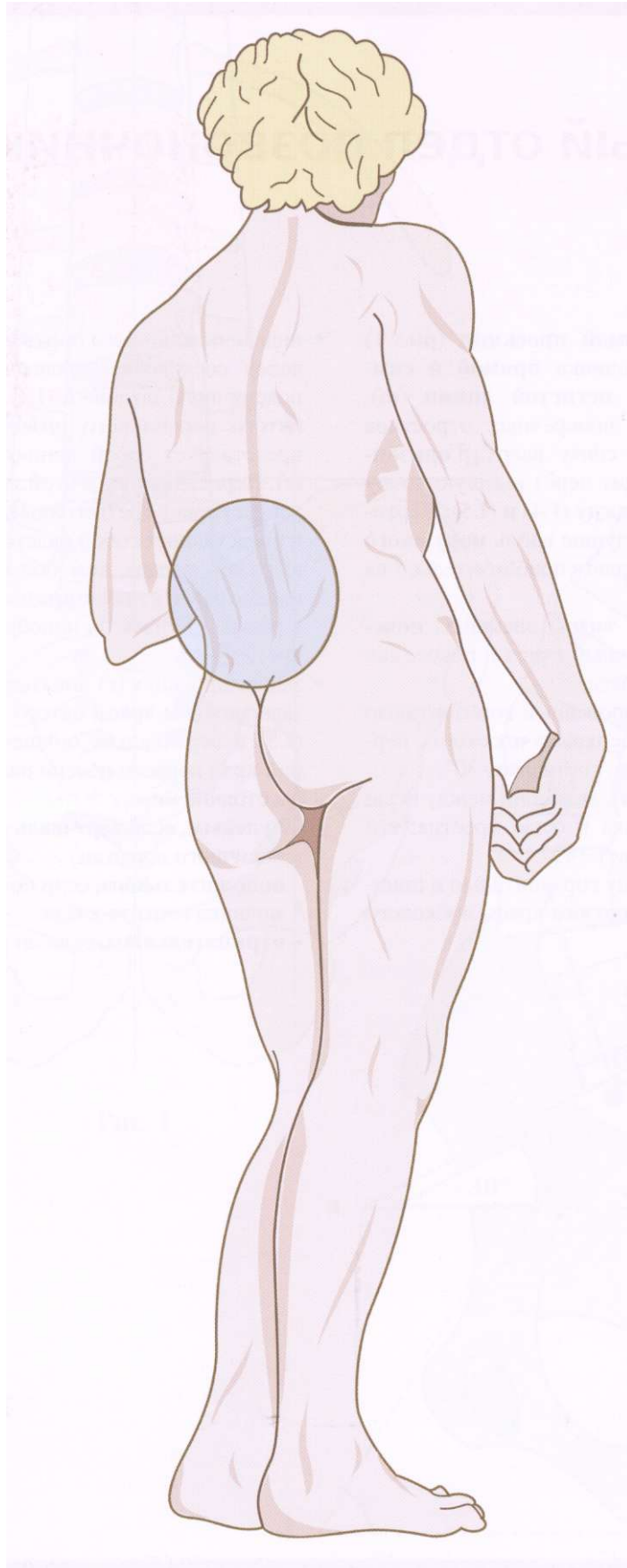
Рис. 80

Глава 3

ПОЯСНИЧНЫЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА

Поясничный отдел позвоночника расположен на костях тазового пояса, как на подставке, создавая суставное соединение с крестцом. В свою очередь он поддерживает грудной отдел позвоночника, к которому прикрепляются грудина и плечевой пояс посредством лопаток.

После шейного отдела поясничный отдел позвоночника является **самым подвижным**. Кроме того, он **наиболее нагружен**, на него действует вес всего туловища, что и приводит к появлению множества патологических состояний. Именно в области поясницы чаще проявляются ревматологические проблемы, **люмбаго, межпозвонковые грыжи диска**.

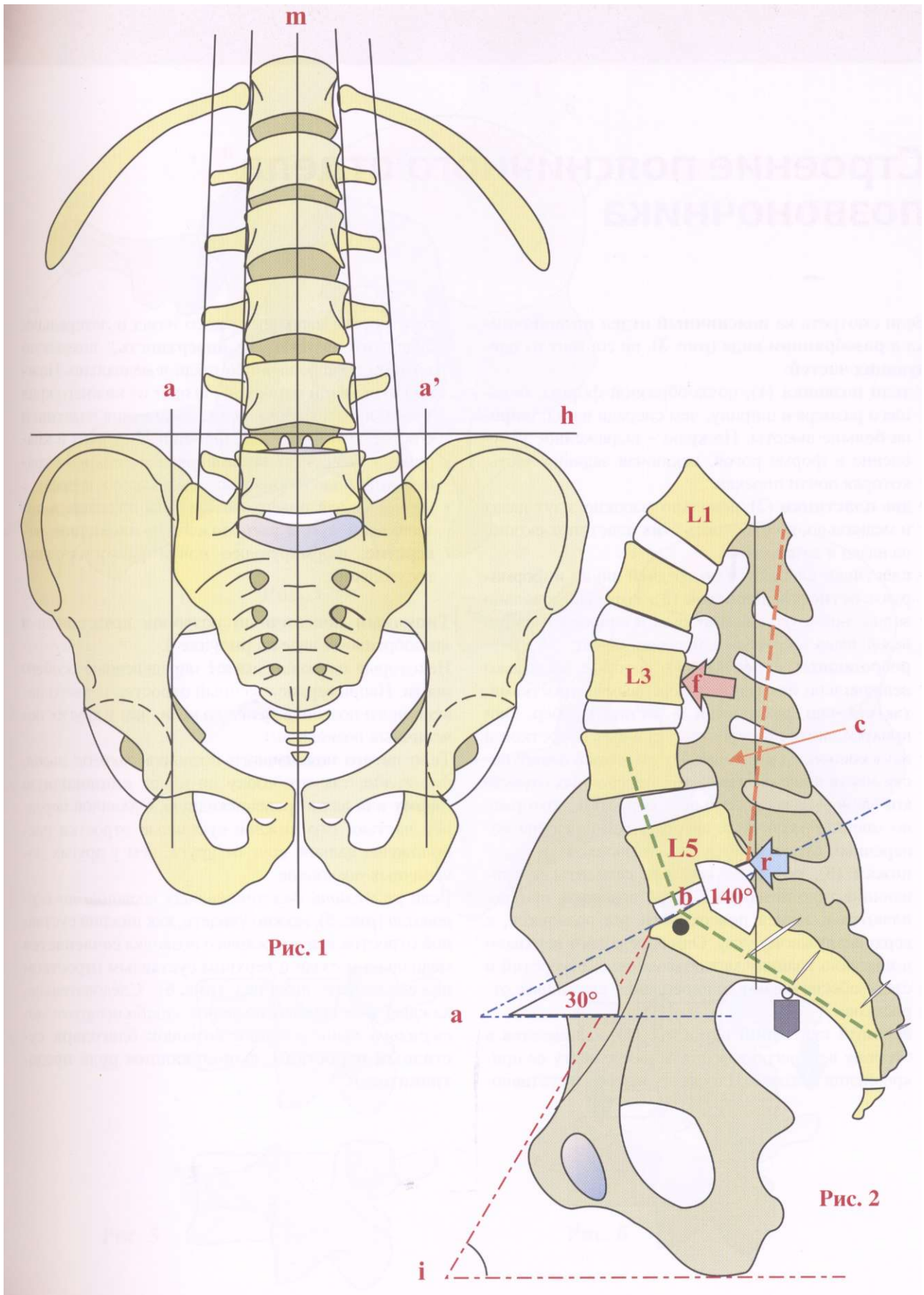


Поясничный отдел позвоночника в целом

На рентгенограмме в **прямой проекции (рис. 1)** поясничный отдел позвоночника **прямой и симметричный** относительно **остистой линии (т)**. Ширина тел позвонков и поперечных отростков **постепенно уменьшается** снизу вверх. **Горизонтальная линия (h)** проходит через высшую точку **подвздошных гребней** и между **(L4) и (L5)**. Вертикальные линии **(a) и (a')**, идущие вдоль **наружного края крыльев крестца**, падают приблизительно на **дно вертлужных впадин**.

В **косой проекции (рис. 2)** видны элементы **поясничного лордоза** и поясничный отдел в покое, как было описано Де Сезе (*De Seze*):

- угол крестца **(a)**, сформированный горизонталью и линией, идущей через верхнюю плоскость первого крестцового позвонка, составляет 30°;
- люмбосакральный угол **(b)**, лежащий между осью того поясничного позвонка и осью крестца; его среднее значение составляет 140°;
- угол наклона таза **(i)** между горизонталью и линией, соединяющей мыс с верхним краем лобкового симфиза, достигает 60°;
- индекс поясничного лордоза **(f)** может быть определен соединением задненижнего края первого поясничного позвонка (L1) и задненижнего края пятого поясничного позвонка (L5). Эта линия представляет собой линию поясничного лордоза **(с)**. Перпендикуляр к этой линии обычно максимален на уровне третьего поясничного позвонка (L3) и представляет собой индекс лордоза. Чем сильнее выражен лордоз, тем больше величина индекса; индекс равен нулю, когда позвоночник выпрямлен, в редких случаях он приобретает обратное значение;
- задняя проекция **(г)** показывает расстояние между задненижним краем пятого поясничного позвонка (L5) и вертикалью, опущенной через задневерхний край первого поясничного позвонка (L1). Это расстояние может быть:
 - **нулевым**, если вертикаль совпадает с линией поясничного лордоза;
 - **положительным**, если поясничный отдел позвоночника отогнут кзади;
 - **отрицательным**, если он наклонен кпереди.



Строение поясничного отдела позвоночника

Если смотреть на **поясничный отдел позвоночника в разобранном виде (рис. 3)**, он состоит из **следующих частей**:

- **тело позвонка (1)**, почкообразной формы, большего размера в ширину, чем спереди назад; ширина больше высоты. По краю - выраженное углубление в форме рогов, исключая заднюю часть, которая почти плоская;
- **две пластинки (2)**, довольно высокие, идут назад и медиально, но плоскость этих пластинок скошена назад и латерально;
- пластинки сливаются по средней линии и формируют **остистый отросток (3)**, который довольно велик, прямоугольной формы и направлен прямо назад, имея закругленный задний конец;
- **ребровидные отростки (4)**, которые несколько неправильно называют поперечными отростками, так как они фактически — остатки ребер. Они прикрепляются на уровне суставных отростков и идут косо назад и латерально. На задней поверхности места прикрепления этих поперечных отростков лежат дополнительные отростки, которые, по мнению различных авторов, гомологичны поперечным отросткам грудных позвонков;
- **ножки (5)**, короткие костные сегменты, соединяющие тело позвонка с дугой позвонка, прикрепляются к задней поверхности тел позвонков, к верхненаружному углу. Они определяют верхнюю и нижнюю границу межпозвоночных отверстий и сзади обеспечивают прикрепление суставных отростков;
- **верхний суставной отросток (6)** поднимается в сторону верхнего края пластинки к месту ее прикрепления к ножке. Плоскость верхнего суставно-

го отростка направлена косо назад и латерально, содержит **суставную поверхность**, покрытую хрящом и направленную кзади и медиально. **Нижний суставной отросток (7)** идет от нижнего края задней дуги позвонка около соединения пластинки с остистым отростком. Он направлен вниз и книзу, и его **суставная поверхность** покрыта хрящевой тканью и обращена латерально и вперед;

- между задней поверхностью тела позвонка и позвонковой дугой расположено **позвоночное отверстие**, формирующее почти равносторонний треугольник.

Типичный поясничный позвонок представлен в «разобранном» виде на **рисунке 4**.

Некоторые позвонки имеют определенные особенности. Например, поперечный отросток первого поясничного позвонка *менее развит*, чем у других поясничных позвонков.

Тело пятого поясничного позвонка *впереди выше, чем сзади*, так что сбоку он имеет **клиновидную форму** или даже трапециевидную, с длинной передней частью. Его нижние суставные отростки расположены дальше друг от друга, чем у других поясничных позвонков.

Если *разделить два поясничных позвонка по вертикали (рис. 5)*, можно увидеть, как нижний суставной отросток вышележащего позвонка **сочленяется** медиально и сзади с верхним суставным отростком нижележащего позвонка (рис. 6). Следовательно, каждый поясничный позвонок *стабилизирует латерально вышележащий позвонок благодаря суставным отросткам, выполняющим роль предохранителей*.

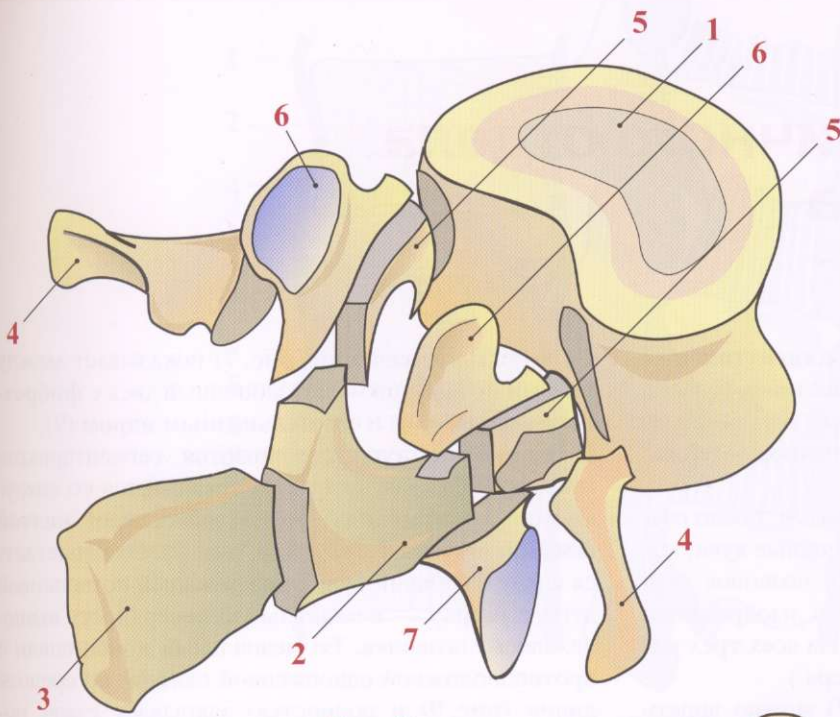


Рис. 3

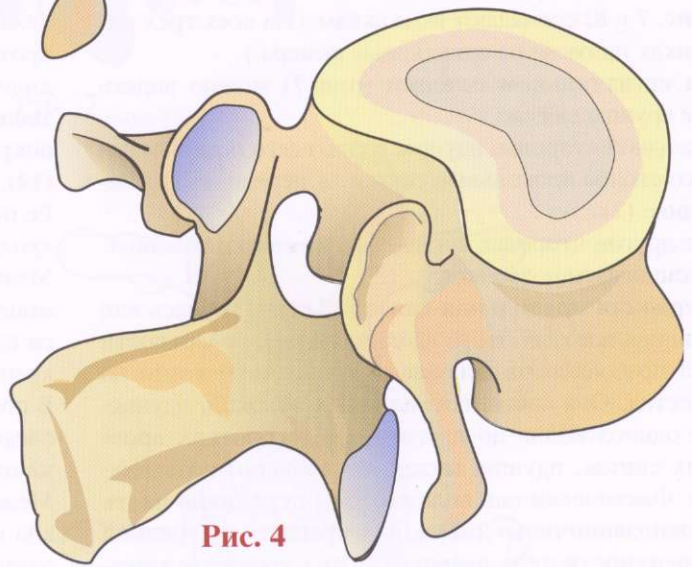


Рис. 4

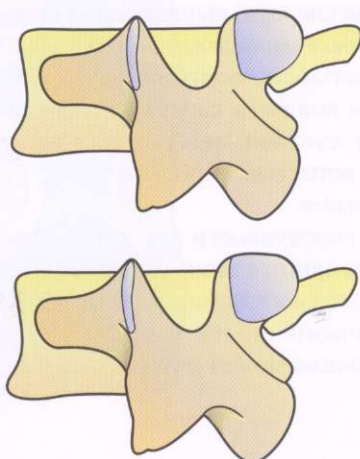


Рис. 5

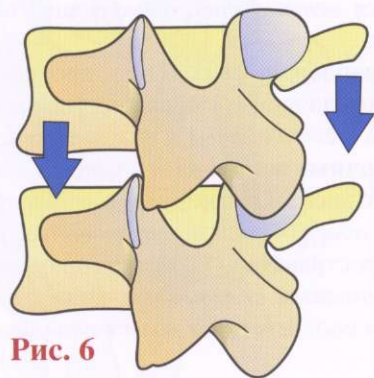


Рис. 6

Связки поясничного отдела позвоночника

Эти связки можно рассмотреть как в **сагиттальном сечении** (рис. 7), после удаления пластинок (слева), так и во **фронтальном сечении** (рис. 8), проведенном через ножки (передняя часть сечения, содержащая тела позвонков, - вид сзади).

Что касается задней части среза (рис. 8), после разворота на 180° она содержит позвоночные дуги, которые видны спереди. Сверху один позвонок был отделен. Следует заметить, что оба изображения (рис. 7 и 8) совпадают по ножкам. (На всех трех рисунках применены одинаковые номера.)

На **сагиттальном сечении** (рис. 7) можно видеть две группы связок:

- с одной стороны, идущие вдоль всего позвоночного столба продольные связки — передние (1) и задние (2);
- с другой стороны, сегментарные связки, соединяющие дуги позвонков.

Передняя продольная связка (1) протянулась как длинная плотная лента вдоль передней поверхности тел позвонков от основания затылочной кости до крестца. Она состоит из длинных волокон, идущих от одного конца до другого, и из коротких арочных связок, идущих между отдельными позвонками. Фактически они вплетаются в **переднюю часть межпозвоночного диска (3)** и крепятся к **передней поверхности** тела позвонка (2) на уровне передневерхнего и передненижнего углов тел позвонков, где существуют **свободные пространства (4)**, здесь формируются **остеофиты**, образующие позвоночные артрозы.

Задняя продольная связка (5) протянулась от основания затылочной кости до крестцового канала. Оба ее конца **фестончатые** в результате вплетения коротких **арочных волокон (6)** в заднюю часть межпозвоночного диска. Однако связка **не прикрепляется к задней поверхности тела позвонка**, оставляя свободное пространство (7), пронизанное **околопозвоночным венозным сплетением**. Вогнутость каждого фестона соответствует **ножке позвонка (10)**.

Сагиттальное сечение (рис. 7) показывает между телами позвонков межпозвоночный диск с **фиброзным кольцом (8)** и его **пульпозным ядром (9)**.

Позвоночные дуги соединяются сегментарными связками. Каждая пластинка соединяется со следующей толстой мощной и очень выносливой **желтой связкой (11)** (видна на срезе, рис. 7). Она вплетается снизу в верхний край нижележащей позвоночной дуги, а сверху — в медиальную поверхность вышележащего позвонка. Ее медиальный конец спаян с противоположной одноименной связкой по средней линии (рис. 9) и полностью закрывает сзади **позвоночный канал (13)**. Впереди и латерально она покрывает капсулу и **переднемедиальную связку (14)**, **сочленения между суставными отростками**. Ее переднелатеральный край нависает над **передним краем межпозвоночного отверстия**.

Между всеми **остистыми отростками (12)** тянется мощная **межостистая связка (15)**, продолжающаяся сзади в **надостистую связку (16)**, которая прикрепляется к **верхушкам остистых отростков**. В поясничной области она плохо различима, так как соединяется с перекрестно вплетающимися волокнами задних поясничных мышц.

Между добавочными бугорками поперечных отростков проходит **межпоперечная связка (17)**, хорошо развитая в поясничной области.

На изображении задней позвоночной дуги (рис. 9, вид спереди) вышележащий позвонок отделен после **пересечения желтой связки (13)**. Между вторым и третьим позвонками связка полностью удалена, чтобы показать капсулу и **переднемедиальную связку сустава между суставными отростками (14)** и остистый отросток между двумя позвоночными арками.

В совокупности две эти группы связок составляют **исключительно сильное соединение** не только между каждыми двумя позвонками, но и для позвоночного столба в целом. Только очень **серьезная травма** может разорвать эти связки.

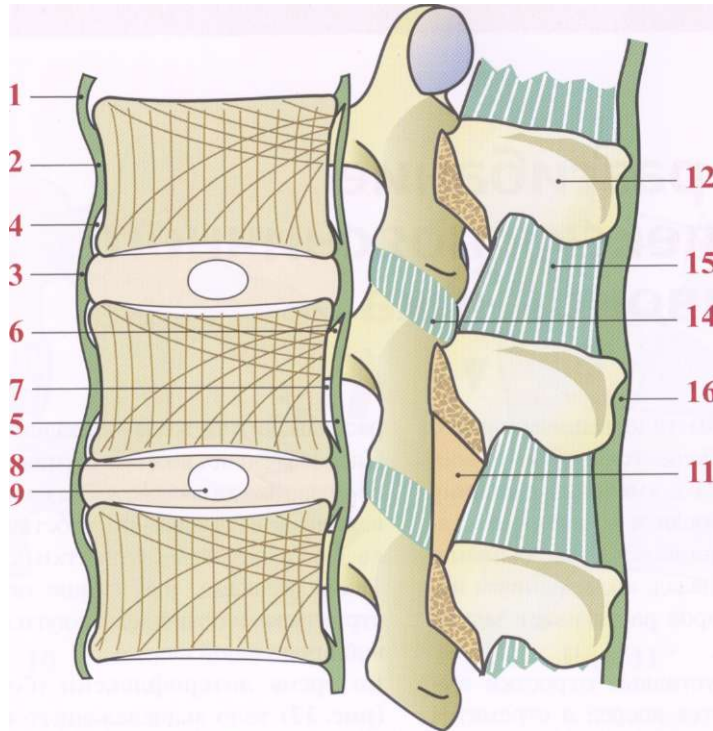


Рис. 7

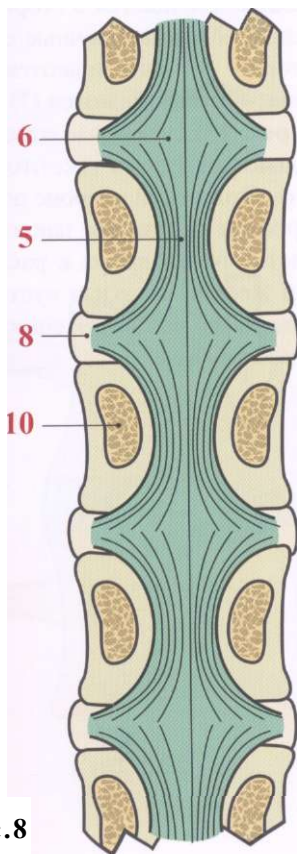


Рис.8

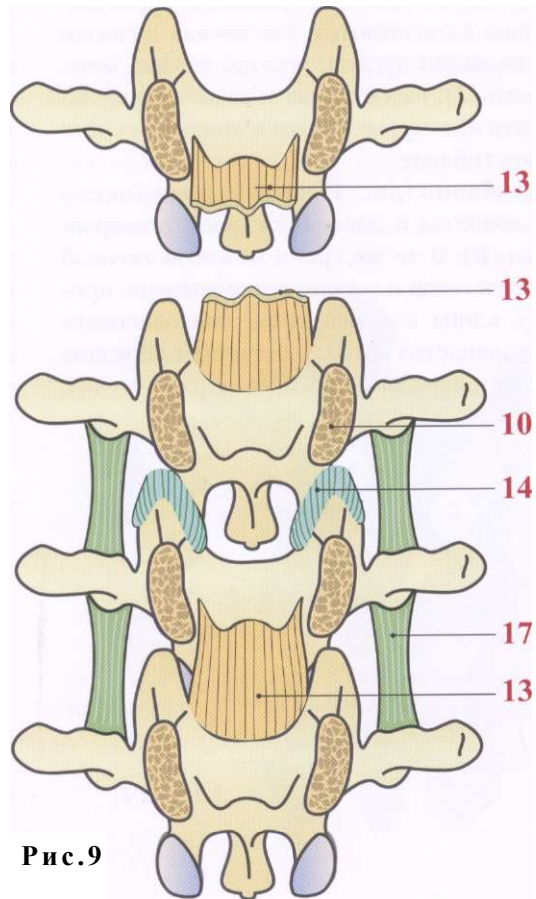


Рис.9

Сгибание, разгибание и латерофлексия поясничного отдела позвоночника

Во время **сгибания** (рис. 10) тело вышележащего позвонка наклоняется и смещается немного вперед в направлении стрелки (F), уменьшая толщину межпозвоночного диска спереди и увеличивая сзади. Диск, следовательно, становится клиновидным с основанием, направленным назад, и смещенным назад пульпозным ядром, которое растягивает задние волокна фиброзного кольца.

В это же время нижние суставные отростки вышележащего диска смещаются вперед и стремятся сдвинуться с верхних отростков нижележащего позвонка (черная стрелка). В результате суставные связки между двумя этими суставными отростками максимально натягиваются, так же как и связки между позвонковыми дугами: желтая связка, межостистая связка (2), надостистая и задняя продольная связка - эти натянутые связки в конечном счете ограничивают сгибание.

Во время **разгибания** (рис. 11) тело вышележащего позвонка наклоняется и смещается назад, в направлении стрелки (E). В то же время межпозвоночный диск уплощается сзади и расширяется спереди, принимая форму клина с основанием, направленным вперед. Ядро смещается вперед, растягивая передние волокна кольца и переднюю продольную связку (4),

расслабляя в то же время задние продольные связки. Следовательно, нижние суставные отростки верхнего позвонка становятся связанными более прочно с верхними суставными отростками нижнего позвонка (3), а остистые отростки касаются друг друга. Таким образом, разгибание ограничено костными структурами позвонковой дуги и натяжением передней продольной связки.

Во время **латерофлексии** (боковой наклон тела) (рис. 12) тело вышележащего позвонка наклоняется в сторону наклона (стрелка 1), а позвоночный диск принимает форму клина, основание которого направлено в сторону, противоположную наклону. Ядро также несколько смещается в сторону, противоположную наклону. Межпоперечные связки противоположной стороны (6) натягиваются, тогда как на стороне наклона — расслабляются (7).

При **виде сзади** (рис. 13) суставные отростки сдвигаются относительно друг друга так, что суставной отросток на противоположной стороне поднимается (8), тогда как отросток на стороне наклона опускается (9). Это ведет в то же время к расслаблению противоположной желтой связки и суставной капсулы между отростками и к натяжению таких же структур на стороне наклона.

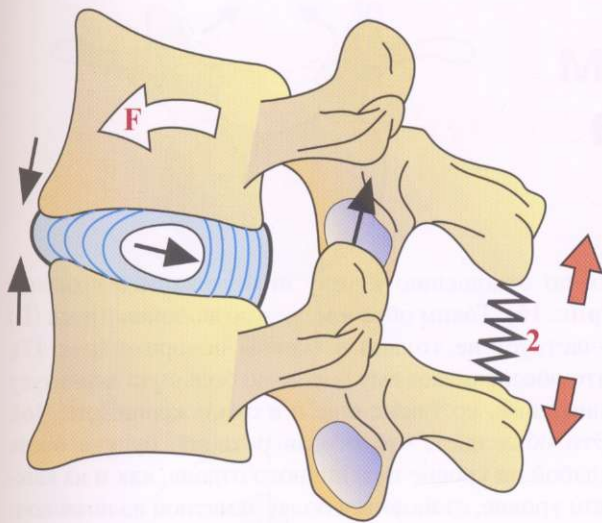


Рис. 10

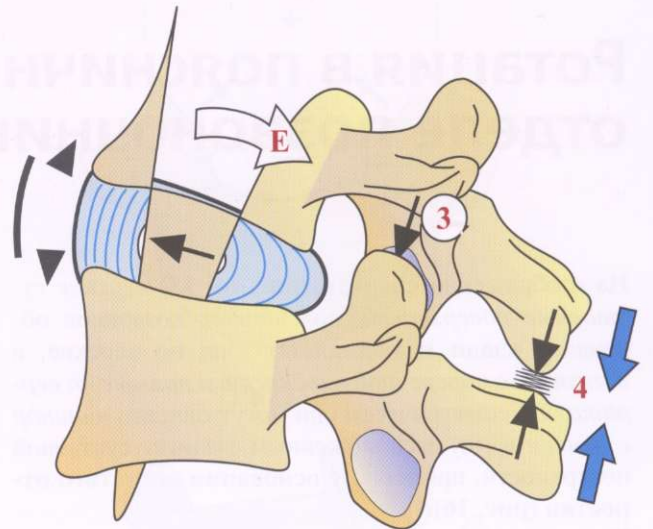


Рис. 11

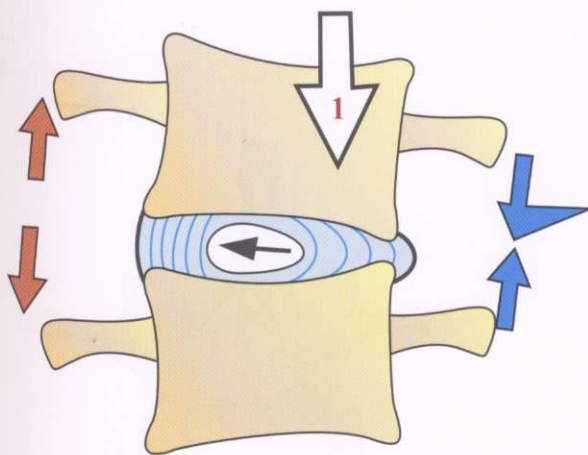


Рис. 12

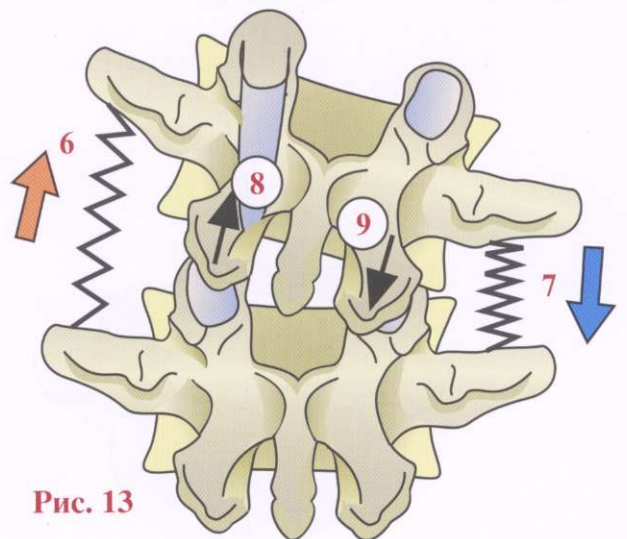


Рис. 13

Ротация в поясничном отделе позвоночника

На изображении **спереди (рис. 14, 15) верхние суставные поверхности** поясничных позвонков обращены **кзади и медиально**. Они не плоские, а **вогнутые в поперечной плоскости и прямые по вертикали**. Геометрически они могут описать **цилиндр с центром (0)**, расположенным **сзади от суставной поверхности**, примерно у **основания остистого отростка (рис. 16)**.

На уровне **верхних поясничных позвонков (рис. 14)** центр цилиндра расположен почти сразу сзади от линии, соединяющей задние края суставных отростков. Тогда как у **нижних поясничных позвонков (рис. 15)** цилиндр имеет намного больший диаметр, из-за чего его центр отодвигается более **кзади** по отношению к телу позвонка.

Важно, что центр цилиндра не совпадает с центром площадок позвонков, таким образом, когда вышележащий позвонок поворачивается на нижнем **(рис. 18, 19)**, это движение ротации, происходящее вокруг центра цилиндра, и должно обязательно сопровождаться скольжением тела верхнего позвонка

по отношению к телу нижележащего позвонка **(рис. 16)**. Таким образом, межпозвоночный диск **(D)** участвует не только в осевом повороте **(рис. 17)**, что обеспечивает ему довольно большую амплитуду движений, но также еще и в скольжении **(рис. 16)**. Это объясняет, что осевая ротация, будучи очень слабой на уровне поясничного отдела, как и на каждом уровне, становится более заметной на позвоночнике в целом.

Исследования Греггерсона и Лукаса (*Gregersen u Lucas*) показали, что полная ротация справа налево поясничного отдела позвоночника между **(L1)** и **(S1)** достигает 10° . Предположительно, если разложить ротацию поровну на сегменты, она составит по 2° в каждом отделе позвоночника, по 1° в каждую сторону в каждом отделе.

Следовательно, можно сделать вывод, что поясничный отдел позвоночника совсем не создан для осевой ротации, которая тут очень слабо выражена из-за определенного расположения суставных поверхностей в пространстве.

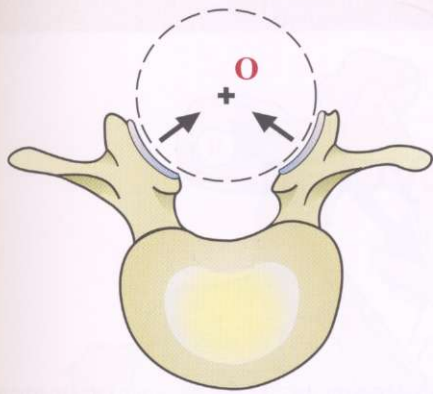


Рис. 14

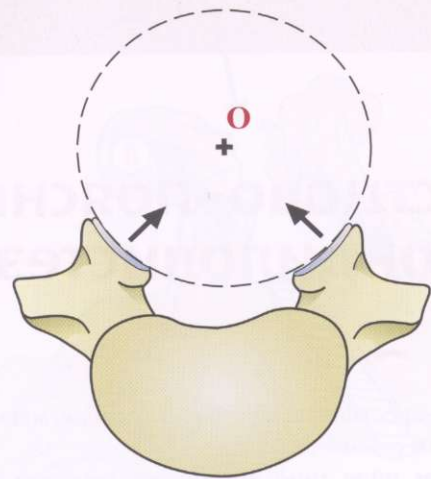


Рис. 15

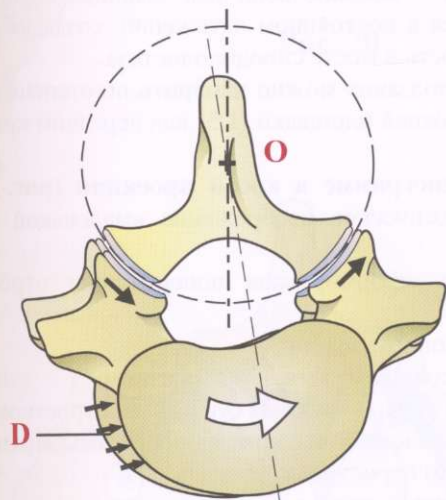


Рис. 16

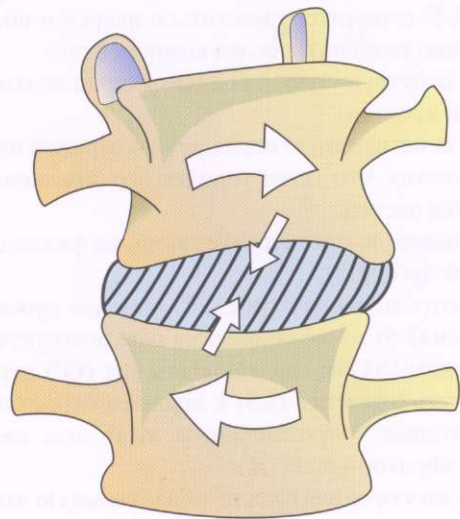


Рис. 17

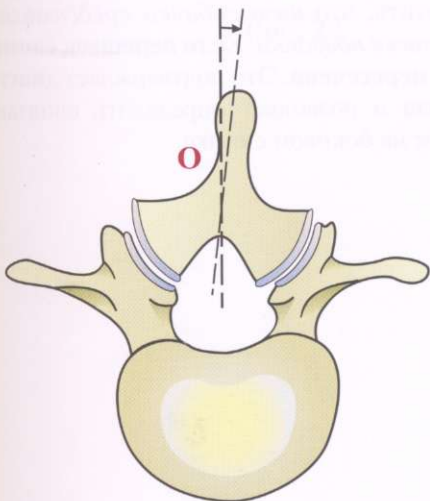


Рис. 18

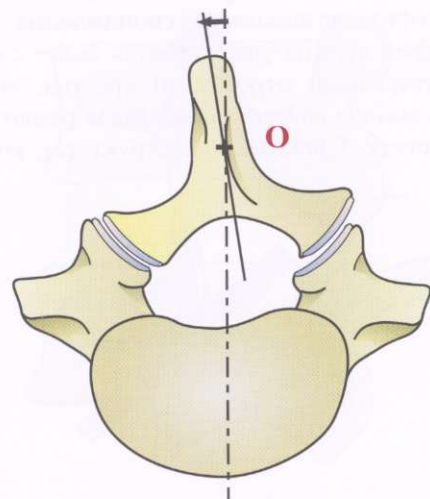


Рис. 19

Крестцово-поясничные суставы и спондилолистез

Пояснично-крестцовый сустав — *слабое место в позвоночном столбе.*

На **боковом виде (рис. 20)** можно заметить, что в результате наклона верхней площадки первого крестцового позвонка (S1) тело пятого поясничного позвонка (L5) стремится сместиться вперед и вниз. Вес (P) можно разделить на два компонента:

- силу (N), действующую перпендикулярно верхней плоскости крестца;
- силу (G), действующую параллельно верхней плоскости крестца, что тянет тело пятого поясничного позвонка вперед.

Этому скольжению препятствует мощная фиксация позвонковой дуги (L5).

Если рассмотреть **сверху (рис. 22)**, нижние суставные отростки (L5) точно подходят к верхним суставным отросткам (S1), и сдвигающая сила (G') стремится прижать отростки (L5) к верхним отросткам крестца, которые сопротивляются этой силе сжатия, следуя обратной силе (R).

Линии этих сил проходят через **обязательную точку пути**, расположенную на **перешейке позвонка (рис. 21)**, которая является частью позвонковой дуги и лежит между верхним и нижним суставными отростками. Если этот перешеек поврежден или сломан, это состояние называется **спондилолиз**. Так как позвонковая дуга не удерживается более сзади верхними суставными отростками крестца, **тело (L5) соскальзывает вперед и вниз**, давая развиваться **спондилолистезу**. Единственные структуры, кото-

рые теперь удерживают (L5) на крестце и предотвращают дальнейшее скольжение:

- с одной стороны, пояснично-крестцовый диск с натянутыми косыми связками;
- с другой - околопозвоночные мышцы, которые находятся в постоянном натяжении, создавая болезненность в месте спондилолистеза.

Степень сползания можно измерить по степени нависания нижней площадки (L5) над передним краем (S1).

На **рентгенограмме в косой проекции (рис. 23)** видно классическое изображение «маленькой собачки»:

- мордочка сформирована поперечными отростками;
- глаз — концом ножки;
- ухо — верхним суставным отростком;
- передняя лапа — нижним суставным отростком;
- хвост — пластинкой и противоположным верхним суставным отростком;
- задняя лапа — противоположным нижним суставным отростком;
- тело — тремя четвертями противоположной пластинки.

Важно отметить, что *шею собачки представляет только перешеек позвонка. Если перешеек сломан, шея собаки пересечена.* Это подтверждает **диагноз спондилолиза** и позволяет определить сползание (L5), видимое на боковом снимке.

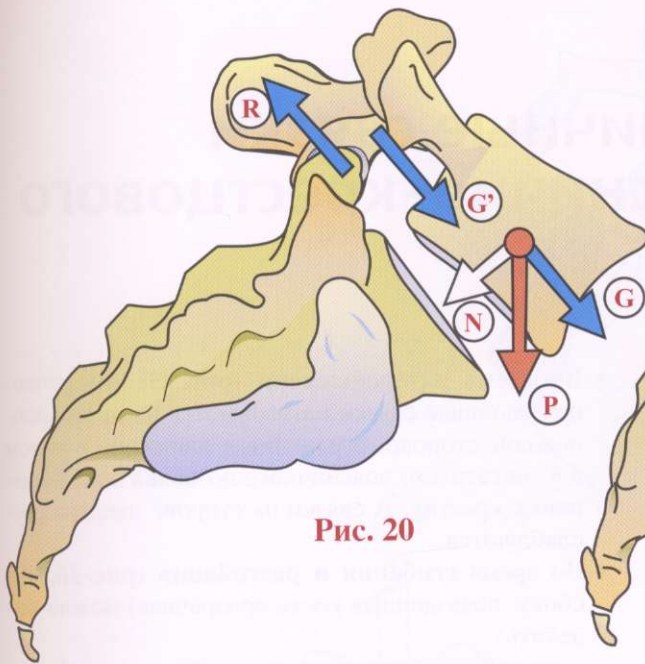


Рис. 20

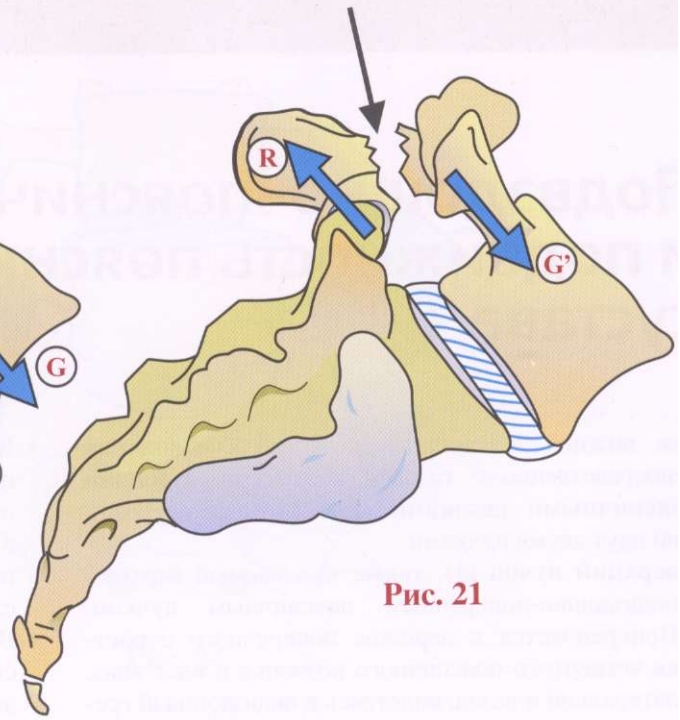


Рис. 21

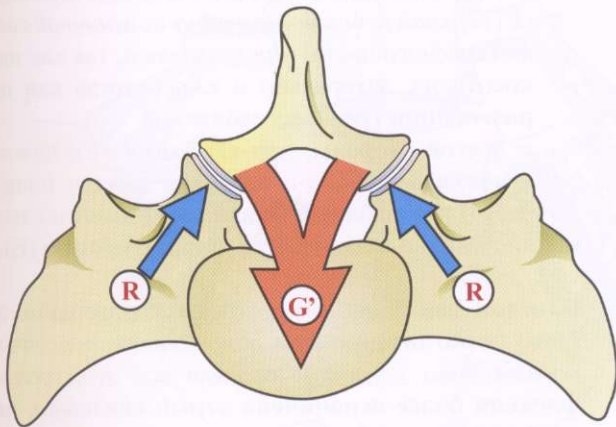


Рис. 22

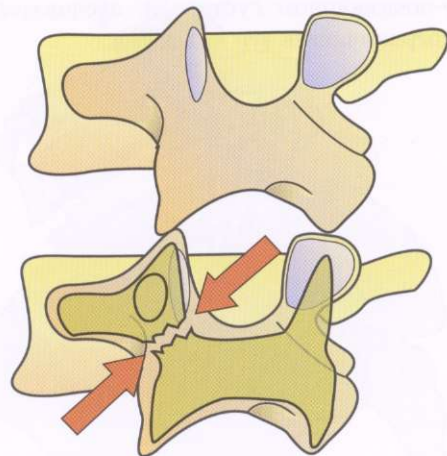


Рис. 23

Подвздошно-поясничные связки и подвижность пояснично-крестцового сустава

Два нижних поясничных позвонка соединяются непосредственно с тазовой костью **подвздошно-поясничными связками** (рис. 24, вид спереди). Они идут двумя пучками:

- **верхний пучок (1)**, также называемый верхним подвздошно-поперечным поясничным пучком. Прикрепляется к вершине поперечного отростка четвертого поясничного позвонка и идет вниз, латерально и назад, вплетаясь в подвздошный гребень;
- **нижний пучок (2)**, также называемый нижним подвздошно-поперечным поясничным пучком. Прикрепляется к вершине и к нижнему краю поперечного отростка пятого поясничного отростка и идет латерально и вниз, вплетаясь в подвздошный гребень спереди и медиальнее верхнего пучка.

Иногда можно выделить две подгруппы:

- строго **подвздошный пучок (2)**;
- **крестцовый пучок (3)**, который идет более вертикально и немного впереди, прикрепляясь в передней части крестцово-подвздошного сустава и к самой наружной части крыла крестца.

Эти пояснично-подвздошные связки натягиваются или расслабляются в зависимости от движений в крестцово-подвздошном суставе и, следовательно, помогают ограничивать эти движения:

- Во время **латерофлексии** (рис. 25) пояснично-подвздошные связки натягиваются на противоположной стороне, ограничивая движение с углом в 8° четвертого поясничного позвонка по отношению к крестцу. А связки на стороне наклона расслабляются.
- Во время **сгибания и разгибания** (рис. 26, вид сбоку, подвздошная кость прозрачная) можно выделить:
 - из нейтрального положения (**N**) при **сгибании (F)** *верхний пучок подвздошно-поясничной связки* (красного цвета) *натягивается*, так как идет косо вниз, латерально и кзади, тогда как при **разгибании (E)** - расслабляется;
 - с другой стороны, при **сгибании (F)**, *нижний пучок подвздошно-поясничной связки* (синего цвета) расслабляется, так как направлен слегка впереди, но натягивается при **разгибании (E)**.

В целом движения в крестцово-подвздошном суставе **резко ограничены натяжением пояснично-подвздошных связок**. Учитывая все это, **латерофлексия более ограничена этими связками, чем сгибание и разгибание**.

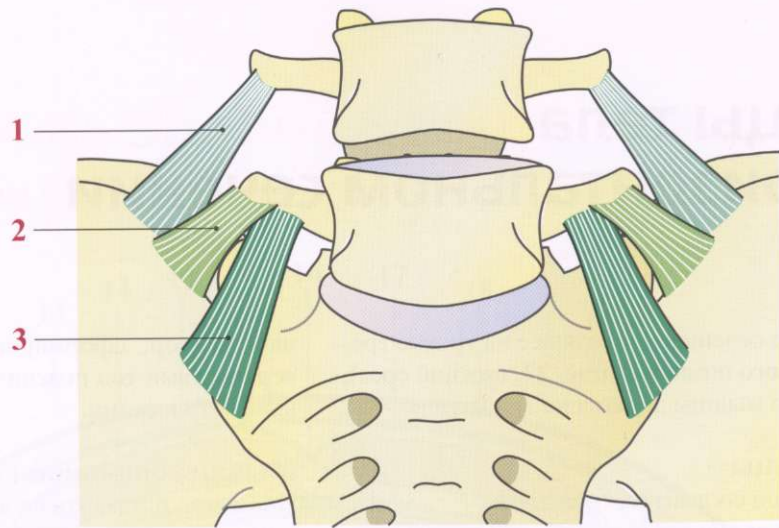


Рис. 24

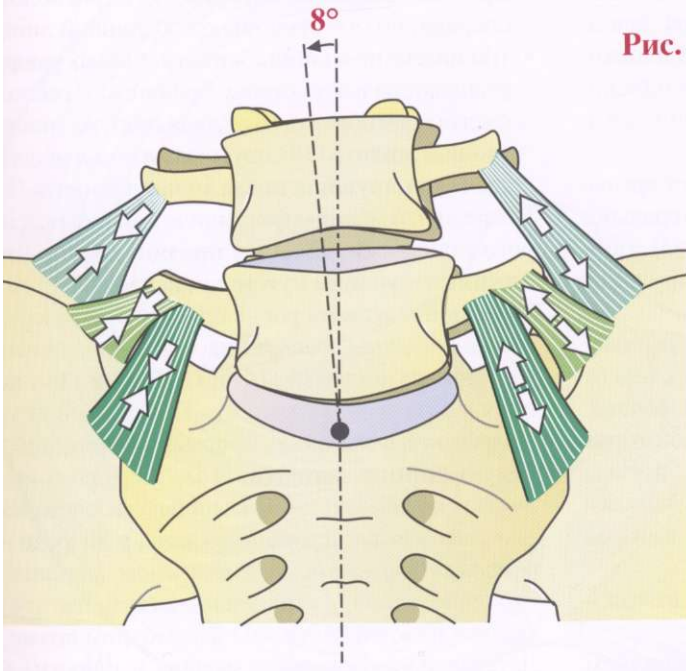


Рис. 25

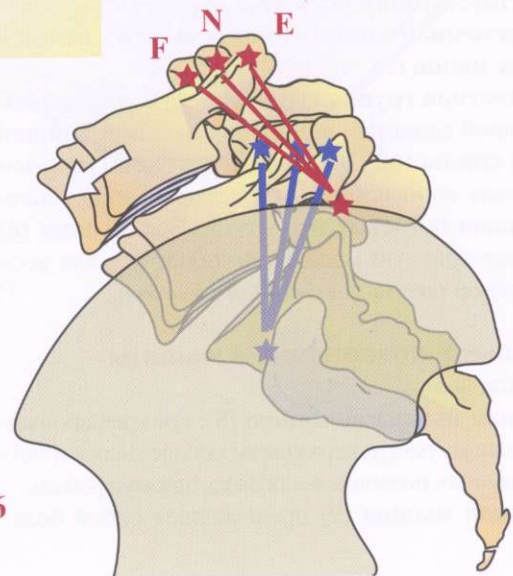


Рис. 26

Мышцы тела на горизонтальном сечении

Горизонтальное сечение, проходящее на уровне третьего поясничного позвонка (рис. 27, нижний срез), показывает, что мышцы делятся на три группы.

Задние мышцы

Эта группа мышц состоит из трех слоев.

Глубокий слой включает в себя такие мышцы, как:

- **поперечно-остистая мышца (1)**, которая заполняет большой сектор между сагиттальной плоскостью остистых отростков и фронтальной плоскостью поперечных отростков, близко прилегая к позвонковым пластинкам;
- **длиннейшая мышца (2)**, которая покрывает предыдущую мышцу и выходит за ее пределы латерально;
- **мышца, выпрямляющая позвоночник (3)**, объемная мощная мышца, расположенная снаружи от предыдущей;
- наконец, **межостистая мышца (4)**, прикрепляющаяся к остистым отросткам, расположена казади от поперечно-остистой мышцы и длиннейшей мышцы.

Эти мышцы формируют большую массу, которая заполняет околопозвоночные пространства; отсюда название — околопозвоночные мышцы. Снаружи мышцы разделены **поясничной бороздой**, которая соответствует **линии остистых отростков**.

Промежуточный слой состоит из **задней и нижней зубчатых мышц (5)**.

Поверхностная группа представлена в поясничном отделе одной единственной мышцей - **широчайшей мышцей спины (6)**. Она начинается очень толстым поясничным апоневрозом (7), который прикрепляется к линии остистых отростков. Эта мышца (6) формирует толстую массивную оболочку для всей **заднебоковой части поясничной области**.

Латерально-позвоночные мышцы

Этих мышц две.

Квадратная мышца поясницы (8), прикрепляющаяся к последнему ребру, верхушкам поперечных отростков поясничных позвонков и подвздошному гребню.

Поясничная мышца (9) представляет собой боль-

шой сектор, сформированный латеральными поверхностями тел поясничных позвонков и поперечными отростками.

Мышцы брюшной стенки

Их можно разделить на две группы:

- **прямые мышцы живота (13)**, расположенные спереди, по обе стороны от срединной линии;
- три **широкие мышцы живота**. Они формируют переднелатеральную стенку брюшины и расположены следующим образом из глубины наружу: **поперечная мышца живота (10)**, внутренняя косая мышца живота (11) и **наружная косая мышца живота (12)**.

Впереди эти мышцы формируют апоневроз, из которого происходит **фасция прямой мышцы и белая линия** следующим путем: апоневроз внутренней косой мышцы живота расщепляется у **наружного края прямой мышцы живота** на два фасциальных листка - **поверхностный (14)** и **глубокий (15)**, которые окружают прямую мышцу. По средней линии эти листки **пересекаются**, формируя **мощный шов - белую линию живота (16)**. Передний и задний листки фасции прямой мышцы усиливаются сзади апоневрозом **поперечной мышцы**, а впереди — **aponеврозом наружной косой мышцы живота**. Такое строение только в верхней части живота; что происходит в нижней части, мы рассмотрим позже.

Латерально-позвоночные мышцы и широкие мышцы живота ограничивают **брюшную полость**, внутри которой находятся **поясничный отдел позвоночника (20)** и **большие околопозвоночные сосуды** (аорта и нижняя полая вена, которые не показаны на рисунках). **Брюшная полость (18)**, собственно говоря, ограничена **брюшиной (21)** (красного цвета), которая покрывает заднюю поверхность прямых мышц, глубокую поверхность широких мышц и заднюю стенку брюшной полости, к которой крепятся забрюшинные органы: почки, покоящиеся в **рыхлой жировой ткани - забрюшинном пространстве (19)**. Между париетальной брюшиной и брюшной стенкой лежит **тонкий фиброзный листок — поперечная фасция (17)**.

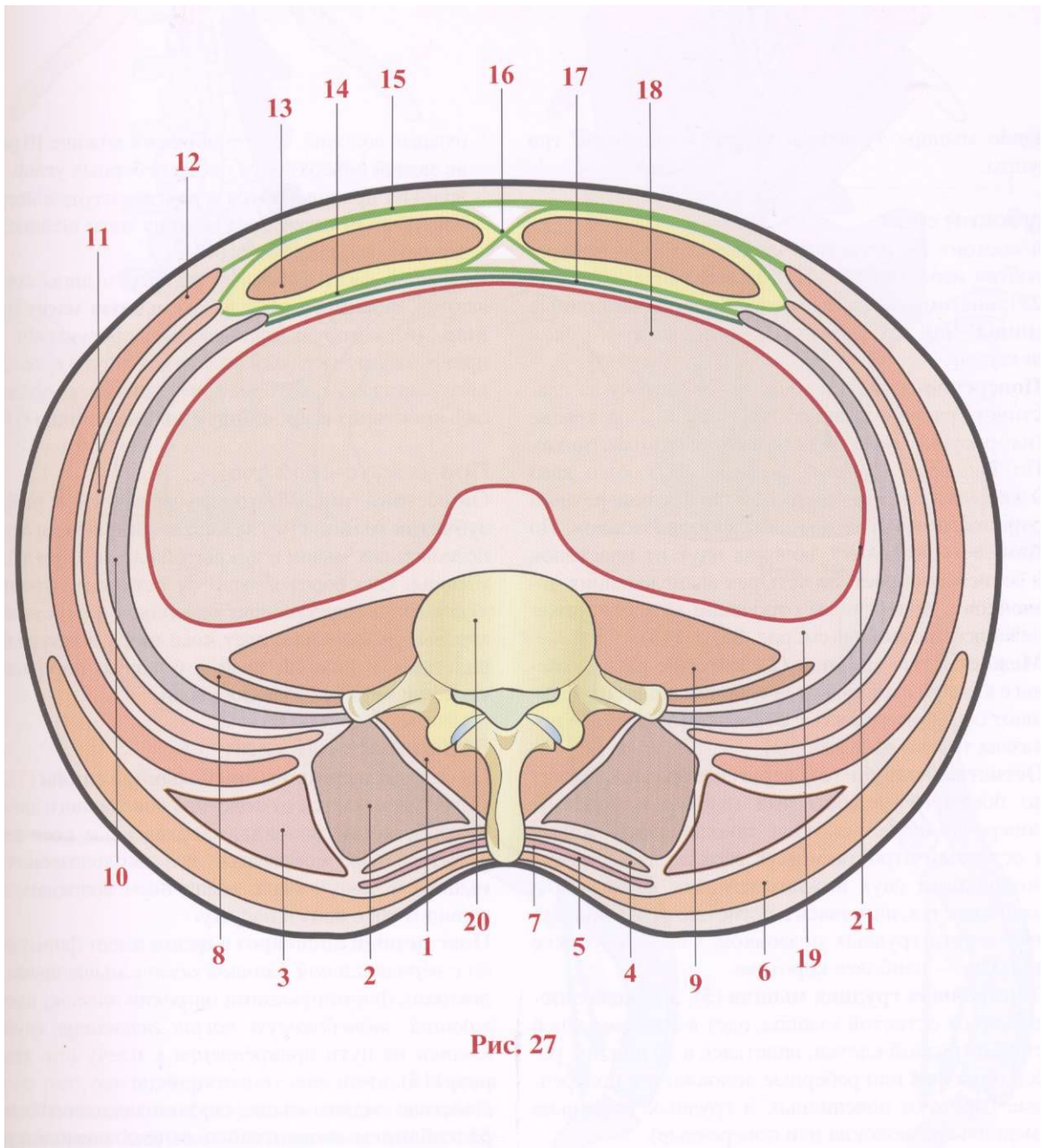


Рис. 27

Задние мышцы туловища

Задние мышцы туловища подразделяются на три группы.

Глубокий слой

Он состоит из остистых мышц, которые прикрепляются непосредственно к позвоночнику (**рис. 28 и 29**), поэтому они называются **околопозвоночные мышцы**. Чем глубже расположены их пучки, тем они короче.

- **Поперечно-остистая мышца (1)** состоит из пластинок, расположенных, как черепица на крыше (на рисунке показана только одна пластинка). По Троларду (*Trolard*), волокна идут косо вниз и снаружи от пластинки позвонка к поперечным отросткам четырех нижележащих позвонков. По Винклеру (*Winckler*), волокна идут от пластинок и остистых отростков четырех вышележащих позвонков к поперечным отросткам каждого нижележащего позвонка (см. рис. 85, с. 145).
- **Межостистые мышцы (2)**, которые расположены с каждой стороны от срединной линии и соединяют соседние остистые отростки (на рисунке показана только одна мышца).
- **Остистая мышца (3)**, веретенообразная, лежит по бокам от межостистой мышцы и сзади от поперечно-остистых. Она прикрепляется снизу к остистым отросткам двух верхних поясничных позвонков и двух нижних грудных позвонков и оканчивается, вплетаясь в остистые отростки первых десяти грудных позвонков. Самые глубокие волокна — наиболее короткие.
- **Длиннейшая грудная мышца (5)**, лежащая латерально от остистой мышцы, идет в составе задней стенки грудной клетки, вплетаясь в 10 нижних ребер (боковые или реберные волокна) и в поперечные отростки поясничных и грудных позвонков (медиальные волокна или поперечные).
- **Подвздошно-реберная мышца груди (6)**, толстая мышца в форме призмы, которая лежит сзади и латерально от вышеперечисленных мышц. Она составляет часть задней стенки грудной клетки.

отдавая волокна, вплетающиеся в нижние 10 ребер на задней поверхности около реберных углов. Эти волокна продолжают в другие, идущие вверх к поперечным отросткам нижних пяти шейных позвонков (см. рис. 89, с. 147)

В нижней части туловища все эти мышцы смешиваются, формируя **общую мышечную массу поясницы (6)**, которую видно справа на рисунке 29. Они прикрепляются к глубокой части толстого сухожильного растяжения, которое поверхностно продолжается в **апоневроз широчайшей мышцы спины (7)**.

Промежуточный слой

Он состоит (**рис. 29**) только из **задней и нижней зубчатой мышцы (4)**, лежащей сразу позади околопозвоночных мышц и покрытой слоем широчайшей мышцы. Она берет начало от остистых отростков *первых трех поясничных позвонков и двух нижних грудных позвонков* и идет косо вверх и латерально, вплетаясь в нижний край и боковую поверхность трех или четырех нижних ребер.

Поверхностный слой

Он состоит из **широчайшей мышцы спины (7)**, которая поднимается от толстого поясничного апоневроза. Ее косые волокна, направленные косо вверх и латерально, покрывают все околопозвоночные мышцы и дают начало мышечным волокнам, следующим косо вниз и наружу.

Поясничный апоневроз в целом имеет форму *ромба с вертикальной длинной осью* с мышечными волокнами, формирующими широкий *листок, покрывающий заднебоковую часть основания грудной клетки* на пути прикрепления к плечу (см. том 1, рис. 115).

Действие задних мышц связано исключительно с **разгибанием поясничного отдела позвоночника (рис. 30)**. При фиксированном крестце они сильно тянут *кзади* поясничный и грудной отделы позвоночника в пояснично-крестцовом и грудопоясничном сочленениях.

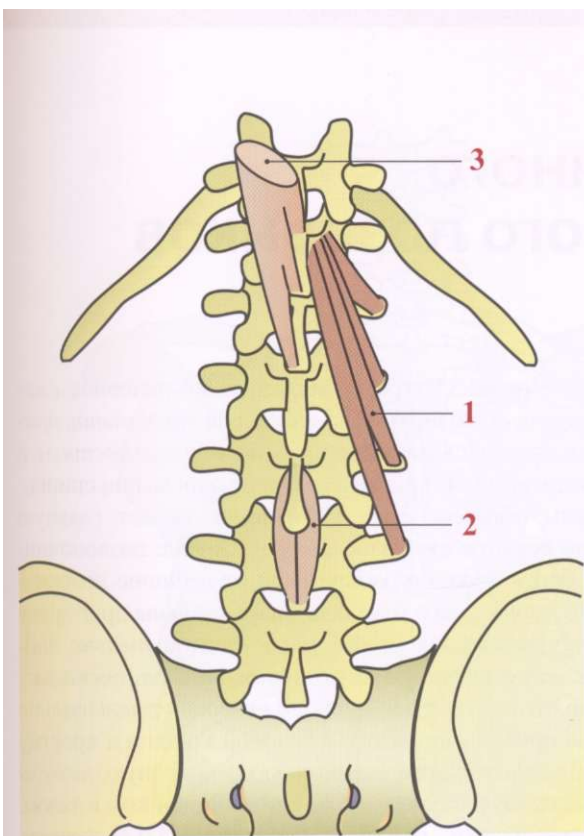


Рис. 28

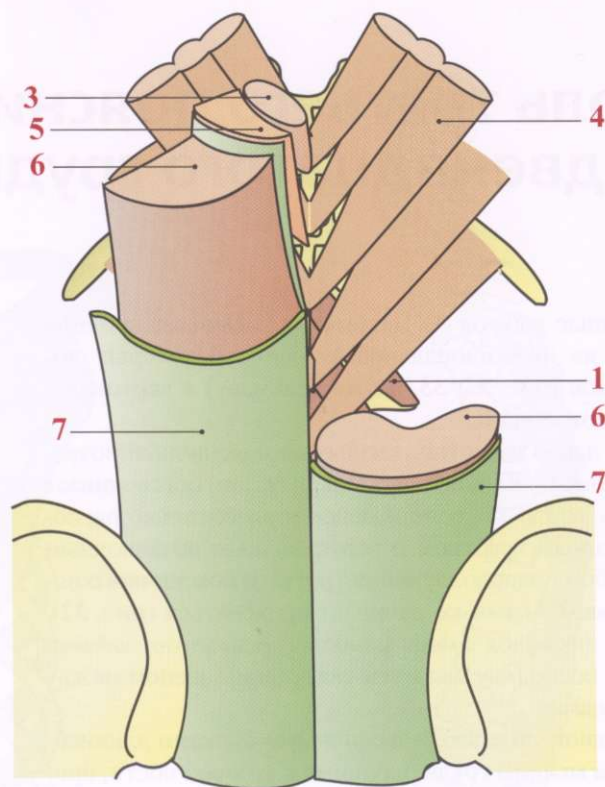


Рис. 29

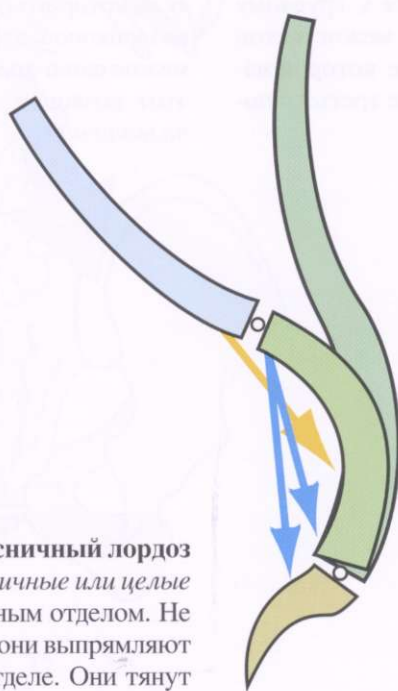


Рис. 30

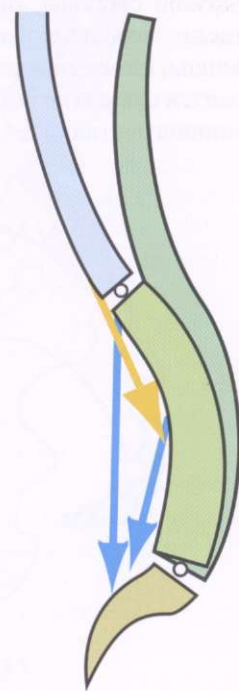


Рис. 31

Кроме того, они подчеркивают поясничный лордоз (рис. 31), так как они образуют частичные или целые струны дуги, образованной поясничным отделом. Не совсем корректно будет сказать, что они выпрямляют позвоночный столб в поясничном отделе. Они тянут его назад и увеличивают изгиб. Позже мы увидим, что эти мышцы активно участвуют в выдохе.

Роль третьего поясничного и двенадцатого грудного позвонков

Научные работы А. Дельмаса (*A. Delmas*) пролили свет на функциональное значение некоторых позвонков (**рис. 32, 33**, по А. Дельмасу) в вертикальном положении.

Уже давно известно, что пятый поясничный позвонок имеет клиновидную форму; он обеспечивает связь между более или менее горизонтально расположенным крестцом и вертикальным позвоночным столбом. Однако функция третьего поясничного позвонка (**L3**) только начинает проясняться (**рис. 32**). Этот позвонок имеет наиболее *развитую заднюю дугу*, поскольку является связующим звеном между мышцами:

- с одной стороны, поясничными пучками длиннейшей мышцы груди, идущими к тазовой кости, прикрепляющимися к поперечным отросткам третьего поясничного позвонка;
- с другой стороны, поднимающимися к грудному отделу позвоночника волокнами межкостистой мышцы, самое нижнее прикрепление которой находится как раз на остистом отростке третьего поясничного позвонка.

Также (**рис. 33**) третий поясничный позвонок *смещается назад под действием силы тяги мышц, прикрепляющихся к крестцу и подвздошной кости*, что служит точкой приложения действия мышц спины. Таким образом, третий позвонок играет главную роль **осевого стержня, реле** в статике позвоночника, более того, он расположен на вершине поясничного лордоза, его площадки параллельны друг другу и горизонтальны. Это *первый действительно подвижный позвонок в поясничном отделе*, поскольку ясно, что четвертый и пятый позвонки очень сильно фиксированы связками к тазовой кости и к крестцу и образуют скорее *статичную переходную, нежели динамичную ступень* между позвоночником и тазом. **Двенадцатый грудной позвонок (D12)** создает *точку сгиба между грудным кифозом и поясничным лордозом*. Это **позвонок шарнир**, положение тела которого очень важно по отношению к задней позвонковой дуге, позади которой прикрепляются межпозвоночные мышцы. А. Дельмас сравнивает этот позвонок с *«настоящей коленной чашечкой позвоночника»*.

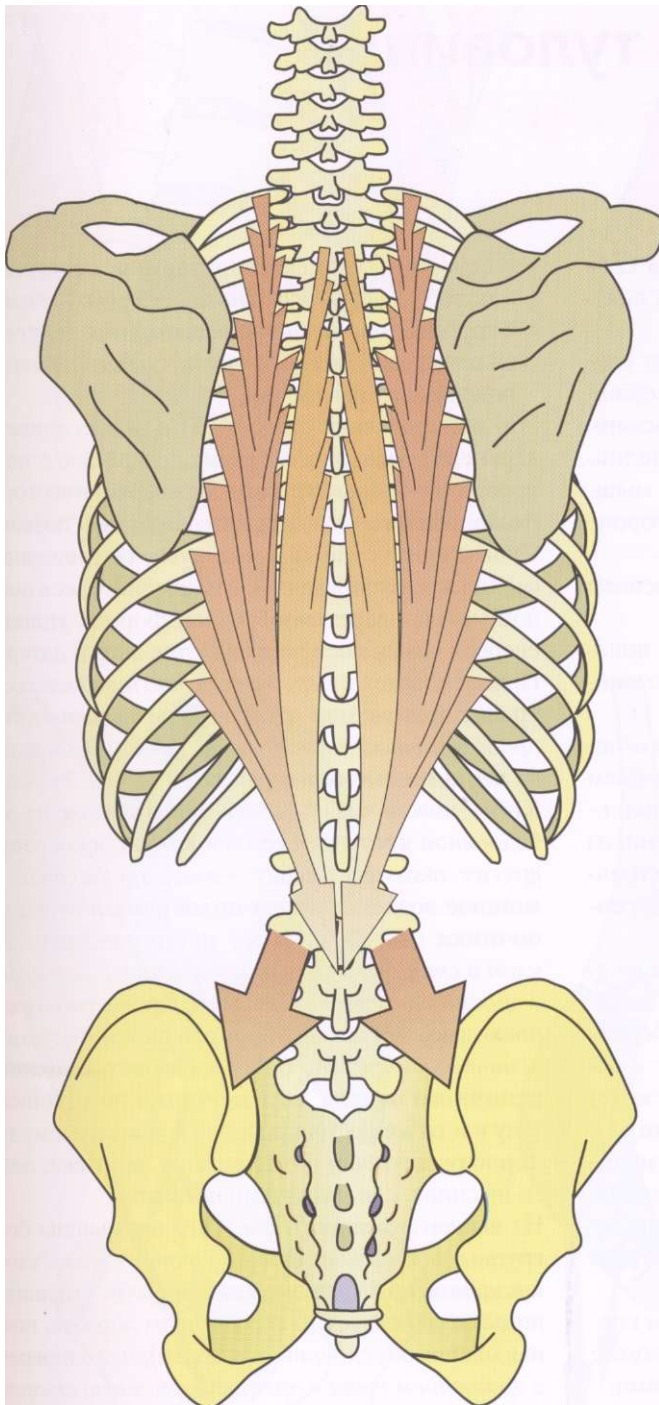


Рис. 32

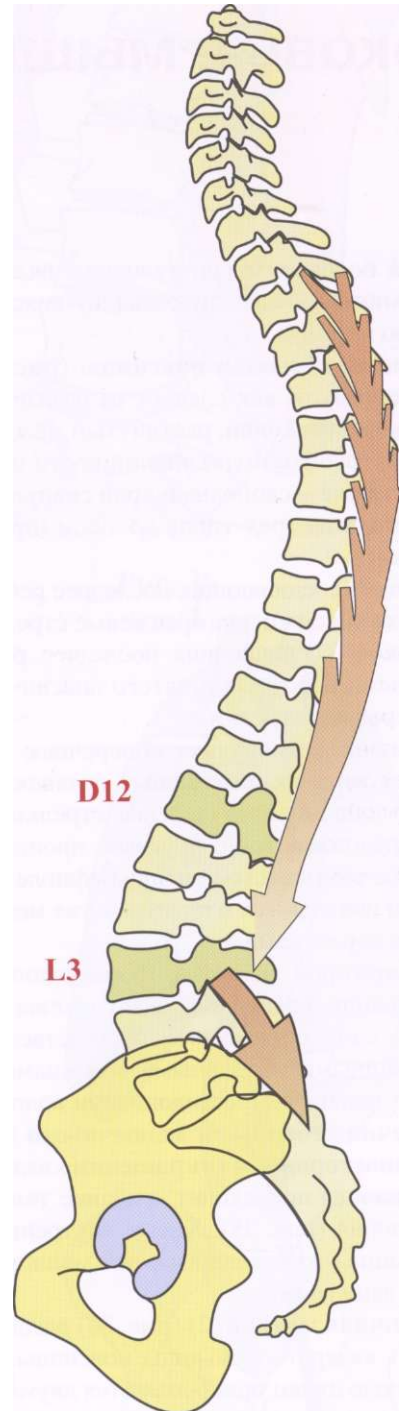


Рис. 33

Боковые мышцы туловища

Группа боковых мышц туловища включает в себя **две мышцы**: квадратную мышцу поясницы и поясничную мышцу.

Квадратная мышца поясницы (рис. 34, вид спереди) образует, как следует из названия, *квадратный* мышечный слой, растянутый между последним ребром, гребнем подвздошной кости и позвоночником, а также - свободный край снаружи. Эта мышца состоит из трех типов волокон (правая сторона рисунка):

- волокон, соединяющих последнее ребро с гребнем подвздошной кости (оранжевые стрелки);
- волокон, соединяющих последнее ребро с поперечными отростками пятого поясничного позвонка (красные стрелки);
- волокон, соединяющих поперечные отростки четырех верхних поясничных позвонков с гребнем подвздошной кости (зеленые стрелки). Эти волокна продолжают с другими, происходящими из поперечно-остистой мышцы (фиолетовые стрелки), и появляются в пространстве между поперечными отростками.

Три категории волокон, формирующих квадратную мышцу поясницы, расположены в три слоя. Задний слой образован непосредственно реберно-подвздошными мышечными волокнами. Этот слой покрыт поперечно-подвздошными волокнами, затем **поперечно-реберными мышечными пучками (1)**. При **одностороннем сокращении** квадратной мышцы поясницы происходит сгибание тела на стороне сокращения (рис. 35). Косые внутренние и наружные мышцы живота оказывают мощное содействие в этом движении.

Поясничная мышца (2) (рис. 36) расположена впереди от квадратной мышцы поясницы. Ее мощные мышечные пучки прикрепляются двумя порциями:

- с одной стороны, **задняя порция**, прикрепленная к поперечным отросткам поясничных позвонков;
- с другой стороны, **передняя порция**, вплетающаяся в тела двенадцатого грудного позвонка и пятого поясничных позвонков.

Это прикрепление происходит в области нижнего и верхнего краев двух соседних позвонков, а также на уровне латерального края межпозвоночного диска, расположенного между этими двумя позвонками. Существуют сухожильные дуги, соединяющие места прикрепления мышц. Мышечная масса поясничной мышцы веретенообразной формы, уплощенная спереди назад, косо направляется вниз и латерально. Прикрепляется к *переднему краю тазовой кости* на уровне подвздошно-грудинной возвышенности и *сопровождается подвздошной мышцей*, оканчиваясь на **вершине малого вертела**.

Когда поясничная мышца фиксируется на уровне бедренной кости и бедро блокируется сокращением других околоуставных мышц, происходит **очень мощное воздействие на поясничный отдел позвоночника** (рис. 37). Имеет место одновременно *наклон в сторону мышечного сокращения* и *вращение в противоположную сторону*. Кроме того (рис. 38), поскольку эта мышца прикрепляется к *вершине поясничного лордоза*, она производит **сгибание поясничного отдела позвоночника** по отношению к тазу и в то же время приводит к поясничному **гиперлордозу**, который четко виден у человека, лежащего на спине, с вытянутыми ногами.

Из вышеизложенного следует: две мышцы боковой группы *наклоняют тело в сторону мышечного сокращения*, но в то время как квадратная мышца поясницы бездействует на поясничном лордозе, поясничная мышца обуславливает **гиперлордоз** одновременно с *вращением тела в противоположную сторону*.

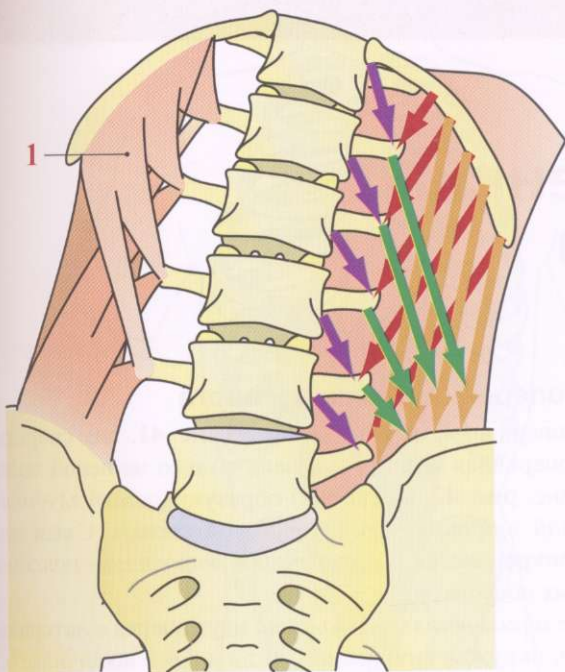


Рис. 34

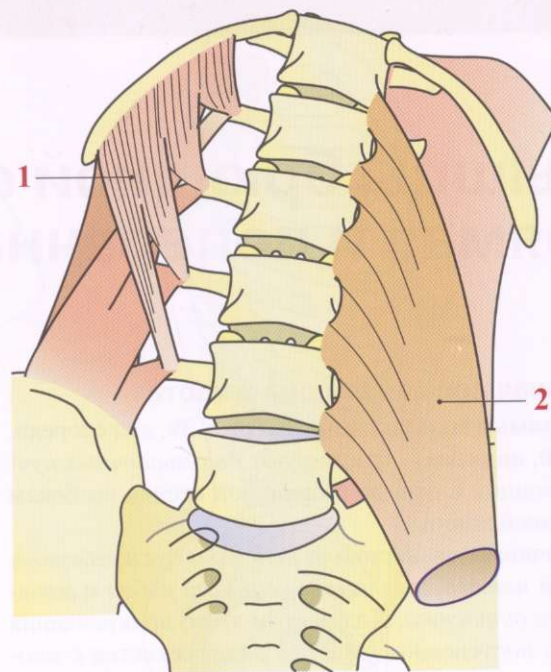


Рис. 36

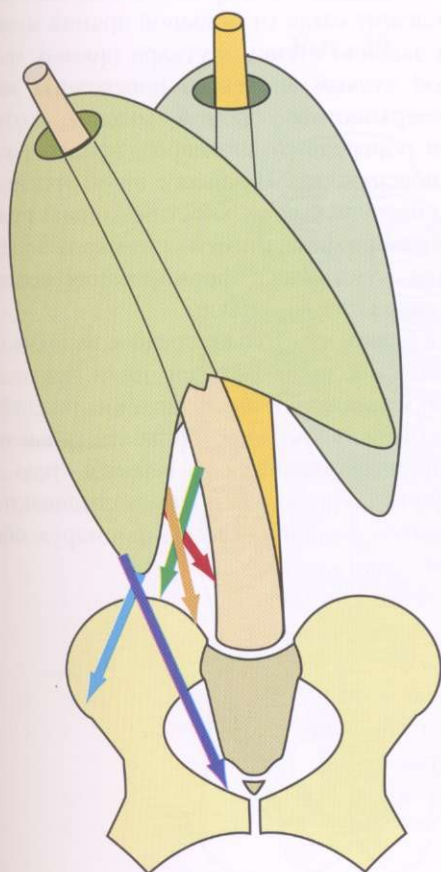


Рис. 35

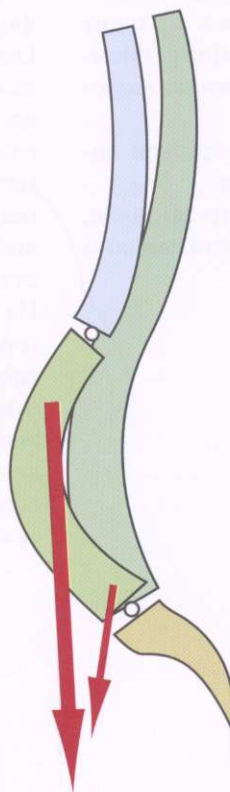


Рис. 38

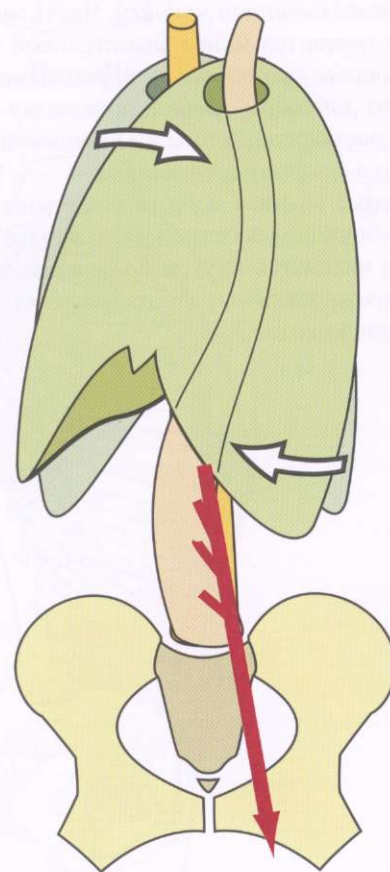


Рис. 37

Мышцы брюшной стенки: прямая и поперечная

Большая прямая мышца живота

Две **прямые мышцы живота** (рис. 39, вид спереди, рис. 40, вид сбоку) формируют *два мышечных пучка*, лежащих в передней брюшной стенке по бокам от средней линии.

Они начинаются широко от *реберных дуг и реберных хрящей пятого, шестого и седьмого ребер и мечевидного отростка*. Под местом этого прикрепления мышца постепенно сужается и пересекается с *апоневрозами*: два выше пупка, один на уровне пупка и один ниже пупка. Большая прямая мышца является *многоголовчатой мышцей*. Часть мышцы ниже пупка становится менее значительной и продолжается в *мощное сухожилие*, прикрепляющееся к *верхнему краю лобкового гребня, лобковому симфизу, посылая расширенные пучки с противоположной стороны и в сторону аддукторов*.

Прямые мышцы живота разделены по средней линии большим пространством над пупком.

Они находятся внутри *апоневротических листков*, сформированных сухожильными растяжениями мышц живота.

Поперечная мышца живота

Поперечные мышцы живота (рис. 41, вид спереди, поперечная мышца показана только на левой половине, рис. 42, вид сбоку) образуют *самый глубокий слой* широких мышц брюшной стенки. Сзади она прикрепляется к *поперечным отросткам поясничных позвонков*.

Ее *горизонтальные волокна* идут вперед и латерально, окружая внутренние органы. Она заканчивается апоневрозом по бокам от прямых мышц, который *пересекает среднюю линию и соединяется с таковым противоположной стороны*. В большей части апоневроз лежит сзади от большой прямой мышцы, формируя заднюю стенку футляра прямых мышц. Однако *под пупком* апоневроз поперечных мышц лежит поверхностнее прямой мышцы, которая *прободает* поперечный апоневроз, прилегая к его глубокой поверхности. Начиная с этого уровня, отмеченного на задней поверхности большой прямой мышцы *дугообразной линией*, апоневроз поперечной мышцы участвует в формировании передней стенки футляра прямых мышц.

На рисунке видно, что только средние волокна идут горизонтально; волокна верхней части направлены слегка косо медиально и вверх; волокна нижней части - косо медиально и вниз. Тогда как самые нижние волокна заканчиваются на *верхнем краю лобкового симфиза и лобковой кости* и соединяются с волокнами *малой косой мышцы*, формируя **общее сухожилие**.

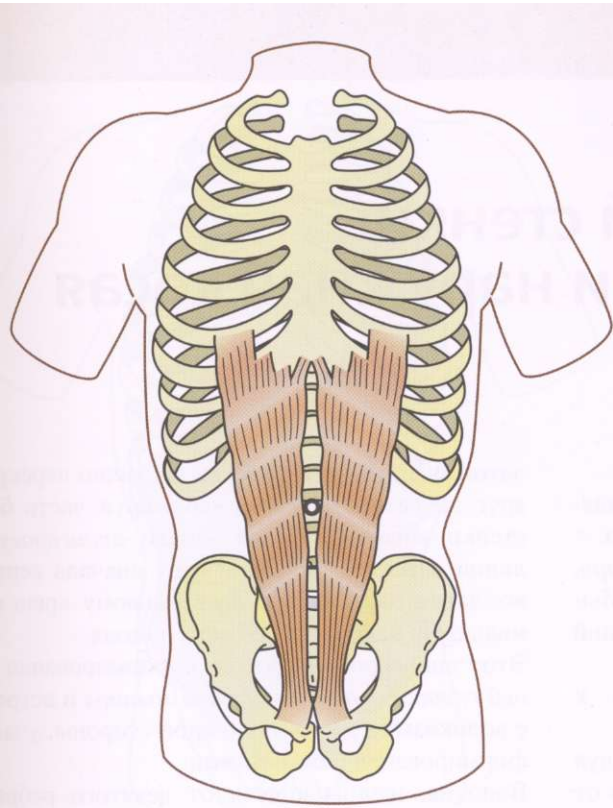


Рис. 39

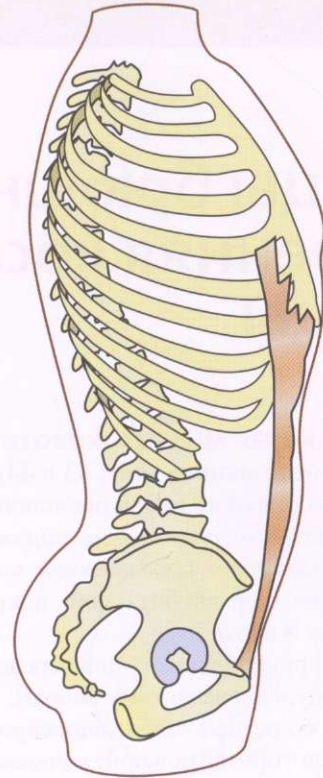


Рис. 40

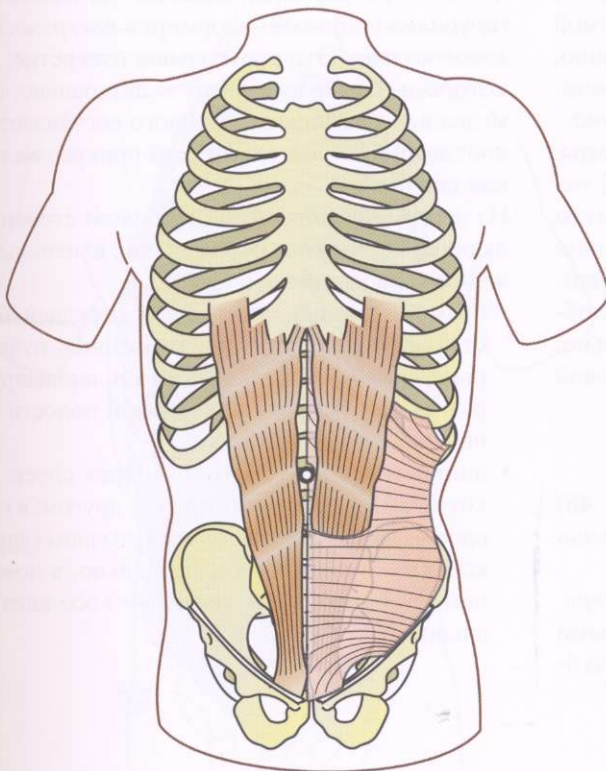


Рис. 41

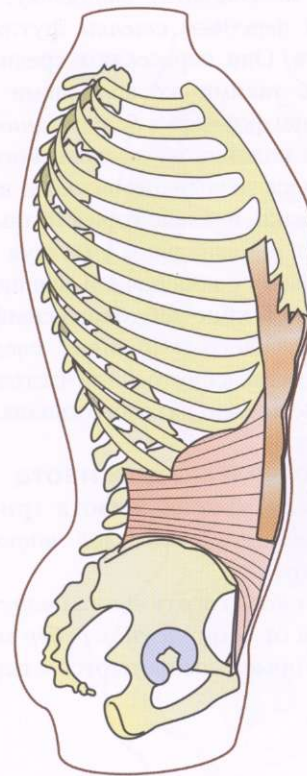


Рис. 42

Мышцы брюшной стенки: внутренняя косая и наружная косая мышцы

Внутренняя косая мышца живота

Внутренняя косая мышца (рис. 43 и 44) составляет *средний слой* широких мышц брюшной стенки.

Ее волокна идут *косо снизу вверх и снаружи внутрь*, прикрепляясь к *ребню подвздошной кости*. Мышечные волокна формируют слой, покрывающий боковую стенку живота;

- некоторые прикрепляются непосредственно к одиннадцатому и двенадцатому ребрам;
- а другие — к средней линии апоневроза, следуя линии сначала горизонтальной, начинающейся от вершины одиннадцатого ребра, а затем вертикальной вдоль наружного края прямой мышцы.

Волокна апоневроза прикрепляются к *хрящу десятого ребра и мечевидному отростку*, участвуя в формировании *передней стенки футляра* прямой мышцы живота. Они пересекают среднюю линию, переплетаясь с такими же волокнами противоположной стороны, формируя *белую линию живота*. Самые нижние волокна внутренней косой мышцы, прикрепляющиеся *непосредственно* к внешней части паховой связки, вначале горизонтальны, а затем идут косо вниз и медиально, участвуя в создании **общего сухожилия** с поперечной мышцей. Оканчиваются на **верхнем крае лобкового симфиза и лобкового гребня**. Общее сухожилие, следовательно, ограничивает вместе с внутренней частью ножковой связки глубокое кольцо пахового канала.

Наружная косая мышца живота

Наружная косая мышца живота (рис. 45 и 46) формирует *поверхностный слой широких мышц* брюшной стенки.

Ее волокна идут *косо сверху вниз и снаружи внутрь*. Она начинается от семи *нижних ребер* мышечными волокнами, которые переплетаются с передней зуб-

чатой мышцей, эти волокна частично перекрывают друг друга снизу вверх, формируя часть боковой стенки живота и давая начало *апоневрозу* вдоль линии перехода, который идет сначала вертикально, затем параллельно латеральному краю прямой мышцы и, наконец, косо вниз и назад.

Этот апоневроз участвует в формировании *передней стенки футляра прямой мышцы* и встречается с волокнами противоположной стороны, участвуя в формировании **белой линии**.

Волокна, начинающиеся от девятого ребра, прикрепляются к *лобку* и имеют *апоневротическое расширение, идущее к аддукторам своей и противоположной сторон*. Волокна, начинающиеся от десятого ребра, заканчиваются на *паховой связке (круральная аркада)*, формируя *поверхностное паховое кольцо*. Это треугольное отверстие, вершина которого направлена вверх и латерально, а нижнемедиальное основание которого составляет лобок и лобковый бугорок, к которым прикрепляется **паховая связка**.

Из этого описания мышц брюшной стенки, составляющих переднюю группу мышц, влияющих на движение позвоночника, следует:

- прямые мышцы, лежащие в передней брюшной стенке, формируют два мышечных пучка, которые удалены от позвоночника и ликвидируют разрыв между основанием грудной полости и передней частью костного таза;
- широкие мышцы состоят из трех слоев, волокна которых переплетаются друг с другом: в глубоком слое — поперечно; в промежуточном (внутренняя косая) — косо вверх и медиально; в поверхностном слое (наружная косая) — косо вниз и медиально.

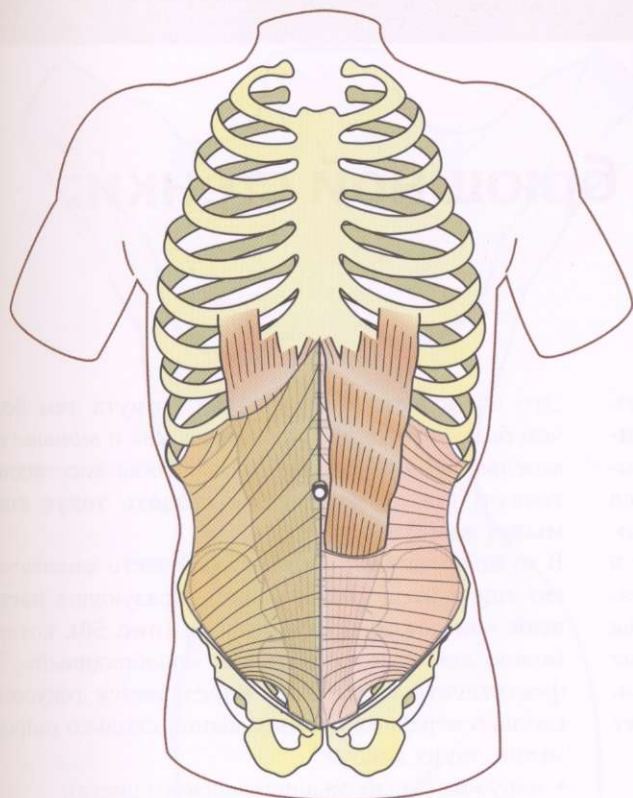


Рис. 43

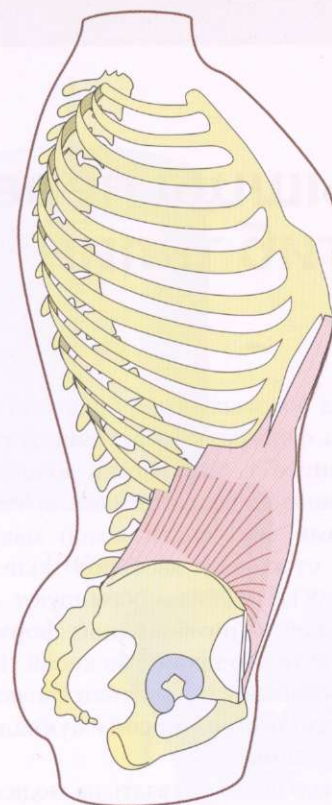


Рис. 44

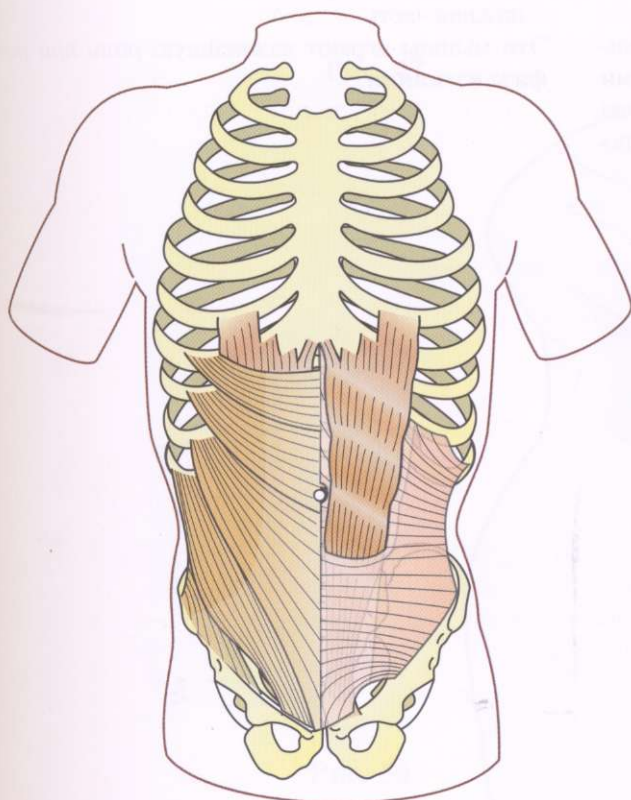


Рис. 45

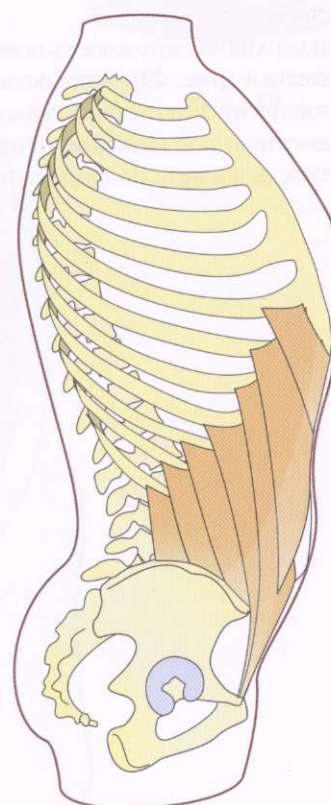


Рис. 46

Мышцы передней брюшной стенки изгиб талии

Волокна боковых мышц брюшной стенки и их апоневрозы формируют **настоящий пояс вокруг живота (рис. 47)**. Фактически волокна наружной косой мышцы на одной стороне прямо продолжаются волокнами внутренней косой мышцы противоположной стороны и наоборот таким образом, что в целом косые мышцы формируют полотно не прямоугольной, а **ромбовидной формы**, портные бы сказали, что это кройка по косой. Такое положение мышц позволяет им соответствовать изгибу талии. Этот **принцип «по косой» буквально определяет впадину талии**.

Это можно легко показать на модели.

- Если нити или эластичные связки (рис. 48) идут между двумя окружностями параллельно линии, соединяющей их центры, формируется цилиндрическая поверхность.
- Если верхнюю окружность повернуть относительно нижней (рис. 49), нити останутся натянутыми, но пойдут косо и свернут описанную поверхность в известную под названием **гиперболоид**. Его поверхность вогнута по форме гиперболы.

Это объясняет, почему талия вогнута тем более, чем *более натянуты* косые волокна и *тоньше подкожный жир*. Следовательно, чтобы восстановить тонкую талию, необходимо **создать тонус косых мышц живота**.

В то же время очертания нижней части живота зависят еще и от широких мышц, образующих **настоящий «широкий пояс» живота (рис. 50)**, который можно квалифицировать как «подбрюшный». Эффективность этого пояса определяется тонусом не столько передних прямых мышц, сколько широких мышц, таких как:

- наружная косая мышца (зеленого цвета);
- но в наибольшей степени внутренняя косая мышца (синего цвета);
- и особенно поперечная мышца (желтого цвета), ее нижняя часть.

Эти мышцы играют важнейшую роль *при родах* в **фазе изгнания**.

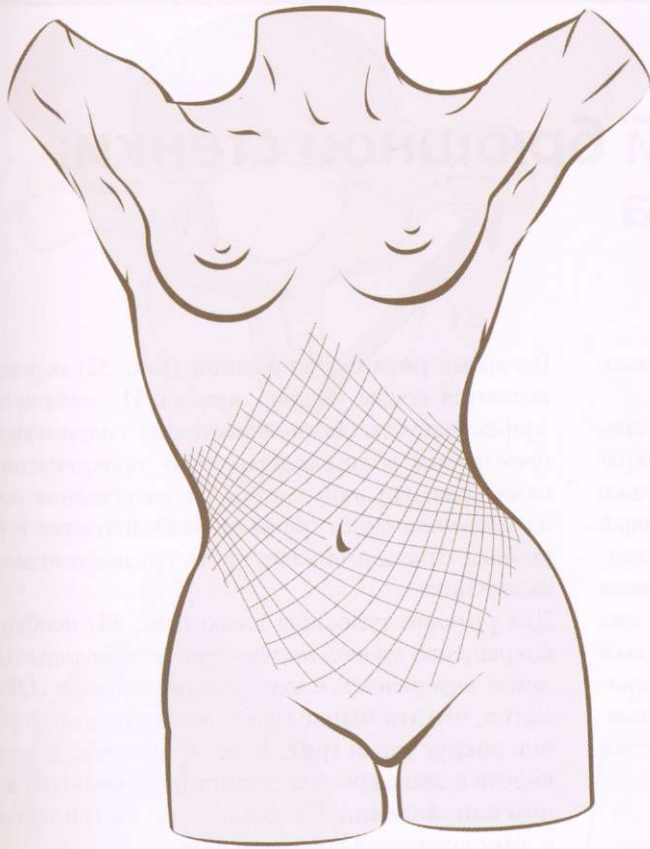


Рис. 47



Рис. 48

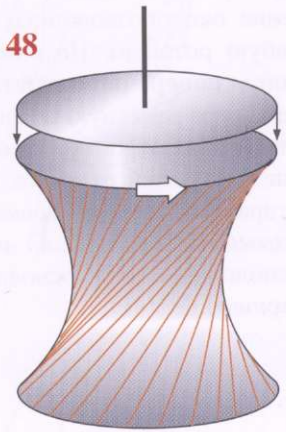


Рис. 49

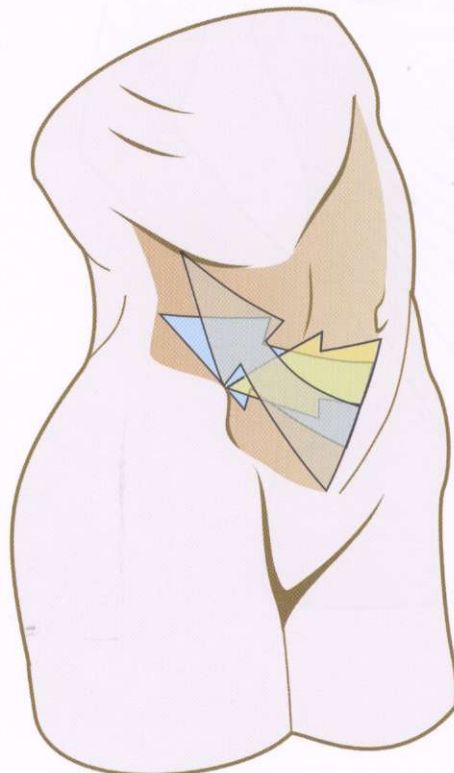


Рис. 50

Мышцы передней брюшной стенки

ротация туловища

Ротация позвоночника происходит за счет *околопозвоночных мышц* и *широких мышц живота*.

На изображении двух поясничных позвонков спереди (**рис. 51**) видно, что одностороннее сокращение околопозвоночных мышц вызывает только слабую ротацию. Но самый глубокий мышечный слой - **поперечно-остистая мышца (TS)** - вызывает более заметную ротацию. При фиксированном поперечном отростке нижележащего позвонка она тянет остистый отросток вышележащего позвонка латерально, вызывая *ротацию в сторону, противоположную сокращению* вокруг центра вращения, расположенного у основания остистого отростка (черный крестик).

Во время **ротации туловища (рис. 52)** основными являются косые мышцы живота. Их механическая эффективность обеспечивается их *спиральным направлением вокруг талии* и их *прикреплением к основанию грудной клетки на расстоянии от позвоночника*, таким образом, мобилизуются и поясничный отдел, и нижняя часть грудного отдела позвоночника.

Для ротации туловища влево (**рис. 52**) необходимо сокращение *правой наружной косой мышцы (OE)* и *левой внутренней косой мышцы живота (OI)*. Заметно, что эти мышцы закручены в одном направлении вокруг талии (**рис. 53**) и их мышечные волокна вместе с апоневротическими **продолжаются в едином направлении**. Следовательно, они **синергичны** в этом вращательном движении.

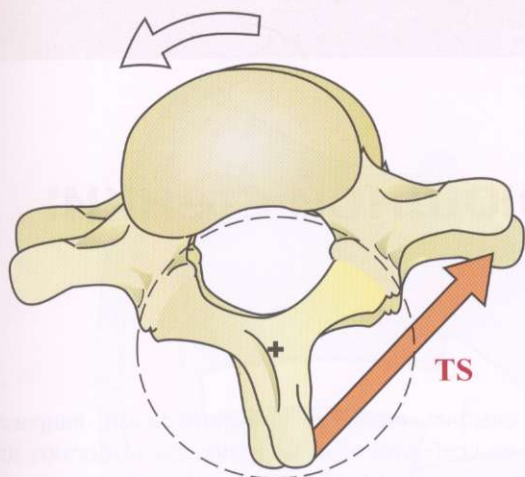


Рис. 51

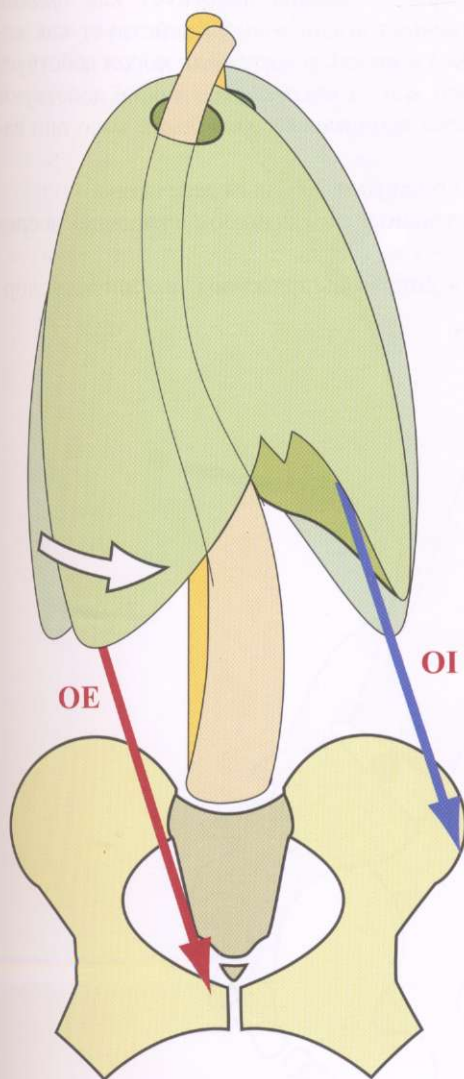


Рис. 52



Рис. 53

Мышцы передней брюшной стенки сгибание туловища

Мышцы передней брюшной стенки — это **мощные сгибатели туловища (рис. 54)**. Лежа *впереди от оси позвоночного столба*, они тянут весь позвоночник *вперед в пояснично-крестцовом и груднопоясничном сочленении*. Оказываемое ими действие чрезвычайно мощное, так как они работают с применением *системы рычагов*:

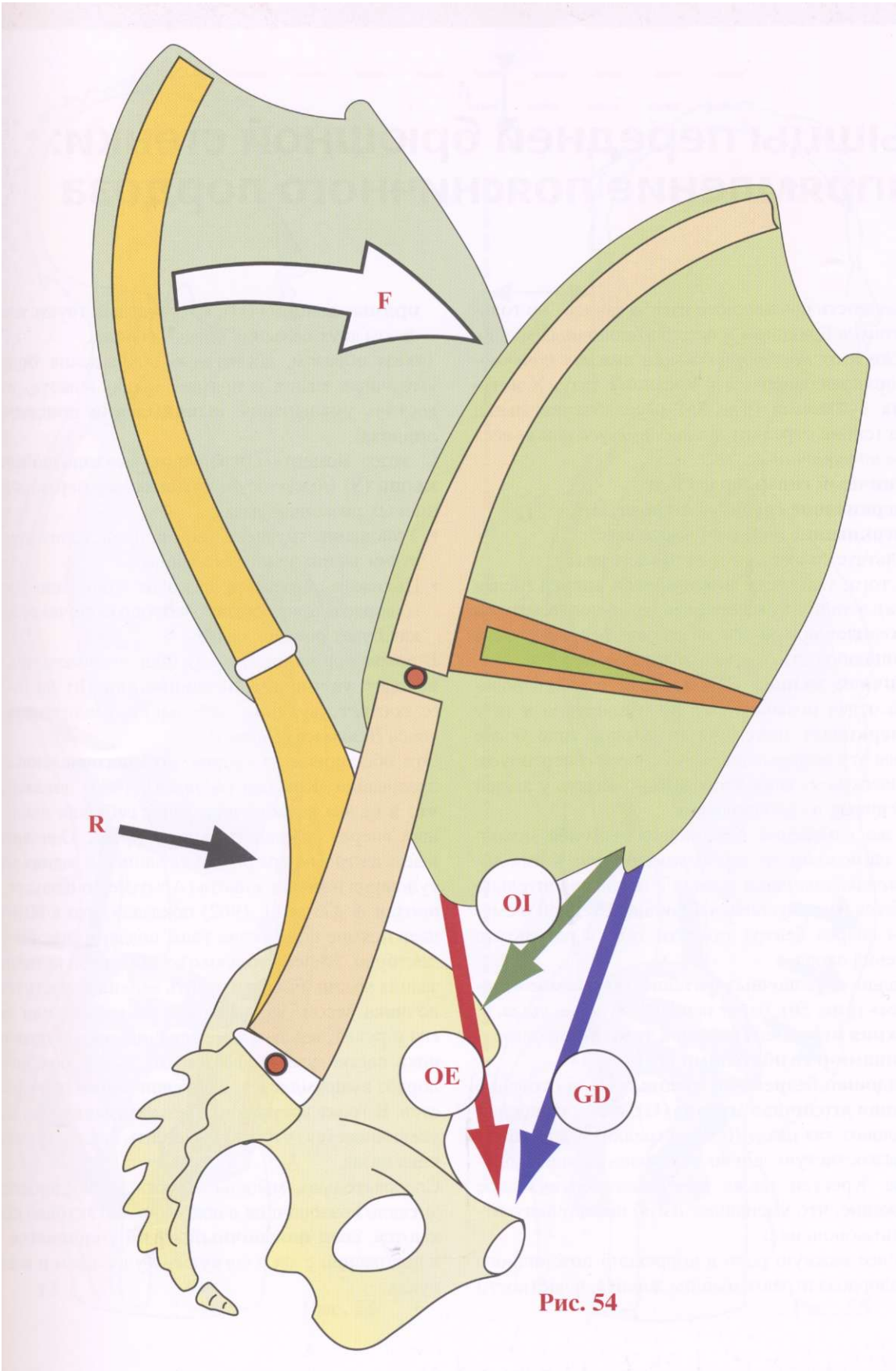
- **нижнее плечо рычага** образовано расстоянием между мысом крестца и лобковым симфизом;
- **верхнее плечо рычага** схематично представлено консолью, опирающейся на нижнюю часть грудного отдела позвоночника, представляя собой толщину нижнего отдела грудины. Длина этого плеча рычага представлена **расстоянием между грудным отделом позвоночника и мечевидным отростком**. Прямая мышца живота (**GD**), соединяющая напрямую мечевидный отросток и лобковый

симфиз, обладает большой силой, направленной на сгибание позвоночника. Ей помогают две широкие мышцы живота - **внутренняя косая мышца (OI)** и **наружная косая мышца (OE)**, которые соединяют нижнюю апертуру грудной клетки и верхний край костного таза.

Тогда как прямая мышца действует как *прямая тяга*, *внутренняя косая мышца* действует как *косая тяга вниз и назад*, а *наружная косая* действует как *тяга косо вниз и вперед*. Они также действуют как *растяжки* тем сильнее, чем более косо они направлены.

Эти мышцы обладают двойным действием:

- с одной стороны, они сгибают туловище вперед (**F**);
- с другой - сильно выпрямляют поясничный лордоз (**R**).



Мышцы передней брюшной стенки: выпрямление поясничного лордоза

Выраженность поясничного изгиба зависит не только от тонуса брюшных и околопозвоночных мышц, но также и от *некоторых мышц нижних конечностей*, прикрепляющихся к костному тазу. У **астеничных** субъектов (рис. 55) расслабление мышц живота (синие стрелки) *приводит к усилению всех изгибов позвоночника*:

- **поясничный гиперлордоз (L)**;
- **подчеркивание грудного кифоза (D)**;
- **подчеркивание шейного лордоза (с)**.

В результате голова смещается кпереди (B).

Кроме того, таз также **наклоняется вперед** (белая стрелка), а линия, соединяющая переднюю верхнюю ость подвздошной кости и заднюю верхнюю ость подвздошной кости, идет *косо вниз и вперед*.

Поясничная мышца (P), которая сгибает поясничный отдел позвоночника по отношению к тазу и **подчеркивает поясничный лордоз**, еще более усиливая эту деформацию из-за своего гипертонуса. Астеническую осанку часто можно видеть у людей незнергичных и слабавольных.

Такие же изменения позвоночного столба можно видеть на *поздних сроках беременности*, когда *положение позвоночника и таза в покое* значительно изменяется растянувшейся брюшной стенкой и смещением вперед центра тяжести тела в результате увеличения плода.

Уплотнение позвоночных изгибов, называемое «**стенным**» (рис. 56), берет начало *на уровне таза*.

Коррекция переднего наклона таза обеспечивается **мышцами-разгибателями бедра**:

- **подвздошно-бедренные мышцы (IJ)**, и особенно **большая ягодичная мышца (G)**, при сокращении наклоняют таз назад (белая стрелка) и возвращают межкостистую линию в горизонтальное положение. Крестец также принимает вертикальное положение, что уменьшает изгиб поясничного отдела позвоночника;
- наиболее важную роль в коррекции поясничного гиперлордоза играют мышцы живота, в частности

прямые мышцы (D), которые действуют посредством двух больших плечей рычага.

Таким образом, достаточно сокращения больших ягодичных мышц и прямых мышц живота, чтобы достичь уменьшения, **выпрямления поясничного лордоза**.

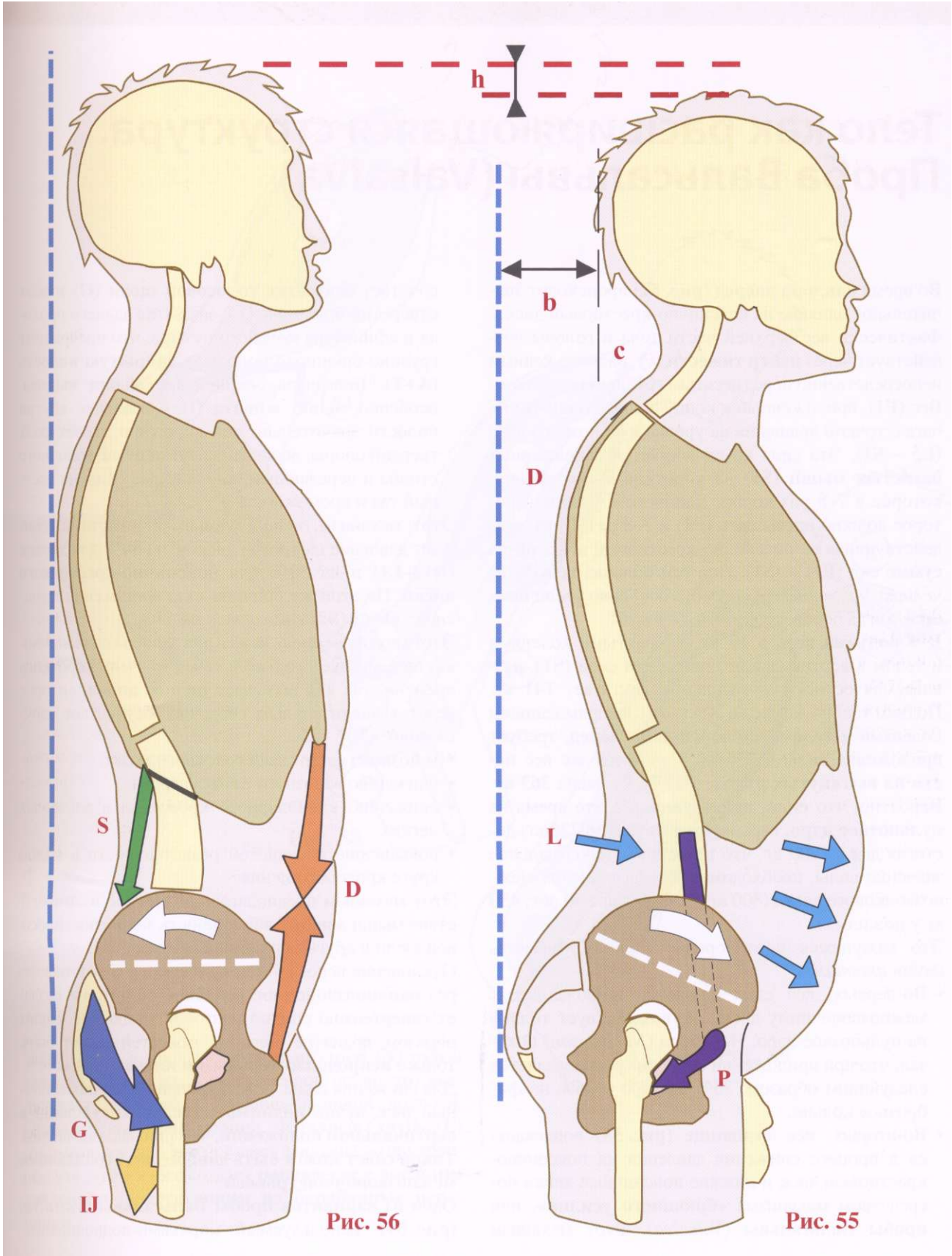
С этого момента сокращение **околопозвоночных мышц (S)** может осуществлять тягу верхних поясничных позвонков назад:

- Уплотнение грудного кифоза происходит при действии задних мышц туловища.
- Похожим образом происходит уплотнение шейного лордоза при действии околопозвоночных мышц, как будет описано далее.

В целом при уплотнении изгибов позвоночника происходит **удлинение позвоночника (h)** на 1-3 см (с соответствующим небольшим увеличением индекса Дельмаса (*Delmas*)).

Это общепринятая теория, но многочисленные исследования (Клаусен (*Klausen*), 1965) показывают, что в целом позвоночник ведет себя как наклоненный вперед ствол подъемного крана. Одновременные электромиографические записи с задних мышц туловища и мышц живота (Асмуссен и Клаусен (*Asmussen & Klausen*), 1962) показали, что в 80% случаев прямое положение тела, поддерживаемое рефлексорно, зависит только от тонической активности задних мышц. Если нагрузить верхнюю часть позвоночника весом, находящимся на голове, или нести его в руках, вдоль тела, передний наклон позвоночника слегка увеличивается, тогда как поясничный лордоз выпрямляется, а грудной кифоз подчеркивается. В то же время тонус околопозвоночных мышц увеличивается, чтобы ограничить наклон позвоночника назад.

Следовательно, мышцы живота не поддерживают активно позвоночник в покое, но они активно вовлекаются, если **поясничный изгиб уплощается**, т.е. в положении стоя с согнутым туловищем и весом в руках.



Тело как расширяющаяся структура. Проба Вальсальвы (Valsalva)

Во время **наклона вперед** (рис. 57) происходит значительное влияние на пояснично-крестцовый диск. Фактически вес верхней части тела и головы воздействует через **центр тяжести (P)**, расположенный непосредственно перед десятым грудным позвонком. Вес (P1), приложенный к концу длинного плеча рычага с точкой вращения на уровне пульпозного ядра (L5 - S1). Эта сила компенсируется сокращением **остистых мышц (S1)** на короткое плечо рычага, которое в 7-8 раз короче длинного с усилием, которое должно превышать (P1) в 7-8 раз. Сила, воздействующая на пояснично-крестцовый диск, равна **сумме сил (P1) и (S1)**. Она тем больше, чем *более человек наклоняется вперед*, а особенно увеличивается, когда человек *несет вес в руках*.

Для **подъема веса в 10 кг** с согнутыми коленями и телом в вертикальном положении сила (S1), развиваемая остистыми мышцами, достигает **141 кг**. Подъем такого же веса в 10 кг, но с выпрямленными коленями и **телом, наклоненным вперед**, требует приложения силы в **256 кг**. Если этот же вес **нести на вытянутых руках, (S1)** будет равна **363 кг**. Вероятно, что **сила, действующая** в это время на **пульпозное ядро**, варьируется от 262 до 726 кг, достигая даже 1200 кг, что превышает максимальное значение силы, необходимой для разрушения межпозвонкового диска (800 кг у лиц младше 40 лет, 450 кг у пожилых).

Это кажущееся противоречие можно объяснить *двумя фактами*.

- Во-первых, вся сила целиком, приложенная к межпозвоночному диску, не воздействует только на пульпозное ядро. Начемсон (*Nachemson*) показал, что при приложении силы она распределяется следующим образом: 75% на ядро и 25% на фиброзное кольцо.
- Во-вторых, **все туловище (рис. 58)** вовлекается в процесс снижения давления на пояснично-крестцовый диск и нижние поясничные диски посредством механизма **«брюшного усилия»**, или **пробы Вальсальвы (Valsalva)**. Этот механизм

сочетает **закрытие голосовой щели (G)** и всех отверстий брюшины (F), закрытие заднего прохода и сфинктера мочевого пузыря, что превращает грудно-брюшную полость в **закрытую полость (A+T)**. Благодаря сокращению **мышц выдоха**, особенно **мышц живота (Dr)**, давление внутри полости значительно повышается и играет роль твердой опоры, лежащей впереди от позвоночного столба и передающей прилагаемые силы на костный таз и промежность.

Этот механизм, используемый штангистами, снижает давление на уровне дисков: на **50%** для дисков (D12-L1) и на **30%** для **пояснично-крестцового диска**. По этой же причине *сила натяжения остистых мышц (S2) снижается на 55%*.

Этот механизм очень важен для защиты позвоночника, но действует только в течение очень короткого времени, так как вызывает **полное апноэ**, которое ведет к значительным сердечно-сосудистым нарушениям:

- венозной гипертензии головного мозга;
- снижению венозного оттока сердца;
- снижению капиллярного кровотока в альвеолах легких;
- повышению сосудистой резистентности в малом круге кровообращения.

Этот механизм предполагает целостное взаимодействие мышц живота, возможность закрытия голосовой щели и других брюшинных отверстий.

Отклонение венозной циркуляции путем оттока через **околопозвоночное венозное сплетение** создаст гипертензию спинно-мозговой жидкости. Таким образом, поднятие больших тяжестей может быть только **непродолжительным и интенсивным**.

Для снижения силы, действующей на межпозвоночный диск, лучше **поднимать вес**, когда **туловище в вертикальном положении**, чем при наклоне вперед. **Такой совет может быть дан людям, страдающим межпозвоночной грыжей**.

Один из **вариантов пробы Вальсальвы (Valsalva)** (рис. 59), используемый моряками-подводниками,

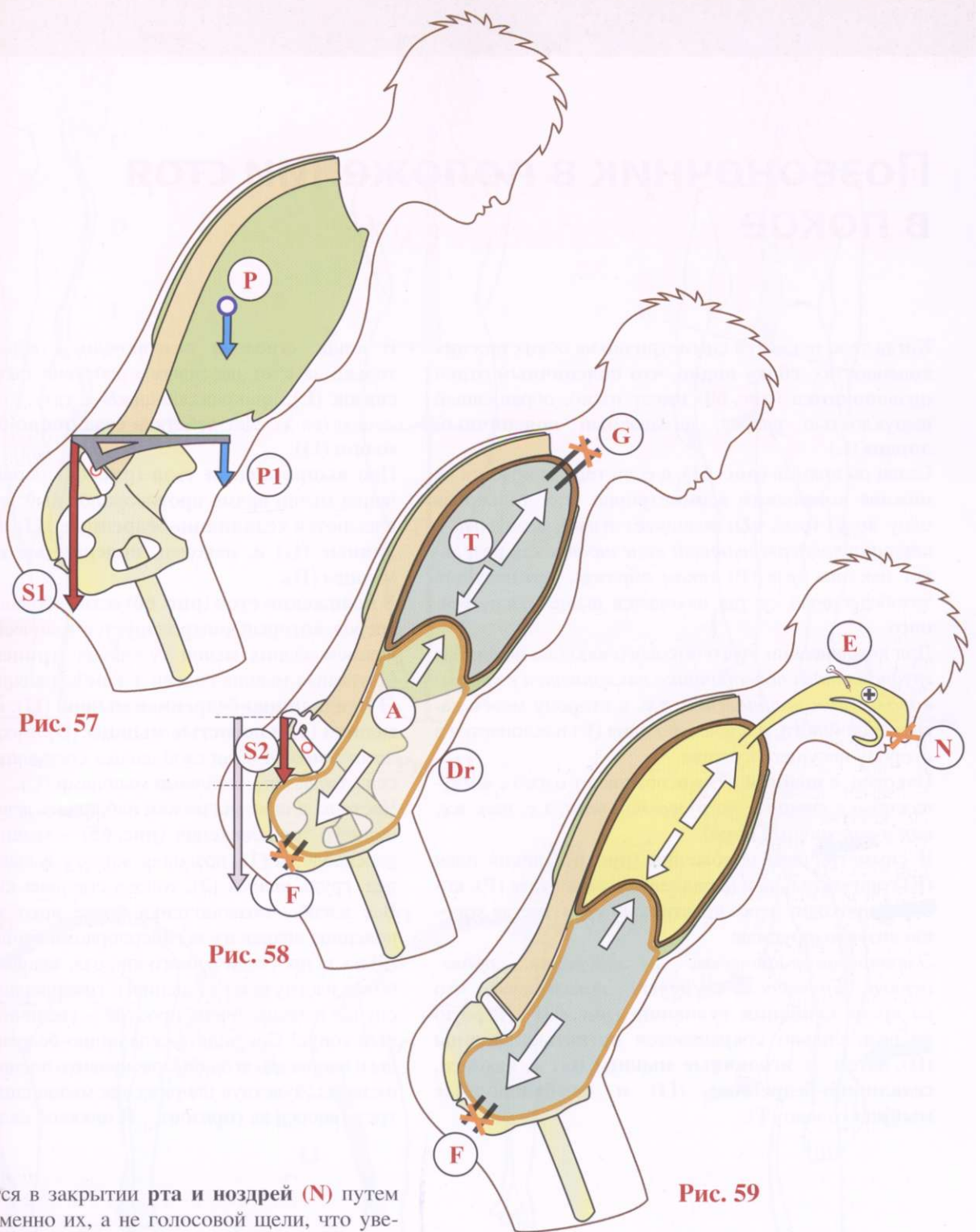


Рис. 57

Рис. 58

Рис. 59

заключается в закрытии рта и ноздрей (N) путем зажатия именно их, а не голосовой щели, что увеличивает давление в грудно-брюшной полости. Одновременно, при глотании, евстахиевы трубы (E) открываются, что увеличивает давление во внутреннем ухе, что в итоге создает равновесие с внешним давлением, действующим на барабанные перепонки.

Позвоночник в положении стоя в покое

Когда тело покоится симметрично на обеих нижних конечностях, **сбоку видно, что поясничный отдел позвоночника (рис. 60)** имеет изгиб, обращенный выпуклостью вперед, называемый **поясничный лордоз (L)**.

Сзади он прямой (рис. 61), а если тело опирается на нижние конечности асимметрично (т.е. только на одну ногу) (рис. 62), возникает изгиб, *вогнутый в сторону поддерживающей конечности* как результат наклона таза (P) таким образом, что несущий тазобедренный сустав находится выше разгруженного.

Для компенсации этого бокового наклона поясницы *грудной отдел позвоночника наклоняется в противоположном направлении*, т.е. в сторону менее нагруженной ноги, и плечевая линия (E) наклоняется в сторону несущего сустава.

Наконец, в **шейном отделе** возникает изгиб с *вогнутостью в сторону нагруженной ноги*, т.е. так же, как и **поясничный изгиб**.

В симметричном положении (рис. 61) линия плеч (E) горизонтальна и параллельна линии таза (P), которая проходит через крестцовые ямки, всегда хорошо визуализируемые.

Электромиографические исследования, проведенные Брюггером (Brugger), показывают, что во время **сгибания туловища (рис. 63)** в первую очередь сильно сокращаются **остистые мышцы (D)**, затем — **ягодичные мышцы (G)** и, наконец, **седалищно-бедренные (IJ)** и **камбаловидные мышцы голени (T)**.

В конце сгибания позвоночник стабилизируется только за счет пассивного действия **позвоночных связок (L)**, прикрепляющихся к тазу, который наклоняется за счет действия **седалищно-бедренных мышц (IJ)**.

При **выпрямлении тела (рис. 64)** порядок вовлечения мышц прямо противоположный: сначала вовлекаются **седалищно-бедренные (IJ)**, затем **ягодичные (G)** и, наконец, **поясничные и грудные мышцы (D)**.

В **положении стоя (рис. 60)** есть небольшой наклон вперед, который контролируется тоническим сокращением задних мышц туловища: **трицепс голени** (двуглавая мышца голени + камбаловидная мышца) **(T)**, **седалищно-бедренная мышца (IJ)**, **ягодичная мышца (J)** и **остистые мышцы (D)** вместе с *мышцами живота в расслабленном состоянии* (Асмуссен (*Asmussen*), шейными мышцами (C).

Часто на пляже мы можем наблюдать девушек астенического телосложения (рис. 65) - мышцы живота расслаблены (1), позволяя животу выдаваться вперед, грудь впалая (2), голова смещена кпереди (3). Все изгибы позвоночника более ярко выражены: поясница впалая из-за гиперлордоза, спина округлая (5) из-за преувеличенного кифоза, задняя часть шеи более изогнута из-за шейного гиперлордоза. В этом случае лечение очень простое - увеличить мышечный тонус! Сокращать седалищно-бедренные мышцы и напрягать ягодичы, расправить плечи, откинуть их назад, чувствуя напряжение мышц спины, и смотреть вперед на горизонт... И никакой вялости!

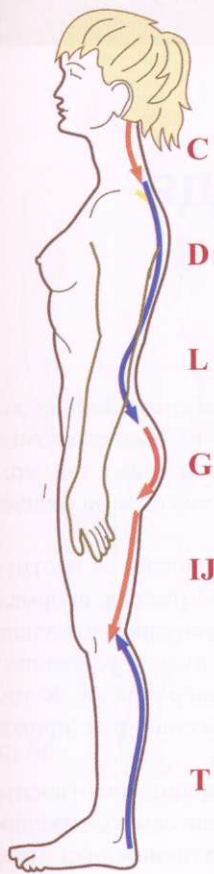


Рис. 60

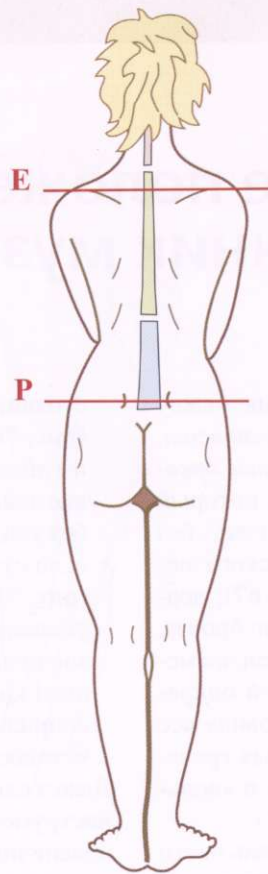


Рис. 61

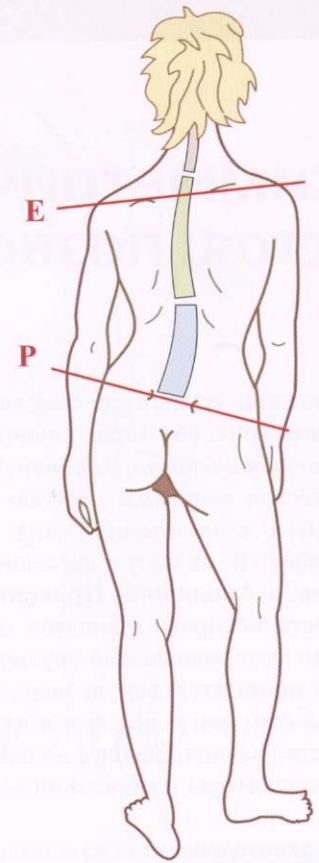


Рис. 62

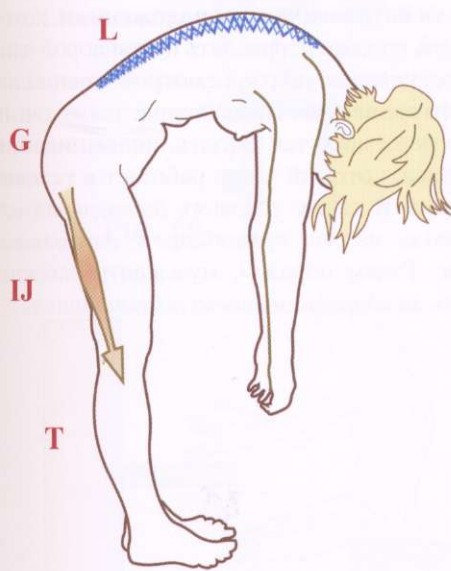


Рис. 63

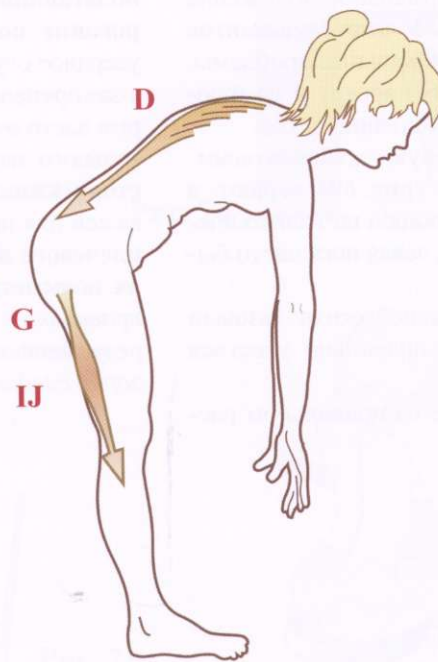


Рис. 64

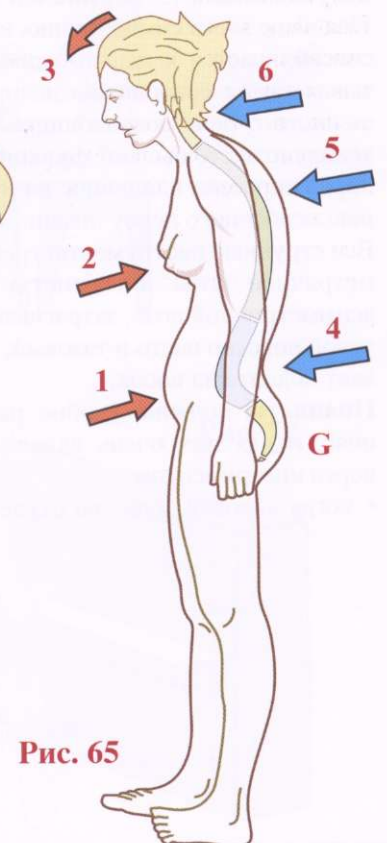


Рис. 65

Асимметричные положения сидя и стоя: позвоночник музыкантов

В греческой скульптуре заметна эволюция между **курсом (рис. 66)** (*тип статуи юноши-атлета, обычно обнаженного, характерный образец древнегреческой пластики периода архаики*), который находится в положении стоя, симметричен, без подвижности, является наследием египетского искусства, и **Аполлоном Праксителем (рис. 67)**, подвижность которого оживляет мрамор или бронза. Именно этот гениальный скульптор изобрел знаменитую **праксителевскую позу**, когда герой опирается на одну ногу, которая в итоге вдохновила все искусство ваяния. Задолго до наших военных греческие скульпторы изобрели позы «смирно» и «вольно»!..

Эта праксителевская поза используется очень часто в повседневной жизни, в особенности художниками и музыкантами. У **скрипачей (рис. 68)** положение таза чаще всего симметрично, но плечевой пояс приспособляется к сильно асимметричной позе, вызывая также совершенно ненормальное положение шейного отдела позвоночника. У этих музыкантов довольно часто бывают функциональные проблемы, порой серьезно влияющие на их карьеру и требующие особенного переучивания у специалистов.

Все струнные инструменты требуют довольно асимметричной позы. **Гитаристы (рис. 69)** играют в асимметричной позе, затрагивающей не только плечевой пояс, но часто и тазовый, левая нога часто бывает поднята на носок.

Пианисты должны удобно расположить тазовый пояс, и для них очень важно правильно усесться перед инструментом:

- когда человек сидит на стуле на правильном рас-

стоянии от инструмента и на подходящей высоте, **(рис. 70)** на позвоночнике не бывает аномальных изгибов и плечевой пояс расположен так, что верхние конечности могут дотянуться до клавиатуры без усилий;

- если стул находится очень далеко от инструмента **(рис. 71)**, позвоночник работает в аномальных условиях, и чтобы руки дотянулись до клавиш, позвоночник должен подвергнуться усилению грудного кифоза и шейному гиперлордозу. К тому же слишком удаленное положение рук приводит к усталости плечевого пояса.

Даже если стул расположен правильно относительно инструмента, пианист должен сам контролировать поясничный изгиб своего позвоночника **(рис. 72)**, поскольку постоянный гиперлордоз может закончиться люмбаго.

В итоге легко догадаться, что у **музыкантов**, особенно у играющих на **струнных инструментах**, **основополагающим правилом должно быть контролирование положения позвоночника**. В результате усердное служение своей профессии может привести к **закоренелым патологическим положениям**, которые часто очень сложно исправлять путем порой длительного переучивания под присмотром **специалистов - кинезитерапевтов**. Позвоночник также очень важен для поддержания, так сказать, **подвешивания плечевого пояса**, который часто работает в **условиях асимметрии**. В таких условиях *длительная неправильная поза может приводить к отчаянным результатам*. Таким образом, музыканты должны *зорко следить за здоровьем своего позвоночника...*

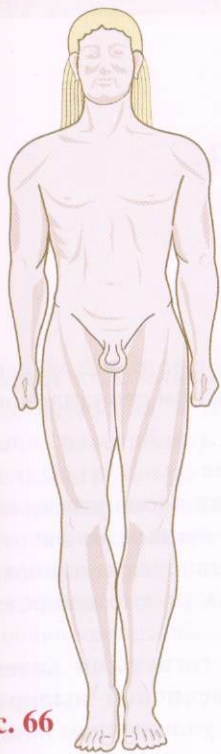


Рис. 66



Рис. 67

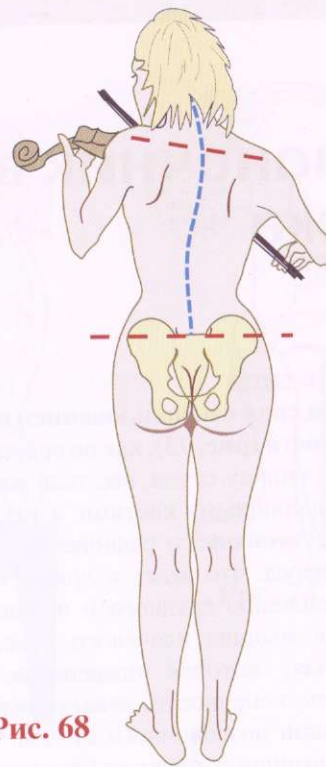


Рис. 68

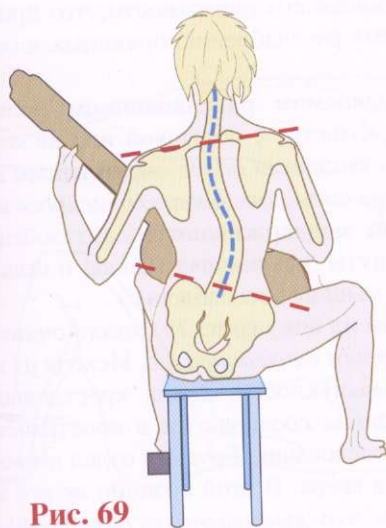


Рис. 69

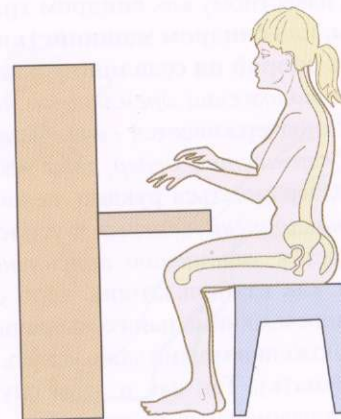


Рис. 70

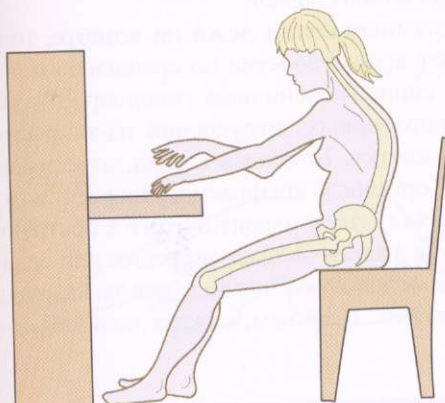


Рис. 71



Рис. 72

Позвоночник в положении стоя и лежа

Положения сидя

В положении сидя с использованием опоры на седалищные кости (рис. 73), как во время *печатания*, без опоры на спинку стула, вес тела воспринимается только седалищными костями, а таз находится в состоянии неустойчивого равновесия с тенденцией к наклону вперед, что ведет к *поясничному гиперлордозу* и усилению грудного и шейного изгибов. В результате мышцы плечевого пояса, особенно трапецевидная, которая подвешивает плечевой пояс и верхние конечности, *вовлекаются* в работу по стабилизации позвоночного столба. С течением времени эта позиция становится **болезненной** и приводит к состоянию, известному как **синдром трапецевидной мышцы**, или **синдром машинистки**.

В положении сидя с опорой на седалищную кость и бедра (рис. 74), в *положении дремлющего человека*, согнутое тело поддерживается *седалищными буграми и задней поверхностью бедер*, даже иногда туловище может поддерживаться руками, лежащими на коленях. Таз *наклоняется вперед*, и усиление грудного изгиба ведет к *уплощению поясничного*. Тут руки работают как стабилизаторы, тело стабильно с использованием минимального мышечного усилия, и в таком положении можно даже уснуть (во всяком случае, задремать). Так как в этом случае разгружаются околопозвоночные мышцы, эта поза принимается больными, **страдающими спондилолистезом**.

В положении сидя с опорой на седалищные кости и крестец (рис. 75) тело *смещено назад*, покаясь на спинке стула, и *поддерживается седалищными буграми, задней поверхностью крестца и копчиком*. Таз *наклоняется назад*, **поясничный изгиб уплощается**, грудной изгиб усиливается, а голова может лежать на передней поверхности грудной клетки, приводя к инверсии шейного изгиба. Это еще одна поза для отдыха, при которой даже *можно спать*, но *дыхание будет затруднено* из-за сгибания шеи и давления на грудину со стороны головы. Эта поза *затрудняет соскальзывание кпереди* пятого пояс-

ничного позвонка и расслабляет задние мышцы позвоночника, **уменьшая боль при спондилолистезе**.

Положения лежа

Положение лежа с прямыми вытянутыми конечностями (рис. 76) наиболее приемлемо для отдыха. Поясничная мышца растянута и усиливает поясничный изгиб, увеличивая пустое пространство под поясницей.

В положении на спине с согнутыми коленями (рис. 77) **расслабление поясничной мышцы** вызывает *наклон таза назад с уплощением поясничного изгиба*. Поясничный изгиб (талиа) лежит на поддерживающей его поверхности, что приводит к еще большему расслаблению брюшных и остистых мышц.

В так называемом расслабленном положении (рис. 78) на кушетке с подушкой или на специальном кресле становится *более выраженным грудной изгиб с уплощением поясничного и шейного изгибов*. Если **колени поддерживаются**, а тазобедренные суставы согнуты, поясничная мышца и седалищно-поясничные мышцы расслаблены.

В положении на боку (рис. 79) позвоночник становится *изогнутым синусообразно*. Исходя из нижней поясничной выпуклости, линия крестцовых ямок и плечевая линия соединяются в пространстве над объектом исследования. Грудной отдел позвоночника изгибается вверх. В этой позиции *не все мышцы расслаблены*, что *вызывает респираторные проблемы во время анестезии*.

Что касается **положения лежа на животе**, то оно представляет все неудобства по сравнению с положением на спине (поясничный гиперлордоз), ухудшение респираторных затруднений из-за давления на грудную клетку. Брюшная стенка, оттесняющая внутренние органы к диафрагме, снижает экскурсию диафрагмы, что приводит в итоге к обструкции нижней части трахеи за счет секреции или аспирации. Многие используют эту позу для засыпания, но затем меняют ее. В общем, каждая позиция *не со-*

храняется в течение долгого времени во время сна, и это позволяет успешно расслаблять различные мышечные группы и постоянно изменять точки опоры, поскольку известно, что постоянное давление на одну точку опоры более трех часов может привести к пролежням из-за нарушения кровоснабжения кожных покровов.



Рис. 73

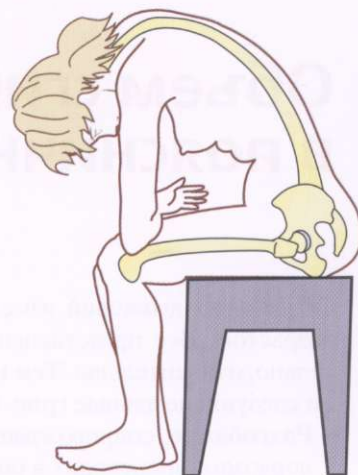


Рис. 74

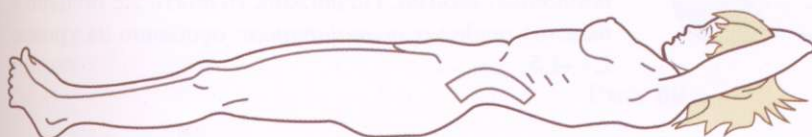


Рис. 76

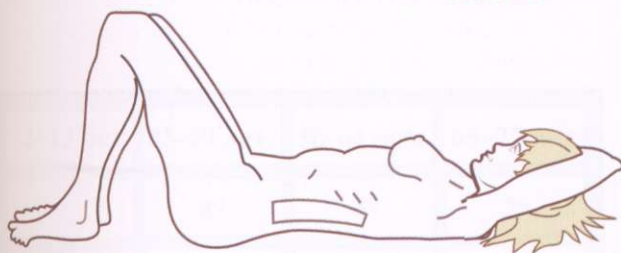


Рис. 77

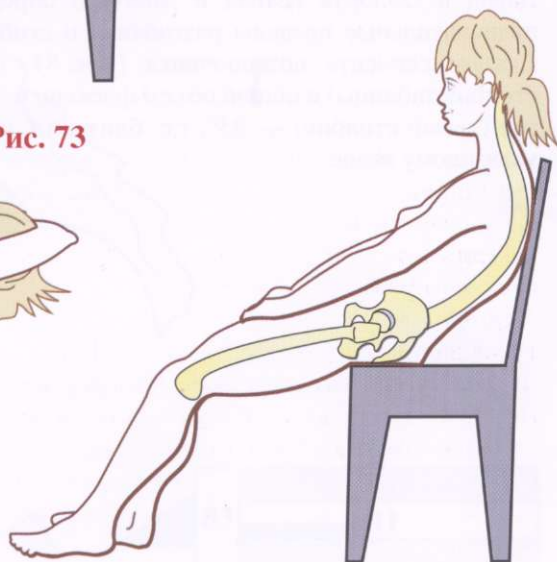


Рис. 75

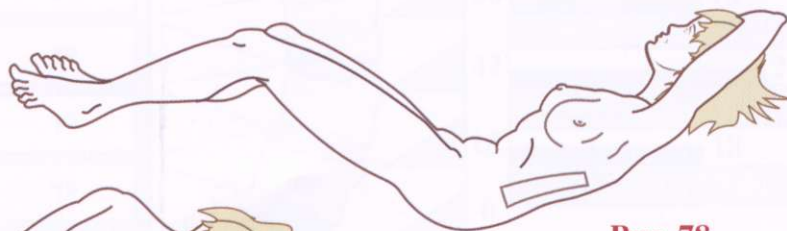


Рис. 78



Рис. 79

Объем сгибания и разгибания в поясничном отделе позвоночника

Объем этих движений изменяется персонально и с возрастом. Все представленные значения, следовательно, относительны. Тем не менее мы представляем следующие данные (рис. 80).

- **Разгибание**, сопровождаемое поясничным гиперлордозом, происходит в объеме 30°.
- **Сгибание**, сопровождаемое выпрямлением поясничного лордоза, происходит в объеме 40°.

Давид и Оллбрук (*David* и *Allbrook*) определили индивидуальные пределы разгибания и сгибания в каждом сегменте позвоночника (рис. 81, правый столбик таблицы) и общий объем флексии и экстензии (левый столбик) — 83°, т.е. близкий к объему, указанному выше.

С другой стороны, **объем сгибания и разгибания максимален между линиями L4 и L5** и составляет 24°, затем, в порядке уменьшения амплитуды - линии между L3-L4 и L5-S1, угол сгибания и разгибания которых равен 18°, а затем - почти одинаковые линии между L2-L3, составляющие 12°, и L1-L2 - 11°. Следовательно, по мнению этих авторов, нижний отдел поясничного отдела позвоночника *при сгибании и разгибании более активен по сравнению с верхним.*

Как и следовало ожидать, объем подвижности изменяется с возрастом, что и показано в таблице (рис. 82, по Танзу (*Tanz*)). Он **уменьшается с возрастом**, будучи **максимальным между двумя и тринадцатую годами**. Подвижность опять же больше в **нижних отделах позвоночника**, особенно на уровне L4 -L5.

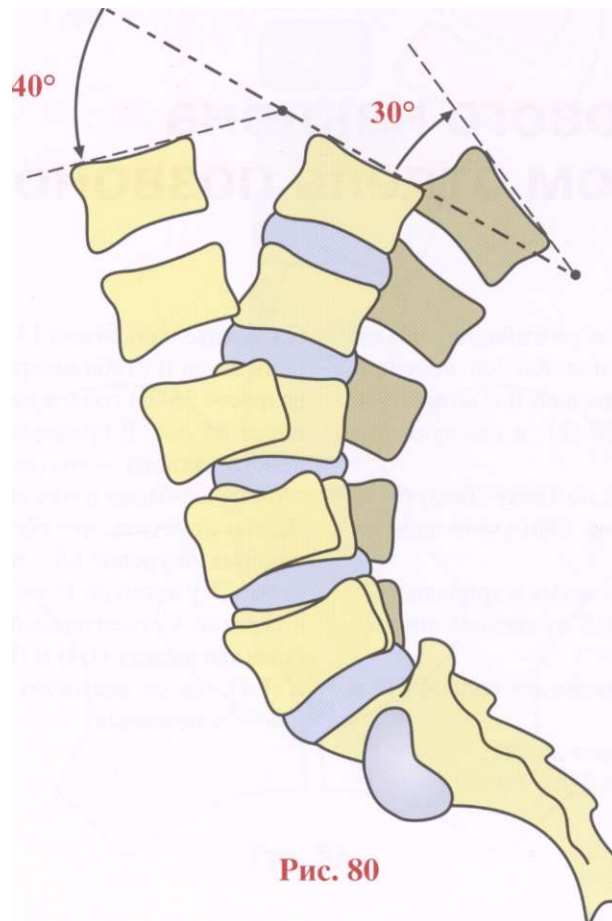


Рис. 80

| 2-13 лет | 35-49 лет | 50-64 года | 65-77 лет |
|----------|-----------|------------|-----------|
| | 8° | 4° | 2° |
| 10° | 8° | 5° | 5° |
| 13° | 9° | 8° | 3° |
| 17° | 12° | 8° | 7° |
| 24° | 8° | 8° | 7° |

Рис. 82

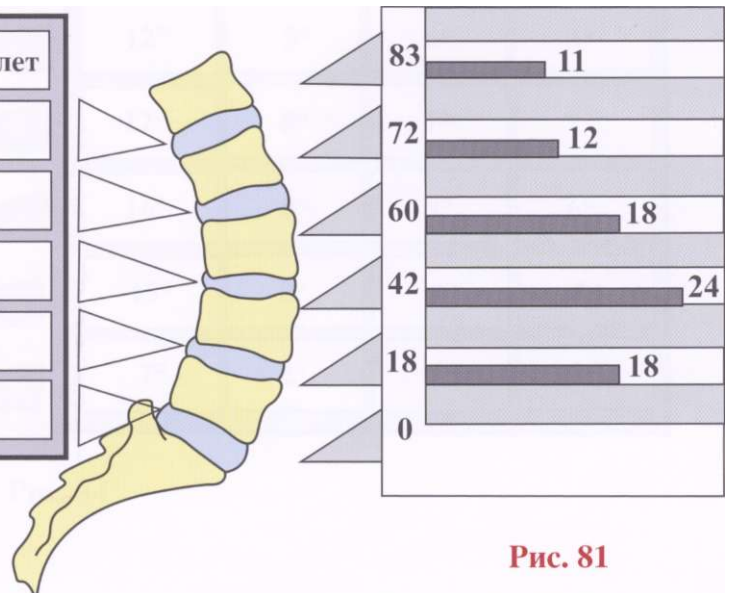


Рис. 81

Объем бокового наклона в поясничном отделе позвоночника

Так же, как и при сгибании и разгибании, **объем бокового наклона (рис. 83)** или наклон поясничного отдела изменяется персонально и с возрастом. В среднем он соответствует 20-30° в каждую сторону.

Амплитуды наклона (рис. 84, по Танзу (*Tanz*)) были изучены **сегмент за сегментом**. Они уменьшаются с возрастом:

- достигают максимума между двумя и тринадцатью годами, когда она достигает 62° от средней линии в каждую сторону;
- между 35 и 49 годами она достигает только 31° в каждую сторону;
- между 50 и 64 годами — падает до 29°;
- а между 65 и 77 годами — до 22°.

Следовательно, после 13 лет амплитуда значительно снижается и стабилизируется на значении 30-35° в возрасте 35-64 года, а затем снижается опять до 20° после 65 лет. В среднем возрасте общий объем бокового наклона — около 60° — почти равен общему объему сгибания и разгибания поясницы.

Важно отметить, что сегментарный объем бокового наклона на уровне L5 - S1 очень мал и резко снижается с 7° у детей до 1° у взрослых и неподвижности у пожилых. Сегментарный **объем подвижности максимален между (L4) и (L5) и особенно между (L3) и (L4)**, где он достигает 16° у детей, 8° у взрослых и 6-7° у пожилых.

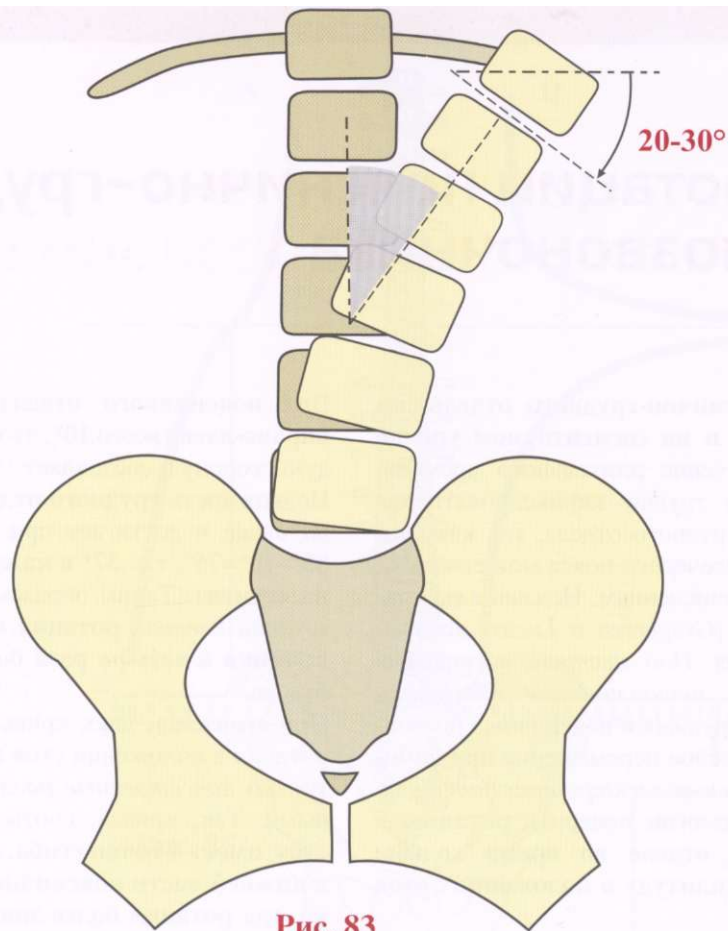


Рис. 83

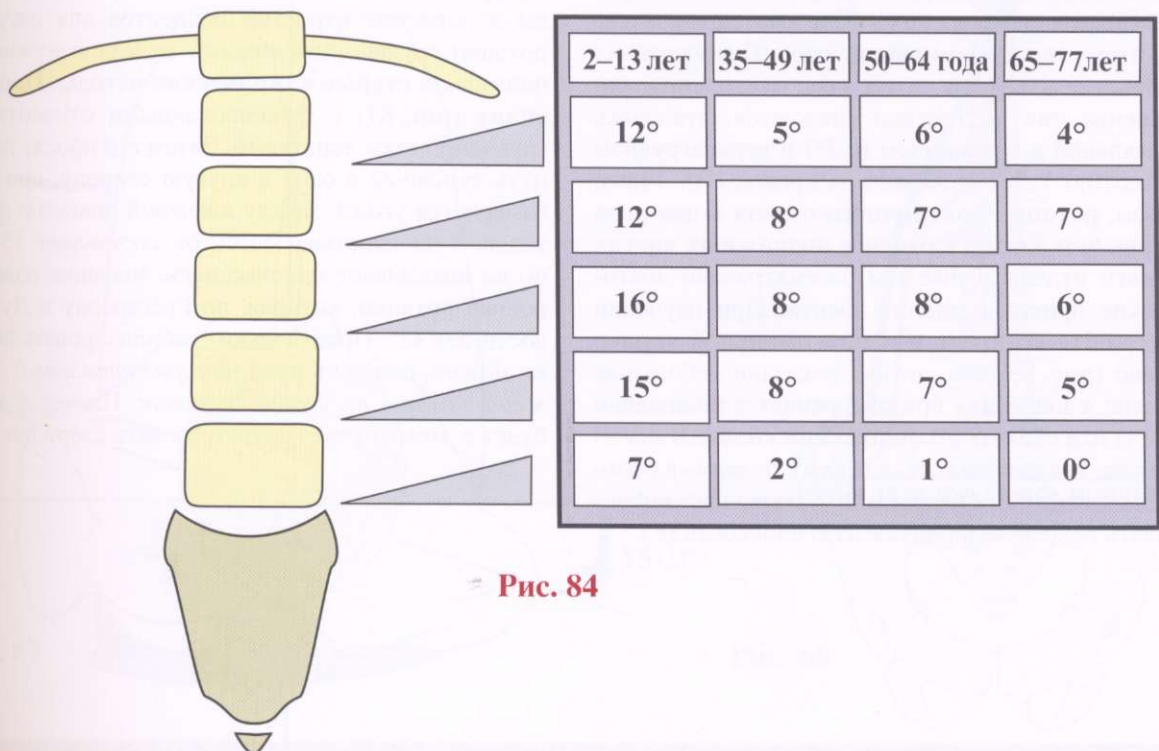


Рис. 84

Объем ротации пояснично-грудного отдела позвоночника

Объем ротации пояснично-грудного отдела позвоночника в целом и на сегментарном уровне был неизвестен в течение длительного времени. Фактически довольно трудно зафиксировать таз и оценить ротацию грудного отдела, так как свободная подвижность плечевого пояса может приводить к ошибочным вычислениям. Недавние работы Греггерсона и Лукаса (*Gregersen* и *Lucas*) показывают точные значения. *Под местной анестезией они имплантировали металлические пластинки в остистые отростки грудных и поясничных позвонков и измерили их угловое перемещение при помощи очень чувствительных электронных датчиков.* Таким образом, они смогли измерить **ротацию в грудино-поясничном отделе во время ходьбы (рис. 85) и общую амплитуду в положениях стоя и сидя (рис. 86).**

Во время ходьбы (рис. 85, левая половина рисунка) видно, что диск (D7-D8) остается на месте, тогда как в соседних дисках происходит максимальная ротация (правая часть рисунка). Следовательно, именно на этом **стержневом уровне** происходит ротация в наибольшем объеме, а по мере повышения или понижения она постепенно снижается, становясь минимальной в поясничном ($0,3^\circ$) и верхнегрудном отделах ($0,6^\circ$). Это показано на кривой (D). Таким образом, **ротация поясничного отдела в два раза меньше, чем даже в наименее подвижных частях грудного отдела.** Ранее мы рассматривали анатомические причины данного факта. При изучении **общего объема ротации и максимальной вправо и влево (рис. 85)** эти авторы показали небольшое различие в значениях при измерениях в положении сидя (A) или стоя (D). **В положении сидя** эти значения ниже, так как *таз легче зафиксировать* в положении с согнутыми бедрами, что позволяет зафиксировать исходную фронтальную плоскость (F).

Для поясничного отдела объем подвижности вправо-влево всего 10° , что соответствует 5° в каждую сторону и составляет 1° на сегмент.

Подвижность **грудного отдела** в целом *значительно выше* и достигает при вращении вправо-влево $85^\circ - 10^\circ = 75^\circ$, т.е. **37° в каждую сторону** и около 3° на сегмент. Таким образом, *несмотря на наличие грудной клетки, ротация грудного отдела позвоночника в четыре раза больше, чем поясничного отдела.*

При сравнении двух кривых становится ясно, что ротация в положении стоя и сидя *одинаковая*. Есть только *качественные различия* между двумя кривыми. Так, кривая, соответствующая положению стоя, имеет **4 точки сгиба**, в частности, точку сгиба в нижней части поясничного отдела позвоночника, где ротация более значительна в положении стоя, и такая же в переходной зоне, т.е. в **грудопоясничном сочленении.**

На практике невозможно имплантировать электроды в остистые отростки пациентов для изучения ротации грудино-поясничного отдела и нужно использовать **старые клинические методы.** Пациент **сидит (рис. 87)** с фиксированными относительно грудной клетки лопатками. Затем его просят повернуть туловище в одну и другую сторону, при этом измеряется угол F между плечевой линией и фронтальной плоскостью. Здесь он составляет $15-20^\circ$, но не показывает максимальное значение односторонней ротации, которая, по Греггерсону и Лукасу, достигает 45° . Практически стабилизировать лопатки можно, положив руки на *горизонтальный стержень, идущий на уровне лопаток.* Плечевая линия будет в этом случае соответствовать стержню.

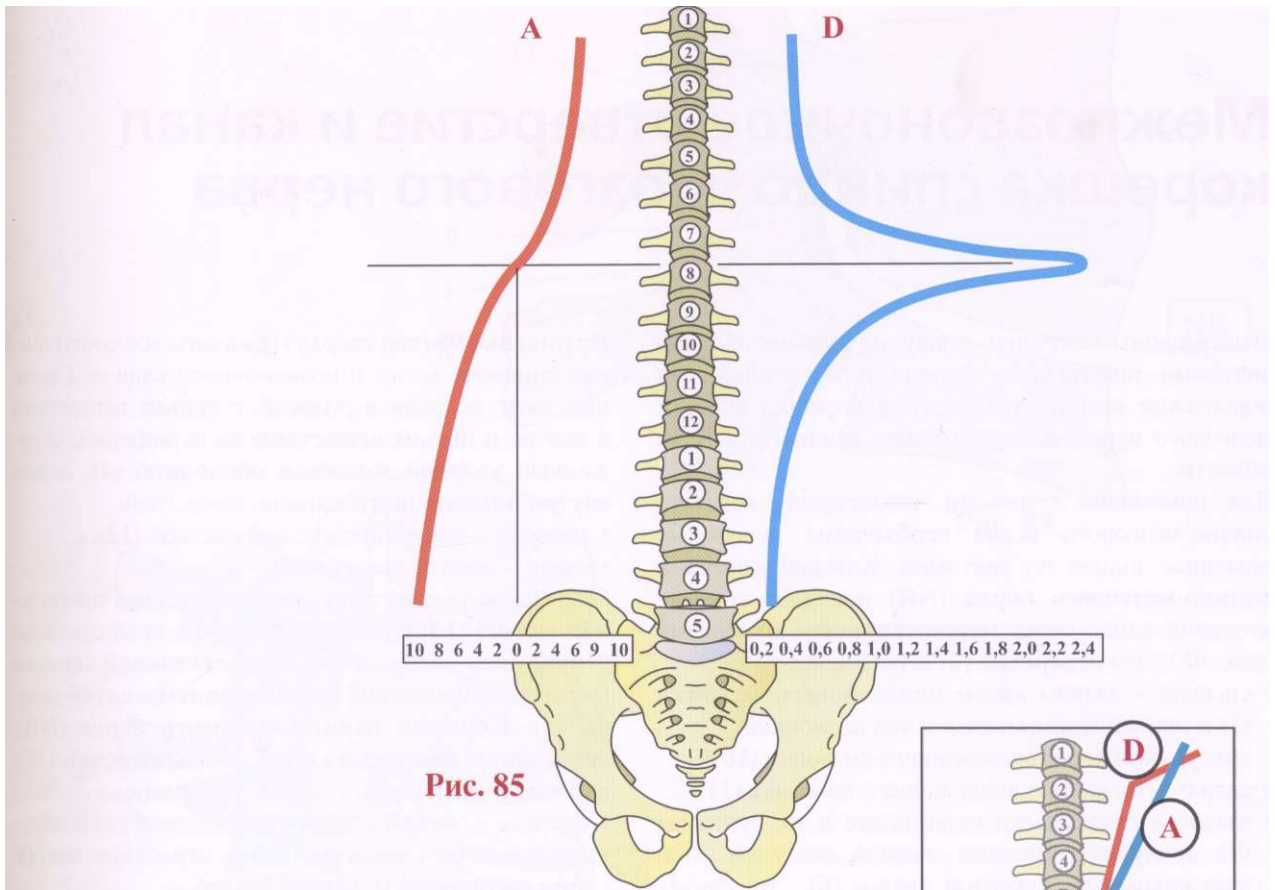


Рис. 85

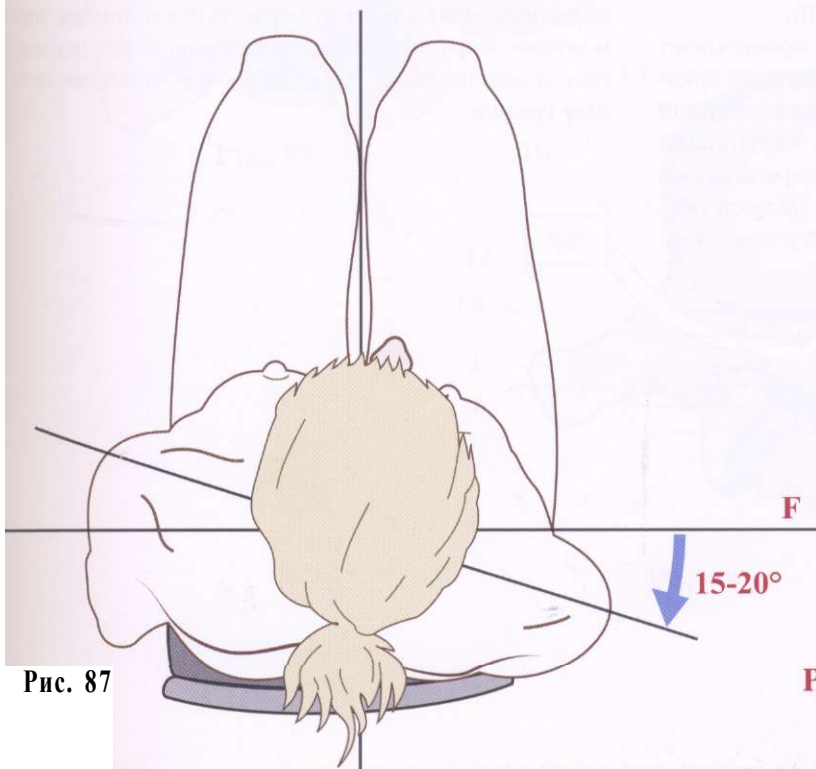


Рис. 87

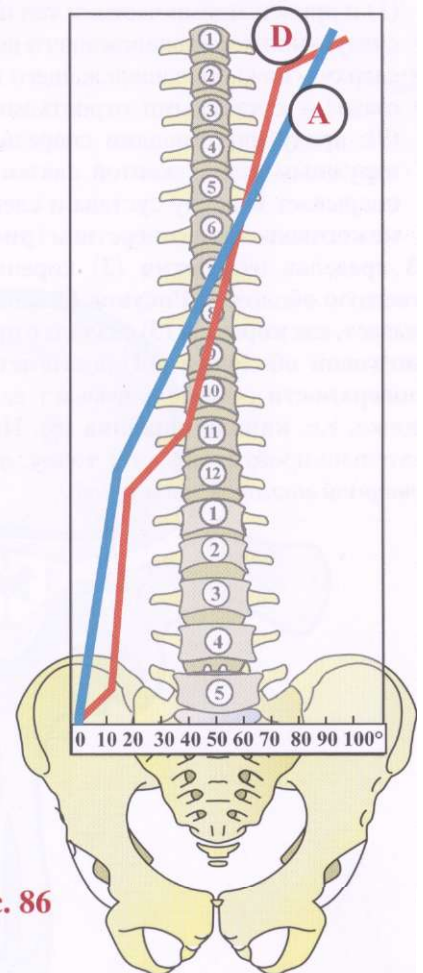


Рис. 86

Межпозвоночное отверстие и канал корешка спинно-мозгового нерва

Невозможно завершить главу о функциональной анатомии поясничного отдела позвоночника, не подытожив ее патофизиологией корешка спинно-мозгового нерва, исключительно важной для этой области.

Для понимания сущности заболеваний корешка спинно-мозгового нерва необходимы некоторые исходные знания по анатомии. Каждый **корешок спинно-мозгового нерва (NR)** покидает спинно-мозговой канал через **межпозвоночное отверстие (рис. 88)**. Это **отверстие (2)** ограничено:

- спереди - задним краем межпозвоночного диска (1) и прилежащими частями тел позвонков;
- снизу - ножкой нижележащего позвонка (10);
- сверху - ножкой вышележащего позвонка (11);
- сзади — суставными отростками и их суставом (9), продублированными спереди капсулой (8) и наружным краем желтой связки (6). Эта связка покрывает капсулу сустава и слегка нависает над межпозвоночным отверстием (рис. 90).

В пределах **отверстия (2)** корешок пронизывает твердую оболочку. **Рисунок 89** (вид снаружи) показывает, как **корешок (3)** сначала в пределах **твердой мозговой оболочки (14)** достигает ее **внутренней поверхности (4)** и пронизывает ее в определенной точке, т.е. **канале корешка (5)**. Нерв должен обязательно пройти через эту точку, *поддерживаемый твердой мозговой оболочкой*.

На **рисунке 90** (вид сверху) показаны все соотношения спинного мозга и позвоночного канала. **Спинной мозг показан в разрезе**, с **серым веществом** в центре и **белым веществом** на периферии, окруженный **твердой мозговой оболочкой (4)**, лежит внутри **позвоночного канала**, покрытый:

- спереди - задней продольной связкой (12);
- сзади - желтой связкой (7).

Спереди от тела позвонка видна **передняя продольная связка (13)** в разрезе. Передний край **суставов (9)** окружен капсулой и усилен **суставной связкой (8)**, продублированной **продолжением желтой связки (6)**. **Корешок спинно-мозгового нерва (NR)**, лежащий на **ножке нижележащего позвонка (10)**, проходит через узкий тоннель, сформированный:

- спереди - диском и задней продольной связкой;
- сзади - сочленением суставных отростков, покрытым расширением желтой связки.

Именно в этом месте **межпозвоночного отверстия**, образованного мощными нерастягивающимися элементами, корешок спинно-мозгового нерва подвергается опасности, и тут образуются **межпозвоночные грыжи**.

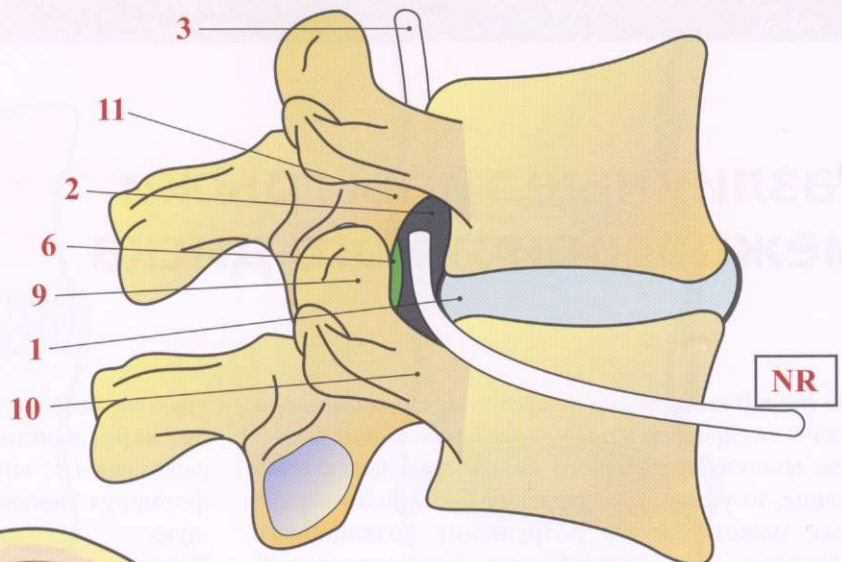


Рис. 88

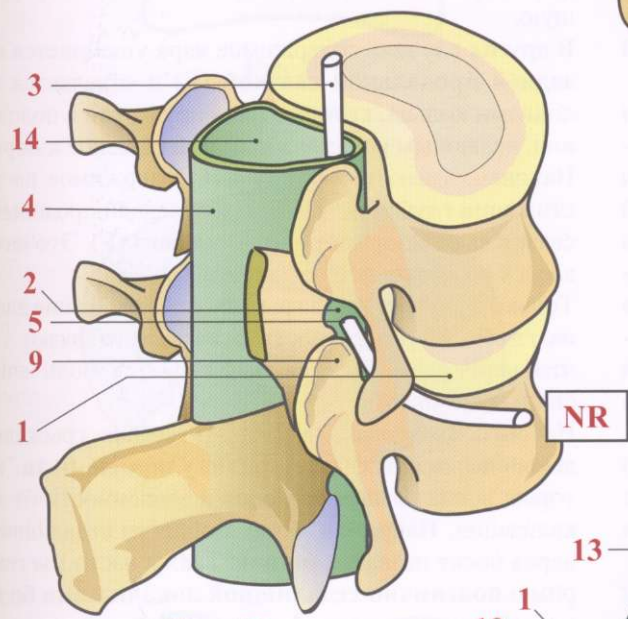


Рис. 89

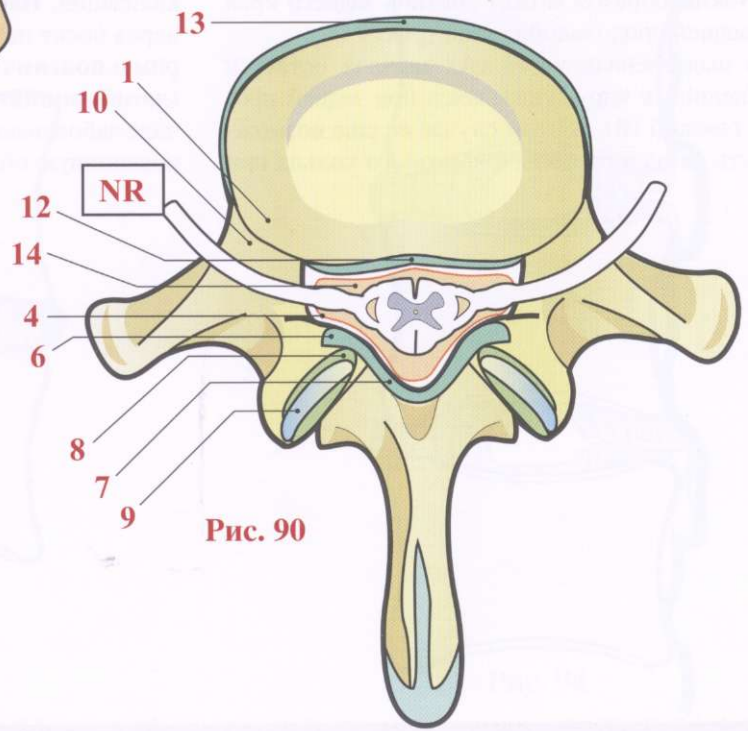


Рис. 90

Различные типы грыжи межпозвоночного диска

При осевой компрессии вещество *пульпозного ядра может смещаться в различных направлениях.*

Если волокна фиброзного кольца еще достаточно прочны, то увеличение давления в межпозвоночном диске может вызвать **разрушение позвонковых пластинок**. Это соответствует **межпозвоночной грыже (рис. 91)**.

Недавние исследования показали, что *дегенерация волокон межпозвоночного диска начинается после 25 лет, отчего происходит разрыв волокон* в пределах любого слоя. Следовательно, при осевой нагрузке **вещество ядра может проникать через поврежденные волокна фиброзного кольца наружу (рис. 92)**. Это проникновение вещества ядра может быть **концентрическим**, но чаще оно **радиальное**. Передний пролапс - самый редкий. Задний пролапс — наиболее частый, особенно в **заднелатеральном направлении**.

Следовательно, при **разрушении диска (рис. 93)** часть вещества ядра выдавливается вперед, а чаще назад и таким образом может достичь заднего края диска и задней продольной связки (**рис. 94**).

В итоге выдавленная часть (А) сначала остается прикрепленной к ядру, ущемляясь под задней продольной связкой (В). В этом случае ее еще возможно вернуть назад в пределы фиброзного кольца при

тракции позвоночника. Но очень часто она **проходит через заднюю продольную связку (С)** и может даже лежать **внутри позвоночного канала**, т.е. формируя свободную грыжу диска (D), мигрирующую.

В других случаях содержимое ядра ущемляется под **задней продольной связкой (Е)** и отделяется волокнами кольца, которые фиксируют его в положении, делающем невозможным возвращение к норме. Наконец, в некоторых случаях содержимое по достижении глубокой поверхности задней продольной связки выскальзывает вверх или вниз (F). Это называется **подсвязочной грыжей**.

Только в случае, когда грыжевое выпячивание давит на глубокую поверхность продольной связки так, что нерв растягивается, наблюдается боль внизу спины (**люмбаго**).

Наконец, сдавление нервного корешка грыжевым выпячиванием вызывает **радикулярные боли**, которые носят разные названия в зависимости от локализации. Например, боли в области седалищного нерва носят название **ишиас**. Также часто мы говорим о **пояснично-седалищной локализации болей (люмбо-ишиатический синдром)**, поскольку в начале заболевания радикулярные боли затрагивают и поясничную область, т.е. ишиас.

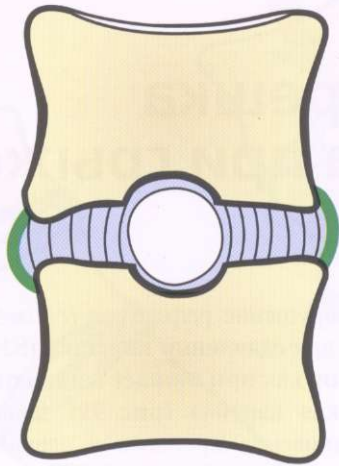


Рис. 91

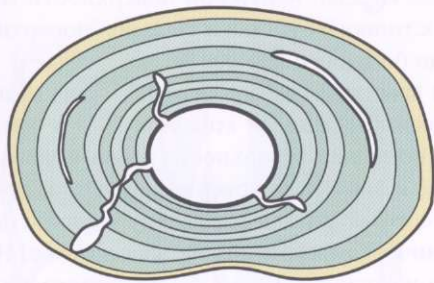


Рис. 92

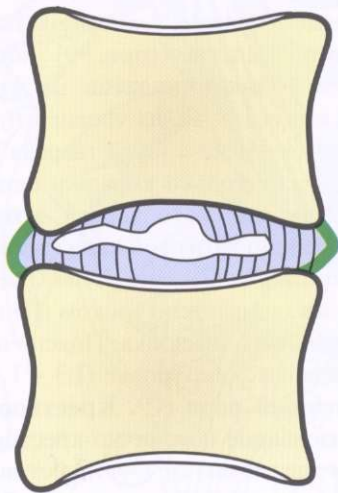


Рис. 93

A

B

C

D

E

F

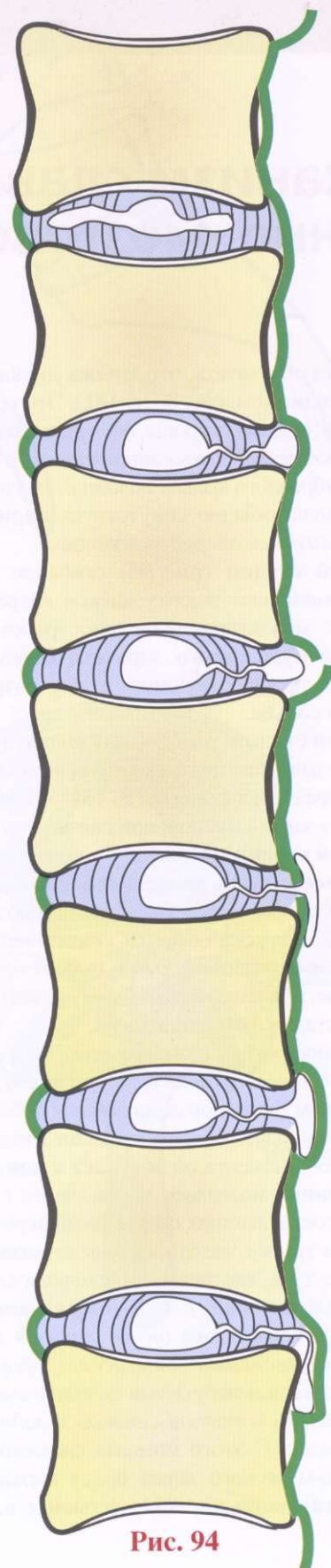


Рис. 94

Механизм сдавления корешка спинно-мозгового нерва при грыже

Сейчас принято считать, что **грыжа диска протекает в три стадии** (см. рис. 80, с. 141). Это происходит, только если, с одной стороны, *диск разрушается в результате множественных микротравм*, а с другой - волокна фиброзного кольца *начали дегенерировать*. Пролапс диска обычно сопутствует **поднятию тяжести с согнутым вперед туловищем**.

- **В первой стадии (рис. 95)** сгибание туловища вперед уменьшает высоту дисков впереди и увеличивает межпозвоночное пространство сзади. Вещество пульпозного ядра скатывается кзади, пересекая предшествующие этому разрывы фиброзного кольца.
- **Во второй стадии (рис. 96)** при поднятии тяжести усиление давления по оси разрушает диск и сильно выдавливает его ядро назад до тех пор, пока оно не достигнет задней продольной связки.
- **В третьей стадии (рис. 97)** при почти выпрямленном туловище канал, проделанный грыжевым выпячиванием, закрывается под давлением позвоночных пластинок, а грыжа остается ущемленной под задней продольной связкой. Это вызывает острую боль в пояснице, или люмбаго, которое соответствует начальной стадии люмбагоишалгии.

Это начальное острое люмбаго может *пройти спонтанно или под влиянием лечения*, но в результате повторных травм *грыжевое выпячивание будет расти в размерах* и выходить больше и больше в позвоночный канал. С этого момента он **вступает в контакт с корешком спинно-мозгового нерва**, часто с одним из корешков, составляющих седалищный нерв (рис. 98). Фактически грыжа часто направлена **назад и латерально**, т.е. туда, где задняя продольная связка наиболее слабая, все более и более отдавливая корешок седалищного нерва, пока он не упрется в заднюю стенку межпозвоночного отверстия, сформированного сочленением между двумя суставными отростками, передней суставной связкой и задним краем желтой связки. С этого момента сдавленный корешок спинно-мозгового нерва будет вызывать боль в **соответствующем корешку сегменте** и, наконец,

вызовет нарушение рефлексов (*снижение ахиллова рефлекса* при **сдавливании корешка (S1)** и **моторные нарушения**, как **при ишиасе с параличом**).

Клиническая картина (рис. 99) зависит от уровня возникновения пролапса и сдавления корешка спинно-мозгового нерва.

- При возникновении грыжи (1) на уровне (L4 - L5) сдавливается пятый поясничный корешок (**L5**) и боль ощущается на задненаружной поверхности бедра, колена, наружной поверхности голени, голеностопного сустава и тыльной поверхности стопы до большого пальца.
- При грыже (2) на уровне (L5 - S1) сдавливается первый крестцовый корешок (S1) и боль ощущается по задней поверхности бедра, колена и голени, пятке и наружной поверхности стопы до мизинца.

Однако это соотношение между уровнем поражения и клинической картиной не абсолютное. Например, грыжа на уровне (L4 - L5) может лежать ближе к средней линии и **сдавливает (L5) и (S1)** или даже **один (S1)**. И тогда хирургическое вмешательство на уровне (L5 - S1), сделанное в результате сильной боли на уровне (S1), *оставляет нетронутым поражение, которое лежит сегментом выше*.

Сагиттальное сечение (рис. 99) показывает, что спинной мозг **заканчивается на уровне терминального конуса (CT)**, на уровне второго поясничного позвонка. Ниже конуса твердая мозговая оболочка содержит только корешки спинно-мозговых нервов в виде **конского хвоста**, которые попарно покидают спинно-мозговой канал на каждом уровне через межпозвоночные отверстия. Твердая мозговая оболочка заканчивается тупиком (D) на уровне третьего крестцового позвонка. Поясничное сплетение (PL), находящееся на уровне (L3 - L4 - L5), образует **бедренный нерв (C)**. **Крестцовое сплетение (PS)**, образованное пояснично-крестцовым стволом (LS) (L5 + анастомоз от L4) и состоящее из соединенных между собой отростков (S1-S2-S3), формирует вместе с бедренным нервом (C) большой и малый седалищные нервы (S).

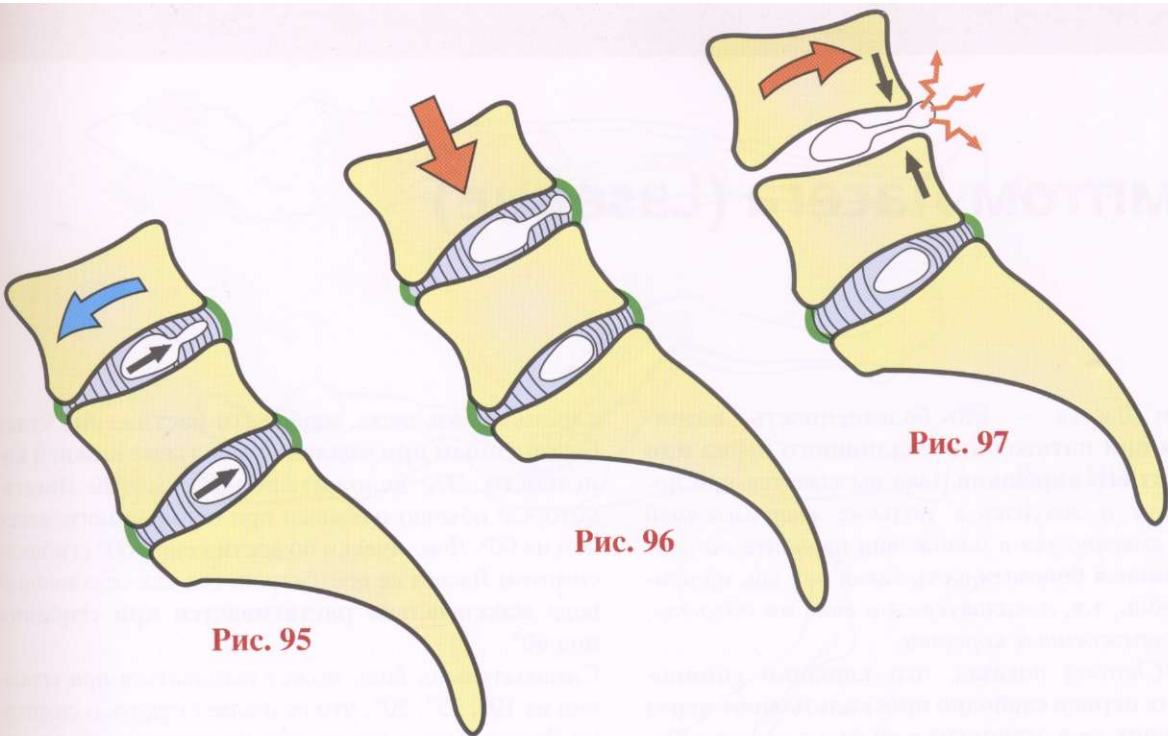


Рис. 95

Рис. 96

Рис. 97

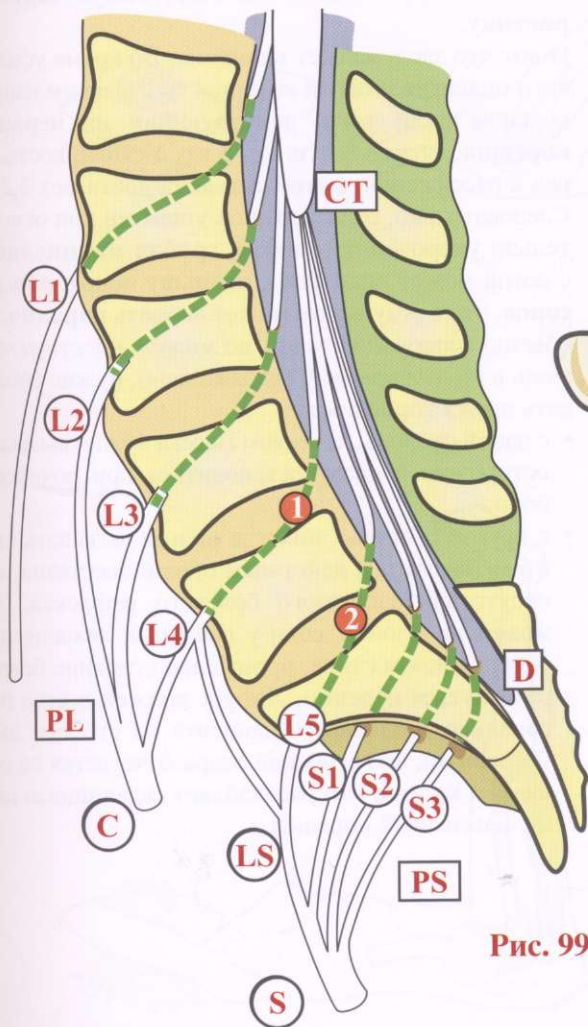


Рис. 99

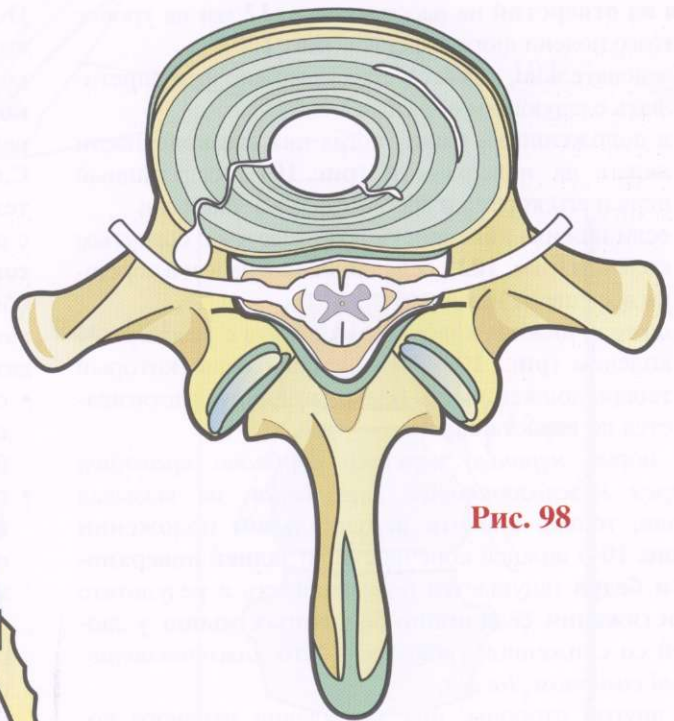


Рис. 98

Симптом Ласега (Lasegue)

Симптом Ласега — это **болезненность, возникающая при натяжении седалищного нерва или одного из его корешков**. Она вызывается при *постепенном и медленном* подъеме *выпрямленной нижней конечности* в положении пациента *на спине*. Вызванная болезненность такая же, как и спонтанная боль, т.е. *локализуется в той же области, что и поврежденные корешки*.

Чарли (*Charley*) показал, что **корешки спинномозговых нервов свободно проскальзывают через межпозвонковое отверстие** и во время подъема вытянутой нижней конечности **корешки вытягиваются из отверстий** на расстояние до **12 мм** на уровне пятого поясничного корешка (**рис. 100**).

Следовательно, симптом Ласега можно интерпретировать следующим образом:

- в положении на спине, когда нижние конечности лежат на поверхности (**рис. 101**), седалищный нерв и его корешки абсолютно расслаблены;
- если нижняя конечность поднимается с согнутым коленом (**рис. 102**), седалищный нерв и его корешки все еще не натянуты;
- но если нижняя конечность поднята с разогнутым коленом (**рис. 103**), седалищный нерв, который теперь должен иметь большую длину, растягивается по нарастающей.

В норме *нервные корешки свободно проходят через межпозвонковые отверстия*, не вызывая боли, только в почти **вертикальном положении** (**рис. 104**) нижней конечности по **задней поверхности бедра** ощущается болезненность в результате **растяжения седалищно-бедренных мышц** у людей со сниженной гибкостью. Это *ложнопозитивный симптом Ласега*.

С другой стороны, при ущемлении нервного корешка в межпозвоночном отверстии или если он должен вытягиваться дополнительно из-за выпу-

клости грыжи диска, **любое его растяжение будет болезненным при медленном подъеме нижней конечности**. Это **положительный симптом Ласега**, который обычно очевиден при подъеме ноги менее чем на 60°. Фактически по достижении 60° сгибания симптом Ласега не достоверен, так как седалищный нерв **максимально растягивается при сгибании под 60°**.

Следовательно, боль может вызываться при сгибании на 10°, 15°, 20°, что позволяет судить о симптоме Ласега и даже давать **количественную характеристику**.

И вот что заслуживает внимания. Во время усиленного поднятия нижней конечности с выпрямленным коленом **сила тяги, действующая на нервный корешок**, может достигать **3 кг**. Устойчивость нерва к растяжению в этой ситуации достигает 3,2 кг. Следовательно, если корешок ущемлен или относительно укорочен пролапсом, **грубая манипуляция с ногой может привести к разрыву некоторых аксонов**, что в результате может вызвать **паралич**. Он обычно непродолжителен, но *может просуществовать и долгое время*. Следовательно, нужно соблюдать предосторожности:

- с одной стороны, симптом Ласега нужно вызывать осторожно и сразу остановиться при появлении боли;
- с другой стороны, никогда нельзя вызывать симптом Ласега под действием общей анестезии, при отсутствии защитного болевого рефлекса. Это может произойти, если у пациента, лежащего на операционном столе, произошло сгибание бедра с разогнутым коленом. Хирург должен всегда персонально располагать пациента на столе и быть уверенным, что сгибание бедра сочетается со сгибанием колена, что расслабляет седалищный нерв и ущемленный корешок.

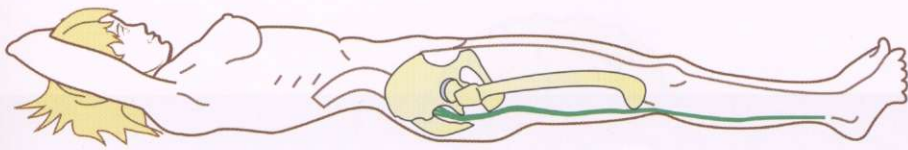


Рис. 101

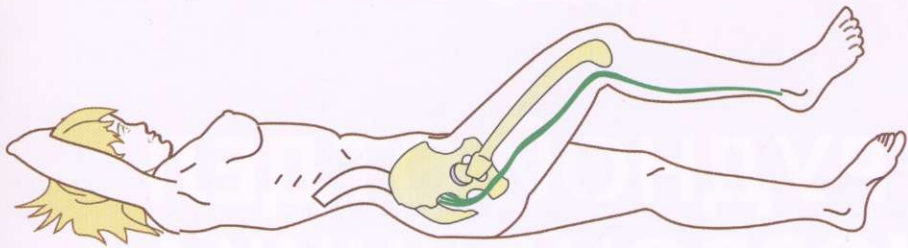


Рис. 102

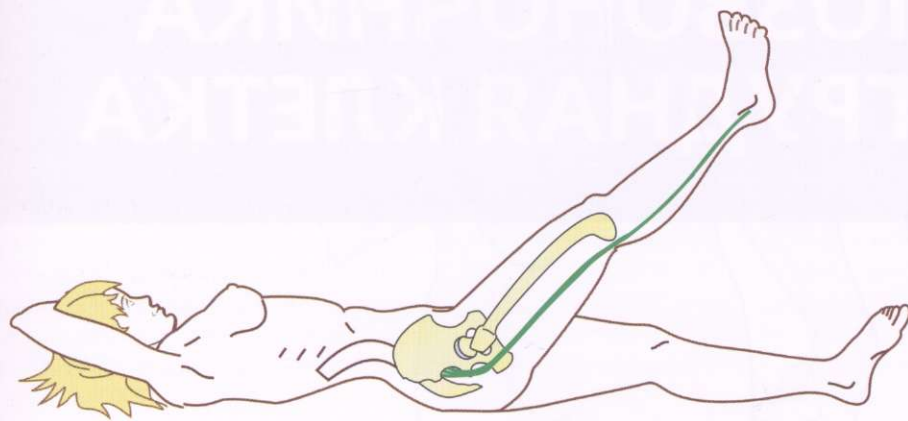


Рис. 103

Рис. 100

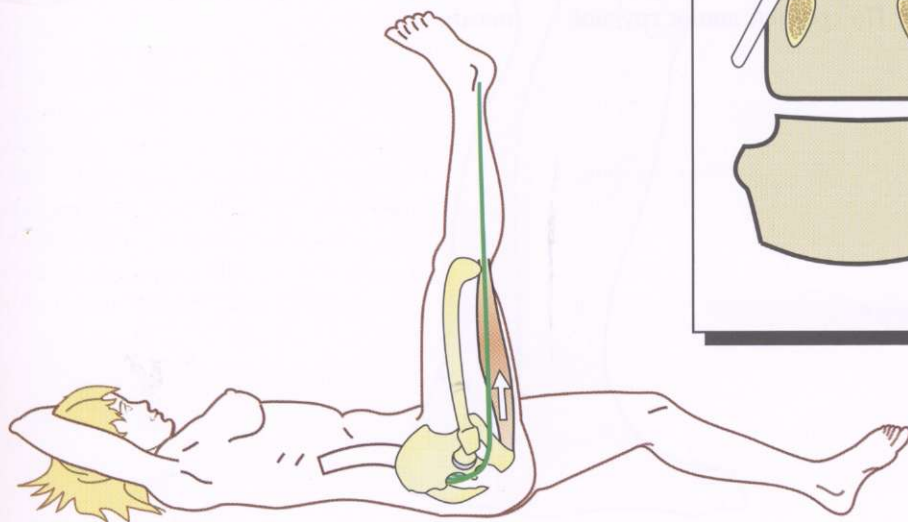
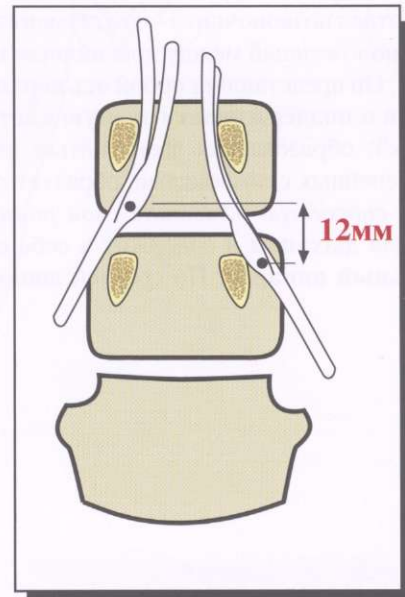


Рис. 104

Глава 4

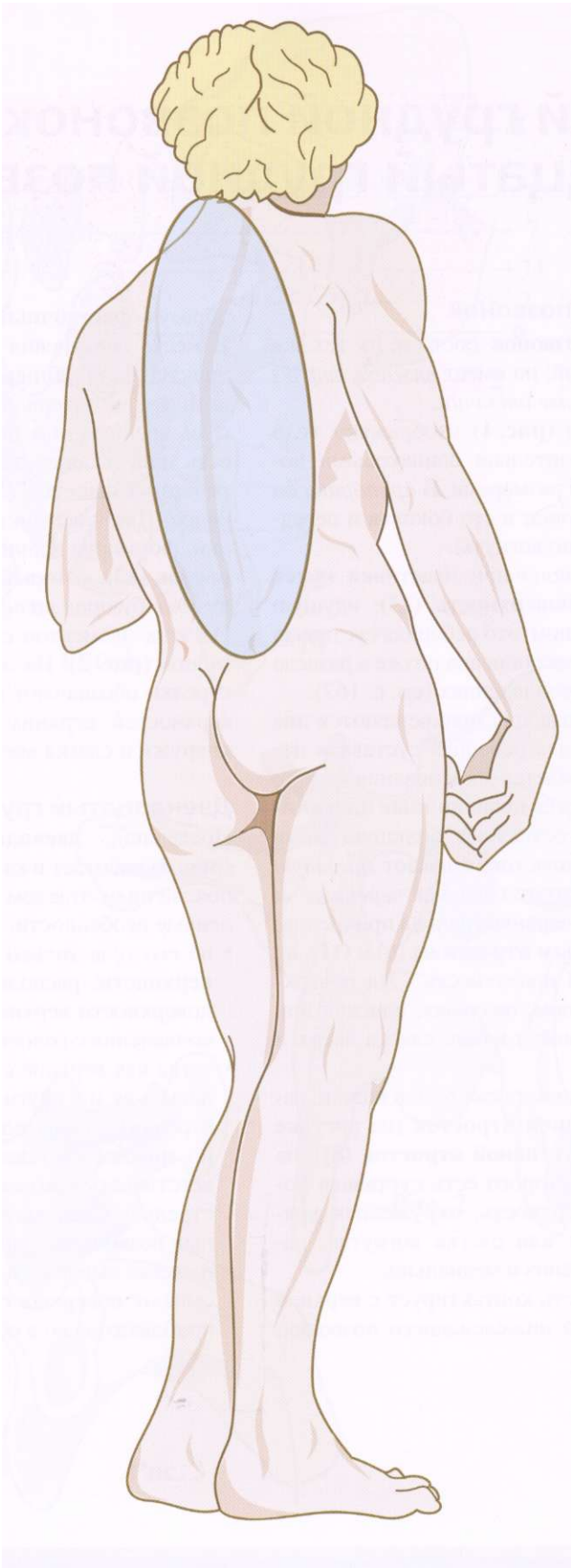
ГРУДНОЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА И ГРУДНАЯ КЛЕТКА

Грудной отдел позвоночника - это сегмент позвоночника, расположенный между поясничным и шейным отделами. Он представляет собой **ось верхней части туловища** и **поддерживает грудную клетку**. Грудная клетка, образованная двенадцатью парами ребер, сочлененных с позвонками, образует *объемную полость, способную изменять свои размеры*. Она создана для **дыхания** и содержит в себе **сердечно-дыхательный аппарат**. По средней линии грудной

клетки грудной отдел позвоночника поддерживает **плечевой (лопаточный) пояс**, к которому прикрепляются **верхние конечности**.

Несмотря на свой внешний вид, грудной отдел позвоночника **намного более подвижен при вращении**, чем поясничный отдел. Он **намного меньше подвергается нагрузкам**, и его патология связана непосредственно с приобретенными повреждениями.





Типичный грудной позвонок и двенадцатый грудной позвонок

Типичный грудной позвонок

Типичный грудной позвонок состоит из тех же частей, что и поясничный, но имеет *важные структурные и функциональные отличия*.

На разобранной модели (рис. 1) изображено **тело позвонка (1)** с приблизительно одинаковыми поперечным и продольным размерами. В пропорции он выше поясничного позвонка и его боковая и передняя поверхности довольно вогнуты.

Заднебоковой угол позвоночной пластинки имеет **овальную суставную поверхность (13)**, идущую косо и окруженную хрящом; это реберная суставная поверхность, которая будет описана позже в разделе о реберно-позвоноковых сочленениях (см. с. 162).

Сзади и сбоку к телу позвонка прикрепляются **две ножки (2) и (3)**, и верхняя реберная суставная поверхность часто продолжается до основания ножки. Сзади от ножек начинаются **позвоночные пластинки (4) и (5)**, которые составляют большую часть позвонковой дуги. Эти пластинки имеют *большую высоту, чем ширину*, и стоят косо, как *черепица на крыше*, около ножек их верхняя граница прикрепляется к **верхним суставным отросткам (6) и (11)**, на которых есть суставная поверхность. Эта поверхность, окруженная хрящом, овальная, плоская или слегка выпуклая, направлена назад, слегка вверх и слегка латерально.

На нижнем краю пластинки, также около ножки, находится **нижний суставной отросток** (на рисунке виден только **правый суставной отросток (8)**), на передней поверхности которого есть суставная поверхность (7). Эта поверхность, окруженная хрящом, овальная, плоская или слегка вогнутая, направлена вперед, слегка вниз и медиально.

Эта суставная поверхность контактирует с верхней суставной поверхностью нижележащего позвонка,

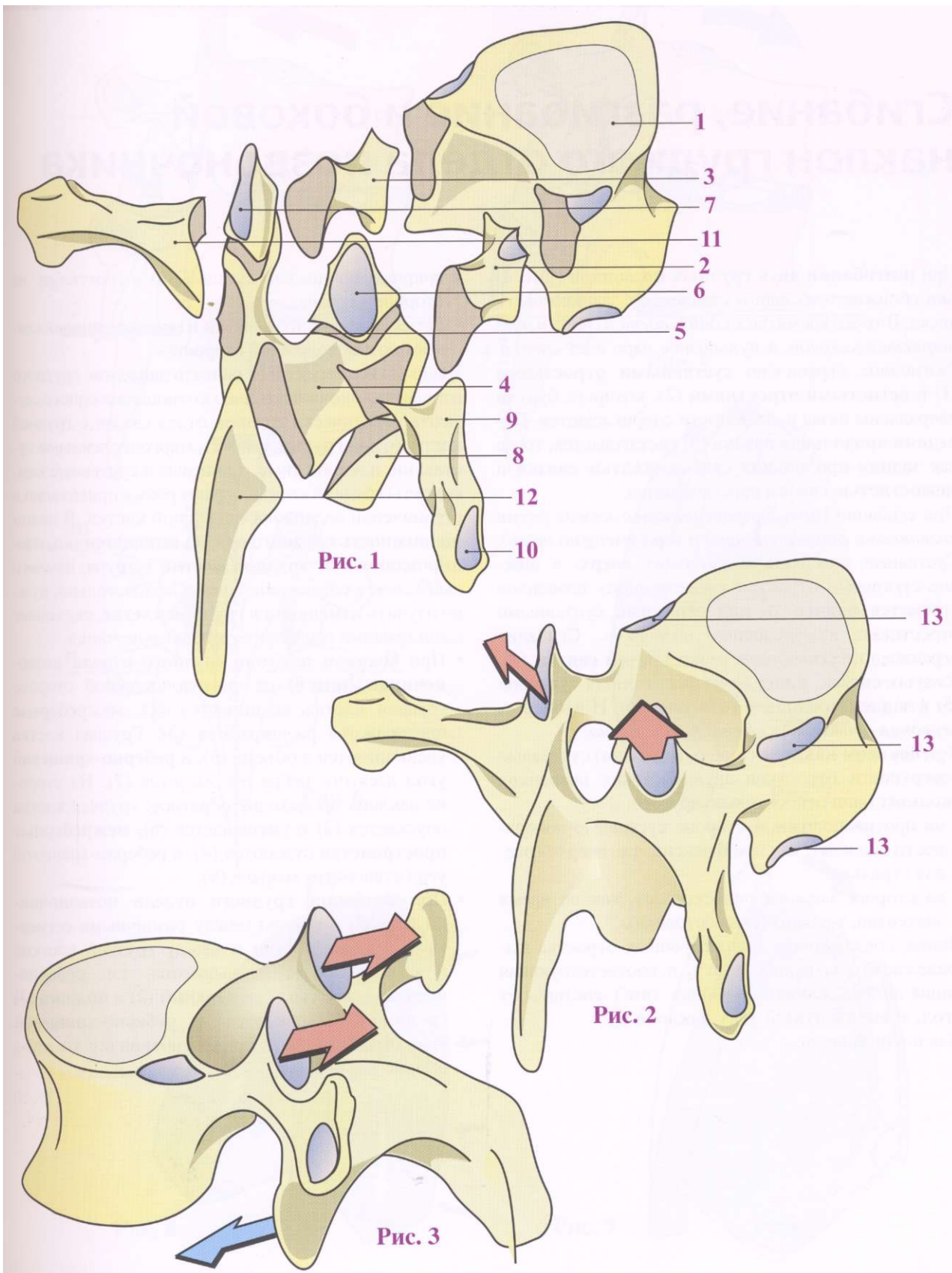
образуя **фасеточный (дугоотростчатый) сустав**. В месте соединения пластинки и ножки позвонка прикрепляется **поперечный отросток (9) и (11)**, направленный латерально и слегка назад. У него округлая вершина, на передней поверхности которой есть маленькая суставная поверхность, называемая **реберная фасетка (10)**, соответствующая бугорку ребра. Две пластинки соединяются по средней линии, формируя длинный и массивный **остистый отросток (12)**, который направлен вниз и назад и имеет *один бугорок на верхушке*.

Из этих элементов состоит типичный грудной позвонок (рис. 2). На этом изображении две красные стрелки обозначают направленность суставных поверхностей верхних суставных отростков кзади, кнаружи и слегка вверх.

Двенадцатый грудной позвонок

Последний, **двенадцатый, грудной позвонок (рис. 3)** работает в качестве моста между грудным и поясничным отделом позвоночника и имеет определенные особенности:

- на его теле только две **реберные суставные поверхности**, расположенные на заднелатеральной поверхности верхней позвоночной пластинки для сочленения с головкой двенадцатого ребра;
- тогда как верхние суставные поверхности направлены, как и у других грудных позвонков (красные стрелки), - назад, слегка вверх и немного латерально, нижние суставные поверхности должны соответствовать таковым в поясничном отделе (синяя стрелка). Следовательно, так же, как и у поясничных позвонков, они направлены кнаружи и вперед и слегка выпуклы в поперечном направлении, описывают поверхность цилиндра, с осью, лежащей приблизительно в основании остистого отростка.



Сгибание, разгибание и боковой наклон грудного отдела позвоночника

При **разгибании** двух грудных позвонков (рис. 4) они сближаются сзади и сдавливают заднюю часть диска. В то же время *диск сдавливается сзади и расширяется спереди*, и пульпозное ядро идет *вперед*. Разгибание ограничено **суставными отростками (1) и остистыми отростками (2)**, которые, будучи направлены назад и вниз, почти соприкасаются. **Передняя продольная связка (3)** растягивается, тогда как **задняя продольная связка, желтые связки и межостистые связки** расслабляются.

При сгибании (рис. 5) *пространство между двумя позвонками открыто назад* и ядро смещено *назад*. Суставные поверхности **скользят вверх**, а нижние суставные отростки вышележащих позвонков стремятся **нависнуть над верхними** суставными отростками нижележащих позвонков. Сгибание ограничено **натяжением межостистой связки (4), желтых связок, капсулами фасеточных суставов (5) и задней продольной связкой (6)**. И наоборот, *передняя продольная связка расслаблена*.

При **боковом наклоне** (рис. 6, вид сзади) суставные поверхности отростков двух соседних позвонков **скользят** один относительно другого:

- на противоположной стороне суставные поверхности скользят, как при флексии, т.е. **вверх** (красная стрелка);
- на стороне наклона они скользят, как во время экстензии, т.е. **вниз** (синяя стрелка).

Линия, соединяющая два поперечных отростка вышележащего позвонка (mm'), и соответствующая линия нижележащего позвонка (pp') составляют **угол, эквивалентный углу наклона (i)**.

Наклон ограничен:

- соприкасающимися суставными отростками на стороне наклона;
- натяжением желтой связки и межпоперечных связок противоположной стороны.

Было бы некорректным описать движение грудного отдела позвоночника только в отношении одного сегмента. Фактически грудной отдел связан с грудной клеткой, или **грудью (рис. 7)**, многочисленными суставами, и все костные, хрящевые и суставные компоненты грудной клетки играют роль в ориентации и ограничении подвижности грудной клетки. В целом **подвижность грудного отдела позвоночника, изолированного от грудной клетки у трупа**, намного выше, чем в соединении с ней. Следовательно, нужно изучить **изменения в грудной клетке**, связанные с движениями грудного отдела позвоночника.

- При **боковом наклоне грудного отдела позвоночника (рис. 8)** на противоположной стороне грудная клетка поднимается (1), межреберные пространства расширяются (3). Грудная клетка увеличивается в объеме (5), и **реберно-хрящевой угол** десятого ребра открывается (7). На стороне наклона происходит обратное: грудная клетка опускается (2) и уменьшается (6), **межреберные пространства сужаются (4)**, а **реберно-хрящевой угол** становится меньше (8).
- При **сгибании грудного отдела позвоночника (рис. 9)** все углы между различными сегментами грудной клетки и между грудной клеткой и позвоночником открываются, т.е. **реберно-позвонковый угол (1), верхний (2) и нижний (3) грудино-реберные углы** и **реберно-хрящевой угол (4)**. И наоборот, при разгибании все эти углы становятся меньше.

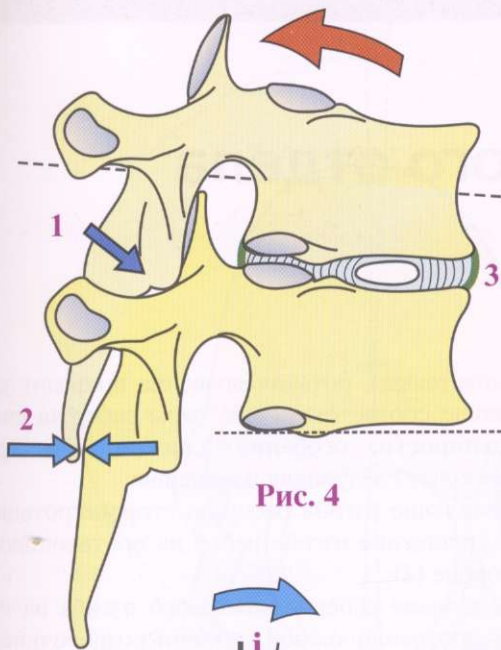


Рис. 4

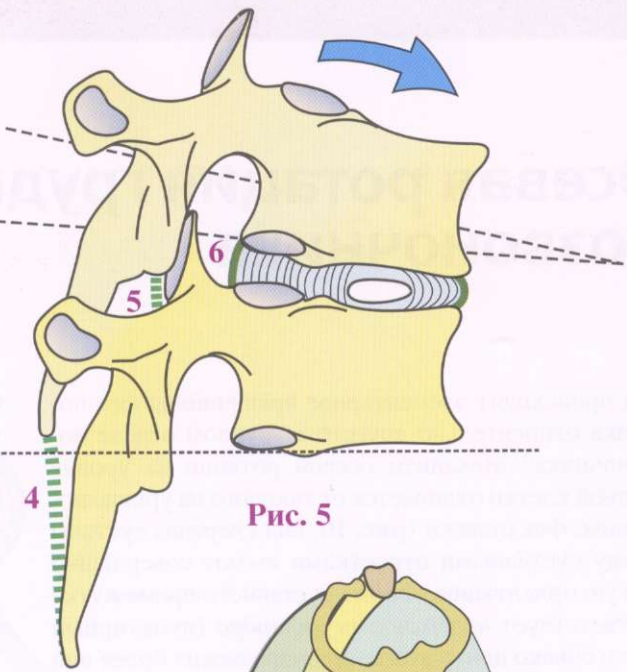


Рис. 5

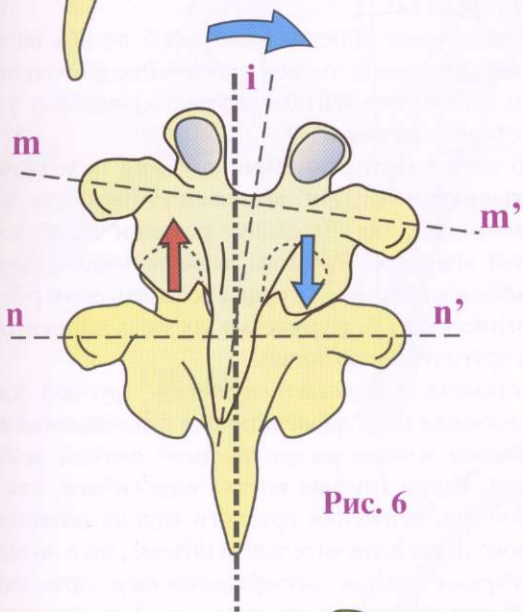


Рис. 6

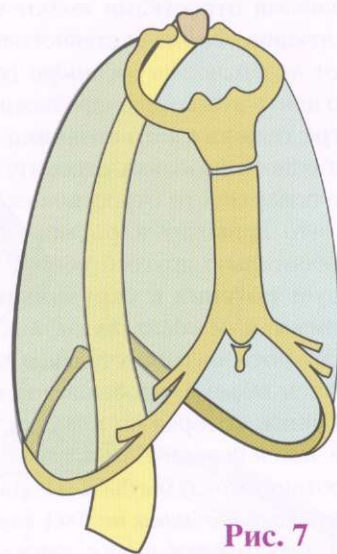


Рис. 7

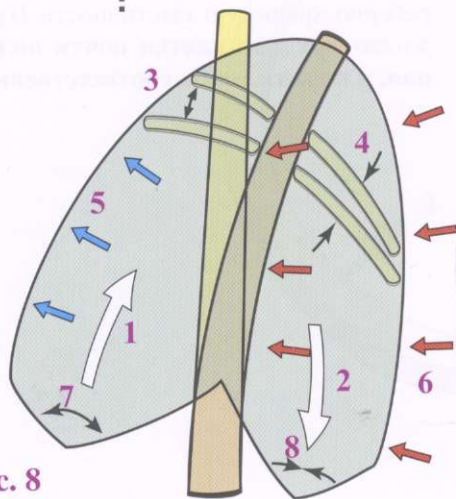


Рис. 8

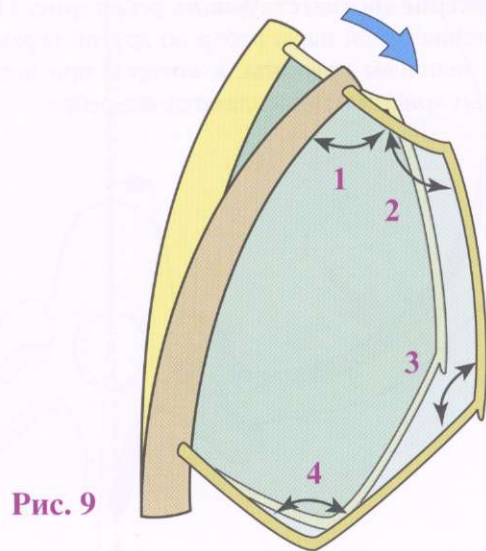


Рис. 9

Осевая ротация грудного отдела позвоночника

Как происходит элементарное вращение одного позвонка относительно другого в грудном отделе позвоночника? Механизм осевой ротации на уровне грудной клетки отличается от такового на уровне поясницы. Фактически (рис. 10, вид спереди) суставы между суставными отростками имеют совершенно другую ориентацию. Форма суставного промежутка соответствует *поверхности цилиндра* (пунктирный круг), однако центр этого цилиндра лежит более или менее в **центре тела каждого позвонка (О)**.

При ротации одного позвонка относительно другого суставные поверхности отростков скользят один по другому, что приводит к ротации одного тела позвонка относительно другого вокруг общей оси. За этим следует **ротация и скручивание межпозвоночного диска**, а не *сдвиг диска*, как в поясничном отделе. Эта ротация и скручивание диска происходит в большем объеме, особенно чистая ротация грудного позвонка, которая по крайней мере **в три раза больше**, чем в поясничном отделе.

Однако, эта ротация могла бы быть и *больше, если бы грудной отдел позвоночника не был связан с грудной клеткой*. Фактически любое движение на любом уровне позвоночного столба индуцирует **такое же движение соответствующих ребер** (рис. 11), но скольжение одной пары ребер по другой ограничивается наличием **грудины**, к которой при помощи *реберных хрящей* прикрепляются все ребра.

Следовательно, ротация позвонка приводит к растяжению соответствующей пары ребер **за счет их эластичности, особенно эластичности хряща**. Происходят следующие изменения:

- увеличение изгиба ребер на стороне ротации (1) и уплощение изгиба ребер на противоположной стороне (2);
- увеличение реберно-хрящевого изгиба на стороне, противоположной ротации позвоночника (3), и уплощение изгиба реберно-хрящевого угла на стороне ротации (4).

Во время этого движения **грудина находится под воздействием сдвигающих сил** и переходит в косое положение, как бы следуя ротации тел позвонков. Этот «перекос» грудины *очень невелик и не проявляется клинически*; трудно показать его и рентгенологически из-за наложения костных элементов друг на друга (суперпозиция).

Механическая резистентность грудной клетки, следовательно, играет роль в существенном ограничении подвижности грудного отдела позвоночника. Когда грудная клетка еще гибкая, как в *молодости*, движения грудного отдела позвоночника происходят в значительном объеме, но с *возрастом реберные хрящи оссифицируются*, что снижает реберно-хрящевую эластичность. В результате у пожилых **грудная клетка почти полностью ригидная, и подвижность, соответственно, ограничена**.

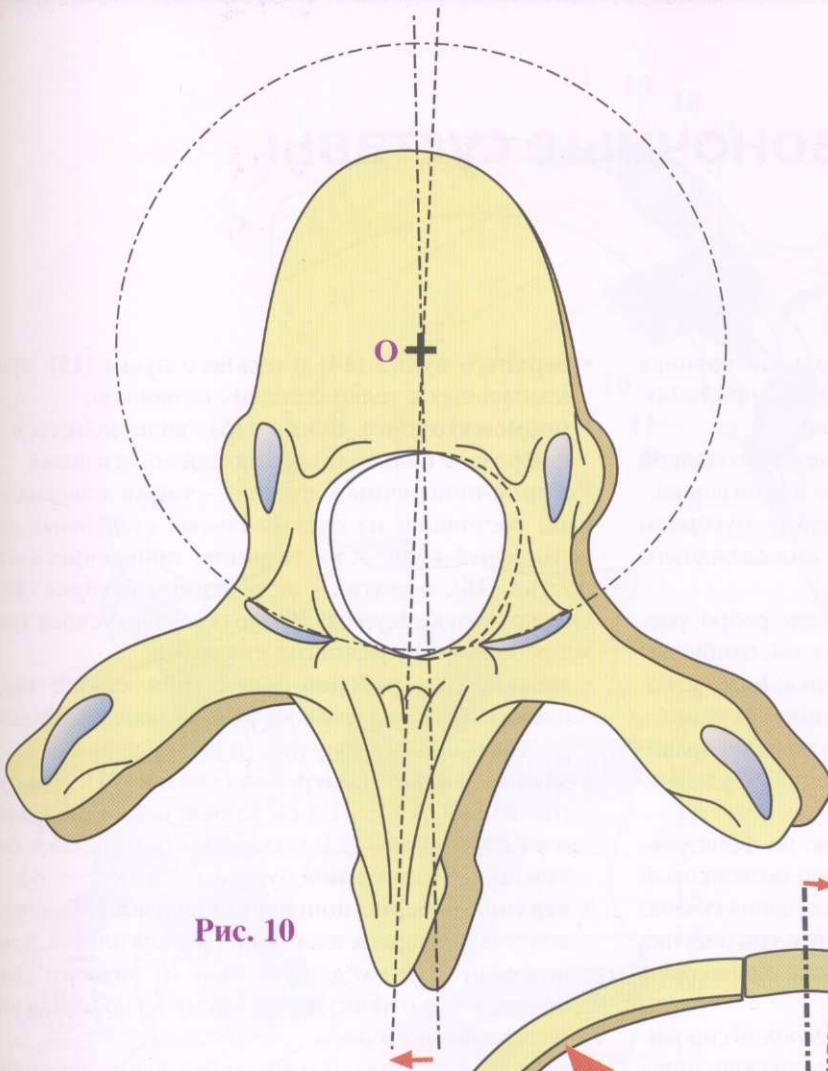


Рис. 10

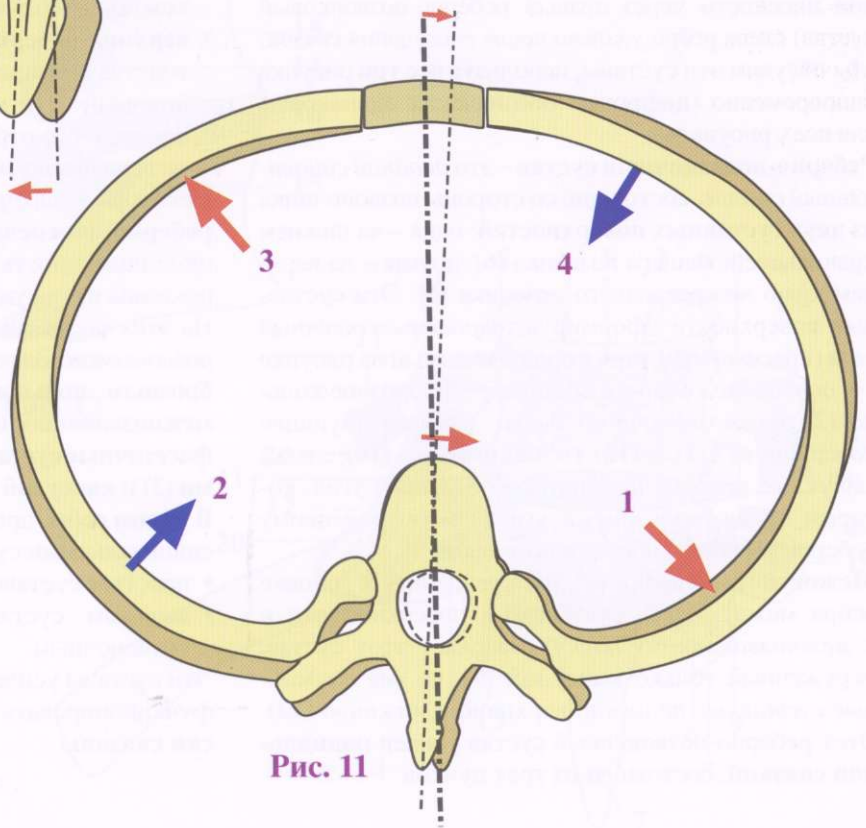


Рис. 11

Реберно-позвоночные суставы

На каждом уровне грудного отдела позвоночника пара ребер сочленяется с позвоночником при помощи **двух суставов с каждой стороны:**

- **реберно-позвоночного сустава** между головкой ребра, межпозвоночным диском, телом позвонка;
- **реберно-поперечного сустава** между бугорком ребра и поперечным отростком нижележащего позвонка.

На **рисунке 12** (вид сбоку) удалено одно ребро, рассечены некоторые связки таким образом, чтобы показать суставные поверхности позвонка; нижележащее ребро оставлено на месте со своими связками.

На **рисунке 13** (вид сверху) показана позиция правого ребра, но суставы открыты; левое ребро удалено после рассечения связок.

На **рисунке 14** (вертикальное сечение во фронтальной плоскости через правый реберно-позвоночный сустав) слева ребро удалено после рассечения связок. Мы обсудим эти суставы, используя все три рисунка одновременно (цифровые обозначения одинаковые для всех рисунков).

Реберно-позвоночный сустав - это *двойной синовиальный сустав*, состоящий со стороны позвоночника из **двух суставных поверхностей**: одна - на нижнем краю вышележащего позвонка (6), другая - на верхнем краю нижележащего позвонка (5). Эти суставные поверхности сформируют *пространственный угол* (красный пунктир), хорошо видимый на рисунке 14, *основание* которого составляет фиброзное кольцо (2) *межпозвоночного диска*. Соответствующие поверхности (11) и (12) *головки ребра* (10) слегка выпуклые и также формируют объемный угол, который *точно подходит* к углу, сформированному реберными поверхностями позвонков.

Межостистая связка (8), прикрепленная к головке ребра между двумя суставными поверхностями и к *межпозвоночному диску*, разделяет этот сустав, окруженный только **капсулой** (9), на *две отдельные суставные полости*: верхнюю и нижнюю (13). Этот реберно-позвоночный сустав усилен **радиальной связкой**, состоящей из трех пучков:

- **верхнего пучка** (14) и **нижнего пучка** (15), прикрепленных к телам соседних позвонков;
- **промежуточного пучка** (16), вплетающегося в фиброзное кольцо (2) межпозвоночного диска.

Реберно-поперечный сустав - также синовиальный, состоящий из *двух овальных суставных поверхностей*, одна - на **вершине поперечного отростка** (18), и другая - на **реберном бугорке** (19). Он окружен **капсулой** (20), но особенно усилен **тремя реберно-поперечными связками**:

- **межкостная реберно-поперечная связка** (23), очень короткая и мощная, идет от поперечного отростка к задней поверхности шейки ребра;
- **задняя реберно-поперечная связка** (21), прямоугольная по форме, 1,5 см длиной и 1 см шириной, идет от вершины (22) поперечного отростка к боковому краю реберной бугристости;
- **верхняя реберно-поперечная связка** (24), очень толстая и мощная, плоская и прямоугольная, 8 мм шириной и 10 мм длиной, идет от нижнего края поперечного отростка к верхнему краю шейки нижележащего ребра.

Некоторые авторы также описывают **нижнюю реберно-поперечную связку**, занимающую нижнюю поверхность реберно-поперечного сустава (не показана на рисунках).

На этих рисунках также можно видеть детали *межпозвоночного диска* с **пульпозным ядром** (1) и **фиброзным кольцом** (2); **позвоночный канал** (С), **межпозвоночное отверстие** (F), **ножку позвонка** (P), **фасеточные суставы** с их суставными поверхностями (3) и **капсулой** (4) и **остистый отросток** (7).

В целом ребро прикрепляется к позвоночнику двумя синовиальными суставами:

- простым суставом, реберно-поперечным;
- двойным суставом, более прочным, реберно-позвоночным.

Эти суставы усилены мощными связками и не могут функционировать один без другого: они **механически связаны**.

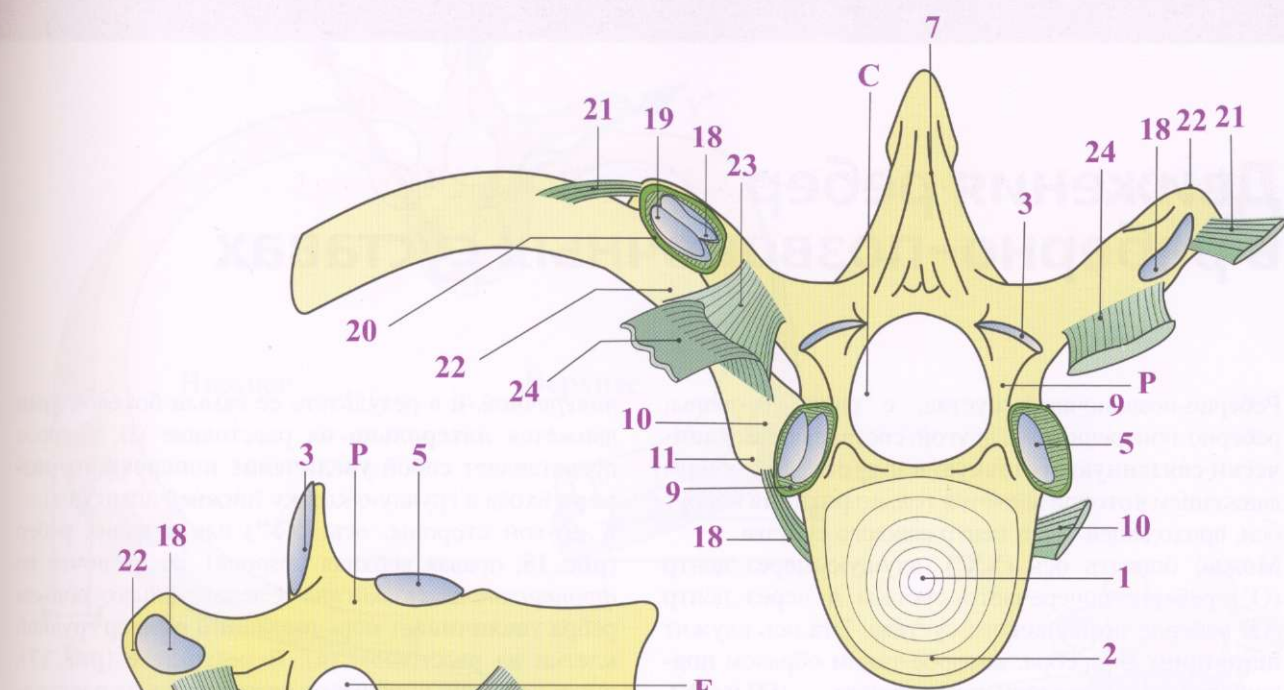


Рис. 13

Рис. 12

Рис. 14

Обозначения одинаковы для всех рисунков

Движения ребер в реберно-позвоночных суставах

Реберно-позвоночный сустав, с одной стороны, реберно-поперечные - с другой, составляют **механически связанную суставную пару (рис. 15)**, общим движением которой является только **ротация** вокруг оси, проходящей через центр каждого сустава.

Можно описать ось (XX'), идущую через центр (O') реберно-поперечного сустава и через центр (O) реберно-позвоночного сустава. Эта ось служит **шарниром** для ребра, которое таким образом **подвешено** к позвоночнику в двух точках — (O) и (O'). Направление этой оси по отношению к сагиттальной плоскости *определяет направление движения* ребра. Для нижних ребер (левая нижняя сторона рисунка) ось (XX') *приближается к сагиттальной плоскости*, и поэтому подъем ребра **увеличивает поперечный размер** грудной клетки (**t**). Фактически, когда ребро вращается вокруг этой оси (O') (**рис. 16**), его наружный край описывает дугу с центром в (O'). Она становится менее косо*й* и *более*

поперечной, и в результате ее самый боковой край движется **латерально** на расстояние (**t**), которое представляет собой **увеличение поперечного размера** входа в грудную клетку (нижней апертуры).

С другой стороны, ось (YY') для верхних ребер (**рис. 15**, правая верхняя сторона) лежит почти во *фронтальной плоскости*. Следовательно, подъем ребра **увеличивает переднезадний размер** грудной клетки на расстояние (**a**). В результате (**рис. 17**), когда передний край ребра поднимается на **расстояние (h)**, оно описывает дугу окружности и смещается вперед на **расстояние (a)**.

Следовательно, при подъеме ребер происходит **увеличение поперечного диаметра в нижней части грудной клетки и переднезаднего размера верхней части**. В средней части грудины, где ось реберно-позвоночных суставов лежит **косо под углом 45°** , увеличение диаметра носит как поперечный характер, так и переднезадний.

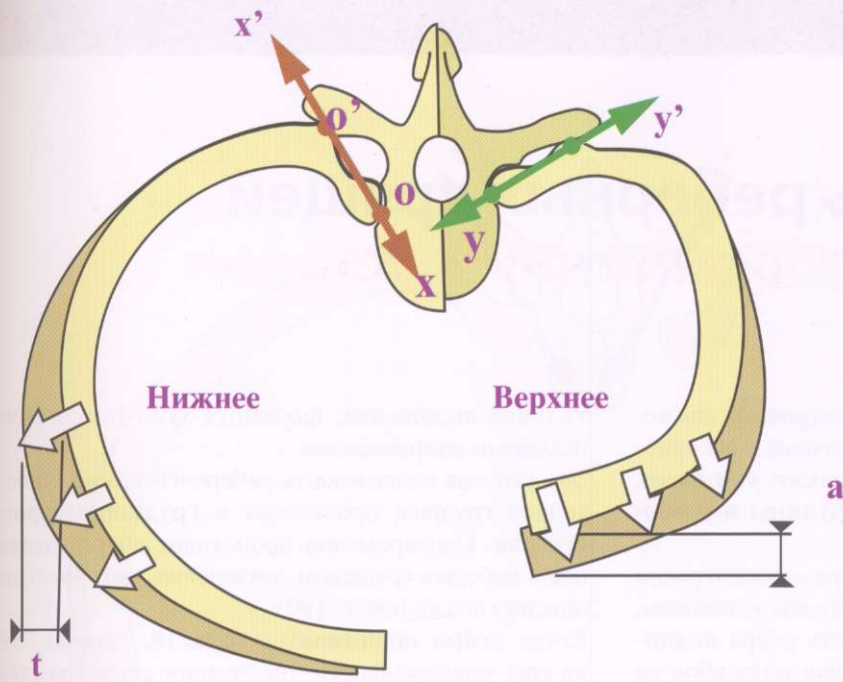


Рис. 15

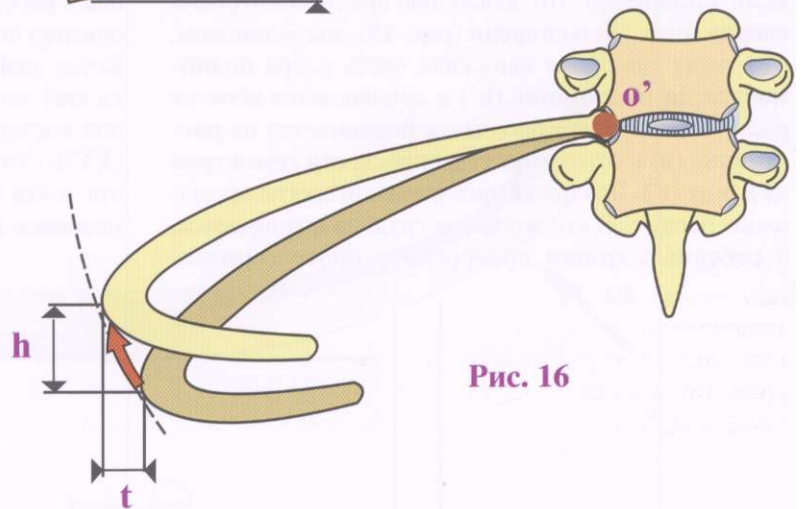


Рис. 16

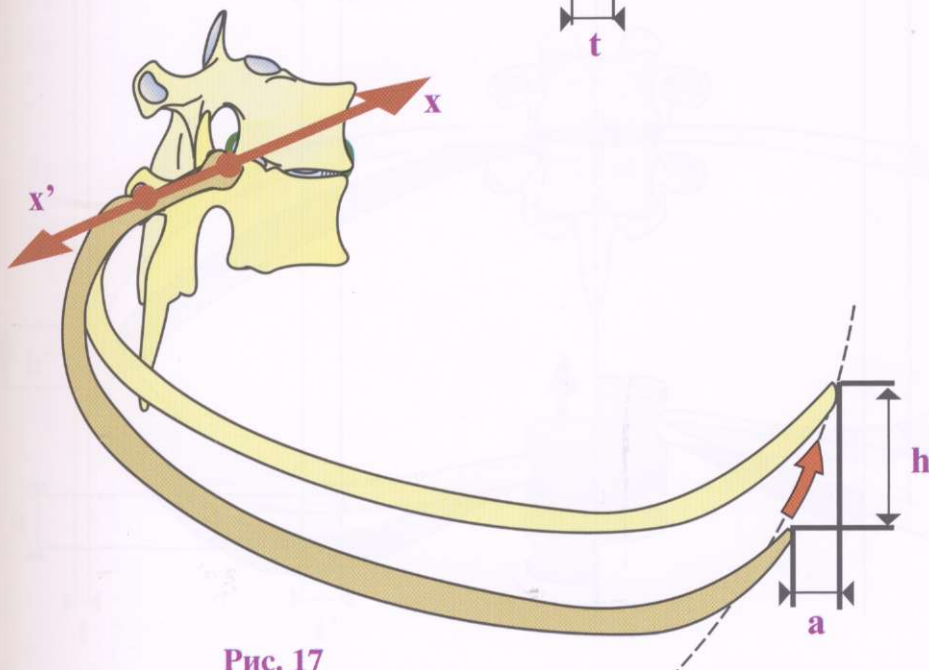


Рис. 17

Подвижность реберных хрящей и грудины

До настоящего момента мы рассматривали движения ребер только в реберно-позвоночных и реберно-поперечных суставах, но нужно также учитывать **движения ребер относительно грудины и реберных хрящей.**

Если сравнивать эти движения при рассмотрении **сверху (рис. 18) и спереди (рис. 19)**, мы установим, что тогда как самая наружная часть ребра **поднимается на расстояние (h')** и отодвигается вбок на расстояние (**t**), передняя часть поднимается на **расстояние (h)** и отодвигается от плоскости симметрии на длину (**t'**). Два последних значения слегка превышают первые. В это же время грудина поднимается, а **реберные хрящи** приобретают **более горизон-**

тальное положение, формируя **угол (а)** со своим исходным направлением.

Эта угловая подвижность реберного хряща относительно грудины происходит в **грудино-реберном суставе**. Одновременно происходит другое движение в реберно-хрящевом сочленении, которое будет описано позже (см. с. 190).

Когда **ребро поднимается (рис. 18, справа)**, точка (**ш**) максимального увеличения диаметра грудной клетки - это точка, наиболее удаленная от оси (**YY'**)- Этот геометрический факт показывает, как эта точка меняет положение от ребра к ребру с изменением косо́го положения их осей (**XX'**).

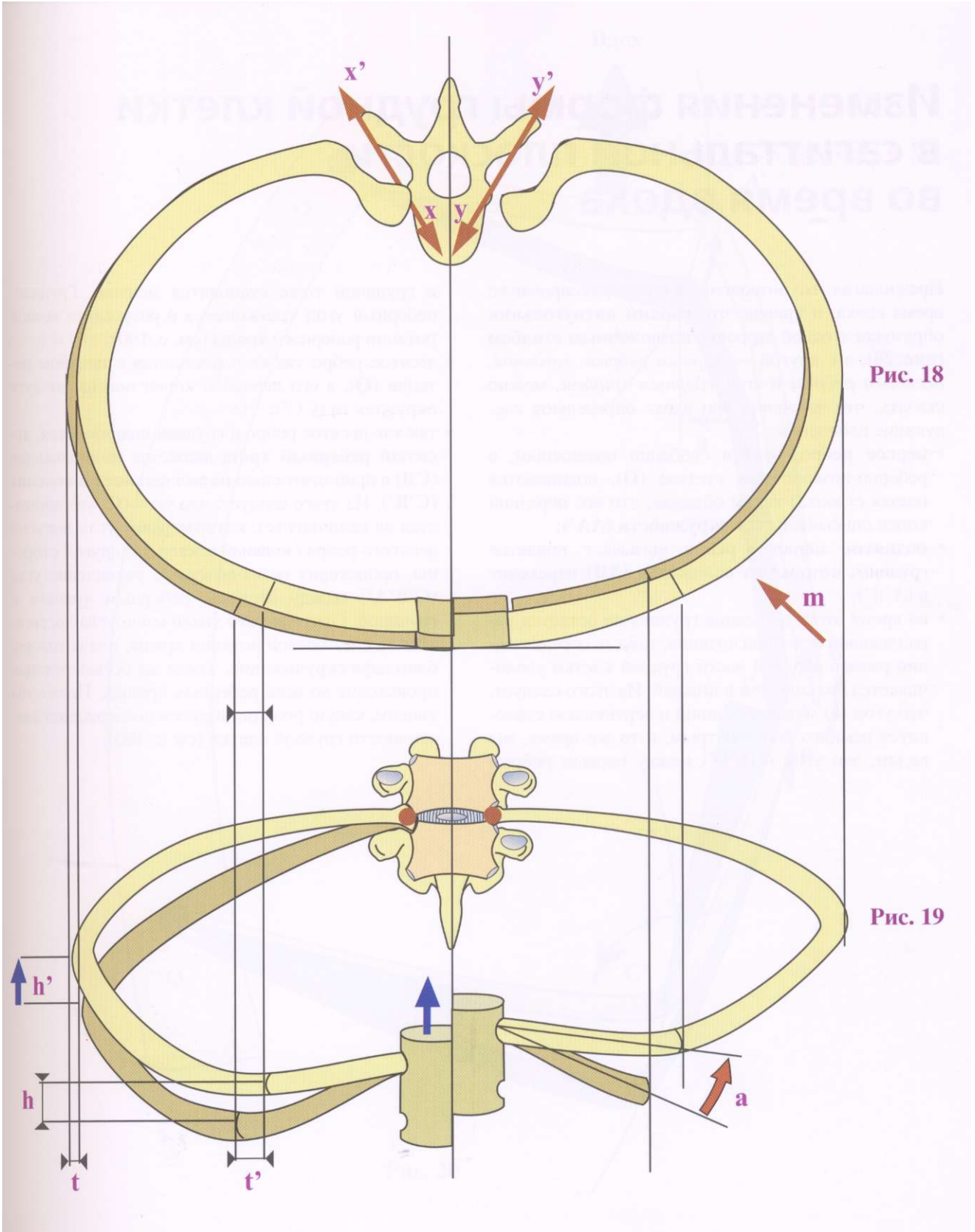


Рис. 18

Рис. 19

Изменения формы грудной клетки в сагиттальной плоскости во время вдоха

Предполагая, что позвоночный столб фиксирован во время вдоха, и приняв, что **гибкий пятиугольник** образован, с одной стороны, **позвоночным столбом** (рис. 20), а с другой — *первым ребром, грудиной, десятым ребром* и его *реберным хрящом*, можно сказать, что движения при вдохе определяют следующие изменения:

- **первое ребро**, будучи свободно подвижным, в реберно-позвоночном суставе (O), поднимается (синяя стрелка) таким образом, что его передний конец описывает дугу **окружности** (AA');
- **поднятие первого ребра** вызывает поднятие грудины, которая из положения (AB) переходит в (A'B');
- во время этого движения грудина не остается параллельной исходной позиции, так как переднезадний размер верхней части грудной клетки увеличивается больше, чем в нижней. Из этого следует, что угол (a) между грудиной и вертикалью становится немного более острым, в то же время, мы видим, что угол (OA'B') между первым ребром

и грудиной тоже становится меньше. Грудно-реберный угол уменьшается в результате осевой ротации реберного хряща (см. с. 190);

- десятое ребро также поднимается с центром ротации (Q), а его передний конец описывает дугу окружности (CC');
- так как десятое ребро и грудина поднимаются, **десятый реберный хрящ** движется из положения (CB) в приблизительно **параллельное положение** (C'B'). Из этого следует, что угол (C) увеличивается на величину (c), которая равна углу подъема десятого ребра (зеленый сектор). С другой стороны, происходит незначительное увеличение угла (C'B'A') между десятым реберным хрящом и грудиной. Опять же это увеличение угла достигается за счет осевой ротации хряща, иначе говоря, благодаря скручиванию. Такая же осевая ротация происходит во всех реберных хрящах. Позже мы увидим, какую роль он играет в поддержании эластичности грудной клетки (см. с. 190).

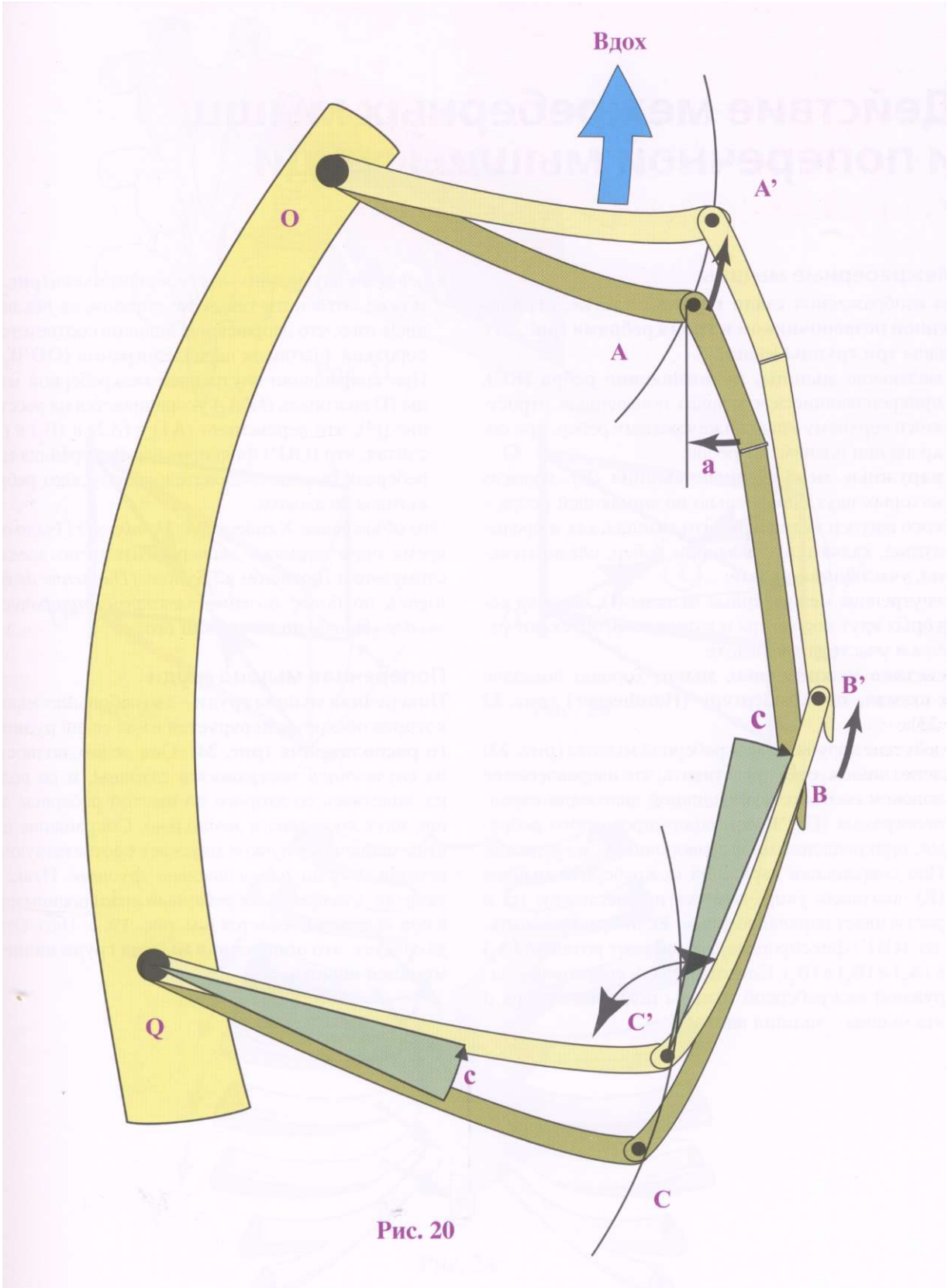


Рис. 20

Действие межреберных мышц и поперечной мышцы груди

Межреберные мышцы

На изображенной сзади грудной клетке, ограниченной позвоночником и тремя ребрами (рис. 21), видны три группы мышц:

- **маленькие мышцы, поднимающие ребра (EC)**, прикрепляющиеся к концам поперечных отростков и верхнему краю нижележащих ребер, при сокращении поднимают ребра;
- **наружные межреберные мышцы (E)**, волокна которых идут параллельно поднимающей ребра - косо вверх и медиально. Эти мышцы, как и предыдущие, являются элеватором ребер, следовательно, участвуют во вдохе;
- **внутренние межреберные мышцы (I)**, волокна которых идут косо вверх и латерально, опускают ребра и участвуют в выдохе.

Действие межреберных мышц хорошо показано на схемах, по Хамбергеру (Hamberger) (рис. 22 и 23):

- действие наружной межреберной мышцы (рис. 22) легко понять, если представить, что направление ее волокон соответствует длинной диагонали параллелограмма (OO'V₁A₁), сформированного ребрами, прикрепленными к позвоночнику, и грудиной. При сокращении наружной межреберной мышцы (E) диагональ укорачивается на расстояние (г) и растягивает параллелограмм. Если предположить, что ((O)') фиксирована, это вызовет ротацию (A₁) в (A₁) и (B₁) в (B₂). Следовательно, сокращение наружной межреберной мышцы поднимает ребра и эта мышца - **мышца вдоха**;

- действие внутренних межреберных мышц (рис. 23) можно объяснить таким же образом, за исключением того, что направление волокон соответствует короткой диагонали параллелограмма (OO'V[^]). При сокращении внутренней межреберной мышцы (I) диагональ (O'A₁) укорачивается на расстояние (г'), что перемещает (A₁) в (A₂) и (I₁) в (B₂), считая, что (OO') фиксирована. Внутренняя межреберная мышца, следовательно, опускает ребра и активна на выдохе.

Это объяснение Хамбергера (Hamberger) было одно время опротестовано экспериментами по электростимуляции Дюшаном де Булонь (Duchenne de Boulogne), но более поздние электромиографические эксперименты подтвердили его.

Поперечная мышца груди

Поперечная мышца груди - это небольшая мышца, которая обычно игнорируется из-за ее **загрудинного расположения** (рис. 24). Она лежит полностью на *внутренней поверхности грудины*, и ее волокна, вплетаясь со второго по шестой реберные хрящи, идут *косо вниз и медиально*. Сокращение пяти этих мышечных пучков опускает соответствующий реберный хрящ *относительно грудины*. Итак, мы увидели, что при вдохе реберный хрящ поднимается, а при выдохе опускается (см. рис. 19, с. 166). Отсюда следует, что **поперечная мышца груди является мышцей выдоха**.

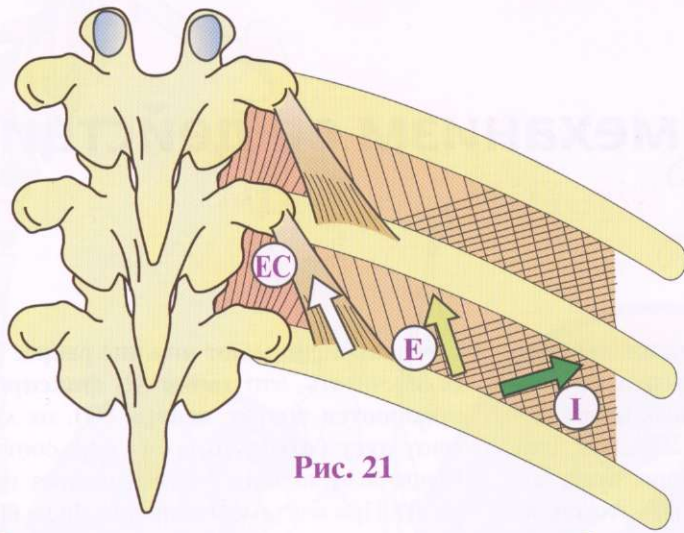


Рис. 21

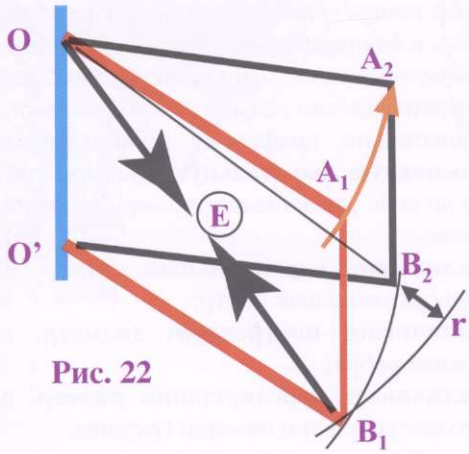


Рис. 22

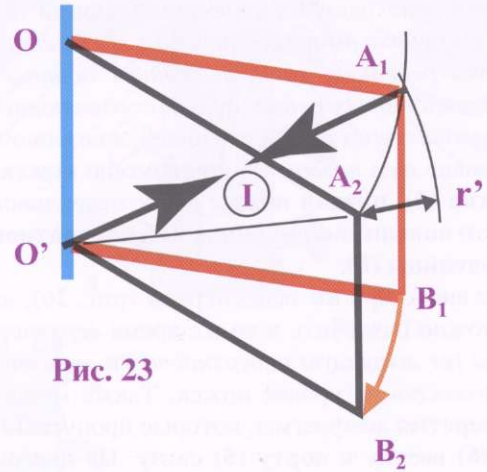


Рис. 23

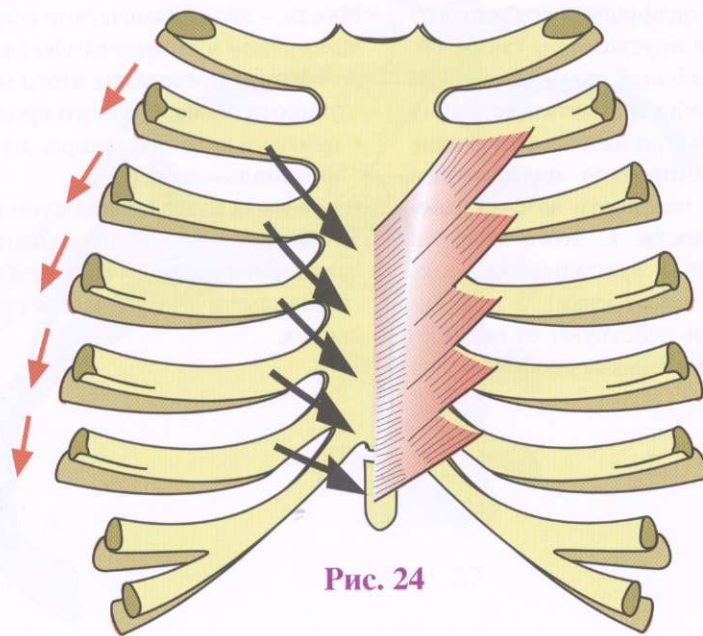


Рис. 24

Диафрагма и механизм ее действия

Диафрагма образует **мышечно-сухожильный купол**, закрывающий нижнюю апертуру грудной клетки и *отделяющий грудную полость от брюшной*.

Сбоку видно, что этот купол (**рис. 25**) сзади опускается ниже, чем спереди; его вершина представляет собой **сухожильный центр (1)**. Из этого центра радиально расходятся **мышечные волокна (2)**, достигая периферии и прикрепляясь к *внутренней поверхности реберных хрящей, концам одиннадцатых и двенадцатых ребер, дугам, соединяющим концы последних трех ребер*, и наконец, к позвоночнику на уровне *тел позвонков* при помощи **ножек: левая ножка (3), правая ножка (4)**, к медиальной поверхности **поясничной мышцы (7) и квадратной мышцы поясницы (8)**.

Это лучше видно при взгляде **спереди (рис. 26)**, на котором можно различить в то же время *верхушку диафрагмы (ее выпуклую поверхность)* и ее *вогнутую поверхность* на уровне ножек. Также можно видеть **отверстия** диафрагмы, которые пропускают **пищевод (6)** вверху и **аорту (5)** снизу. На данном рисунке не показано отверстие нижней полой вены. Когда мышечные волокна диафрагмы сокращаются, *центральное сухожилие опускается*, таким образом *увеличивая вертикальный размер грудной клетки*. Следовательно, можно сравнить диафрагму с *поршнем*,двигающимся внутри насоса. Опускание диафрагмы тотчас **ограничивается натяжением элементов средостения**, в частности за счет **массы органов брюшной полости**. С этого момента и далее (**рис. 27**) центральная сухожильная часть **фиксируется** (большая белая стрелка), а мышечные волокна, которые теперь действуют от периферии сухожильного центра (маленькая двойная белая

стрелка), **поднимают нижние ребра**. В результате, если считать, что **точка (Р) фиксирована, ребра вращаются вокруг центра (О)**, их концы описывают дугу (**АВ**) в то время, как соответствующие мышечные волокна укорачиваются на расстояние (**А'В'**). При подъеме нижних ребер диафрагма *увеличивает поперечный размер нижней части грудной клетки* и одновременно с помощью грудины *также поднимает верхние ребра*, таким образом *увеличивая переднезадний размер грудной клетки*. Следовательно, диафрагму можно рассматривать как **основную дыхательную мышцу**, так как *она сама по себе увеличивает все три размера грудной клетки*:

- **увеличивает вертикальный размер**, оттягивая вниз сухожильный центр;
- **увеличивает поперечный диаметр**, поднимая нижние ребра;
- **увеличивает переднезадний размер**, поднимая верхние ребра при помощи грудины.

Таким образом, ее **значение в физиологии дыхания очевидно**.

Икота - это *спазмическое сокращение диафрагмы, ритмичное и повторяющееся*. Пока еще не известно точное определение этого процесса, но уже ясно, что икота бывает разного происхождения:

- центрального характера, из-за раздражения диафрагмального нерва;
- или из-за раздражения купола диафрагмы.

Это явление обычно просходит и исчезает в течение некоторого промежутка времени. Длительная икота свидетельствует о сложных терапевтических отклонениях.

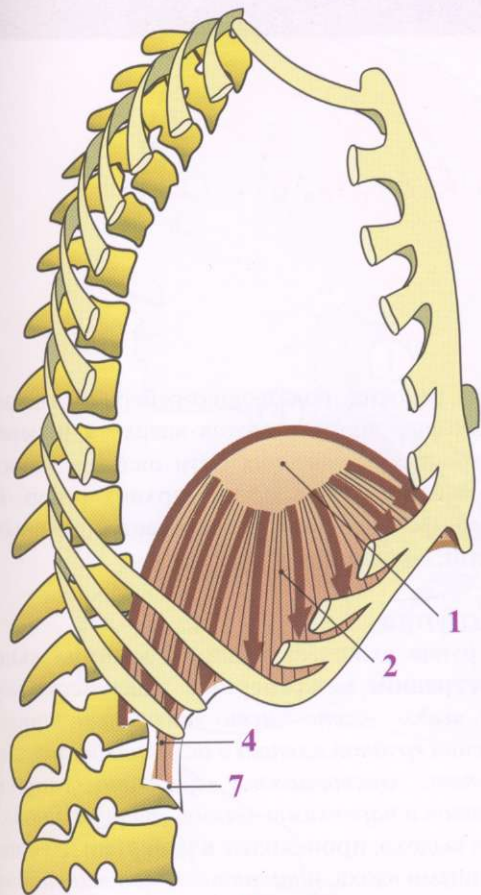


Рис. 25

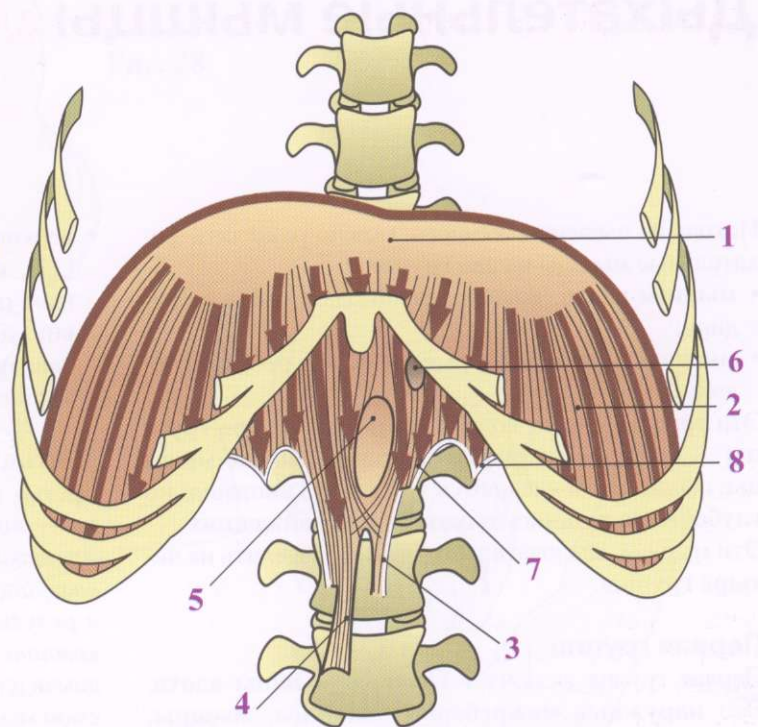


Рис. 26

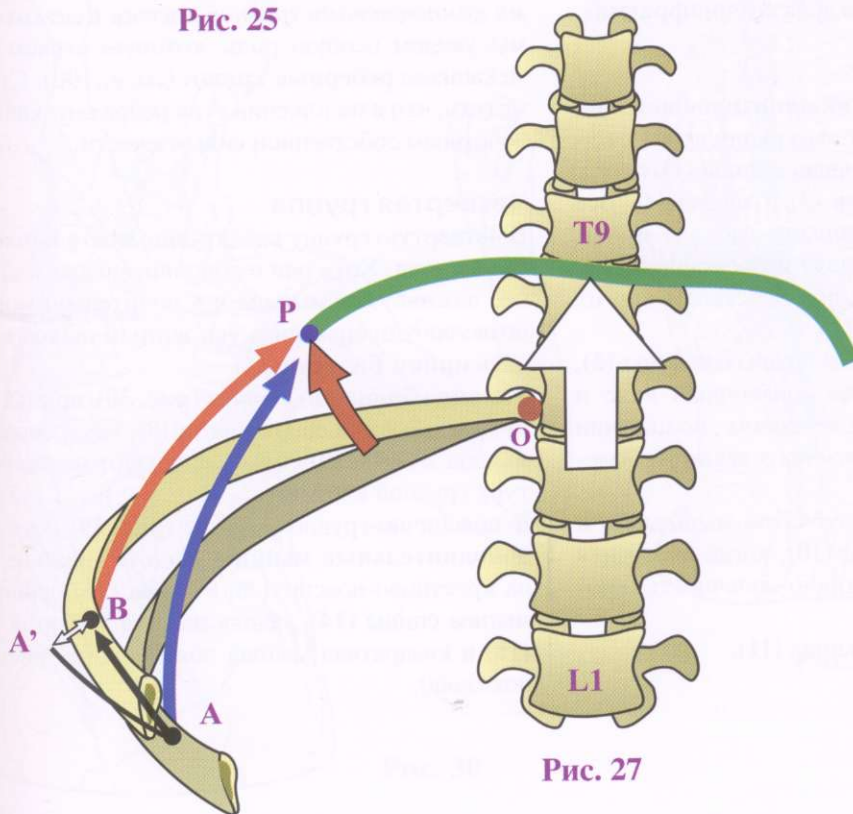


Рис. 27

Дыхательные мышцы

Исходя из вышеизложенного, можно разделить дыхательные мышцы на две группы:

- **мышцы вдоха**, которые поднимают ребра и грудину;
- **мышцы выдоха**, которые опускают ребра и грудину.

Эти группы можно подразделить еще на две группы - **главные мышцы и дополнительные мышцы**, последние вовлекаются только при **анормально глубоких и сильных дыхательных движениях**.

Эти мышцы, следовательно, можно разделить на **четыре группы**.

Первая группа

Первая группа включает **главные мышцы вдоха**. Это **наружные межреберные мышцы, мышцы, поднимающие ребра, и прежде всего диафрагма**.

Вторая группа

Ко второй группе относятся **дополнительные мышцы вдоха (рис. 28, 29, 30)**. В эту группу входят:

- грудино-ключично-сосцевидная мышца (1), передняя лестничная (2), средняя (3) и задняя (4). Все эти мышцы являются мышцами вдоха и имеют точку опоры в шейном отделе позвоночника, который делается ригидным под действием других мышц (рис. 28);
- большая грудная (4) и малая грудная мышцы (5), когда они воздействуют на лопаточный пояс и верхние конечности в отведенном положении (рис. 30, по мотивам «Бронзового века» А. Родена);
- нижние волокна передней зубчатой мышцы (6) и широчайшая мышца спины (10), когда последняя действует (рис. 29) на верхнюю конечность в положении абдукции;
- Верхняя задняя зубчатая мышца (11);

- верхние волокна подвздошно-реберной мышцы (12), которые прикрепляются сверху к поперечным отросткам последних пяти шейных позвонков, а внизу к дугам шести верхних ребер. По направлению волокон она совпадает с длинными мышцами, поднимающими ребра.

Третья группа

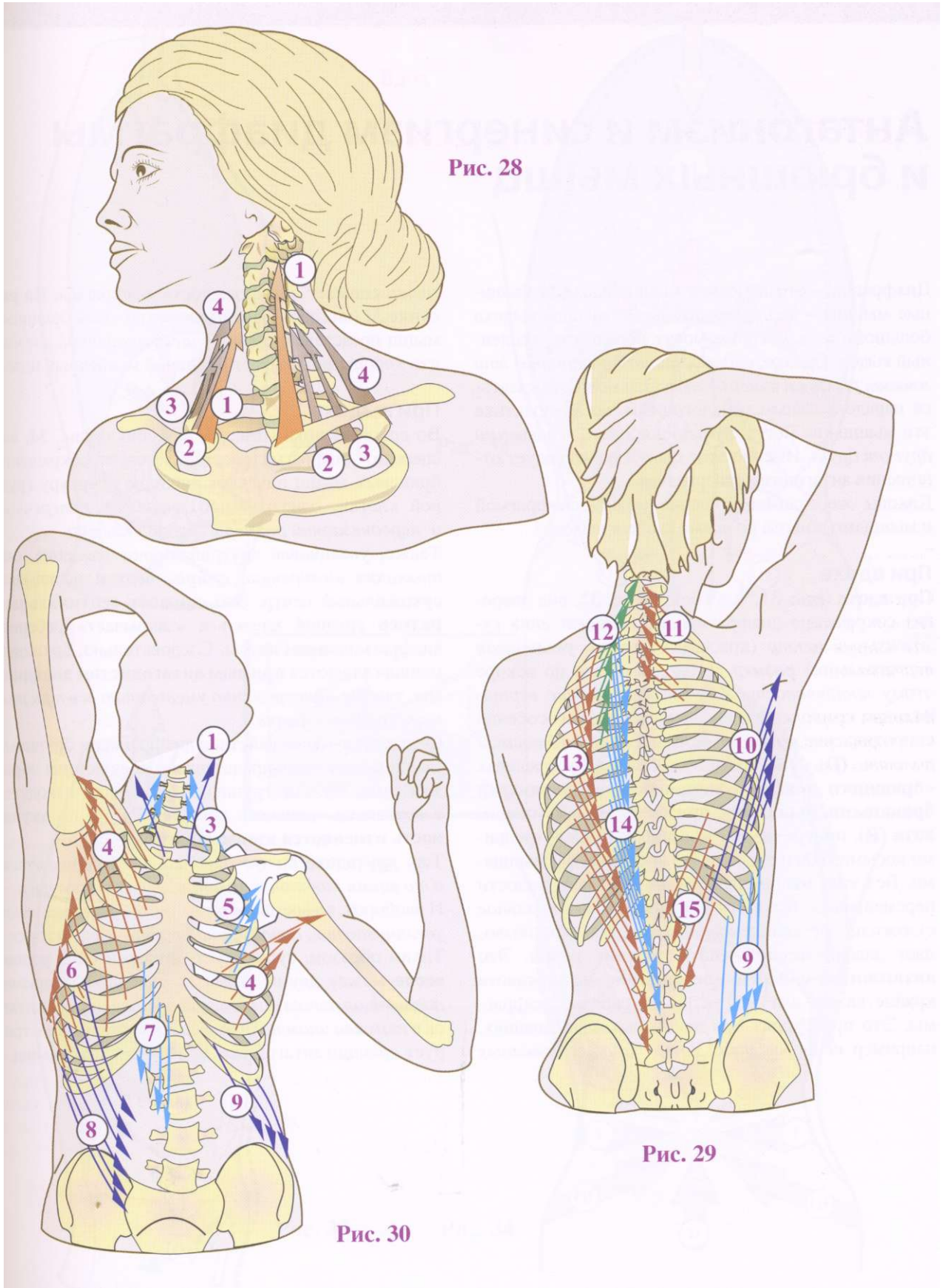
Третья группа включает **главные мышцы выдоха — внутренние межреберные**. Фактически *нормальный выдох - это чисто пассивный процесс возвращения грудной клетки в исходное положение в результате эластичности ее костно-хрящевых компонентов и паренхимы легких*. Энергия, необходимая для выдоха, **происходит из энергии**, развиваемой мышцами вдоха, и *накапливается эластичными компонентами грудной клетки и легких*. Позже мы увидим особую роль, которую играют в этом механизме **реберные хрящи** (см. с. 190). Стоит отметить, что в положении стоя ребра опускаются под действием собственной силы тяжести.

Четвертая группа

В четвертую группу входят **дополнительные мышцы выдоха**. Хотя они и дополнительные, они не менее важны. Эти мышцы исключительно мощные и позволяют производить **усиленный выдох** и проводить **прием Вальсальвы**.

Мышцы брюшной стенки (рис. 30), прямая (7), наружная косая мышца живота (8), внутренняя косая мышца живота (9) сильно опускают нижнюю апертуру грудной клетки.

В пояснично-грудном отделе (рис. 29) есть **другие дополнительные мышцы выдоха**: нижние волокна крестцово-поясничной мышцы (13), длиннейшая мышца спины (14), задняя нижняя зубчатая мышца (15) и квадратная мышца поясницы (на рисунке не показана).



Антагонизм и синергизм диафрагмы и брюшных мышц

Диафрагма - это основная мышца вдоха, а брюшные мышцы - это дополнительные мышцы выдоха большой силы, которые могут произвести усиленный выдох. Однако, *видимо, антагонистичные, эти мышцы также и синергичные*. Это может показаться парадоксальным и нелогичным, но на практике эти мышцы не могут функционировать *независимо друг от друга*. Именно этот факт характеризует отношения антагонизм-синергизм.

Каковы же взаимоотношения между диафрагмой и мышцами живота во время вдоха и выдоха?

При вдохе

При **вдохе** (рис. 31, вид сбоку; рис. 32, вид спереди) сокращение диафрагмы *перемещает вниз сухожильный центр* (красные стрелки), *увеличивая вертикальный размер грудной клетки*; но вскоре этому *противопоставляется растяжение вертикальных компонентов средостения (М)*, и особенно сопротивление *массы внутренних органов брюшной полости (D)*. Эти органы содержатся в пределах «**брюшного пояса**», сформированного **мощными брюшными мышцами: прямыми мышцами живота (R), поперечными мышцами (Т), внутренними косыми (Ю) и наружными косыми (ОЕ) мышцами**. Без этих мышц содержимое брюшной полости перемещалось бы вниз и вперед, а *центральное сухожилие не стабилизировалось бы*, что позволяет диафрагме **поднимать нижние ребра**. Это **антагонично-синергичное действие** мышц живота крайне важно для эффективной работы диафрагмы. Это происходит при некоторых заболеваниях, например *полиомиелите*, когда *паралич брюшных*

мышц снижает эффективность диафрагмы. На **рисунке 31** (вид сбоку) направление волокон брюшных мышц представлено в виде *шестиконечной звезды*, что хорошо показывает брюшной мышечный пояс.

При выдохе

Во время **выдоха** (рис. 33, вид сбоку; рис. 34, вид спереди) диафрагма расслабляется, и сокращение брюшных мышц опускает нижнюю апертуру грудной клетки, *одновременно уменьшая поперечный и переднезадний размеры грудной клетки*.

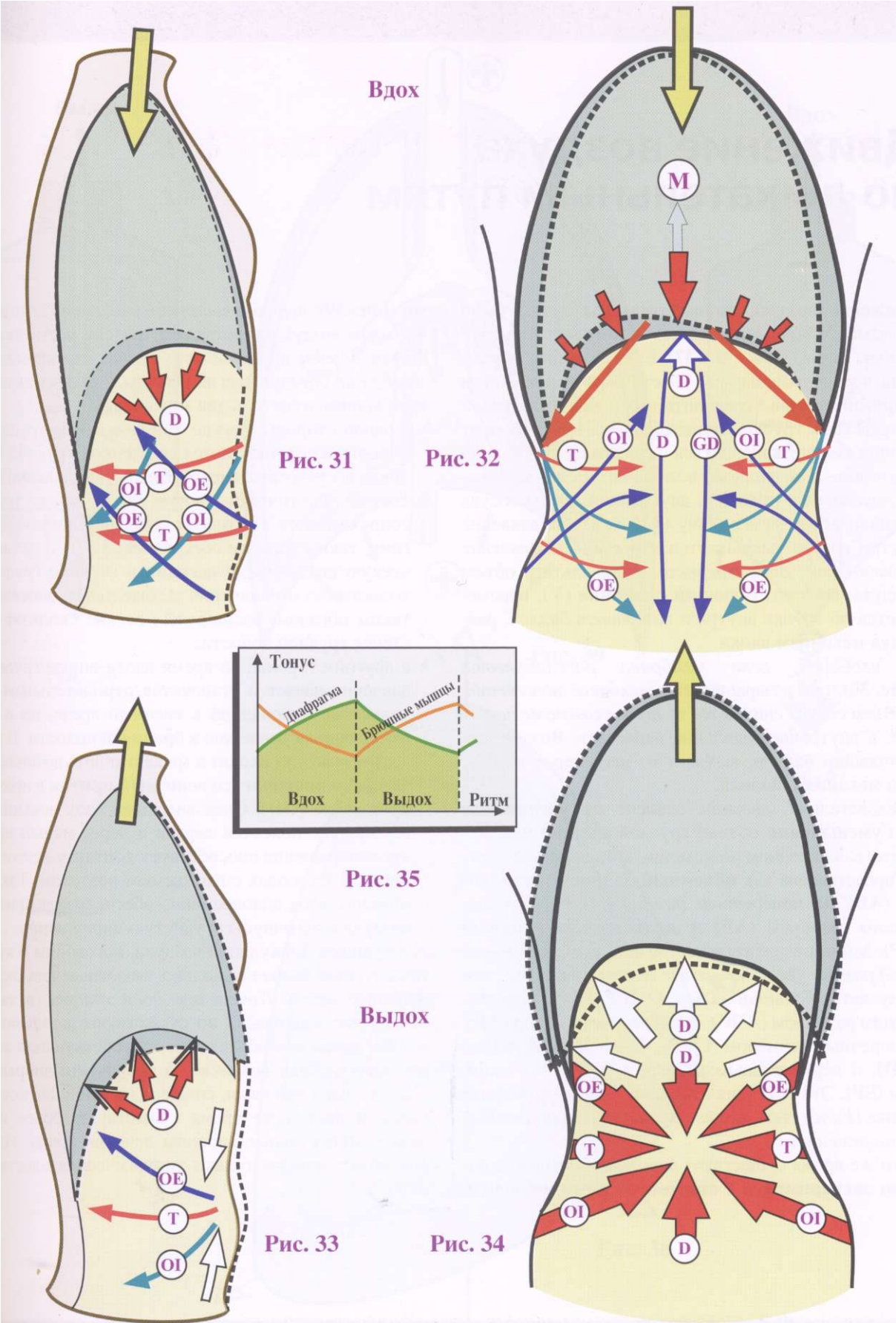
Также, увеличивая внутрибрюшное давление, они *толкают внутренние органы вверх* и поднимают сухожильный центр. Это **снижает вертикальный размер** грудной клетки и «закрывает» реберно-диафрагмальные синусы. Следовательно, брюшные мышцы являются **прямым антагонистом диафрагмы**, так как *одновременно уменьшают все три размера грудной клетки*.

Соответствующее действие диафрагмы и брюшных мышц может быть представлено **следующим образом** (рис. 35): обе группы мышц всегда находятся в состоянии активного сокращения, но их **активность изменяется взаимнообратно**.

Так, при **вдохе** *тонус диафрагмы увеличивается, в то время как тонус мышц живота снижается*.

И наоборот, во время **выдоха** *тонус брюшных мышц увеличивается, а тонус диафрагмы уменьшается*.

Таким образом, существует **динамическое равновесие** между двумя этими мышечными группами, *плавающая точка равновесия постоянно смещается в том или ином направлении*, что ярко иллюстрирует принцип антагонизма-синергизма этих мышц.



Движение воздуха по дыхательным путям

Движение воздуха по дыхательным путям было продемонстрировано в классическом эксперименте Фанка (*Funck*) (рис. 36 и 37). Если заменить дно сосуда водонепроницаемой эластичной мембраной, а с другой стороны соединить его с внешней средой посредством трубки, закрываемой пробкой, этот баллон сможет наполняться и спадаться *просто при движении эластичной мембраны*. Если мембрана опускается (рис. 37), внутренний объем сосуда увеличивается на величину (V), тогда как давление внутри сосуда уменьшается. *Внутреннее давление падает ниже атмосферного*. В результате объем воздуха, **соответствующий величине (V)**, перемещается по трубке внутрь и *наполняет баллон*, реализуя **механизм вдоха**.

И наоборот, если мембрана расслабляется (рис. 36), она возвращается в исходное положение, и объем сосуда снижается на *ту же самую величину (V)*, а внутреннее давление нарастает. Воздух, наполнявший баллон, выходит из него через трубку. Это **механизм выдоха**.

Следовательно, дыхание зависит от **увеличения или уменьшения** объема грудной клетки (рис. 38). В итоге, в исходном положении, когда грудная клетка представлена как **объемный эллипс** с основанием ($ABCD$), поперечным размером (CD), передне-задним размером (AB) и вертикальным размером (SP), действие дыхательных мышц, особенно *мышцы, диафрагмы*, увеличивает все эти размеры так, что получается **большой эллипс ($A'B'C'D'$)**, с передне-задним размером ($A'B'$), большим, чем размер (AB), поперечным размером ($C'D'$), большим, чем размер (CD), и вертикальным размером ($S'P'$), большим, чем (SP). Эта ситуация отличается от эксперимента Фанка (*Funck*) тем, что *все размеры увеличиваются одновременно*.

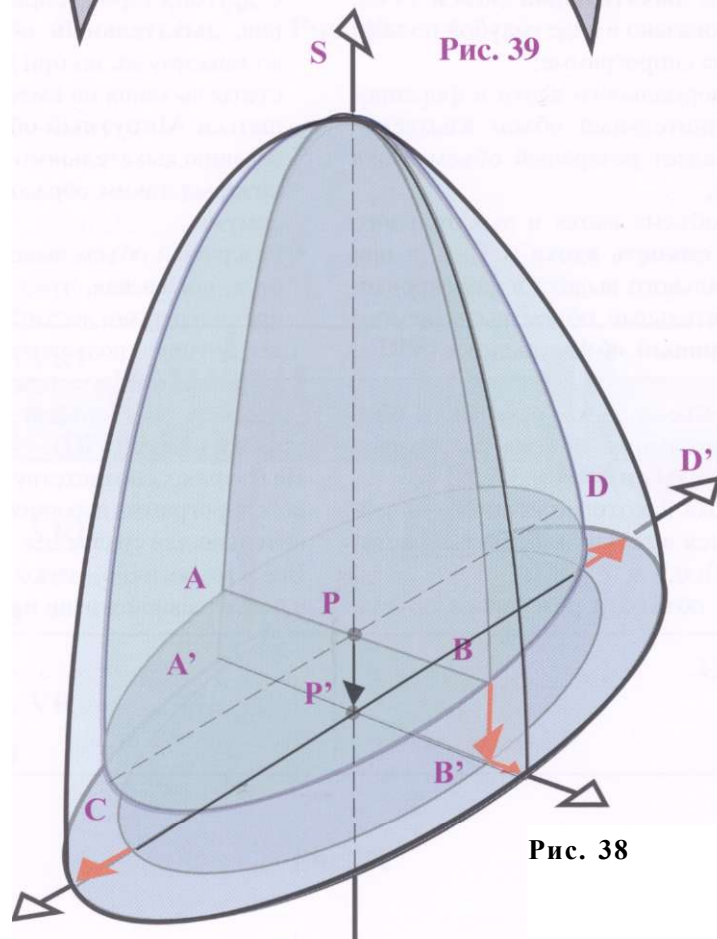
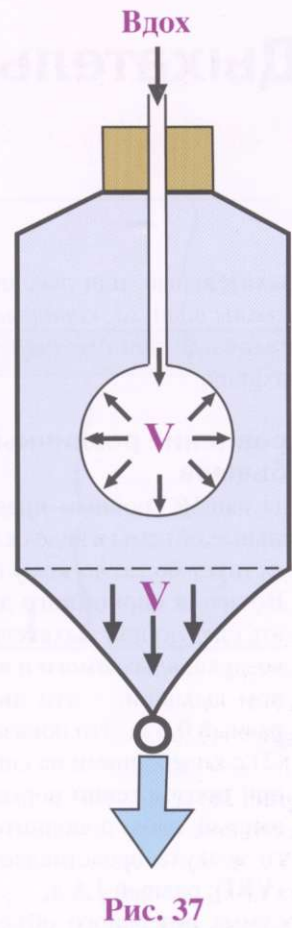
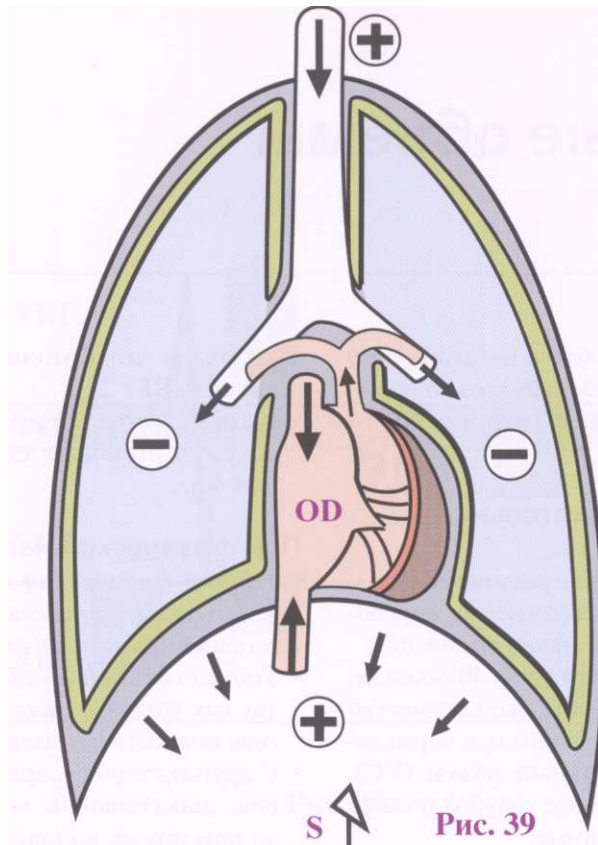
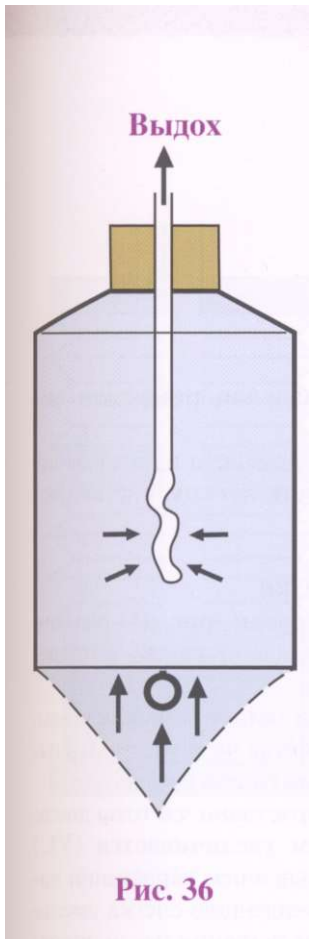
В то же время существует довольно большое **сходство эксперимента с анатомическими элемента-**

ми (рис. 39): вертикальная трубка, через которую проходит воздух, представляет трахею; растягивающийся баллон представляет легкие, эластичная мембрана, образующая дно сосуда, - **диафрагму**.

Необходимо отметить **два момента**:

- с одной стороны, легкие заполняют всю грудную полость и соприкасаются со стенкой грудной полости посредством плевры с ее потенциальной полостью. Фактически в норме два ее листка тесно соприкасаются и скользят свободно один по другому, таким образом обеспечивая тесную механическую связь между легкими и стенкой грудной полости без ограничения дыхательных движений, таким образом, расширяясь, легкие скользят по стенке грудной полости;
- с другой стороны, во время вдоха внутригрудное давление падает и становится отрицательным не только по отношению к внешней среде, но и по отношению к давлению в брюшной полости. В результате воздух входит в трахею вплоть до альвеол легких, и **повышается венозный приток** в правое предсердие (**OD**). Следовательно, вдох повышает наполнение полостей сердца и через малый круг кровообращения способствует контакту венозной крови в альвеолах с вдыхаемым воздухом. Таким образом, вдох одновременно обеспечивает приток воздуха и легочную сосудистую циркуляцию.

Коснувшись циркуляции воздуха, поговорим о **храпе**, который бывает довольно тягостным для окружающих людей. *Почти все люди храпят* (и даже некоторые животные), но существуют *морфологические типы и особые позы*, способствующие этому недугу. Храп возникает в результате вибрации мягкого неба человека, спящего на спине глубоким сном. В настоящее время существуют более или менее эффективные способы лечения храпа. Иногда может помочь только хирургическая пластика неба.



Дыхательные объемы

Дыхательные, или легочные, объемы - это просто объемы воздуха, которые перемещаются во время различных фаз дыхания и в зависимости от типов дыхания.

Сравнение различных дыхательных объемов

Мы нашли удобным представить различные дыхательные объемы в виде складок аккордеона, что способствует более легкому пониманию и сравнению.

- Во время **спокойного дыхания (рис. 40)** выделяют следующие дыхательные объемы: количество воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого при нормальном дыхании, - это **дыхательный объем (VC)**, равный 0,5 л. Это показано в виде голубой полосы (2) с колебаниями на спирограмме;
- при продолжении нормального вдоха в форсированный вдох дополнительный объем вдыхаемого воздуха представляет резервный объем вдоха (VRI), равный 1,5 л;
- сумма резервного объема вдоха и дыхательного объема составляет **емкость вдоха (CI)**: 2 л; при продолжении нормального выдоха в форсированный выдох дополнительный объем выдыхаемого воздуха - это **резервный объем выдоха (VRE)**: 1,5 л;
- сумма резервного объема вдоха, резервного объема выдоха и дыхательного объема составляют **жизненную емкость легких (CV)**: 3,5 л;
- после полного выдоха некоторое количество воздуха все еще остается в легких и бронхах - **остаточный объем (VR)**: 0,5 л;
- сумма остаточного объема и резервного объема

выдоха - это **функциональная резервная емкость (CRF)**: 2 л;

- наконец, сумма жизненной емкости и остаточный объем - это **общая емкость легких**, составляющая 4 л.

При физической нагрузке

Во время физической нагрузки (рис. 41) различные объемы *распределяются по-разному* в пределах общей емкости легких.

- Только остаточный объем остается неизменным, так как воздух из него никогда не может быть изгнан полностью независимо от сил выдоха.
- С другой стороны, при нарастании частоты дыхания, **дыхательный объем увеличивается (VC)** до максимума, но при дальнейшем нарастании частоты дыхания он имеет тенденцию слегка уменьшаться. **Минутный объем дыхания** равен произведению дыхательного объема и частоты дыхания, который таким образом, наконец, достигает максимума.
- Резервный объем выдоха значительно увеличивается, показывая, что глубина частого дыхания во время нагрузки достигает максимальной амплитуды, которую позволяет грудная клетка.
- В результате увеличения дыхательного объема и резервного объема выдоха **резервный объем вдоха падает (VRI)**.

На графике, соответствующем дыханию при нагрузке, спирограмма дыхания в покое изображена дополнительно для сравнения.

Все это логично, легко запомнить и очень важно в повседневной жизни и при занятиях спортом.

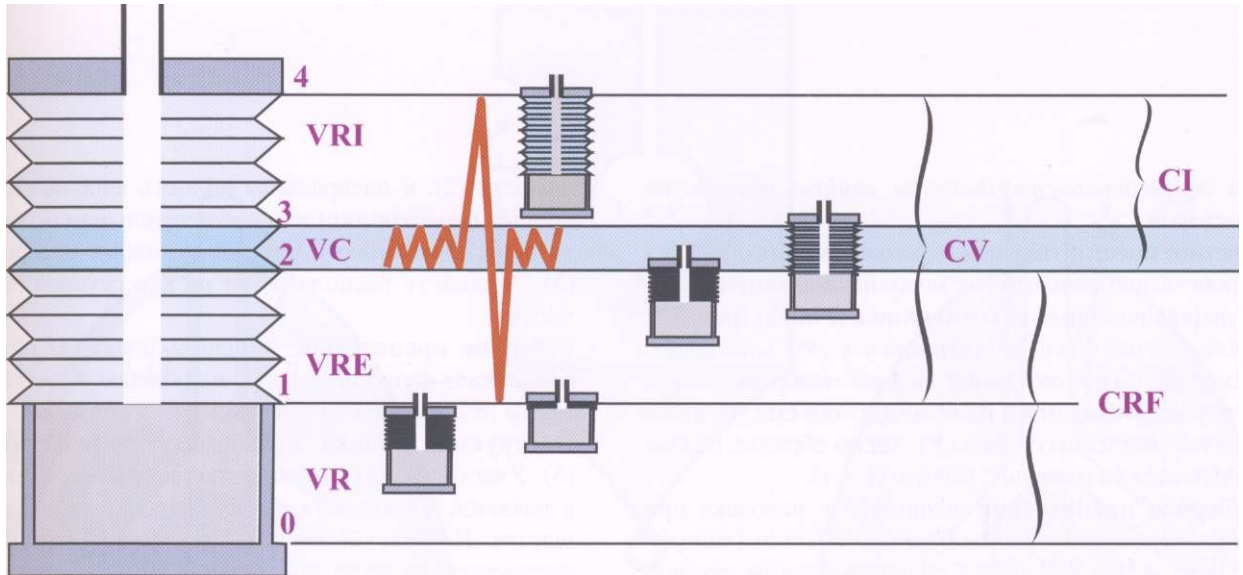


Рис. 40

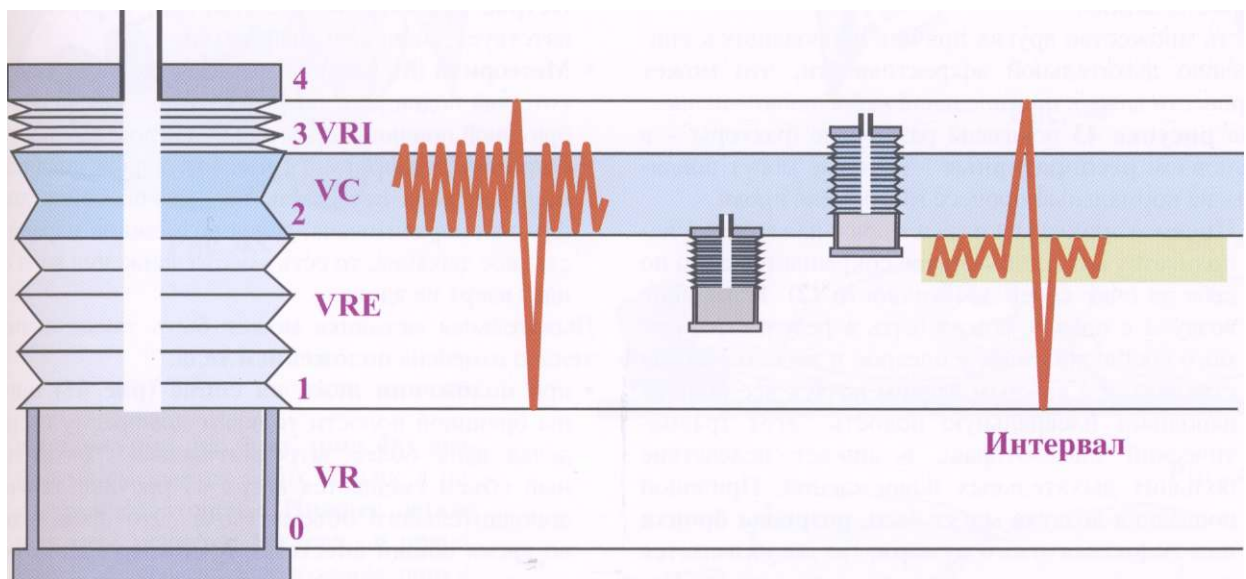


Рис. 41

Патофизиология дыхания

На эффективность дыхания влияет множество факторов.

Костное препятствие может вызывать некоторые расстройства дыхания, которые можно проиллюстрировать модифицированным опытом Фанка (Funck) (рис. 42): часть стенки баллона заменяется другой эластичной мембраной. При опускании нижней мембраны вторая мембрана уменьшится на величину объема (v), который вычитается из объема (V). Таким образом, баллон раздувается на величину, равную ($V - v$).

Реберное препятствие возникает у человека при очень серьезной травме грудной клетки (синдроме цепа — the flail chest): различные части грудной клетки не следуют ее общим движениям, а втягиваются внутрь при вдохе, формируя парадоксальное дыхание. Это снижает эффективность дыхания, приводя к респираторным нарушениям. Эти нарушения характеризуются катастрофическим снижением гематогаза: этот термин описывает механизм насыщения крови кислородом на уровне альвеол легких.

Есть множество других причин, приводящих к снижению дыхательной эффективности, что может привести даже к дыхательной недостаточности. На рисунке 43 показаны различные факторы - в основном респираторные - которые могут повлиять на нормальный процесс газообмена крови.

- **Пневмоторакс (1)**, когда плевральная полость наполняется воздухом. Легкое сокращается само по себе за счет своей эластичности (2). Попадание воздуха в плевру может быть в результате прямого сообщения между плеврой и легким (черная стрелка), и с каждым вдохом воздух все больше наполняет плевральную полость. Этот травматический пневмоторакс возникает вследствие больших дыхательных повреждений. Причиной попадания воздуха могут быть **разрывы бронха** или **эмфизематозного пузыря**; так же называется чрезвычайное расширение альвеолы легкого. Поскольку плевра больше не воздействует на легкое, оно полностью теряет свою функциональную зна-

чимость (2), и плевральная полость наполняется кровью (**гемоторакс**) или воспалительным экссудатом (**гидроторакс**), или же возникает плеврит (3). Жидкость располагается на дне грудной полости.

- **Реберное препятствие** (синдром цепа) (4) обусловливает функциональные нарушения в зависимости от серьезности травмы.
- **Обструкция бронха**, приводящая к **ателектазу** (5). Участок бронха больше не принимает участия в дыхании, и ткань легкого, или паренхима, сокращается. На рисунке верхняя доля левого легкого ателектатична из-за обструкции бронха верхней доли.
- Воспалительное утолщение плевры, называемое **пахиплеврит** (6), может развиваться в результате плеврита, пиоторакса или гемоторакса. Утолщенный листок плевры плотно срастается с легким и препятствует его расширению при вдохе, образуя склерозированный участок.
- **Острое расширение желудка** (7), которое препятствует движению диафрагмы.
- **Метеоризм** (8), расширение, **вздутие кишечника**, который поднимает диафрагму вверх, что является брюшной причиной дыхательной недостаточности.
- **Паралич диафрагмы** (рис. 44): левый диафрагмальный нерв пересечен, и левая половина диафрагмы парализована, делая возможной парадоксальное дыхание, то есть вместо движения вниз он идет вверх на вдохе.

Дыхательная механика может быть также значительно изменена **положением тела**:

- при **положении лежа на спине** (рис. 45) органы брюшной полости толкают диафрагму вверх, делая вдох более затруднительным. Дыхательный объем смещается вверх на рисунке за счет дополнительного объема вдоха. Это происходит во время **общей анестезии** и может усиливаться анестетиками и миорелаксантами со снижением эффективности дыхательной мускулатуры; тоже происходит **в коме**;

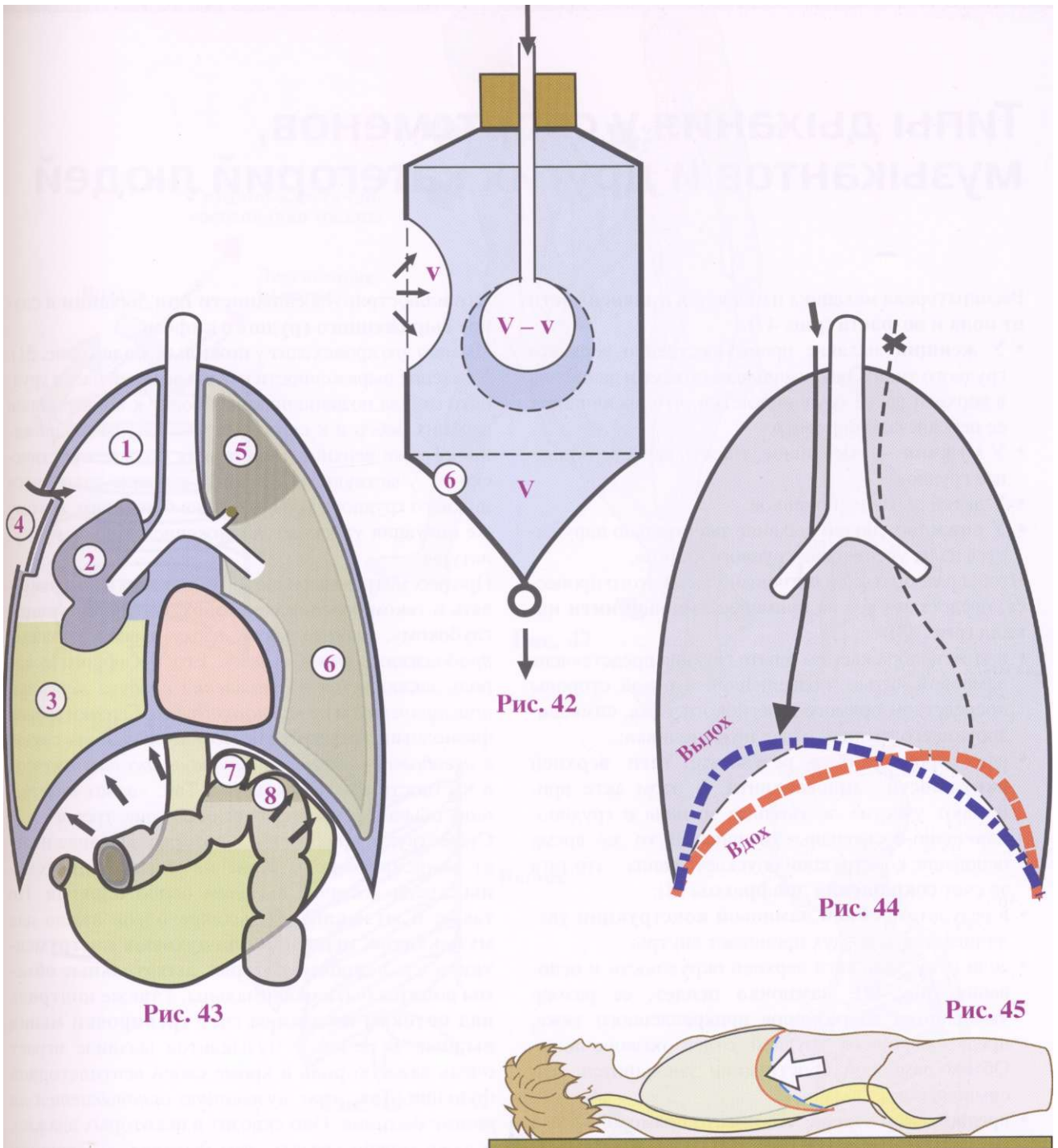


Рис. 43

Рис. 42

Рис. 44

Рис. 45

в положении на боку (рис. 46) диафрагма смещается вверх больше с нижележащей стороны. Нижнее легкое при этом менее эффективно и происходит ухудшающий положение циркуляторный стаз. Такое положение довольно опасно при общем наркозе.

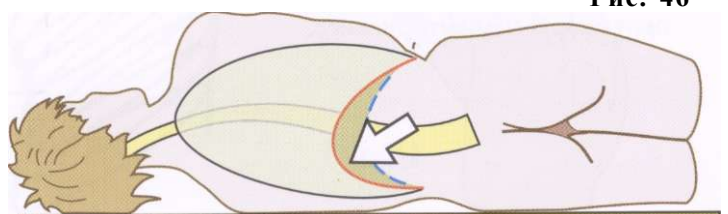


Рис. 46

Типы дыхания у спортсменов, музыкантов и других категорий людей

Респираторная механика изменяется в зависимости от пола и возраста (рис. 47).

- У **женщин** дыхание преимущественно верхнего грудного типа с максимальным объемом движения в верхней части грудной клетки, что увеличивает ее переднезадний размер.
- У **мужчин** — смешанное, то есть верхнее и нижнее грудное.
- У **детей** дыхание брюшное.
- У **пожилых людей** дыхание значительно нарушается из-за увеличения грудного кифоза.

Чтобы разобраться в патофизиологии этого процесса, представим его на примере **ламповой нити накала** (рис. 48):

- в этом вообразимом опыте грудина представлена ламповой нитью, подвешенной с одной стороны посредством прямого и негибкого тяжа, символизирующего грудной отдел позвоночника;
- вдох происходит в результате **тяги верхней окружности** ламповой нити. В этом акте принимают участие лестничные мышцы и грудиноключично-сосцевидные мышцы. В то же время основание конструкции опускается вниз - это тяга за счет **сокращения диафрагмы (d)**;
- в результате **объем ламповой конструкции** увеличивается, и воздух проникает внутрь;
- если отпустить тяги верхней окружности и основания (рис. 49), **лампочка осядет**, ее размер уменьшится до размеров прикрепленного тяжа, представляющего грудной отдел позвоночника. Объем ламповой конструкции уменьшится, что символизирует выдох;
- предположим теперь, что вместо прямолинейного грудной тяж изогнут (рис. 50), в соответствии с грудным **кифозом**. Лампочка остается постоянно уменьшенной, ненадутой, и тянуть верхнюю окружность намного сложнее.

Это иллюстрирует сложности при дыхании в случае **выраженного грудного кифоза**.

Именно это происходит у **пожилых людей** (рис. 51). Усиление выраженности изгиба верхней части грудного отдела позвоночника приводит к конвергенции верхних ребер и к снижению амплитуды их движений. Также верхние доли легких больше практически не участвуют в дыхании, дыхание становится нижнего грудного типа или даже брюшного. К тому же ситуация ухудшается снижением тонуса мускулатуры.

При рассмотрении физиологии дыхания нельзя забывать о таком явлении, как **вдох**, соответствующем глубокому, значительному вдоху и последующему *продолжительному выдоху*. Его физиологическая роль заключается в *обновлении воздуха мертвого пространства и резервного объема*. С точки зрения физиологии этот почти бессознательный акт связан с *освобождением от эмоционального напряжения*, в частности от беспокойства. Так, «вдох облегчения» обычно символизирует окончание тревог.

Существуют профессии, в которых дыхание играет важнейшую роль. Конечно же, это **спортсмены**, среди которых выделим особо **пловцов**. Но также и **музыканты**. Дыхание очень важно для **музыкантов, играющих на духовых инструментах**, и для **певцов**, у которых **дыхательные объемы** должны быть максимальны, а также **контроль над потоком воздуха** за счет **тренировки мышц выдоха**. В целом у музыкантов дыхание играет очень важную роль и кроме своей вентиляторной функции. Так, *игра музыканта основывается на ритме дыхания*. Оно сквозит в некоторых адажио, и даже можно сказать, что *дыхание - метроном для музыканта*.

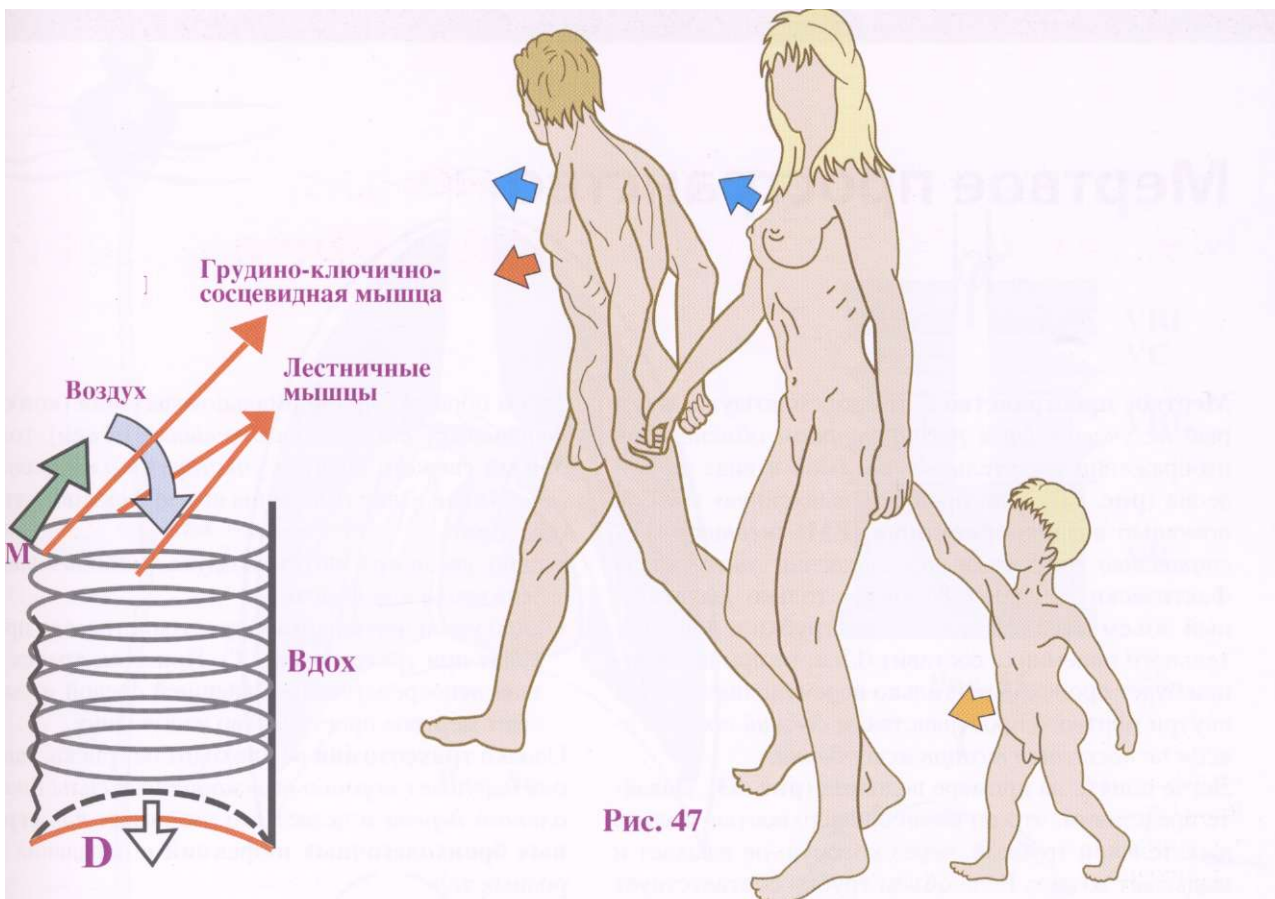


Рис. 48

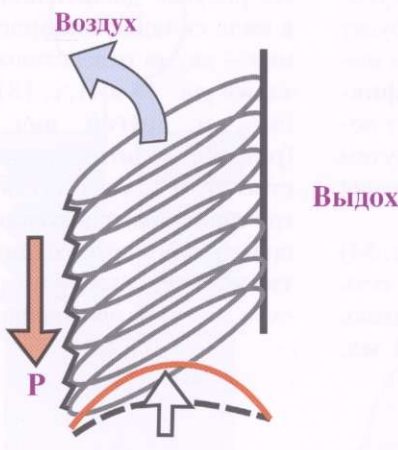


Рис. 49

Кифоз

Рис. 50

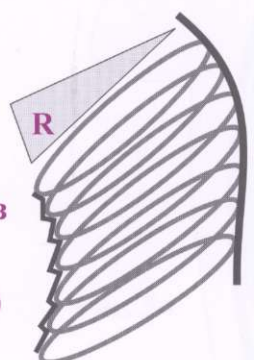
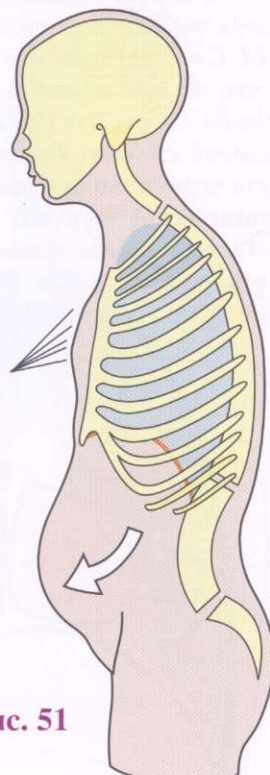


Рис. 51



Мертвое пространство

Мертвое пространство - это объем воздуха, который не участвует в респираторном обмене. При изображении дыхательных объемов в виде аккордеона (рис. 52), если продлить выпускную трубу с помощью **воздухоприемника (ЕМ)**, мертвое пространство при этом искусственно увеличится. Фактически, если использовать только дыхательный объем в 0,5 л и если объем трубки и дополнительного приемника составит 0,5 л, то при вентиляции будет происходить только перемещение воздуха внутри мертвого пространства, и *свежий воздух совсем не поступит внутрь аккордеона.*

Легче понять на примере водолаза (рис. 53). Давайте представим, что он вязан с поверхностью только дыхательной трубкой, через которую он вдыхает и выдыхает воздух. Если объем трубки соответствует его жизненной емкости легких, несмотря на его усилия, он не сможет вдыхать свежий воздух, а будет *вдыхать только тот воздух, который он сам выдохнул.* Следовательно, он **скоро умрет от асфиксии**, что часто случалось в начале опытов по погружению в воду. Эта проблема была решена путем подведения свежего воздуха по трубе и отведения воздуха через клапан в шлеме.

Анатомическое мертвое пространство (рис. 54) представляет **объем дыхательных путей**, то есть **верхние дыхательные пути**: нос, рот, трахею, бронхи и бронхиолы. Это соответствует **150 мл.**

таким образом, при нормальном дыхании (*когда задействован только дыхательный объем*) только **350 мл свежего воздуха** участвует в альвеолярном газообмене. Для увеличения его эффективности необходимо:

- либо увеличить объем воздуха, мобилизовав резерв вдоха или выдоха;
- либо уменьшить мертвое пространство, как происходит при трахеотомии (Т). При этом трахея связана непосредственно с внешней средой и уменьшает мертвое пространство наполовину.

Однако **трахеотомия** не проходит без риска, так как она нарушает *нормальные защитные силы бронхиального дерева* и делает его уязвимым для **серьезных бронхолегочных инфекций** и попадания инородных тел.

На рисунке **дыхательные объемы представлены в виде складок аккордеона (рис. 55)**, а трахеостомия - двумя отверстиями в основании трубки (см. также рис. 40 и 41, с. 181).

Есть и **другой вид мертвого пространства (рис. 56) - физиологическое мертвое пространство (ЕМ')**, соответствующее сегменту легкого, где происходит вентиляция, но нет перфузий, например в результате **легочной эмболии (ЕР)**. **Вентиляция**, таким образом, **снижается**, а *анатомическое мертвое пространство увеличивается.*

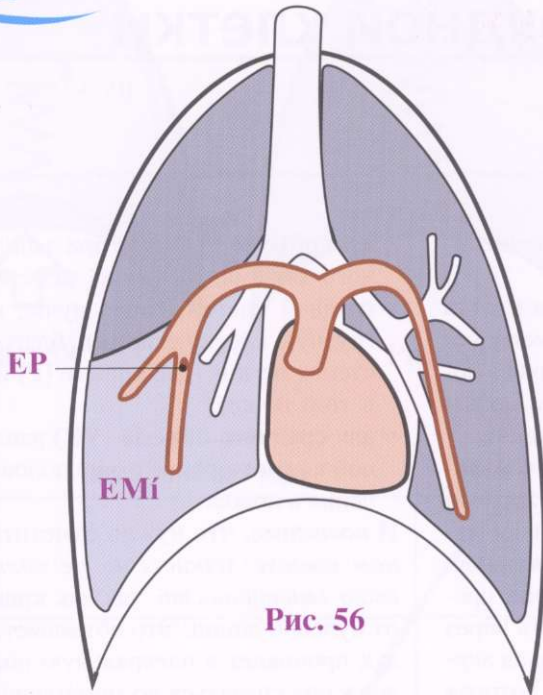
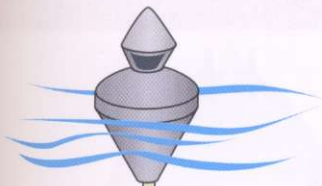


Рис. 56

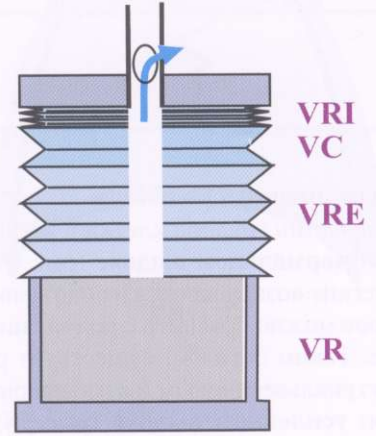


Рис. 55

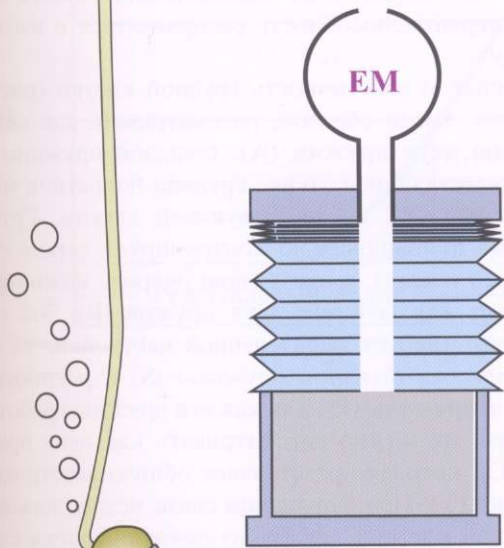


Рис. 52



Рис. 53

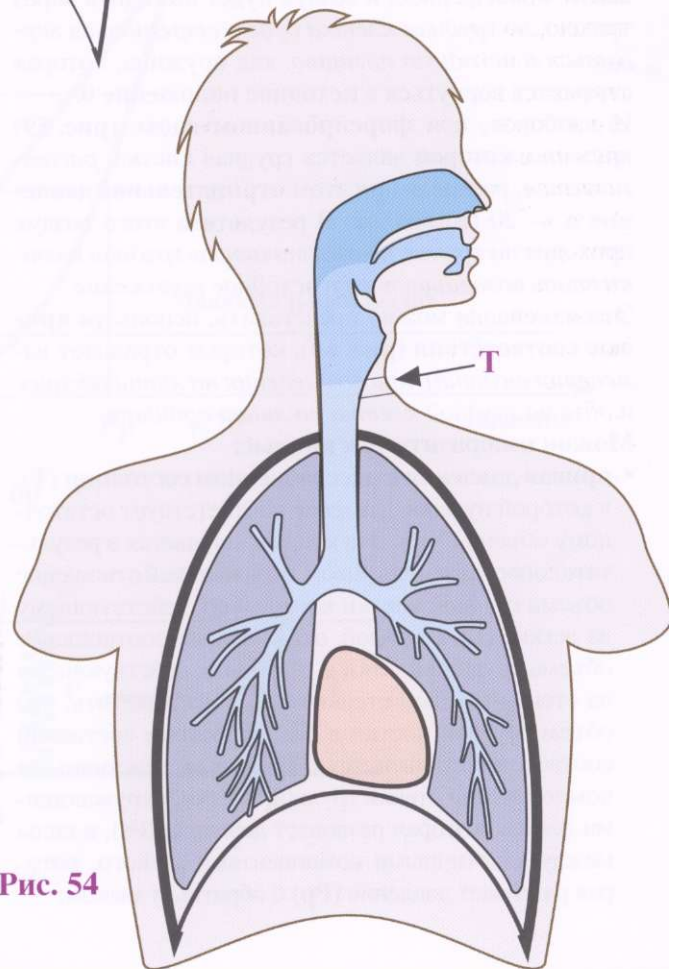


Рис. 54

Податливость грудной клетки

Податливость прямо связана с *эластическими компонентами* грудной клетки и легких.

При **нормальном выдохе** (рис. 57) грудная клетка и легкие возвращаются в положение равновесия, которое можно сравнить с положением пружины в покое. Таким образом, существует равновесие между внутриальвеолярным и атмосферным давлением.

При **усиленном выдохе** (рис. 58) активные мышцы *сжимают эластические компоненты грудной клетки*. Например, *если пружину*, представляющую грудную клетку, *сжать с силой*, соответствующей 20 см водного столба, внутрилегочное давление превысит атмосферное, и воздух будет выходить через трахею, но *грудная клетка будет стремиться вернуться в исходную позицию*, как пружина, которая стремится вернуться в **исходное положение 0**.

И наоборот, при **форсированном вдохе** (рис. 59) *пружина*, которой является грудная клетка, *растягивается*, развивая при этом **отрицательное давление** в — 20 мм вод. ст. В результате этого воздух проходит по трахее, но *эластичность грудной клетки вновь возвращает ее в исходное положение*.

Эти изменения можно представить, используя **кривые соответствия** (рис. 60), которые отражают изменения *внутригрудного давления на линии абсцисс и объема грудной клетки по линии ординат*.

Можно изобразить три кривые:

- **кривая давления в расслабленном состоянии (T)**, в которой нулевое давление соответствует остаточному объему (**VR**). Эта кривая получается в результате сопоставления кривой, отражающей отношение объема грудной клетки к давлению, действующему на легкие (P), и кривой, отражающей отношение объема грудной клетки к давлению, действующему на стенки грудной стенки (S). Стоит заметить, что объем грудной клетки в расслабленном состоянии соответствует равенству силы между эластическими компонентами стенки грудной клетки, окружающими легкие, которая развивает давление (Ps), и силы между эластическими компонентами легкого, которая развивает давление (**Pp**) с обратным знаком;

- **при объеме (V3)**, т.е. при заполнении **70%** легочного объема, давление, действующее на стенки грудной клетки, равно нулю, как и давление на грудную клетку снаружи, благодаря эластичности стенок легких (две кривые (P) и (T) пересекаются в этой точке);
- для **среднего объема (VR)** давление стенки грудной клетки в покое равно половине легочного давления в покое.

И последнее, что нужно отметить: при *максимальном выдохе легкие еще не полностью потеряли свою эластичность*, так как кривая (P) еще справа от нулевой линии. Это объясняет, почему, если воздух проникает в плевральную полость, легкие продолжают спадаться до минимального объема, когда они теряют способность расправляться и изгонять воздух.

Тотальную эластичность грудной клетки (**рис. 61**) можно, таким образом, рассматривать как **комбинацию двух пружин (A)**: большой пружины (S), соответствующей стенке грудной полости, и малой пружины (P), соответствующей легким. Грудная стенка функционально контролирует легкие с помощью плевры, и это в свою очередь можно представить как действие двух пружин (B). Эта пара, однако, требует определенной настройки, то есть *компрессии большой пружины (S) и растяжения малой пружины (P)*. Так как эти пружины работают в паре, их можно рассматривать как одну пружину (C), которая представляет общую эластичность легких (T). При нарушении связи между легкими и грудной клеткой каждая из пружин занимает свое положение равновесия (A).

Для восстановления подвижности необходимо определенное *соотношение давления воздуха и давления внутри плевральной полости*. На графике (**рис. 60**) положение подвижности соответствует наклонной части кривой в средней зоне. Следовательно, подвижность собственно легких выше, чем у грудной клетки, а общая подвижность — это их алгебраическая сумма.

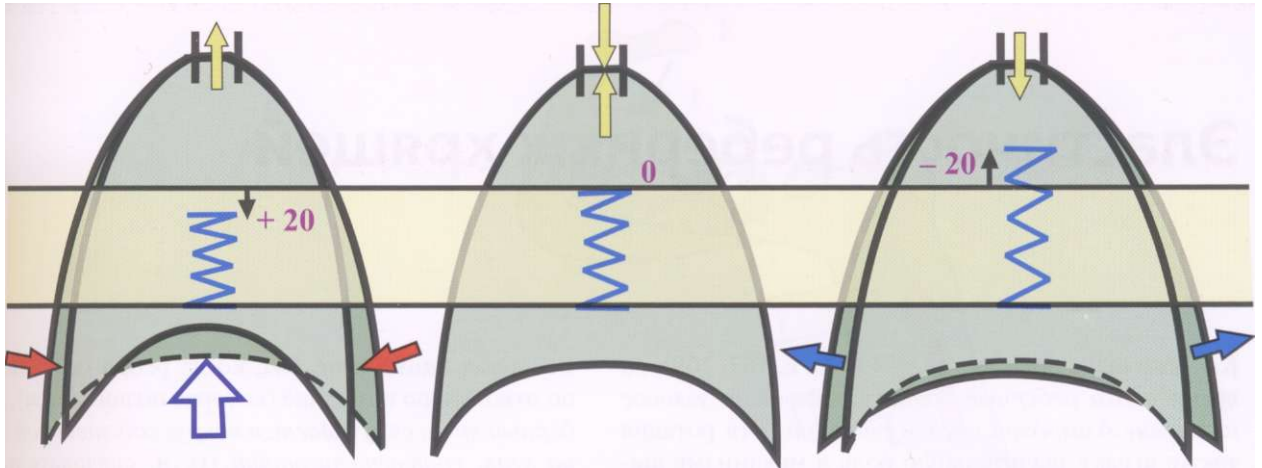


Рис. 58

Рис. 57

Рис. 59

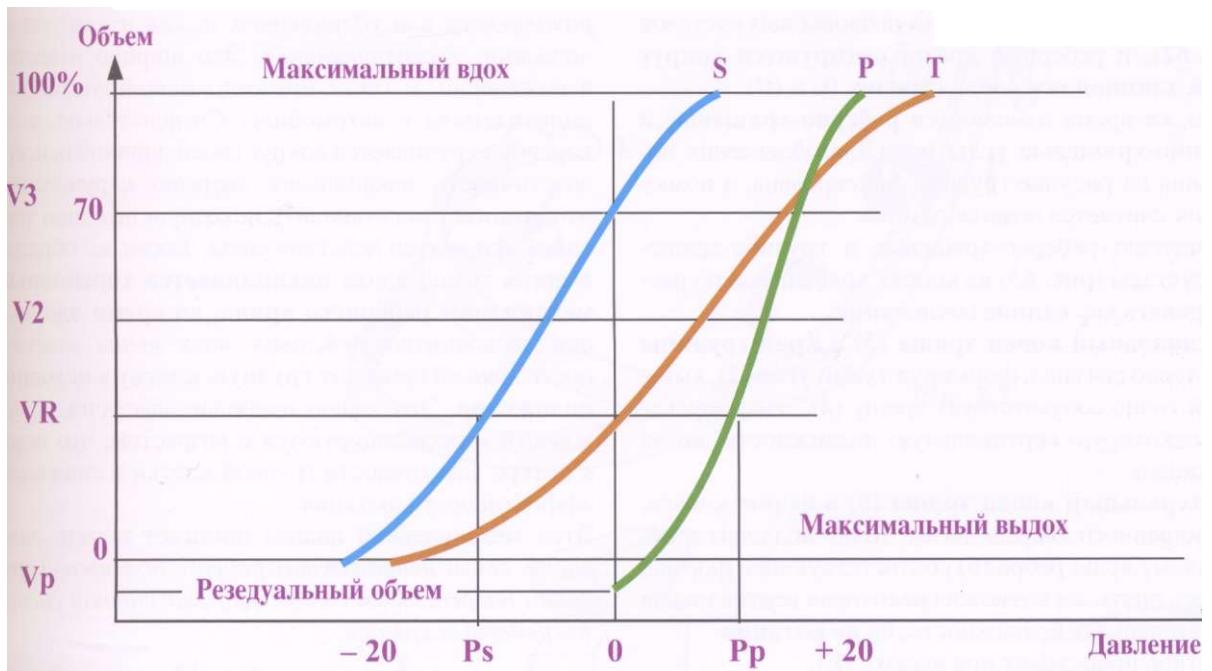


Рис. 60

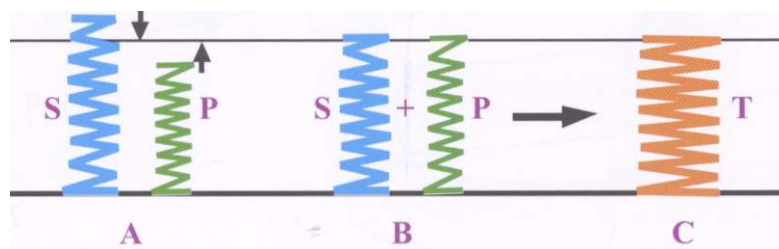


Рис. 61

Эластичность реберных хрящей

Как уже было показано (рис. 19, 20, с. 167, 169), во время *вдоха реберные хрящи производят угловое смещение благодаря осевой ротации*. Эта ротация также играет значительную роль в **механизме выдоха**. На входе (I) грудина поднимается, а задние концы ребер остаются фиксированными к позвоночнику при помощи реберно-позвоночных суставов (рис. 62), и реберные хрящи **ротируются вокруг своей длинной оси** вдоль стрелок (t) и (t').

В это же время изменяются **реберно-хрящевые и грудино-хрящевые углы (а)**. (Для облегчения понимания на рисунке грудина фиксирована, а позвоночник считается подвижным.)

Схематично реберно-хрящевые и грудино-хрящевые суставы (рис. 63) на концах хрящей можно рассматривать как **единое сочленение**.

- **Медиальный конец хряща (3) и край грудины (1)** тесно связаны, формируя **тупой угол (2)**, который точно соответствует хрящу (4). Это допускает некоторую вертикальную подвижность, но не ротацию.
- **Латеральный конец хряща (5)** в форме конуса, уплощенного впереди назад, точно подходит к переднему краю ребра (6) соответствующей формы. Здесь опять же возможна некоторая вертикальная и латеральная подвижность, но **не ротация**.

Обратное происходит при выдохе (E).

Во время **вдоха (рис. 64)**, когда ребро опускается по отношению к груди (которая поднимается), *реберный хрящ скручивается вокруг собственной оси на угол, соответствующий (t)*, и, следовательно, ведет себя как **торсионный стержень**. Эти стержни представляют собой *пружины, которые не укорачиваются или удлиняются, а, как и следует из названия, - скручиваются*. Это широко известно в инженерии, и такие пружины используются как амортизаторы в автомобиле. Следовательно, если торсион скручивается вокруг своей длинной оси, его эластичность накапливает энергию скручивания, что помогает восстановить исходную позицию торсиона при снятии действия силы. Таким же образом энергия мышц вдоха **накапливается торсионным механизмом реберного хряща во время вдоха**, и при *прекращении действия этих мышц* эластичность хрящей приводит **грудную клетку в исходное положение**. Эти хрящи наиболее эластичны в молодости и оссифицируются с возрастом, что ведет к потере эластичности грудной клетки и снижению эффективности дыхания.

Этот механический анализ помогает понять *важность связи неподвижных ребер с подвижной грудной посредством связующей эластичной системы реберных хрящей*.

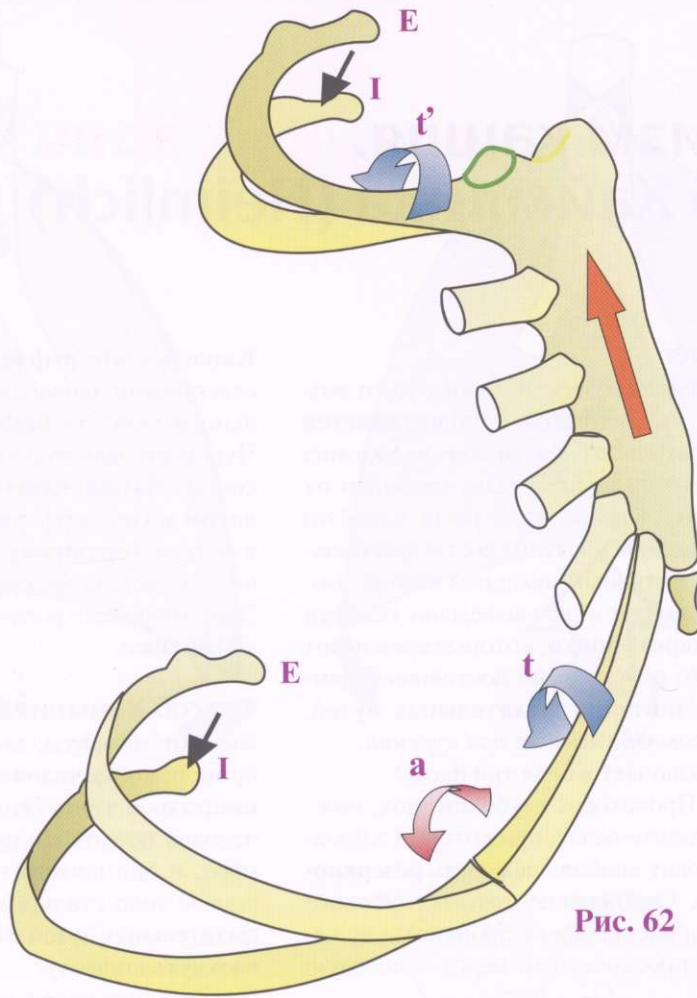


Рис. 62

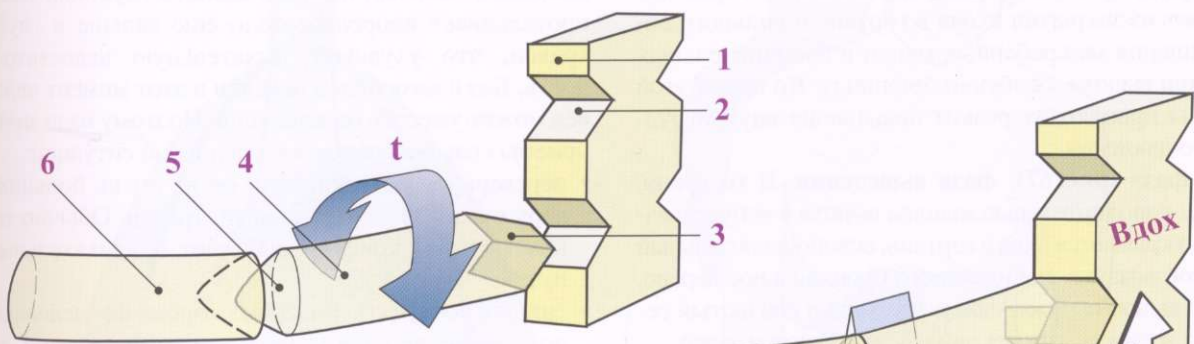


Рис. 63

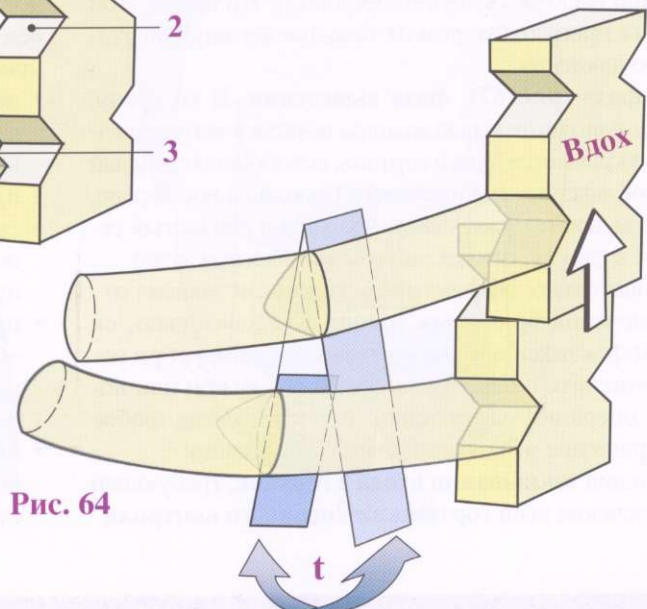


Рис. 64

Механизм кашля.

Способ Хаймлиха (Heimlich)

Механизм кашля

По мере прохождения через дыхательные пути воздух **фильтруется, увлажняется и подогревается** носоглоткой. Теоретически во время вхождения в трахею или бронхи он должен быть **свободен от взвешенных частиц**. Однако если из-за какой-то случайности **чужеродные частицы** достигают бронха, включается эффективный механизм **кашля**. Более того, кашель включает в себя выведение **секрета слизистых желез через бронхи**, которые связывают тонкие частицы, что обусловлено постоянным **движением ресничек эпителия дыхательных путей, активность которого снижается при курении**.

Механизм кашля включает в себя три фазы:

- **I фаза (рис. 65)**. Происходит глубокий вдох, можно сказать подготовительный, при котором в бронхи и альвеолы входит наибольшая часть **резервного объема** вдоха. Осложнением этого глубокого вдоха может быть инспирация в бронхиолы чужеродной частицы, проскочившей через голосовую щель.
- **II фаза (рис. 66): фаза давления**, которая состоит из закрытия входа в гортань и сильного сокращения межреберных мышц и дополнительных мышц выдоха, особенно брюшных. Во время этой фазы происходит резкое повышение внутригрудного давления.
- **III фаза (рис. 67): фаза выведения**. В то время, пока дополнительные мышцы выдоха в тонусе, резко открывается вход в гортань, освобождая сильный поток воздуха, покидающего бронхиальное дерево. Это выносит чужеродные частицы и слизистый секрет в глотку, откуда они откашливаются далее.

Следовательно, **эффективность кашля** зависит от:

- вовлечения **брюшных мышц**. Следовательно, он неэффективен или отсутствует, например, при полиомиелите с параличом брюшных мышц или после операции на брюшной полости, когда любое сокращение этих мышц очень болезненно;
- функции **закрывания входа в гортань**, требующей вовлечения **всей гортани** и ее **нервного контроля**.

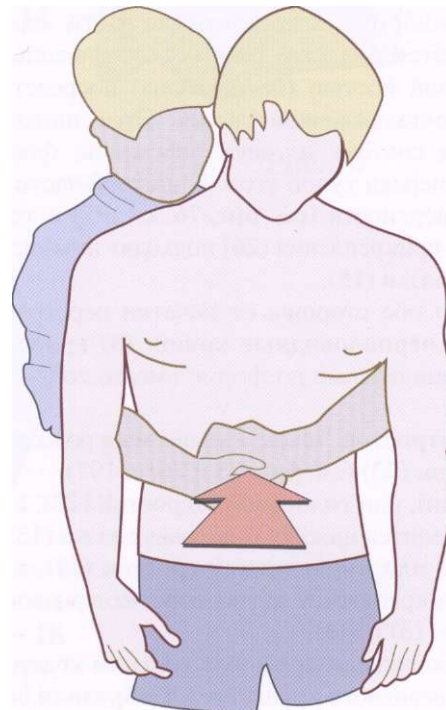
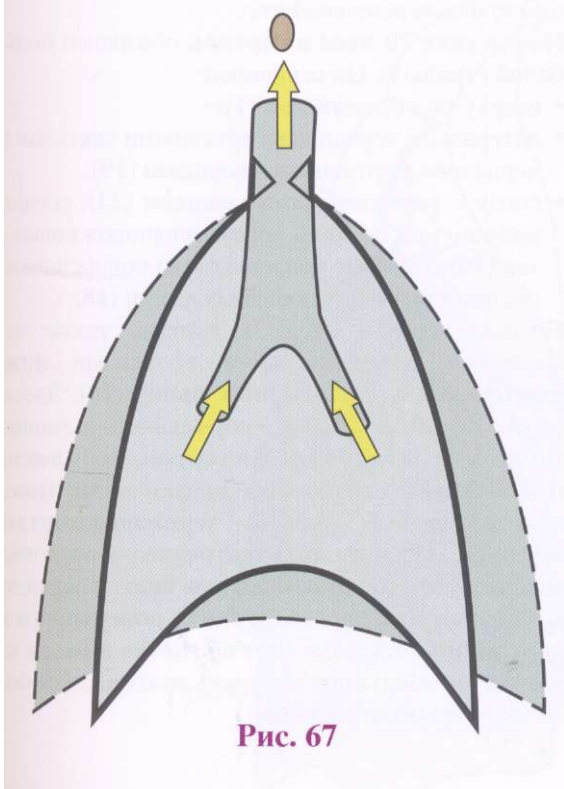
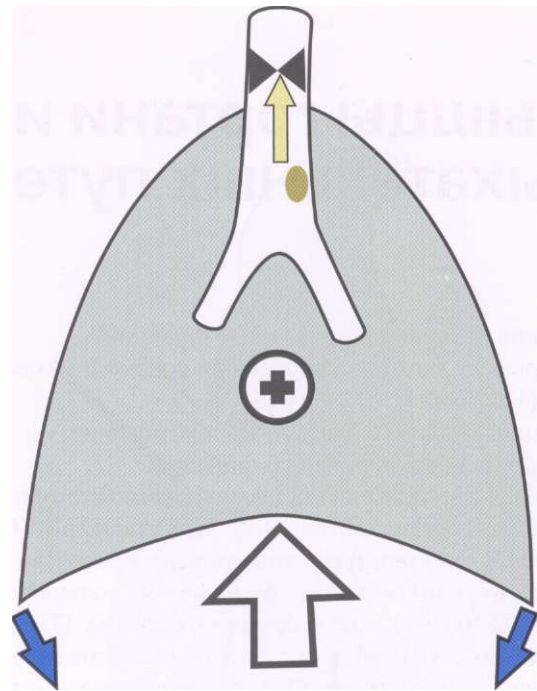
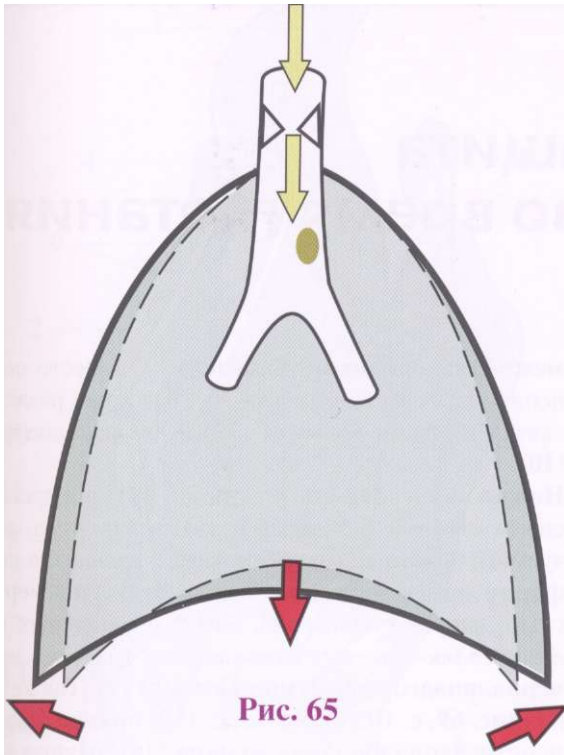
Кашель - это **рефлекторный акт**, включающийся сенсорными нервными окончаниями, расположенными в области **бифуркации трахеи** и в **плевре**. Чувствительные волокна рефлекторной дуги идут в составе **блуждающего нерва**, его центр в **продолговатом мозгу**, эфферентные волокна идут не только в составе **гортанных нервов**, ветвей блуждающего, но и в составе **межреберных и брюшных нервов**. Этот точно настроенный механизм может быть легко нарушен.

Способ Хаймлиха (Heimlich)

Бывают моменты, когда **кашель невозможен**, например, когда **человек вдохнул довольно крупное инородное тело**. Это происходит, когда взрослый человек попытался проглотить плохо прожеванное мясо, и оно попадает *«не в то горло»*. Тогда инородное тело сталкивается с защитным механизмом дыхательных путей и попадает в трахею. Дети могут вдохнуть конфету.

Эта ситуация довольно драматична, поскольку подавившийся человек, пытаясь сделать глубокий вдох, проталкивает инородное тело еще дальше в глубь трахеи, что ухудшает дыхательную недостаточность. Без посторонней помощи в этот момент человек может умереть от асфиксии. Поэтому надо знать приемы спасения человека в подобной ситуации:

- перевернуть ребенка, если он не очень большой, верх ногами и, держа за ноги, трясти. Обычно таким образом конфета вылетает из дыхательных путей;
- сильно постучать по спине взрослого человека, но если после пяти ударов результат нулевой, то нужно переходить к более серьезным мерам;
- **прием Хаймлиха (рис. 68)** хорошо известен в «Скорой помощи» и заключается в том, что нужно сильно сдавить область эпигастрия пострадавшего, находясь сзади от него;
- этот способ может применить и сам пострадавший, если он один, сдавливая эпигастрий спинкой стула.



Мышцы гортани и защита дыхательных путей во время глотания

Гортань выполняет три важные функции:

- закрывает вход при кашле и при приеме Вальсальвы (*Valsalva*);
- защищает дыхательные пути при глотании;
- играет основную роль при фонации.

Для понимания этих функций необходимо вспомнить анатомию гортани. На изображении **сзади (рис. 69)** показано, как **хрящи** соединяются друг с другом:

- **перстневидный хрящ (6)** в форме кольца (см. **рис. 75**, с. 197) имеет заднюю пластинку (**7**), или печатку, с каждой стороны которой есть две суставные поверхности (**22**), сочленяющиеся с малым рогом щитовидного хряща (**5**); верхняя, или черпаловидная, пластинка (**21**), сочленяющаяся с черпаловидным хрящом (**8**);
- **щитовидный хрящ**, видна его внутренняя поверхность (**2**) и косой гребень (**3**), идущий по наружной поверхности; также в верхней части заднего края имеются большие рога (**4**), соединенные с подъязычной костью (не показана) посредством щитовидно-подъязычной связки. Этот щитовидный хрящ состоит из двух пластинок, формирующих впереди тупой угол. К нижней части его задней поверхности (см. **рис. 76**, с. 197) к точке переднего прикрепления (**26**) подходят нижние голосовые связки (**15**).

Лежащие по обе стороны от печатки перстневидного хряща **черпаловидные хрящи (8)** приблизительно пирамидальные по форме вместе со своими отростками:

- **верхний отросток**, также называемый рожковидным хрящом (**23**) (см. **рис. 75** и **76**, с. 197);
- **внутренний**, или **голосовой, отросток (25)**, к которому крепится нижняя голосовая связка (**15**);
- **наружный**, или **мышечный, отросток (24)**, к которому прикрепляется задняя перстнечерпаловидная связка (**13**) и (**14**).

Между рожковидным хрящом и верхним краем печатки перстневидного хряща идет **Y-образная связка**, которую называют **перстневиднорожковидной (12)**, она содержит **маленький хрящевой узелок** —

межчерпаловидный хрящ (11) — в месте соединения трех ветвей в форме Y; этот хрящ разделяет связку на нижнюю ветвь (**12**) и две верхние ветви (**10**).

Ножка надгортанного хряща (1) прикреплена своим стеблем к заднему краю тупого угла, образуемого пластинками щитовидного хряща. Он имеет форму *лепестка ириса* с задней вогнутой поверхностью, направленной вниз. Два его наружных края *прикрепляются к рожковидным хрящам двумя черпалонадгортанными связками (9)*. Также видна (**рис. 69**, с. 195 и **рис. 73**, с. 197) **правая боковая перстнечерпаловидная мышца (16)**, идущая между *мышечным отростком черпаловидного хряща и передним краем кольца перстневидного хряща*; **правая перстнещитовидная связка (17)**, идущая между *нижним краем щитовидного хряща и передним краем перстневидного*.

На **рисунке 70 вход в гортань** обозначен большой белой стрелкой. Он ограничен:

- вверху надгортанником (**1**);
- латерально черпалонадгортанными связками (**9**) и черпалонадгортанными мышцами (**19**);
- снизу - рожковидными хрящами (**23**), соединяющимися при помощи перстневиднорожковых связок (**10**), которые усилены сзади поперечными волокнами межчерпаловидных мышц (**18**).

Боковые стенки входа в гортань также сформированы поверхностными волокнами **нижних щитовидно-черпаловидных мышц (20)**. Здесь показан вход, открытый для нормального дыхания.

Во время **глотания** вход в гортань закрывается, и надгортанник наклоняется вниз и назад (**рис. 71**) к рожковидным хрящам **черпалонадгортанной мышцей (19)** и нижней щитовидно-черпаловидной мышцей (**20**). Твердая и жидкая пища, следовательно, скользит по **передневерхней поверхности надгортанника**, проходя вниз по глотке и **входу в пищевод** (не показан на рисунке), находящийся позади от перстневидного хряща.

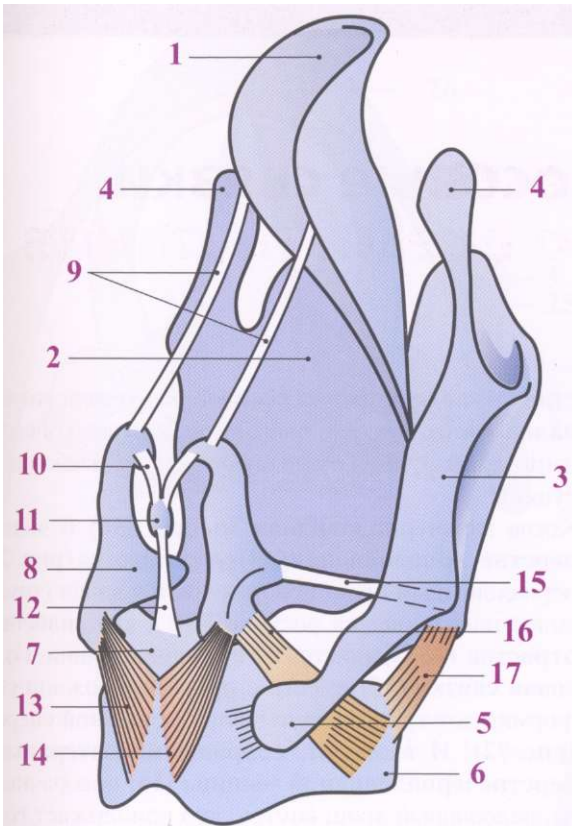


Рис. 69

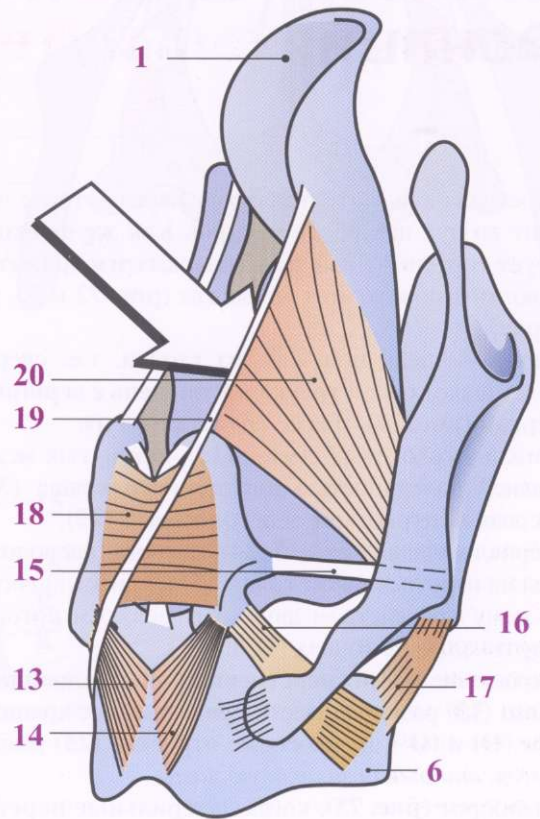


Рис. 70

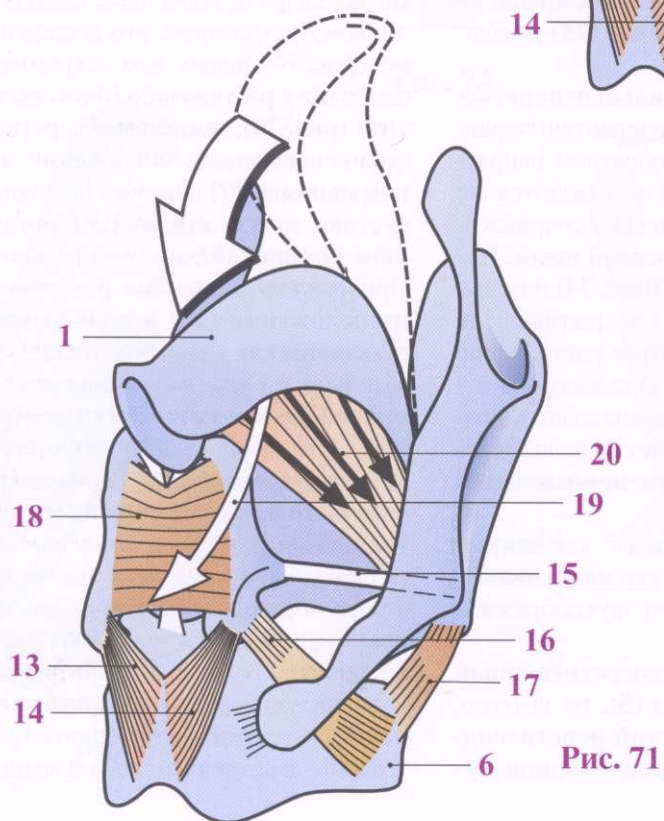


Рис. 71

Голосовая щель и голосовые связки. Фонация

Голосовая щель - это отверстие, через которое проходит воздух на уровне гортани. Как же функционирует гортань? Два **схематических изображения** позволяют понять этот механизм (рис. 72 и 73, вид сверху).

Голосовая щель при виде из глотки, т.е. сверху, представляет собой **треугольную щель с вершиной впереди** (рис. 72). Два ее края состоят из:

- нижних голосовых связок (15), натянутых между задней поверхностью щитовидного хряща (3) и передним отростком, или голосовым (25);
- черпаловидных хрящей (24), которые расположены на перстневидном хряще (7) и присоединяются к нему посредством двух суставов, оси которых вертикальны в точках (О) и (О').

Сокращение **задних перстневидно-черпаловидных мышц** (13) разворачивает черпаловидные хрящи по осям (О) и (О'), и голосовые отростки (25) раздвигаются, *открывая голосовую щель*.

И наоборот (рис. 73), когда **латеральные перстнечерпаловидные мышцы** (16) сокращаются, черпаловидные хрящи направляются в обратном направлении. **Голосовые отростки** (25) сближаются по средней линии, и **голосовые связки** (15') соприкасаются, осуществляя **закрытие голосовой щели**. **Частичная схема голосовых связок** (рис. 74) показывает, что перейдя от открытия (15) к закрытию щели (15'), голосовые связки подвергаются растяжению (**d**) при смещении (красная стрелка) голосового отростка (25) благодаря ротации черпаловидных хрящей (24). **Более сильное натяжение** голосовых связок происходит при **фонации, при произведении высокого звука**.

Два последних рисунка иллюстрируют, как **закрывается вход в гортань** (рис. 75) и как **натягиваются голосовые связки** (рис. 76) при звукообразовании.

Если **посмотреть слева** (рис. 75) на **перстневидный хрящ** (6) и **черпаловидный хрящ** (8), то заметно, что последний сочетается с **печаткой перстневидного хряща** (7) посредством **черпаловидной су-**

ставной поверхности (21). Ось этого **перстнечерпаловидного сустава** направлена косо снизу вверх, изнутри кнаружи и сзади вперед (не показано на рисунке).

Когда **межчерпаловидная мышца** (18) и **задняя перстнечерпаловидная** (14) сокращаются (рис. 71), черпаловидный хрящ поворачивается кзади (темно-синее положение на рисунке 75), а его **голосовой отросток** (25) удаляется от срединной линии. **Голосовая связка** (15) вместе с противоположной себе формируют треугольную щель с вершиной спереди (рис. 72). И наоборот, **сокращение латеральной перстнечерпаловидной мышцы** (16) поворачивает черпаловидный хрящ внутрь, что приближает голосовой отросток к срединной линии, равно как и **голосовую связку** (15') (рис. 73).

Во время речи голосовые связки подвержены различному натяжению, это несложно понять. На схеме (рис. 74) видно, что закрытие голосовой щели приводит к растяжению голосовых связок. Но более того (рис. 76), представив перстневидный хрящ (6) зафиксированным, **натяжение перстнещитовидной мышцы** (17) повернет щитовидный хрящ вокруг сустава между его **малым рогом и перстневидным хрящом** (5), и его передняя часть опустится. Прикрепленная впереди голосовая связка перейдет **из положения (26) в положение (26')**, что представляется как удлинение голосовой связки, а следовательно, и ее натяжение посредством **сокращения противоположной перстнещитовидной мышцы** (17'). Эта мышца иннервируется **нижним гортанным нервом**, или **возвратным нервом**, и, таким образом, это **наиболее важная мышца для фонации**. Именно *она контролирует натяжение голосовых связок и, следовательно, высоту голоса*.

Таким образом, существует два механизма регулирования натяжения голосовых связок:

- раскрытие голосовой щели путем сокращения латеральной перстнечерпаловидной мышцы;
- наклон вперед щитовидного хряща путем сокращения перстнещитовидной мышцы.

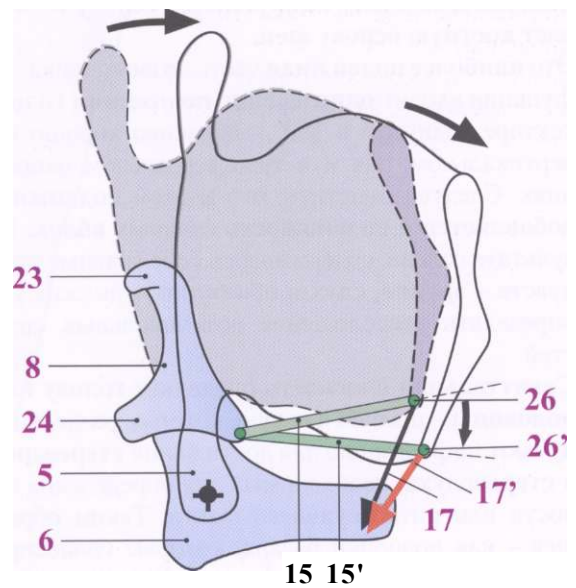
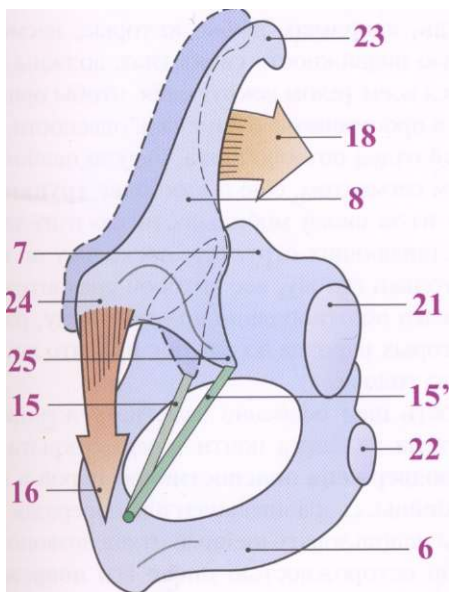
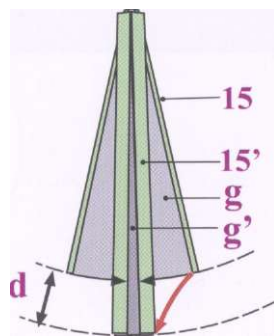
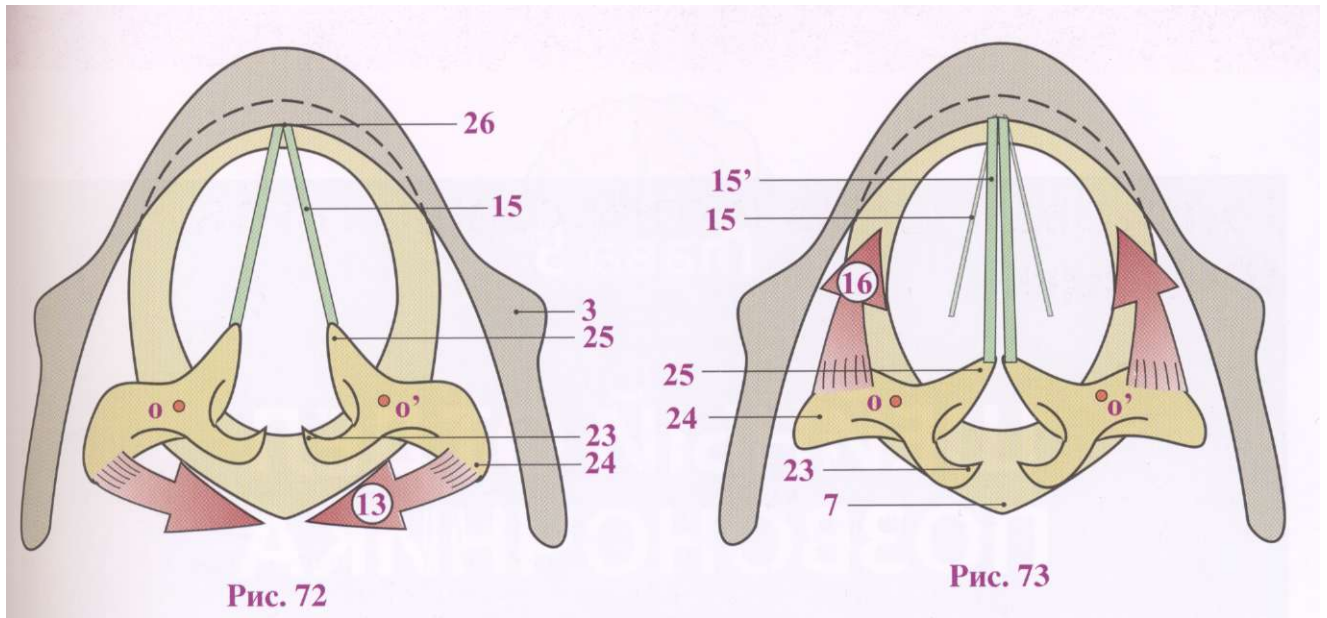


Рис. 75

Рис. 76

Глава 5

ШЕЙНЫЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА

Шейный отдел позвоночника - это верхний сегмент позвоночника, является продолжением грудного отдела позвоночника, поддерживает голову и составляет **костную основу шеи**.

Это **наиболее подвижная** часть позвоночника. В его функции входит **определение положения головы** в секторе радиусом в 180° , одинаково хорошо как в вертикальном, так и в трансверзальном направлениях. Следует отметить, что **к этой подвижности добавляется и подвижность глазных яблок**. В результате голова, содержащая в себе главные органы чувств - **зрение, слух и обоняние**, - должна уметь определять расположение потенциальных опасностей.

Сагиттальная плоскость разделяет голову на две половины - правую и левую, которые раздельно получают информацию для достижения **стереозрения** и **стереослуха**, необходимых для определения опасности или интересующего факта. Таким образом, шея - как подпорки радара, которые балансируют в пространстве за счет вращения. Единственным отличием является то, что шея не может повернуться

более чем на $170-180^\circ$, что и так уже большое достижение по сравнению с животными, лишенными шеи, как, например, рыбы, которые, несмотря на большую подвижность своих глаз, должны поворачиваться всем телом вокруг себя, чтобы ориентироваться в пространстве и замечать опасности.

Шейный отдел позвоночника, будучи наиболее подвижным сегментом, еще и **наиболее хрупкий**. И не только из-за своей мобильности, но и из-за легкости составляющих структур, поскольку он призван нести только голову, вес которой сравнительно незначителен по отношению ко всему телу, разве что у некоторых народов до сих пор принято носить тяжести на голове.

Хрупкость шеи особенно заметна у женщин. Эта **часть тела** человека почти всегда открыта и наиболее **подвержена опасности**, чем порой и пользуются убийцы, сворачивая шею или перерезая их. Мы должны использовать шейный отдел позвоночника с большой осторожностью **после его повреждения**. Это *правило всегда применяется при всех видах лечения поврежденных этого сегмента позвоночника...*



Шейный отдел позвоночника в целом

В целом шейный отдел позвоночника (рис. 1) состоит из **двух анатомически и функционально различных сегментов:**

- **верхний, или подзатылочный, сегмент (1)** состоит из первого позвонка, или атланта, и второго позвонка, или **осевого позвонка**. Эти позвонки связаны между собой и с затылком при помощи сложной цепи суставов с тремя осями и тремя **степенями подвижности;**
- **нижний сегмент (2)** продолжается от нижней поверхности **осевого позвонка** до верхней поверхности **первого грудного позвонка.**

Шейные позвонки похожи один на другой, за исключением атланта и осевого позвонка, которые отличаются один от другого и всех остальных позвонков. Сочленения в нижнем сегменте имеют только **два типа подвижности:**

- **сгибание - разгибание;**
- смешанные движения **бокового наклона с ротацией**, но не чисто ротация, или только боковой наклон.

Функционально два этих сегмента **дополняют друг друга** для обеспечения движений **чисто ротационных, наклонных или сгибания - разгибания** головы.

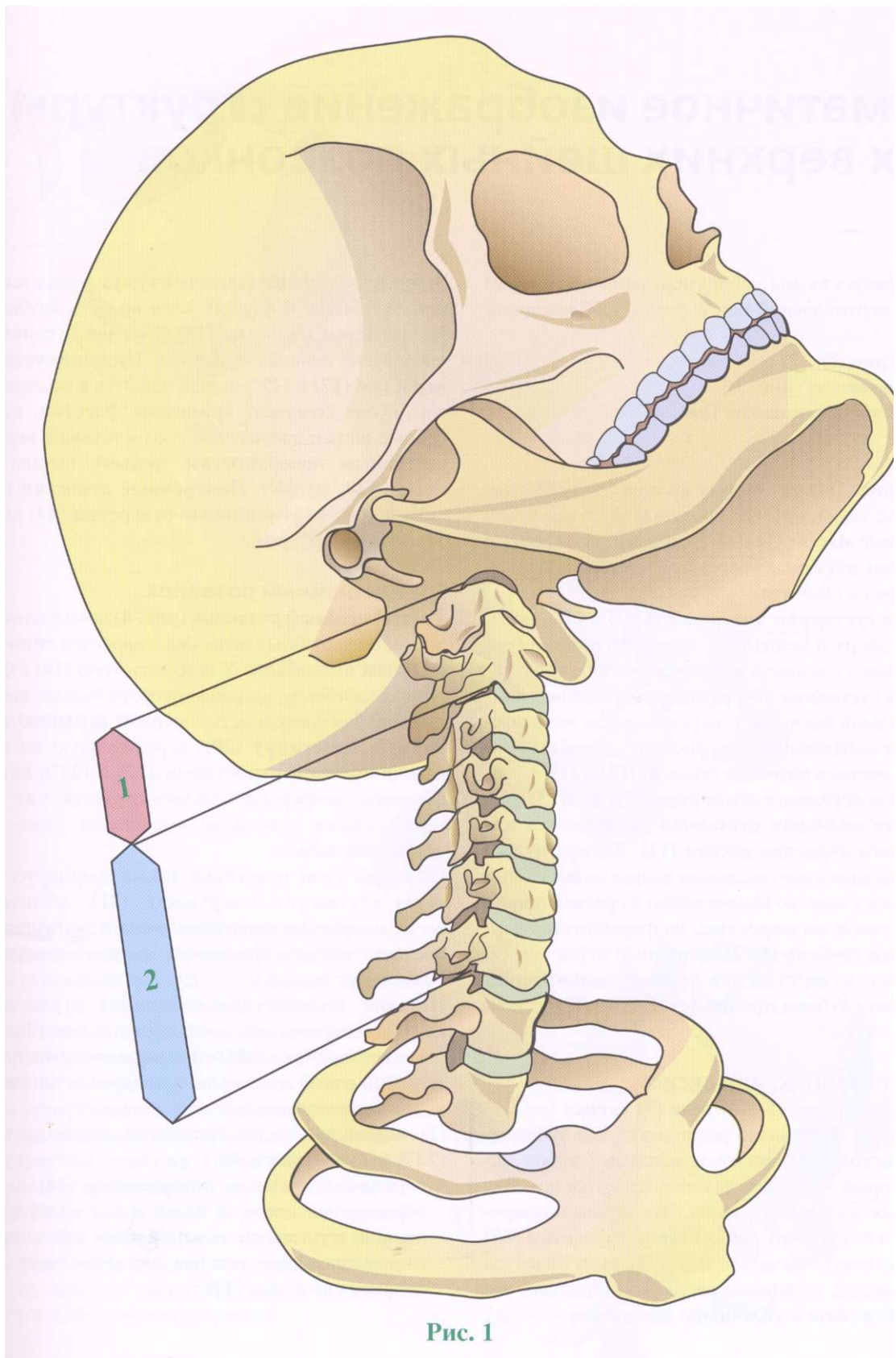


Рис. 1

Схематичное изображение структуры трех верхних шейных позвонков

На этих рисунках мы изобразили один под другим на одной вертикальной оси в очень приближенной манере:

- атлант (рис. 2);
- осевой позвонок (рис. 3);
- третий шейный позвонок (рис. 4).

Атлант

Атлант (рис. 2) имеет форму кольца с поперечным диаметром, большим, чем продольный. У него есть две боковые массы (1) и (1') в форме овала, косые оси которых идут косо вперед и медиально; на них, в свою очередь, имеются:

- верхняя суставная поверхность (2) и (2'), обращенная вверх и медиально, двояковогнутая и сочленяющаяся с мыщелками затылочной кости;
- нижняя суставная поверхность, обращенная вниз и медиально, вогнутая в переднезаднем направлении и сочленяющаяся с верхней суставной поверхностью осевого позвонка (аксиса) (12) и (12').

На задней поверхности его передней дужки (3) есть небольшая овальная суставная поверхность для зубовидного отростка аксиса (11). Задняя дужка (5), уплощенная в вертикальном направлении, становится толще сзади, по направлению к средней линии, где нет остистого отростка, но формируется вертикальный гребень (6). Поперечные отростки (7) и (7') имеют отверстия для позвоночной артерии (8), которая глубоко проникает в кость (8') позади от боковых масс.

Осевой позвонок, или аксис

Верхняя поверхность (10) тела (9) аксиса (рис. 3) несет на себе центрально расположенный зубовидный отросток (11), также называемый зубом аксиса, который работает как точка вращения для атлантоаксиального сустава. Эта верхняя поверхность также содержит две суставные фасетки (12) и (12') по типу плечиков, которые выступают за тело позвонка, обращены вверх и латерально, вогнуты продольно и уплощены поперечно.

Задняя дужка (16) состоит из двух узких пластинок (15) и (15'), идущих косо назад и медиально. На остистом отростке (18) есть два бугорка, как и на других шейных позвонках. Нижние суставные отростки (17) и (17') прикрепляются к ножкам (16) снизу; они содержат хрящевые фасетки, направленные вниз и вперед; они соответствуют верхним суставным поверхностям третьего шейного позвонка (24) и (24'). Поперечные отростки (13) и (13') имеют вертикальные отверстия (14) для позвоночных артерий.

Третий шейный позвонок

Третий шейный позвонок (рис. 4) похож на остальные четыре шейных позвонка и является типичным шейным позвонком. У него есть тело (18) в форме параллелепипеда, ширина которого больше высоты. Его верхняя поверхность содержит верхнюю позвоночную пластинку (20), ограниченную по бокам крючковатыми отростками (22) и (22'), которые обращены вверх и медиально и сочленяются с двумя уплощенными костными выростами нижней поверхности аксиса.

Передний край пластинки также формирует плоскую суставную поверхность (21), обращенную вверх и вперед и сочленяющуюся с задней поверхностью костного продолжения вышележащего позвонка, тут аксиса.

Нижняя позвоночная пластинка ограничена с каждой стороны унко-verteбральными (фасеточные суставы) суставными поверхностями, направленными вниз и латерально-, продолжается вперед и вниз выступающим клювом.

На задней дуге есть: суставные отростки (23) и (23'), несущие каждый:

- верхние суставные поверхности (24) и (24'), обращенные вверх и назад и соответствующие нижним суставным поверхностям вышележащего позвонка, здесь нижняя суставная поверхность опорного позвонка(17);

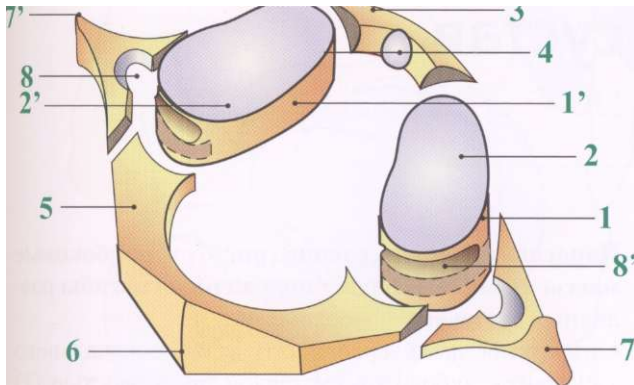


Рис.2

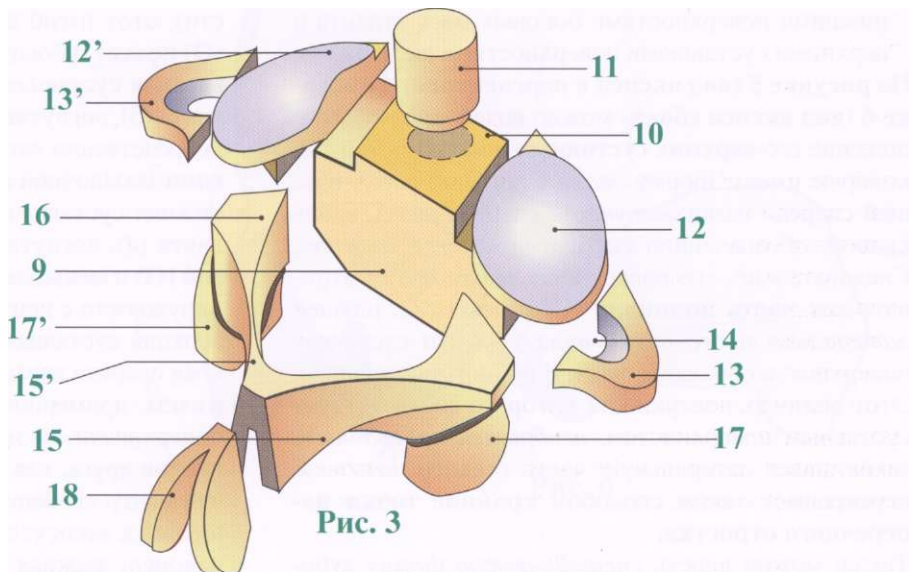


Рис. 3

• **нижние суставные поверхности**, обращенные вниз и вперед и соответствующие верхним суставным поверхностям нижележащего позвонка (тут не показаны).

Эти суставные поверхности прикрепляются к телу при помощи **ножек** (25), которые несут **основание поперечного отростка** (26) и (26'), также прикрепляющиеся к **боковой поверхности тела позвонка**. **Желобовидные поперечные отростки** имеют **круглое отверстие** рядом с телом для **прохождения позвоночной артерии**, а на их концах есть **передний и задний бугорок**. **Две позвонковые пластинки** (27) и (27'), скошенные вниз и латерально, соединяются по средней линии, формируя **остистый отросток** (28) с **двумя бугорками**.

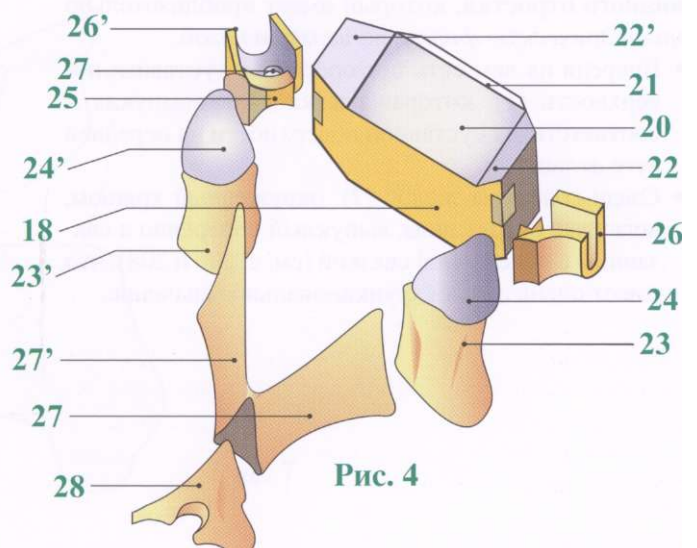


Рис. 4

Атлantoаксиальный сустав

Механически атлант и аксис связаны при помощи **трех взаимосвязанных суставов**. Это:

- осевой сустав, срединный атлantoаксиальный сустав с зубовидным отростком, служащим осью вращения (см. с. 202);
- два боковых симметричных сустава, латеральные атлantoаксиальные суставы, сформированные нижними поверхностями боковых масс атланта и верхними суставными поверхностями аксиса.

На **рисунке 5 (вид аксиса в перспективе)** и **рисунке 6 (вид аксиса сбоку)** можно видеть форму и положение его **верхних суставных поверхностей** (5), которые имеют форму *овала* с длинной осью, идущей спереди назад, *выпуклого* спереди назад, вдоль кривой, обозначенной (xx'), и *прямого поперечно*. Следовательно, его поверхность можно рассматривать как **часть цилиндра (С)** с осью (**Z**), идущей латерально и несколько вниз так, что суставная поверхность обращена вверх и немного латерально. Этот цилиндр, поверхность которого соответствует суставным поверхностям, *изображен прозрачным*, захватывает латеральную часть осевого позвонка; перекрывает таким способом **крайние точки поперечного отростка**.

Также можно видеть *специфическую форму зубовидного отростка*, который имеет приблизительно *цилиндрическую форму*, но *изогнут назад*.

- Впереди на нем есть щитообразная суставная поверхность (1), которая слегка двояковыпукла и соответствует суставной поверхности на передней дуге атланта.
- Сзади содержит желоб (7), окруженный хрящом, вогнутый сверху вниз, выпуклый поперечно и связанный с поперечной связкой (см. с. 206 и 208), что имеет очень важное функциональное значение.

Парасагитальное сечение (рис. 7) через **боковые массы атланта** выявляет **положение и изгибы** различных суставных поверхностей:

- изогнутая щель срединного атлantoаксиального сустава с зубовидной суставной поверхностью (1) и суставной поверхностью передней дуги атланта (2) (пересечена в средней сагитальной плоскости), этот изгиб вписан в окружность с центром (Q) позади зубовидного отростка;
- верхняя суставная поверхность боковых масс атланта (3), вогнутая спереди назад и обращенная непосредственно вверх. Она соединяется с мышцами затылочной кости;
- нижняя суставная поверхность боковых масс атланта (4), вогнутая спереди назад с центром кривой (O) и меньшим радиусом изгиба относительно окружности с центром (Q);
- верхняя суставная поверхность аксиса (5), выпуклая спереди назад с центром изгиба (P) и радиусом изгиба, примерно равным предыдущему. Две эти поверхности (4) и (5), следовательно, лежат друг против друга, как два колеса (звездочкой обозначен центр сгибания и разгибания атласа по отношению к аксису; см. с. 206);
- наконец, нижняя суставная поверхность аксиса (6), обращенная вниз и вперед; она не совсем плоская, и ее несколько изогнутая поверхность имеет длинный радиус изгиба с центром (**R**), расположенным внизу и впереди. Она сочленяется с верхней суставной поверхностью суставного отростка третьего шейного позвонка.

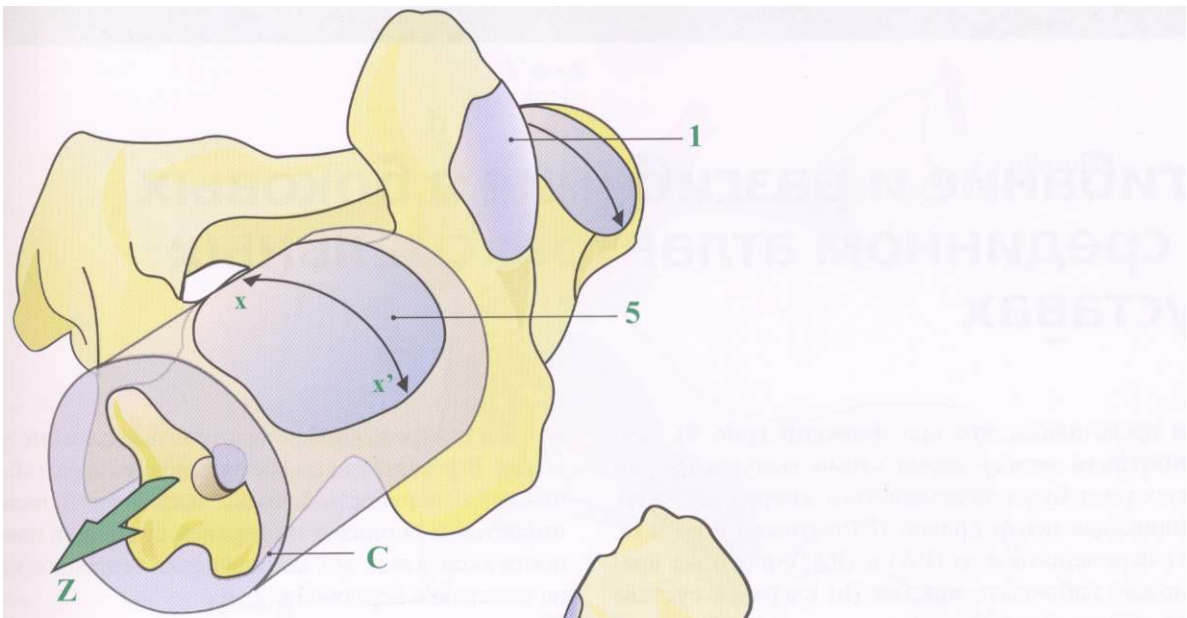


Рис. 5

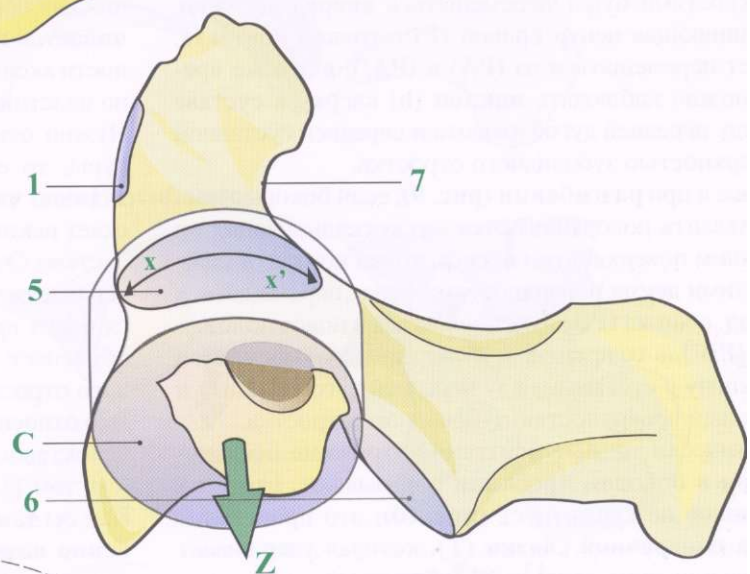


Рис. 6

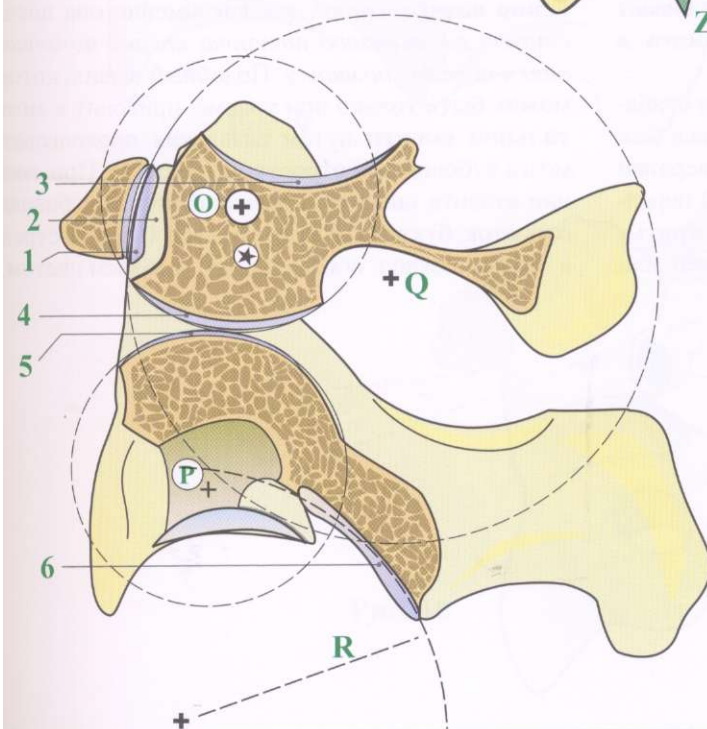


Рис. 7

Сгибание и разгибание в боковых и срединном атлantoаксиальных суставах

Если представить, что при **флексии** (рис. 8) **точка контакта** между двумя этими выпуклыми поверхностями будет перемещаться **вперед**, а линия, соединяющая центр кривой (Р) с точкой контакта, будет перемещаться из (РА) в (РА'); в это же время можно наблюдать **наклон** (Б) кверху в суставе между передней дугой атланта и передней суставной поверхностью зубовидного отростка.

Также и при **разгибании** (рис. 9), если боковые массы атланта поворачиваются без соскальзывания по верхним поверхностям аксиса, точка контакта между этими двумя поверхностями будет перемещаться **назад**, а линия (РВ) будет двигаться в новое положение (РВ'), в то время как будет наблюдаться наклон (Б) книзу в суставе между передней дугой атланта и передней поверхностью зубовидного отростка.

Фактически **точные рентгенологические исследования в боковой проекции** показывают, что этих наклонов не существует (рис. 10); это происходит из-за **поперечной связки** (Т), которая удерживает переднюю дугу атланта и зубовидный отросток в тесном контакте (см. с. 208).

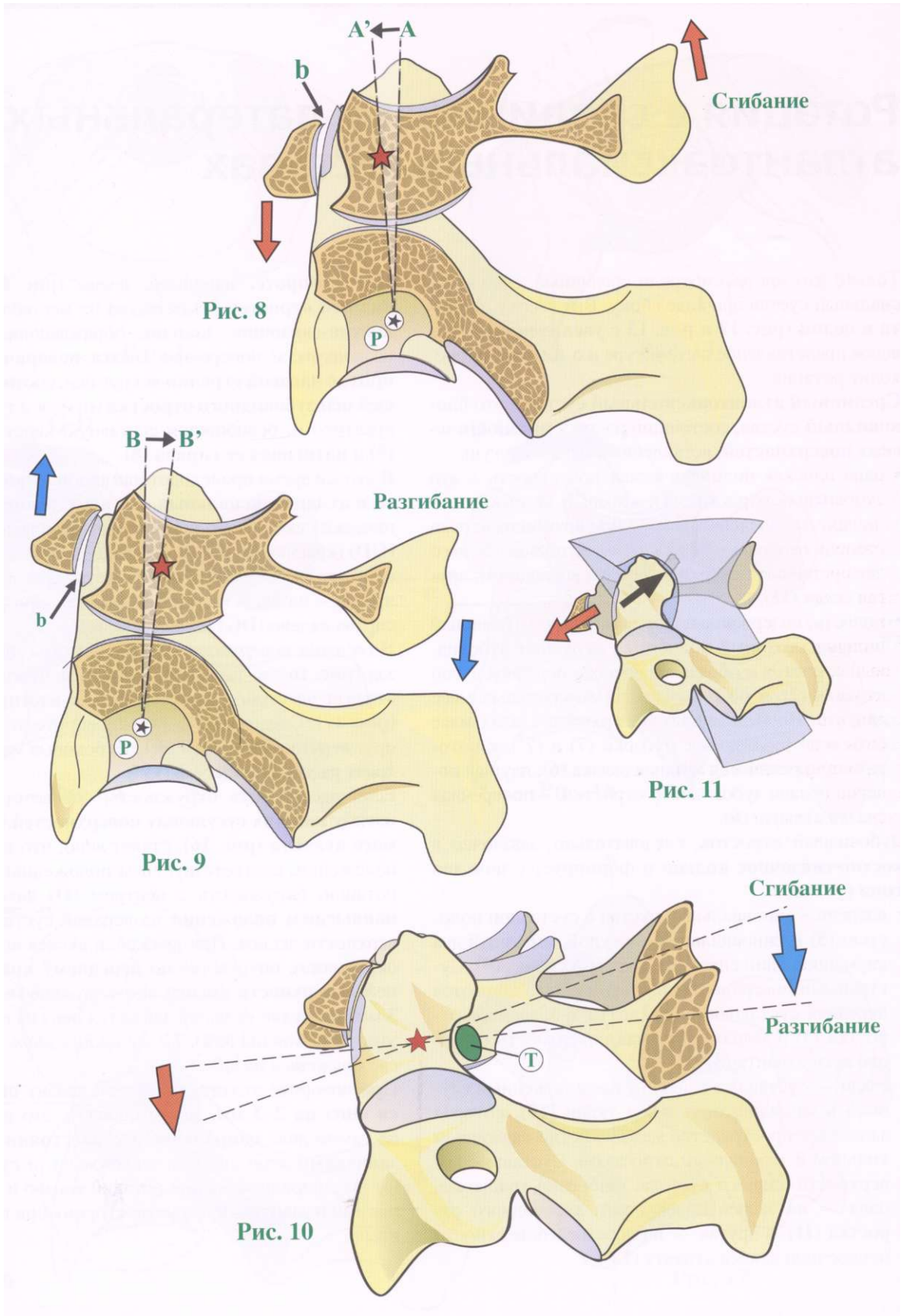
Реальный центр, вокруг которого происходит сгибание и разгибание атланта относительно аксиса (см. рис. 7, с. 205), — это не центр кривой (Р) верхней суставной поверхности аксиса, не точка (Q) передней поверхности зубовидного отростка, а **третья точка** (отмечена звездочкой), лежащая более или

менее в центре зубовидного отростка, если смотреть сбоку. В результате во время сгибания и разгибания нижняя поверхность боковых масс атланта **поворачивается и скользит** по верхней суставной поверхности аксиса *так же, как* мышелки бедренной кости по пластинке берцовой кости.

Нужно отметить, что наличие растяжимой структуры, то есть поперечной связки, **формирующей заднюю часть атлantoзубовидного сустава**, допускает некоторую подвижность в атлantoаксиальном суставе. Эта связка входит в желобок на задней поверхности зубовидного отростка и может изгибаться *вверх при разгибании и вниз при сгибании*. Это объясняет, почему суставная поверхность зубовидного отростка не полностью костная.

Это относится и к кольцевидной связке верхнего лучелоктевого сустава, который также блоковидный (см. том 1).

Как бы там ни было, поперечная связка играет **жизненно важную роль**, так как именно она *препятствует скольжению атланта вперед по отношению к осевому позвонку*. Подобный вывих, который может быть только при травме, приводит к **моментальной смерти** путем сдавления продолговатого мозга зубовидным отростком (рис. 11). При смещении атланта кпереди (красная стрелка) зубовидный отросток буквально погружается (черная стрелка) в нервный ствол, обозначенный голубым цветом.



Ротация в срединном и латеральных атлантоаксиальных суставах

Только что мы рассмотрели срединный атлантоаксиальный сустав при виде сбоку. Вид сверху атланта в целом (рис. 12 и рис. 13 с увеличением) дает ясное представление о структуре и о том, как происходит ротация.

Срединный атлантоаксиальный сустав - это **блоковидный** сустав, состоящий из **двух цилиндрических поверхностей**, вставленных одна в другую:

- одна плоская цилиндрическая поверхность - это зубовидный отросток (1), который не строго цилиндричен, следовательно, в нем возможна вторая степень свободы - сгибание и разгибание. У него две суставные поверхности, одна впереди (4), другая сзади (11);
- полость, содержащая этот цилиндр, — это **полый цилиндр**, который полностью окружает зубовидный отросток и образован впереди передней дугой атланта (2), а по бокам — из латеральных масс атланта. На медиальных поверхностях этих масс есть ясно различимые бугорки (7) и (7'), к которым прикрепляется мощная связка (6), идущая поперек позади зубовидного отростка, - поперечная связка атланта (6).

Зубовидный отросток, следовательно, заключен в **костно-связочное кольцо** и формирует с ним **два типа суставов**:

- впереди - синовиальный сустав с суставной полостью (5) и синовиальной капсулой, имеющей два кармашка, один слева (8), а другой справа (9). Суставными поверхностями этого сустава являются передняя суставная поверхность зубовидного отростка (4) и задняя суставная поверхность передней дуги атланта (3);
- сзади — сустав без капсулы, расположенный глубоко в волокнисто-жировой ткани (10), которая заполняет пространство между костно-связочным кольцом и зубовидным отростком. Суставные поверхности данного сустава: фиброзно-хрящевые, одна — на задней поверхности зубовидного отростка (11), а другая — на передней поверхности поперечной связки атланта (12).

При повороте, например, влево (рис. 13) **зубовидный отросток (1)** остается на месте, тогда как **костно-связочное кольцо**, образованное осевым позвонком, и поперечная связка **поворачиваются против часовой стрелки** вокруг оси, соответствующей **оси зубовидного отростка** (отмечен тут белым крестиком), **освобождая** суставную капсулу **слева (9) и натягивая ее справа (8)**.

В это же время происходит **движение справа и слева в атлантоаксиальных суставах**, которые механически связаны. Во время поворота слева направо (**GD**) (красная стрелка) (рис. 14) левая боковая масса атланта смещается вперед (стрелки), тогда как правая - назад, и наоборот (рис. 15), при повороте справа налево (**DG**) (синяя стрелка).

Но **верхние поверхности аксиса** вогнуты спереди назад (рис. 16), и, таким образом, путь боковых масс атланта не строго горизонтален, а **изогнут вверх** (рис. 17). Следовательно, при повороте атланта вокруг **вертикальной оси (w)** его боковые массы проходят расстояние (**xx'**) и (**yy'**).

Если рассмотреть окружность, соответствующую **изгибу нижних суставных поверхностей боковых масс атланта** (рис. 16), станет ясно, что в среднем положении, соответствующем положению нулевой ротации, окружность с центром (O) находится в **наивысшем положении** на верхней суставной поверхности аксиса. При движении аксиса вперед эта окружность опускается по **переднему краю верхней поверхности аксиса** на расстояние (**e**) от 2 до 3 мм, тогда как ее центр движется вниз на половину этого расстояния (**e/2**). *То же происходит, если аксис движется назад.*

При повороте атланта на аксисе атлант **опускается вниз на 2-3 мм**, таким образом, это движение на самом деле **спиральное**. Но **расстояние между завитками** этой спирали очень мало, и существуют две спирали: одна при ротации вправо и другая с шагами и завитками в другую сторону при повороте влево.

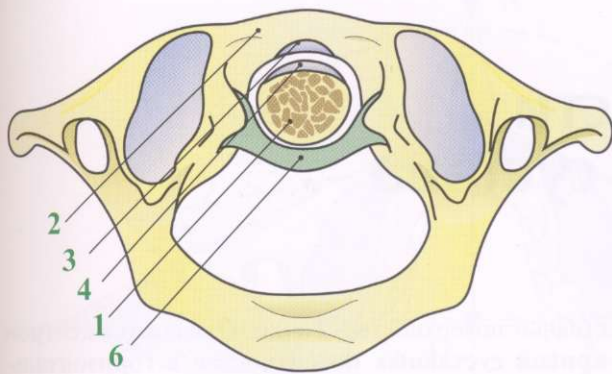


Рис. 12

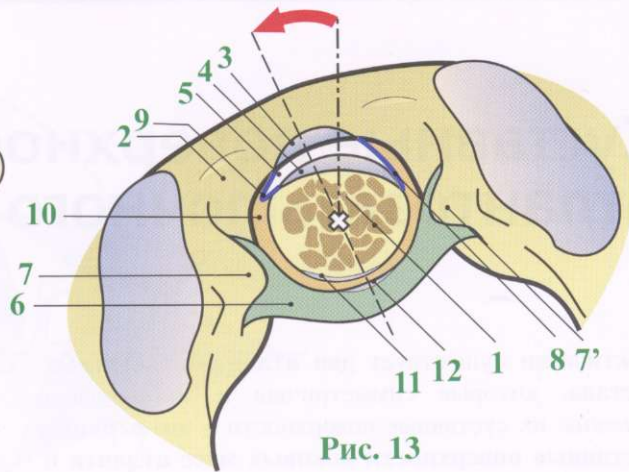


Рис. 13

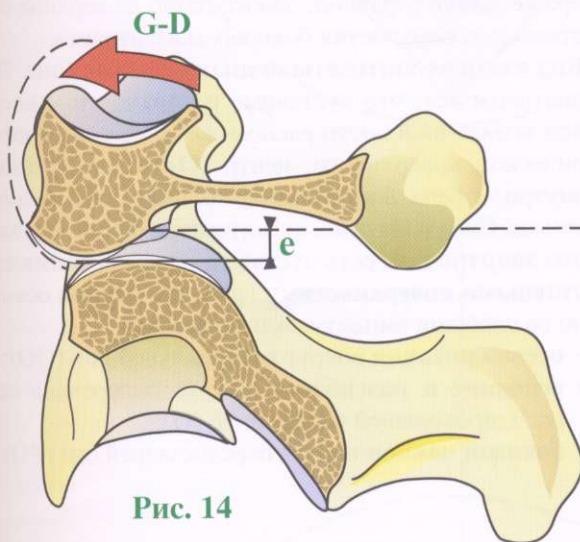


Рис. 14

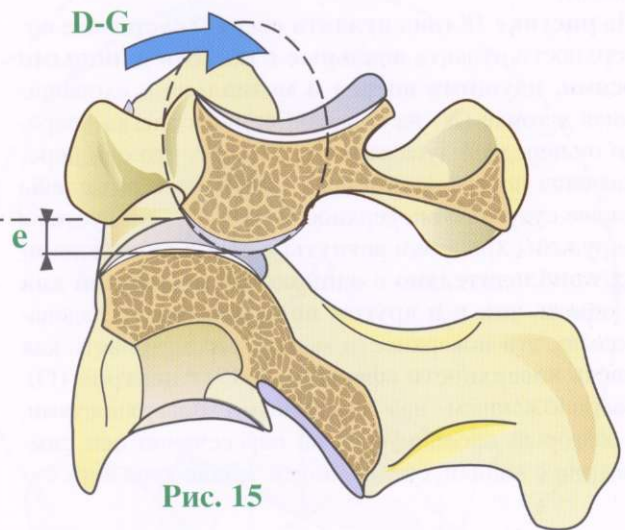


Рис. 15

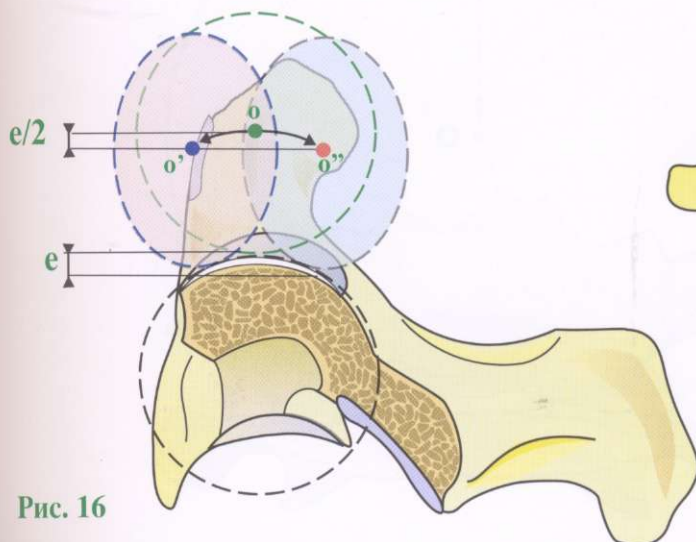


Рис. 16

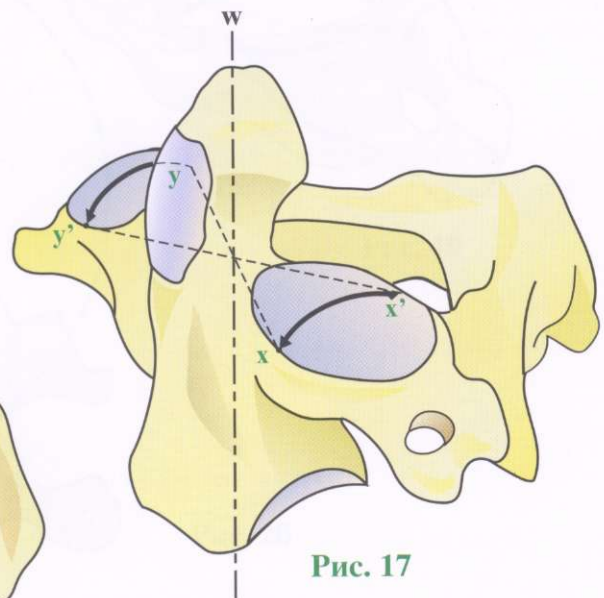


Рис. 17

Суставные поверхности атлантозатылочного сустава

Фактически существует два атлантозатылочных сустава, которые симметричны и *механически связаны*; их суставные поверхности - это **верхние суставные поверхности боковых масс атланта и суставные поверхности мышелков затылочной кости.**

На рисунке 18 (вид атланта сверху) суставные поверхности атланта **овальные с косыми длинными осями, идущими вперед и медиально** и сходящиеся в точке (N) на средней линии и слегка впереди от передней дуги атланта. Бывает, что они перехвачены посередине и даже могут быть разделены на две суставные поверхности каждая. Эти суставы окружены хрящом и **вогнуты в обоих направлениях приблизительно с одинаковой кривизной как в одном, так и в другом направлениях.** Следовательно, эти поверхности можно рассматривать как **часть поверхности сферы (рис. 19) с центром (O),** расположенным над суставными поверхностями, и который проецируется на пересечении оси симметрии с линией, соединяющей задние края двух су-

ставных поверхностей. Точка (Q) является центром кривой суставных поверхностей в горизонтальной плоскости. Точка (P) — центр кривой этих поверхностей в вертикальной плоскости. Рисунок показывает, что эта сфера (зеленый пунктир), изображенная прозрачной, лежит точно на верхних суставных поверхностях боковых масс атланта.

Вид сзади атлантозатылочных суставов (рис. 20) подтверждает, что суставные поверхности мышелков затылочной кости расположены на той же сферической поверхности, центр (O) которой лежит внутри черепа *над большим затылочным отверстием.* Следовательно, атлантозатылочный сустав — это **энартроз**, то есть сустав со **сферическими суставными поверхностями (рис. 19)** с тремя осями, но со слабыми амплитудами движений:

- **осевая ротация** вокруг вертикальной оси (QO);
- **сгибание и разгибание** вокруг поперечной оси (zz'), проходящей через центр (O);
- **боковой наклон** вокруг переднезадней оси (PO).

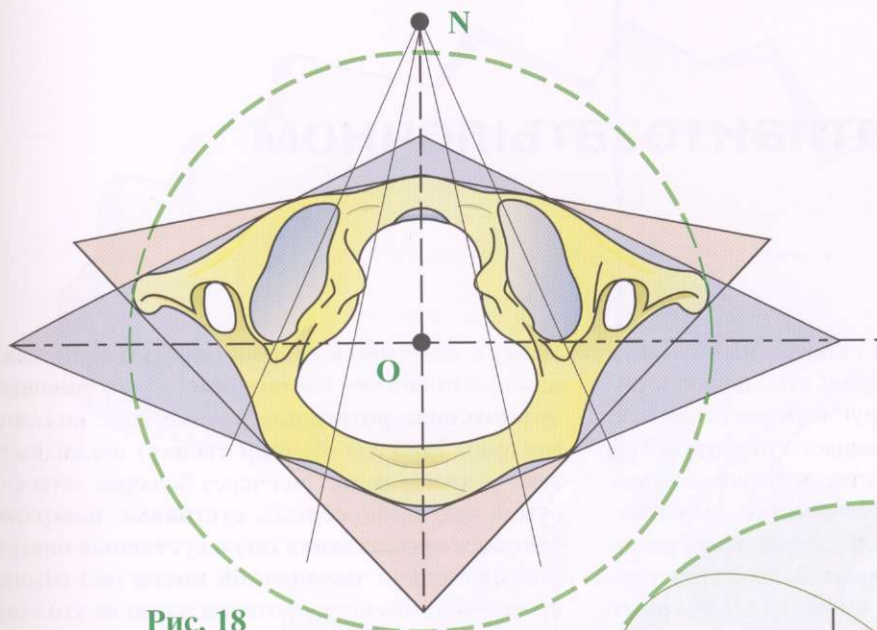


Рис. 18

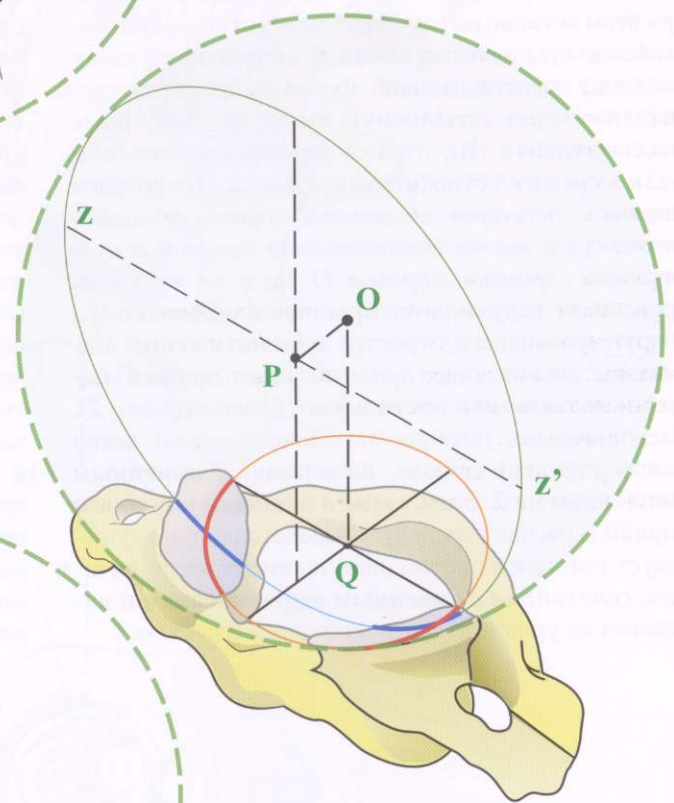


Рис. 19

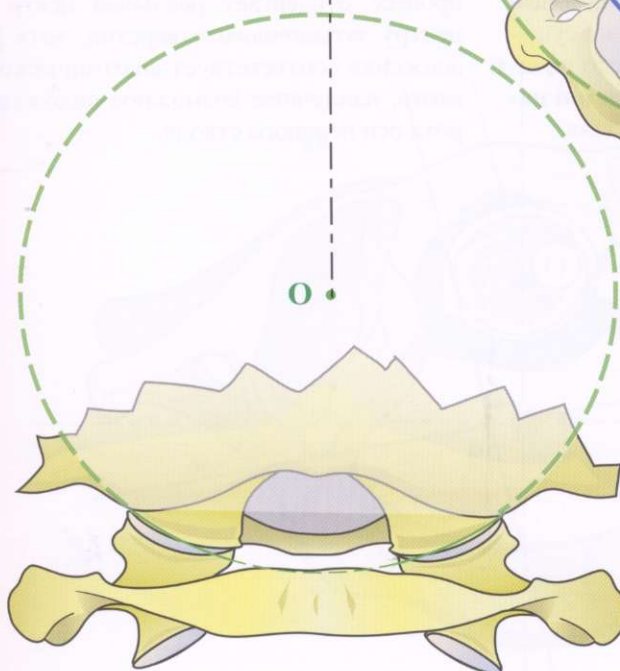


Рис. 20

Поворот в атлантозатылочном суставе

При повороте затылочной кости на атланте (рис. 21) его ротация вторична по отношению к ротации атланта на аксисе вокруг вертикальной оси, проходящей через центр зубовидного отростка. Тем не менее эта ротация - не простое действие, так как при этом активно **натягиваются некоторые связки**, особенно крыловидная связка (L) (зеленая стрелка). Рисунок, представляющий фронтальный срез вертикально через **затылочную кость (А)** и **боковые массы атланта (В)**, отражает *ротацию затылочной кости влево* относительно атланта. Эта ротация связана с *передним смещением правого мыщелка затылочной кости относительно боковой массы атланта (красная стрелка 1)*, но в то же время происходит **скручивание крыловидной связки (L)** вокруг зубовидного отростка и ее **натяжение**. Натяжение, возникающее при этом, **тянет правый мыщелок затылочной кости влево (белая стрелка 2)**. Следовательно, ротация затылочной кости влево (синяя стрелка) связана, во-первых, с **линейным смещением на 2-3 мм влево и боковым наклоном вправо** (красная стрелка). Следовательно, не существует ротации в чистом виде, но имеет место **ротация, сочетанная с линейным перемещением и наклоном** на уровне атлантозатылочного сустава.

Итак, в классическом движении **ротация, связанная с линейным смещением**, - это эквивалент **другого вида ротации** на тот же угол, но с другим центром. **Рисунок 22 (вид сверху)** показывает атлант (серый), аксис (вид через большое затылочное отверстие, темно-серый), **суставные поверхности боковых масс атланта (at)** и **суставные поверхности мыщелков затылочной кости (oc)** (мышцелки прозрачны). Во время ротации влево на угол (**a**) вокруг **центра зубовидного отростка (О)** затылочная кость перемещается влево на 2-3 мм в направлении, показанном **вектором (V)**. Теперь легко понять, что реальный центр ротации находится в точке (**P**), лежащей **слегка справа** от средней линии и на линии (**z**), *соединяющей задние границы суставных поверхностей боковых масс атланта*. Следовательно, **реальный центр** ротации атлантозатылочного сустава перемещается между двумя крайними точками: **точкой (P)** при ротации влево и **точкой (P')** в зеркальном отражении при ротации вправо. Этот процесс отодвигает реальный центр вращения к центру затылочного отверстия, хотя реальная ось движения соответствует анатомической оси ствола мозга, наилучшее возможное положение для поворота оси нервного ствола.

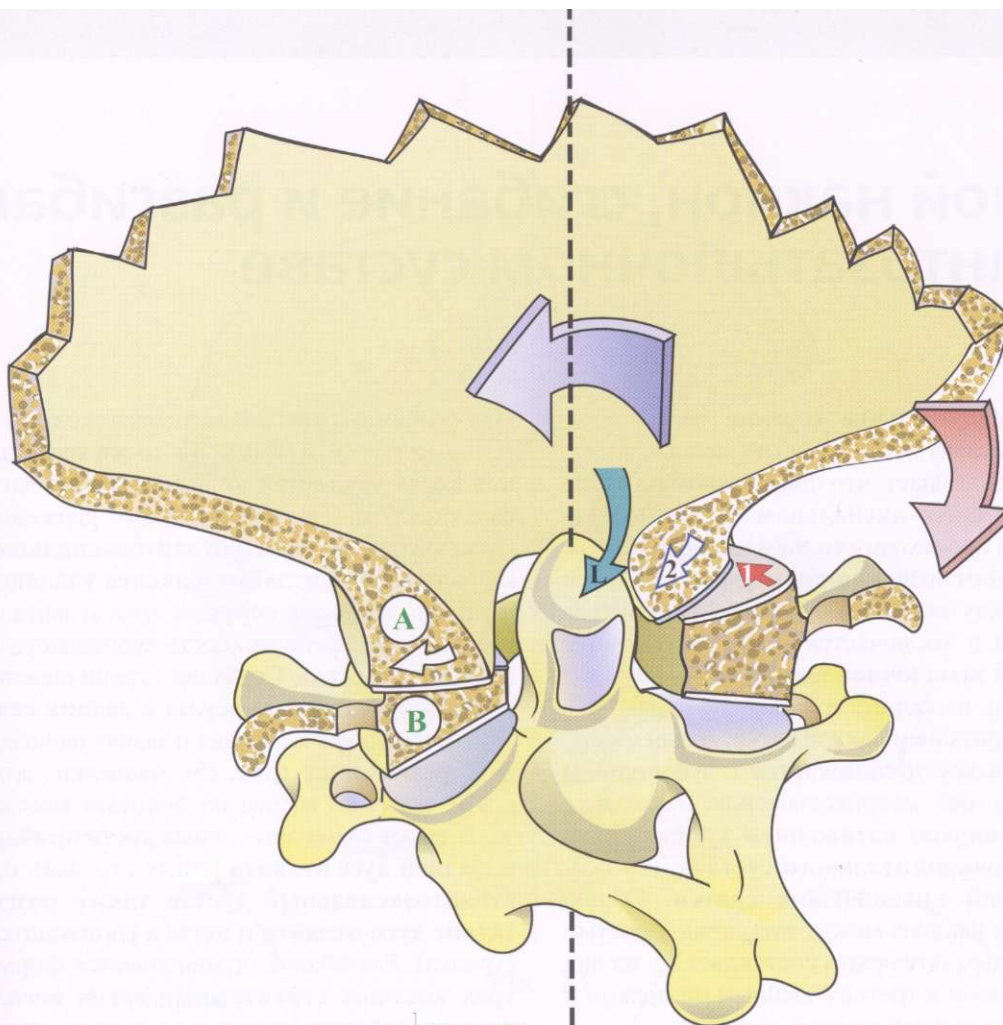


Рис. 21

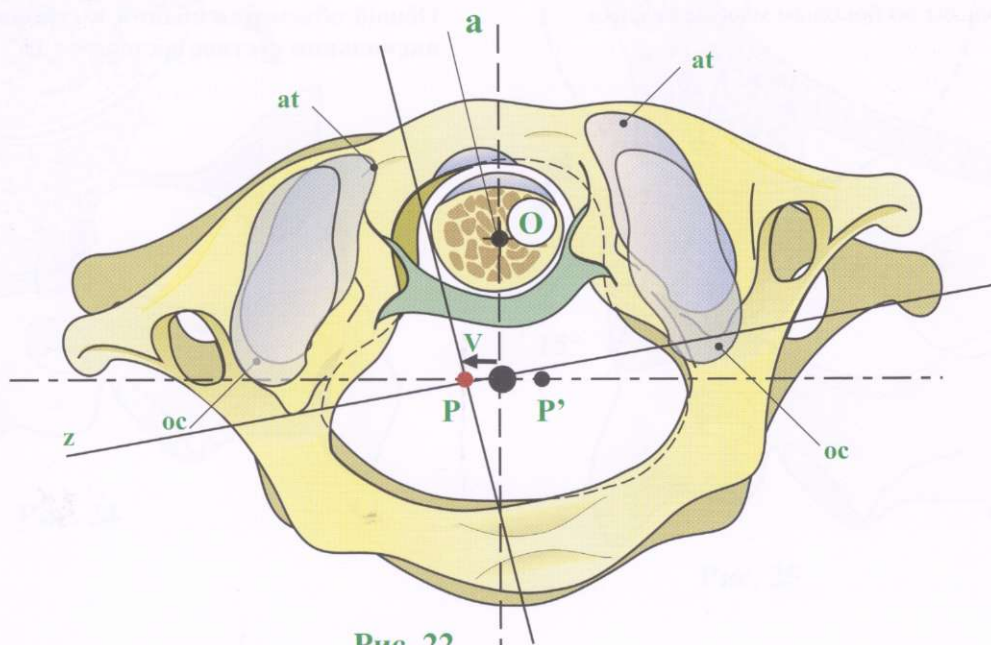


Рис. 22

Боковой наклон, сгибание и разгибание в атлантозатылочном суставе

Вертикально-фронтальное сечение через затылочную кость, атлант, аксис и третий шейный позвонок (рис. 23) показывает, что при боковом наклоне движение в атланто-аксиальном суставе отсутствует. Наклон происходит только между аксисом и третьим шейным позвонком и между затылком и атлантом. Между затылком и атлантом амплитуда движения мала и заключается только в скольжении мышелков затылочной кости вправо во время наклона влево и, наоборот, при наклоне вправо. На рисунке, показывающем наклон влево, левый мышелок затылочной кости сближается с зубовидным отростком, но без соприкосновения, поскольку движение ограничено натяжением капсулярных связок атлантоокипитального сустава, и в особенности правой крыловидной связки. Общий объем бокового наклона между затылочной костью и третьим шейным позвонком составляет 8° , из них 5° - между аксисом и третьим шейным позвонком и 3° между атлантом и затылочной костью. Во время сгибания и разгибания затылочной кости относительно атланта мышелки затылочной кости скользят по боковым массам атланта.

При сгибании (рис. 24) мышелки скользят назад по боковым массам атланта, и в то же время затылочная кость удаляется от задней дуги атланта (красные стрелки). Так как последнее движение всегда связано со сгибанием в атлантоаксиальном суставе, задние дуги атланта и аксиса удаляются друг от друга, тогда как передняя арка атланта скользит вниз по передней поверхности зубовидного отростка (красная стрелка). Сгибание ограничивается натяжением суставной капсулы и задних связок (атлантоаксиальная мембрана и задняя шейная связка). При разгибании (рис. 25) мышелки затылочной кости скользят вперед по боковым массам атланта. В то же время затылочная кость приближается к задней дуге атланта (синяя стрелка), и, так как атлантоаксиальный сустав также разгибается, задние дуги атланта и аксиса сближаются (синяя стрелка). Разгибание ограничивается формой этих трех костных структур. Во время насильственного разгибания задняя дуга атланта может быть зажата как в щипцах между затылочной костью и задней дугой осевого позвонка и переломлена. Общий объем разгибания и сгибания в атлантоаксиальном суставе составляет 15° .

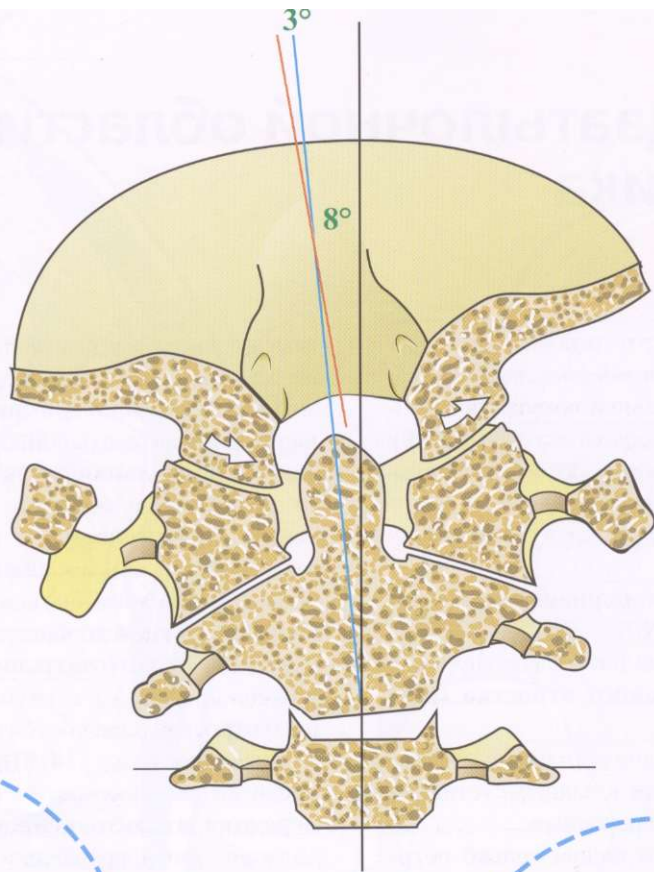


Рис. 23

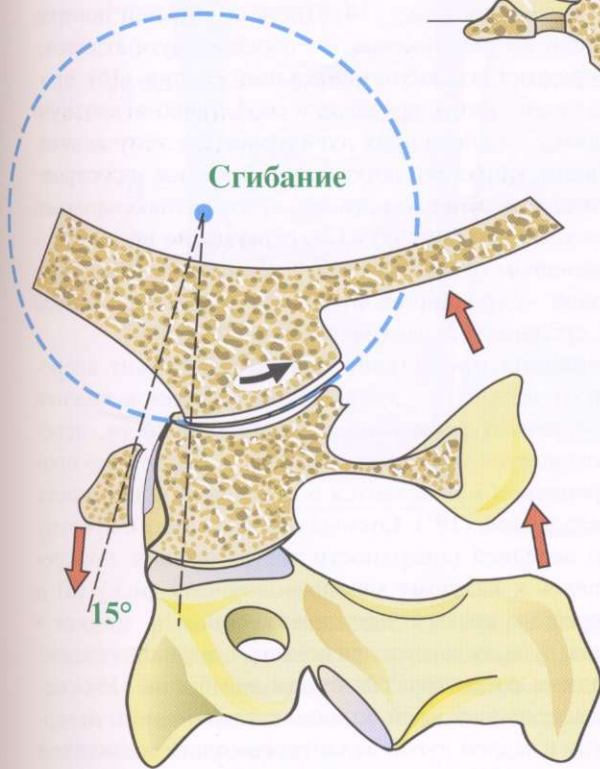


Рис. 24

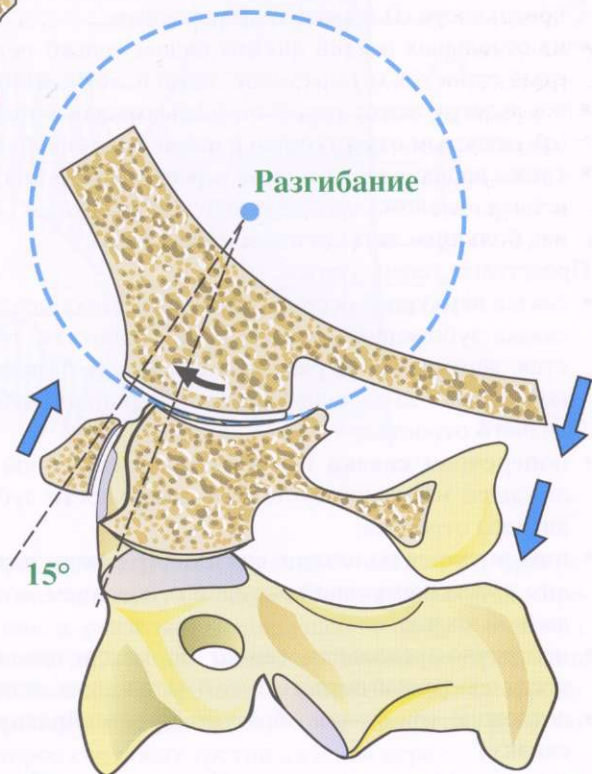


Рис. 25

Связки подзатылочной области позвоночника

Связки подзатылочной области позвоночника, довольно многочисленные и очень мощные, видны на сагиттальном срезе (рис. 26), где мозг показан прозрачным: ствол головного мозга и продолговатый мозг (Т), спинной мозг (М). Все обозначения соответствуют одним и тем же структурам вплоть до рисунка 34.

Сначала представим сверху вниз следующие костные структуры:

- срез **базиллярной части затылочной кости (а)** и **чешуи затылочной кости (б)**;
- срез передней дуги (е) атланта и его задней дуги (f);
- сагиттальный срез **зубовидного отростка (g)** и аксиса (**к**);
- на зубовидном отростке видна верхняя суставная поверхность (**h**), обращенная к задней суставной поверхности (**и**) передней дуги атланта;
- из остальных частей **аксиса** видны только остистый отросток (**п**) и сечение левой пластинки (**о**);
- под аксисом лежит третий шейный позвонок с телом (**q**), остистым отростком (s) и левой пластинкой (**г**);
- также видны в перспективе черепная ямка, заполненная стволом мозга, продолговатым мозгом (Т), над **большим затылочным отверстием**.

Представим теперь связки:

- связка **верхушки осевого позвонка** (верхушечная связка зубовидного отростка) (1), короткая, толстая, вертикальная, расположена между базиллярной частью затылочной кости и вершиной зубовидного отростка;
- **поперечная связка** (3) показана рассеченной и лежащей на задней суставной поверхности зубовидного отростка;
- **поперечно-затылочная связка (4)** между верхним краем поперечной связки и основанием затылочной кости;
- **поперечно-аксиальная связка (5)** между нижним краем поперечной связки и задней частью тела аксиса;
- последние три связки образуют **крестообразную связку**;
- **срединная затылочно-аксиальная связка (7)** сзади от крестообразной связки, идет от основания

затылочной кости к задней поверхности тела аксиса. Она продолжается латерально в виде боковой **затылочно-аксиальной связки** (здесь не показана);

- капсула атлантозатылочного сустава (9);
- **задняя продольная связка (12)**, лежащая позади от срединной и боковых затылочно-аксиальных связок, прикрепляется к выступу на основании затылочной кости и к нижнему краю аксиса, продолжается на всем протяжении позвоночного канала до крестцового канала;
- **передняя атлантозатылочная мембрана** расположена спереди от верхушечной связки зубовидного отростка. Она состоит из глубокого слоя (13) и поверхностного (14). Идет от нижней поверхности затылочной кости к передней дуге атланта;
- **передняя атлантоаксиальная связка (16)** продолжает вниз переднюю затылочно-атлантную связку нижнего края дуги атланта к телу аксиса. Таким образом, волокнисто-жировое пространство, содержащее срединный атлантоаксиальный сустав и его капсулу (17), ограничено впереди зубовидным отростком и его вершинной связкой, а сзади — срединной затылочно-атлантной связкой и срединной атлантоаксиальной связкой;
- **передняя продольная связка (18)** лежит впереди от всех этих связок, прикрепляется к нижней поверхности основания затылочной кости, перекидывается через переднюю дугу атланта без прикрепления и вплетается в переднюю поверхность тела аксиса (18'). Отсюда она идет вниз к крестцу по передней поверхности тел позвонков, прикрепляясь к каждому межпозвоночному диску (**д**) и передним краям тел позвонков (v).

Задние дуги соединены при помощи следующих связок:

- **задняя атлантозатылочная мембрана (19)** соединяет задний край большого затылочного отверстия с задней дугой атланта; гомологична **желтой связке (19')**. Она имеет сразу сзади от боковых масс атланта отверстие (C1), через которое проходит затылочная артерия и оттуда выходит первый шейный нерв;

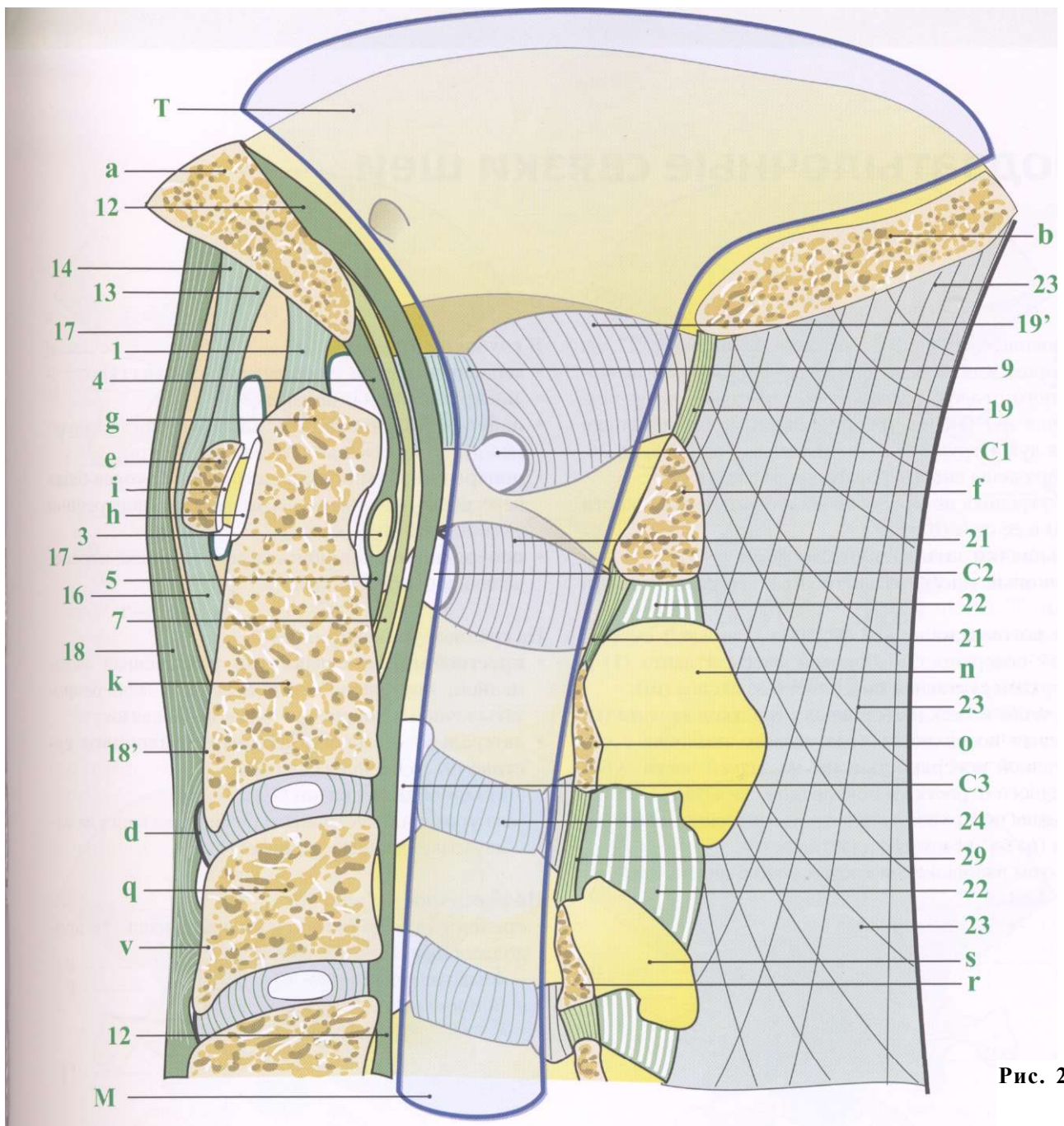


Рис. 26

задняя атлантоаксиальная связка (21) идет между задними дугами атланта и аксиса, как и желтая связка. Отверстие (**C2**) расположено позади от атлантоаксиального сустава, оно пропускает второй шейный нерв;

межостистая связка (22) соединяет заднюю дугу атланта с остистым отростком аксиса, а затем все остистые отростки шейных позвонков между собой; **вильная связка (23)** - это толстый фиброзный

тяж. аналогичный надостной связке, он прикрепляется вверху к чешуе затылочной кости посередине и разделяет мышцы шеи на правые и левые; **капсула сустава** между суставными отростками (**24**) аксиса и третьего шейного позвонка ограничивает сзади межпозвонковое отверстие (**C3**), которое содержит третий шейный нерв; **желтая связка (29)** соединяет заднюю дугу аксиса с задней дугой третьего шейного позвонка.

Подзатылочные связки шеи

Строение этих связок показано на рисунке 27, на котором изображено *фронтальное сечение* позвоночного столба, сделанное *вертикально на уровне задних дуг (f), (t), (г), вид сзади*, после удаления этих дуг. Структуры, изображенные на рисунке 26, изображены вновь с добавлением следующих:

- внутренняя поверхность чешуи затылочной кости (а) и ее срез (Б);
- **мышелки затылочной кости (с);**
- **боковые массы атланта (d)** и его передняя дуга (е);
- **атлантаксиальные суставы** с нижней суставной поверхностью боковой массы атланта (1) и верхней суставной поверхностью аксиса (т);
- сечение ножек и суставных отростков атланта (t);
- задняя поверхность тела осевого позвонка с суставной поверхностью (h) на задней части зубовидного отростка и поперечной связкой;
- задняя поверхность тела третьего шейного позвонка (q) со срезом его пластинок (г).

На этом изображении костей можно видеть следующие связки.

В глубоком слое (рис. 28):

- **вершинная связка** зубовидного отростка (1);
- **две крыловидные связки (2);**
- **поперечная связка (3)**, идущая горизонтально между двумя боковыми массами атланта;
- **поперечно-затылочная связка (4)**, которая была пересечена на уровне верхнего края поперечной связки и отогнута кверху;
- **поперечно-аксиальная связка (5)**, также пересеченная и отогнута кверху.

На среднем уровне (рис. 29):

- **крестообразная связка (6)**, сохраненная неизменной, состоящая из поперечной, поперечно-затылочной и поперечно-аксиальной связок;
- латерально - капсула **атлантазатылочного сустава (9)**, усиленная снаружи:
 - **крыловидная связка (10);**
 - на уровне нижестоящего позвонка - капсула атлантаксиального сустава (11).

На поверхности (рис. 30):

- **средняя затылочно-аксиальная связка (7)**, продолжающаяся латерально в:
 - крыловидные связки (8);
 - **заднюю продольную связку (12).**

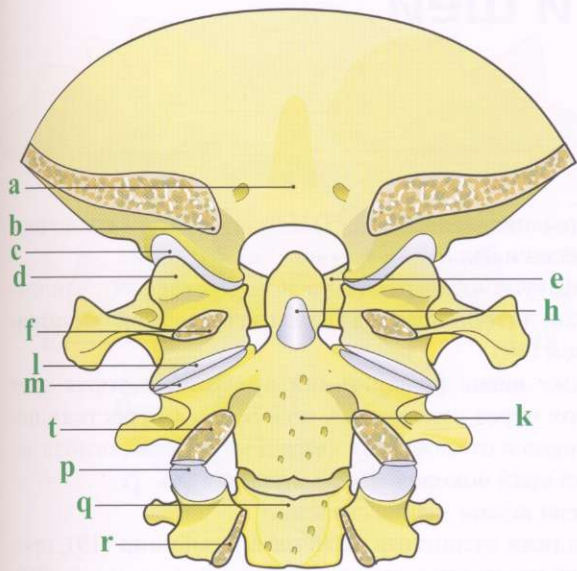


Рис. 27

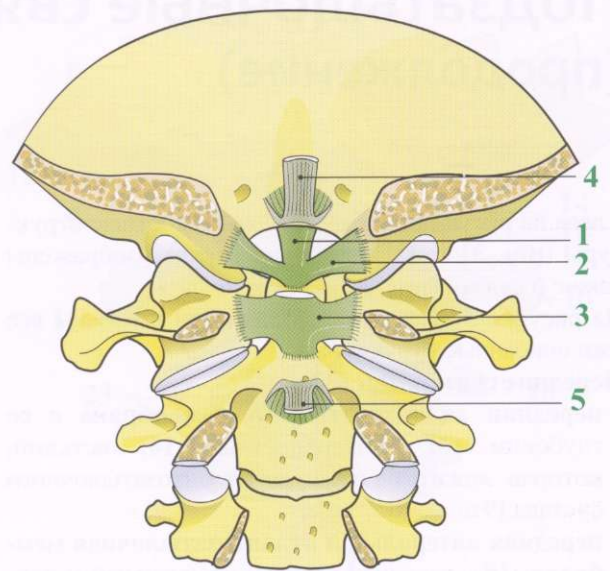


Рис. 28

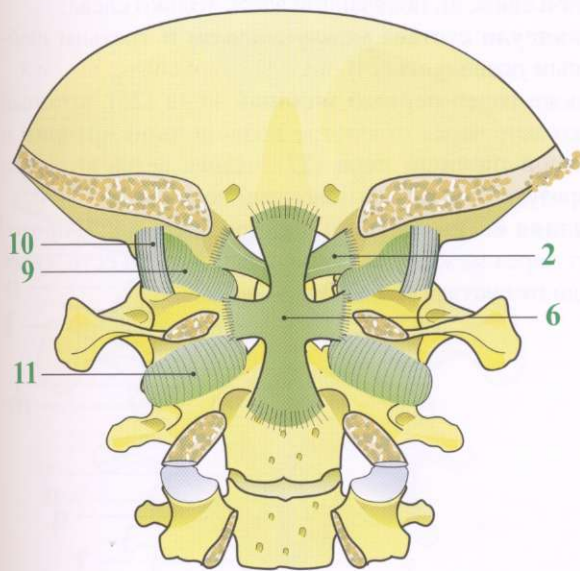


Рис. 29

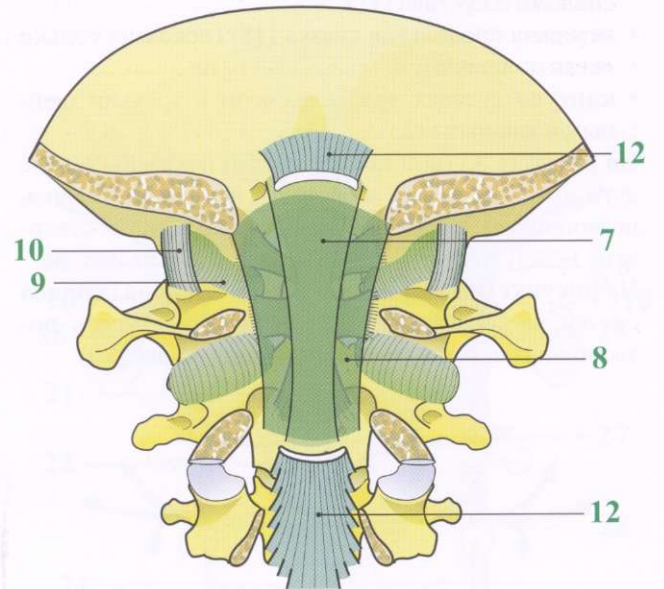


Рис. 30

Подзатылочные связки шеи (продолжение)

Слева на рисунках показаны только костные структуры (рис. 31 и 33), тогда как справа изображены также и связки (рис. 32 и 34).

На рисунке 31 (вид костей спереди) показаны все уже описанные структуры.

Передние связки (рис. 32):

- **передняя атлантозатылочная мембрана** с ее глубоким (13) и поверхностным (14) листками, которая лежит на капсуле атлантозатылочного сустава (9);
- **передняя латеральная атлантозатылочная мембрана (15)**, лежащая впереди предыдущей и идущая косо от основания затылочной кости к поперечному отростку атланта;
- **передняя атлантоаксиальная связка (16)** продолжается латерально в виде капсулы атлантоаксиального сустава (11);
- передняя продольная связка (18) (показана только левая половина);
- **капсула сустава между аксисом и третьим шейным позвонком (23).**

На рисунке 33 (вид костей сзади) показаны задние дуги атланта, аксиса и третьего шейного позвонка, позвоночный канал и большое затылочное отверстие между чешуей затылочной кости и атлантом.

На рисунке 34 (вид связок сзади) показаны справа связки, покрывающие переднюю поверхность позвоночного канала (также показаны на рис. 29):

- крыловидная связка (7) и латеральная затылочно-аксиальная (8);
- **капсула атлантозатылочного сустава (9), усиленная латеральной атлантозатылочной мембраной (10).**

Также видна **позвоночная артерия**, которая идет вверх через отверстия в поперечных отростках позвонков и отклоняется назад и медиально, огибая задний край боковой массы атланта (25).

Слева видны задние связки:

- **задняя атлантозатылочная мембрана (19)**, продублированная атлантозатылочной связкой (20), идущей между чешуей затылочной кости и поперечным отростком атланта;
- **задняя атлантоаксиальная связка (21);**
- **межостистые связки (22)**, продублированные выйной связкой, показанной здесь только слева;
- **капсула сустава между аксисом и третьим шейным позвонком (24).**

Также виден **первый шейный нерв (26)**, который проходит через отверстие **позвоночной артерии** и **второй шейный нерв (27)**, задняя ветвь которого образует большой затылочный нерв.

Задняя ветвь третьего шейного нерва (28) проходит через межпозвонковое отверстие, то есть - впереди от сустава (24).

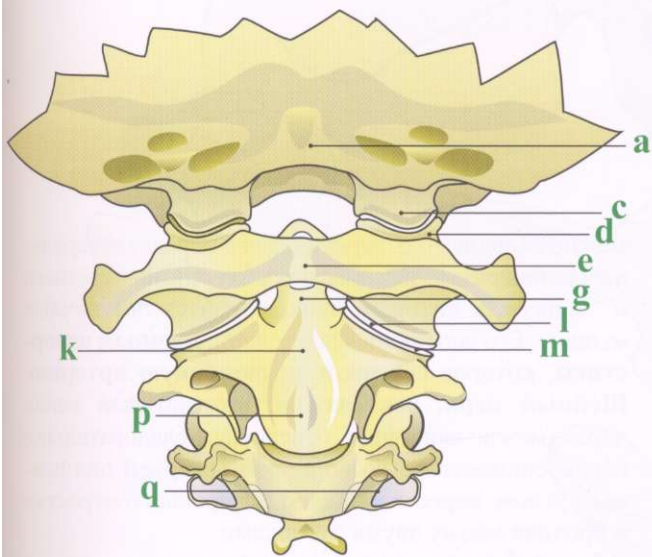


Рис. 31

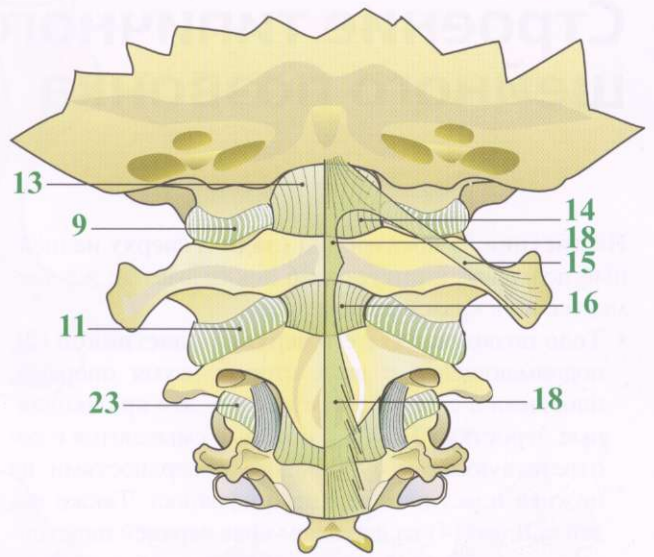


Рис. 32

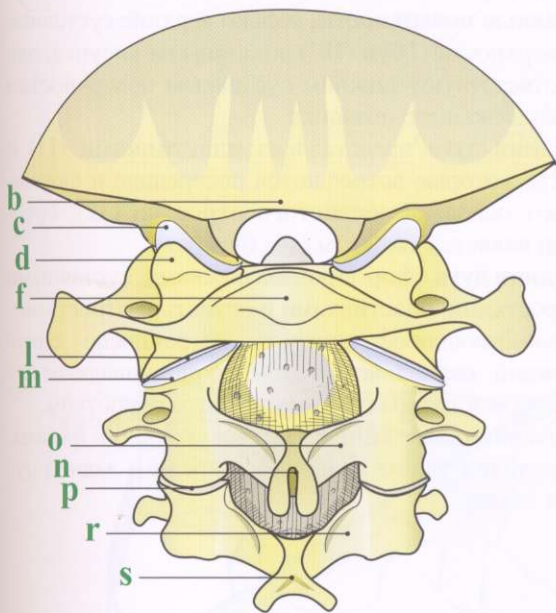


Рис. 33

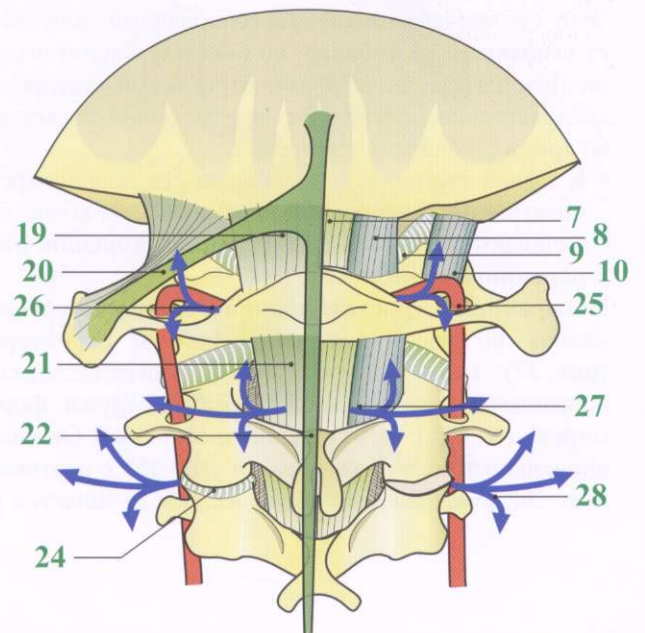


Рис. 34

Строение типичного шейного позвонка

На **рисунке 35** показан вид сзади и сверху на шейный позвонок, а **рисунком 36** показывается те же элементы, но в «разобранном виде».

- **Тело позвонка (1)** с его **верхней пластинкой (2)**, поднимающейся с двух сторон двумя опорами, плоскими в своем поперечнике, - это крючковидные отростки (3) и (3'), которые смыкаются с соответствующими суставными поверхностями на нижней пластинке верхнего позвонка. Также виден **выступ (4)** на переднем крае верхней пластинки и клювовидный вырост (5) передней поверхности нижней пластинки.

В целом верхняя пластинка *вогнута поперечно и выпукла продольно*, напоминая **седло**. Благодаря межпозвоночному диску (не показан на рисунке) она сочленяется с нижней пластинкой вышележащего позвонка, которая изогнута таким же образом. Этот сустав, напоминающий седловидный, допускает сгибание и разгибание, но боковой наклон ограничивается крючковидными отростками, которые, следовательно, направляют переднезадние движения во время сгибания и разгибания.

- К задней части боковой поверхности тела прикрепляются **ножки позвонков (6) и (6')**, от которых начинаются задняя дуга и **передний корешок поперечного отростка (7) и (7')**.

Поперечные отростки шейного позвонка специфичны по своему расположению и структуре (**рис. 37**). Они образуют *желоб* в переднезаднем направлении и направлены вперед и наружу, формируя угол 60° с сагиттальной плоскостью. Они наклонены немного вниз, образуя угол 15° с вертикалью. Заднемедиальный конец желоба начинается у

межпозвоночного отверстия, а его переднелатеральный конец раздвоен в виде **двух бугорков**, переднего и заднего, к которым прикрепляются лестничные мышцы. Его дно пронизывается **поперечным отверстием**, которое содержит **позвоночную артерию**. **Шейный нерв**, покидающий позвоночный канал через межпозвоночное отверстие, следовательно, перекрещивается с позвоночной артерией под прямым углом, пересекая желоб поперечного отростка и проходя между двумя бугорками.

- Так как медиальный конец поперечного отростка перфорирован, кажется, что он начинается двумя корешками, один прикрепляется прямо к телу позвонка, а другой - к суставному отростку.
- **Суставные отростки (9) и (9')** лежат сзади и латерально от тела позвонка, к которому прикрепляются двумя **ножками (6) и (6')**. На них есть **суставные поверхности**; только верхние суставные поверхности (10) и (10') показаны на рисунке, они соответствуют нижним суставным поверхностям вышележащего позвонка.
- **Задняя дуга** представлена **пластинками (11) и (11')**, которые встречаются посередине и формируют основание **остистого отростка (12)**, который является двойным (два бугорка).
- **Задняя дуга** сформирована ножками, суставными отростками, пластинками и остистым отростком.
- Межпозвоночное отверстие ограничено снизу ножкой, медиально - телом и крючковидным отростком и латерально - суставным отростком.
- **Позвоночный канал (С)** треугольной формы, ограничен телом позвонка впереди и задней дугой сзади.

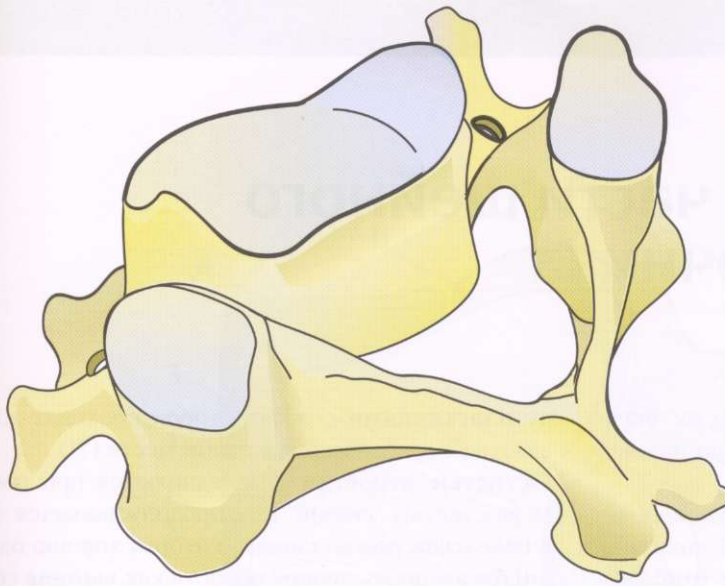


Рис. 35

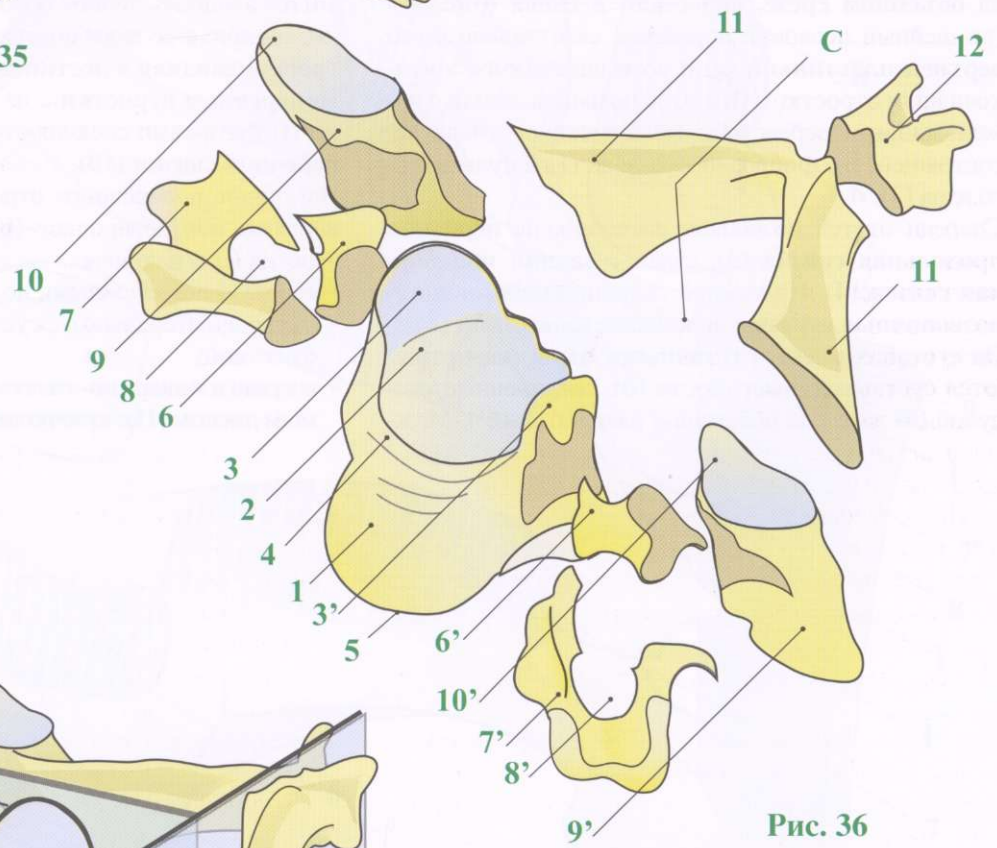


Рис. 36

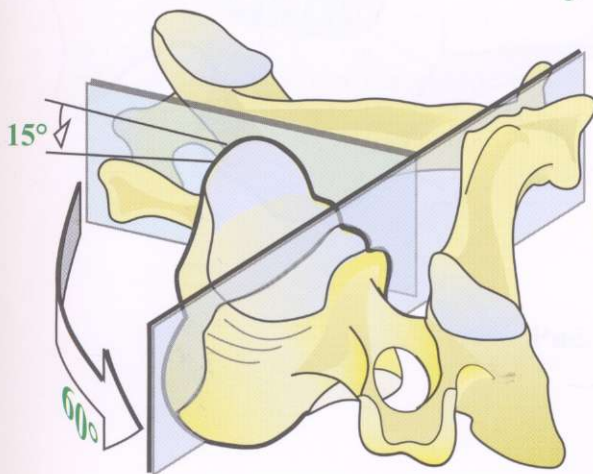


Рис. 37

Связки нижней части шейного отдела позвоночника

Особые связки подзатылочного отдела уже были описаны; некоторые из них опускаются до нижней части шейного отдела.

Фиброзные связочные элементы, соединяющие нижние шейные позвонки друг с другом, показаны на **объемном срезе, вид сзади и слева (рис. 38)**, где шейный позвонок пересечен сагиттально с его **верхней пластинкой (а)** и возвышающимся крючковидным отростком (б). Этот позвонок связан с нижележащим посредством межпозвоночного диска, состоящего из: фиброзного кольца (1) и пульпозного ядра (2).

Спереди от тел позвонков расположена **передняя продольная связка (3)**, сзади - **задняя продольная связка (4)**. На каждой стороне **крючковидно-позвоночные суставы** дополнены **капсулами (5)**.

На суставах между суставными отростками имеются суставные поверхности (d), соединенные капсулой (6), которая показана и раскрытой (6')-

Между **пластинками** с обеих сторон проходит желтая связка (7), рассеченная в одном месте (7').

Остистые отростки (j) соединяются при помощи межостистых связок (8), продолжающихся назад в виде надостистой связки, которая хорошо определяется в подзатылочной области как **выйная связка (9)**; именно к ее двум поверхностям прикрепляются **трапецевидная и лестничная мышцы**.

Поперечные отростки с их передними (e) и задними (f) бугорками соединяются при помощи **межпоперечной связки (10)**.

На уровне поперечного отростка **позвоночное отверстие**, или поперечное (g), межпозвоночные отверстия (i) ограничены:

- сверху - позвоночными ножками (h);
- сзади и латерально - суставными отростками и фасеткой;
- впереди и медиально - телом позвонка, **межпозвоночным диском (1)** и **крючковидным отростком (б)**.

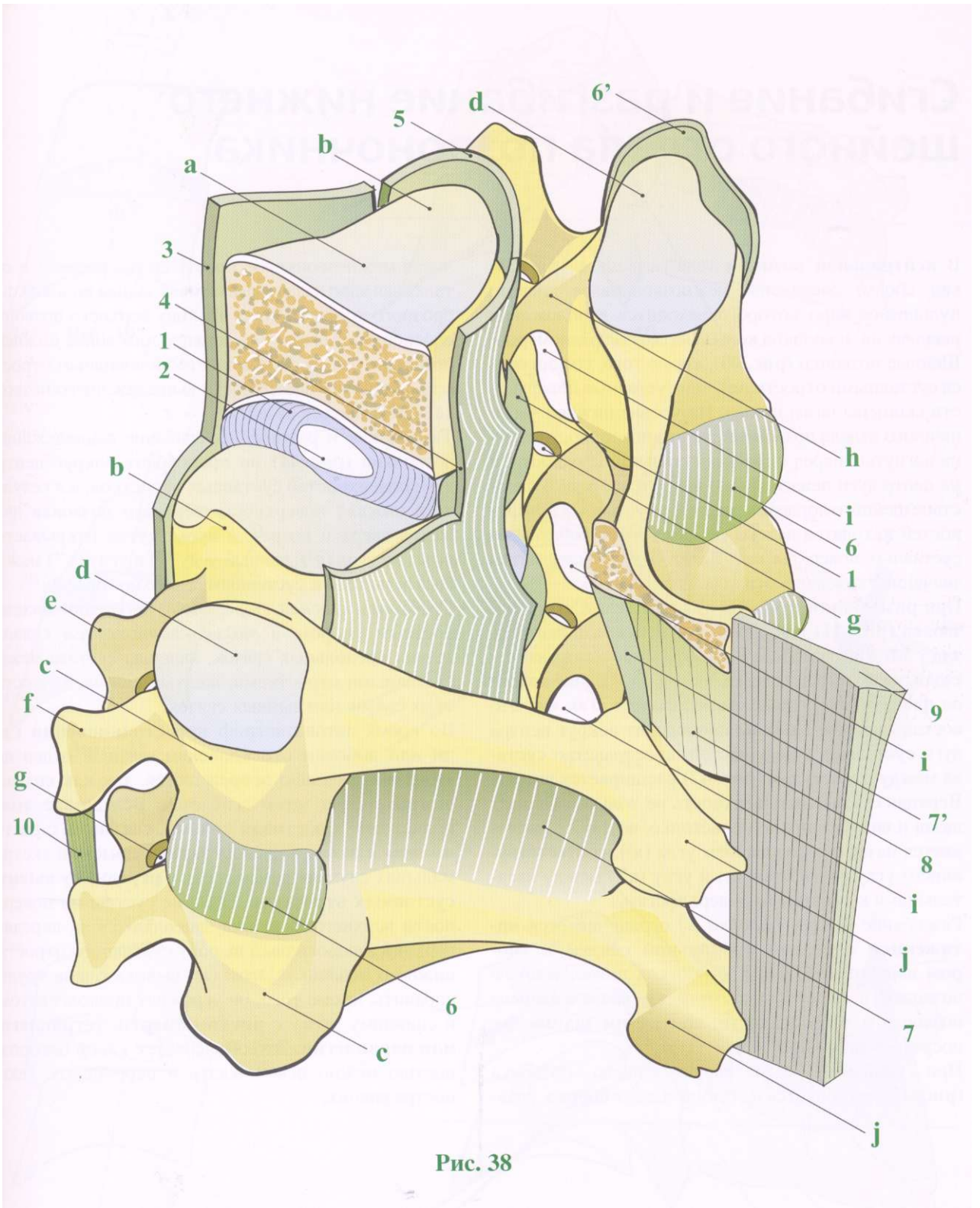


Рис. 38

Сгибание и разгибание нижнего шейного отдела позвоночника

В **нейтральной позиции** тела позвонков (рис. 39, вид сбоку) соединены межпозвонковым диском, пульпозное ядро которого находится в положении равновесия, и волокна кольца натянуты равномерно. Шейные позвонки (рис. 40), кроме того, соединяются суставными отростками, чьи суставные поверхности скошены назад и вниз. На уровне нижней части шейного отдела позвоночника эти поверхности слегка вогнуты вперед в парасагитальной плоскости, а их центр дуги лежит далеко внизу и впереди. Вследствие шейного лордоза центры дуг суставных поверхностей находятся далеко от плоскостей собственно суставных поверхностей. Далее будет обсуждаться значение схождения этих осей (см. с. 230).

При **разгибании** (рис. 41) тело вышележащего позвонка (рис. 41) наклоняется и **соскальзывает назад**. Межпозвоночное пространство суживается сзади, ядро отходит слегка вперед, а передние волокна фиброзного кольца растягиваются. Так как это соскальзывание назад не происходит вокруг центра дуги суставных поверхностей, пространство сустава между отростками (рис. 42) расширяется вперед. Верхняя суставная поверхность не только скользит назад и вниз по нижней пластинке, но также наклоняется назад с образованием угла (x'), соответствующего углу разгибания (x) и углу (x'') между касательными к суставным поверхностям.

Разгибание (синяя стрелка E) ограничивается **натяжением передней продольной связки** и **упором** верхних суставных отростков нижележащего позвонка в поперечные отростки вышележащего позвонка и, в особенности, **контактом задних дуг** посредством связки.

При **сгибании** тело вышележащего позвонка (рис. 43) наклоняется и соскальзывает **вперед**, сдав-

ливая межпозвонковое пространство впереди и отталкивая ядро назад и растягивая задние волокна фиброзного кольца. Этому наклону верхнего позвонка способствует вырост на верхней пластинке нижнего позвонка, который позволяет клювовидным отросткам на нижней поверхности вышележащего позвонка перемещаться назад.

Так же как и разгибание, сгибание вышележащих позвонков (рис. 44) не происходит вокруг центра дуги поверхностей суставных отростков, и в результате нижняя поверхность верхнего позвонка движется вверх и вперед, а промежуток открывается назад на угол (y'), равный углу (y) и углу (y'') между касательными к суставным поверхностям.

Сгибание (красная стрелка F) не ограничивается костным упором, а **только натяжением связок**: задних продольных связок, капсулы сустава между суставными отростками, желтых связок, межостистых связок или вейных связок.

Во время автокатастроф при **столкновении сзади** или лобовом столкновении шейный отдел позвоночника сильно повреждается, так как сначала разгибается, а затем сгибается. Вследствие этого происходит **хлыстовая травма**, связанная с растяжением и даже разрывом разных связок, в экстремальных случаях приводящая к **переднему вывиху суставных отростков**. Нижние суставные поверхности верхнего позвонка зацепляются за передневерхний клювовидный вырост суставного отростка нижнего позвонка. Этот тип вывиха очень трудно вправить, кроме того, он угрожает продолговатому и спинному мозгу с **риском смерти, тетраплегии или паралегии**. Это объясняет, с какой осторожностью нужно освобождать и перемещать таких пострадавших.

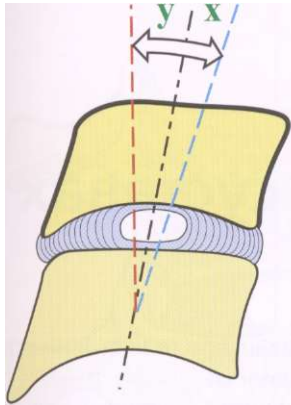


Рис. 39

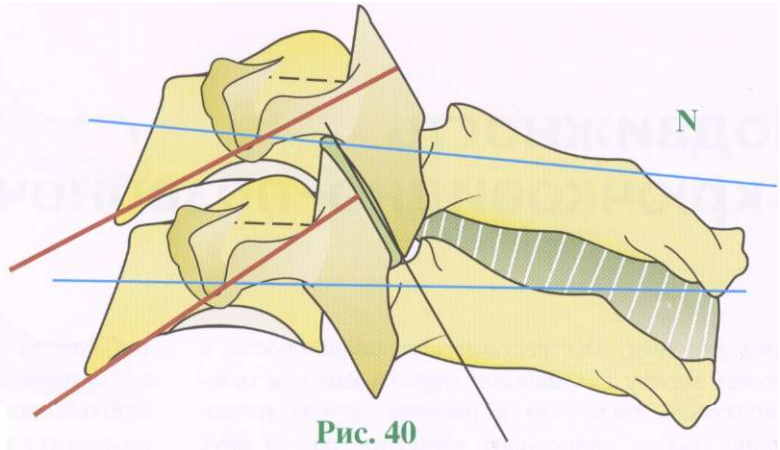


Рис. 40

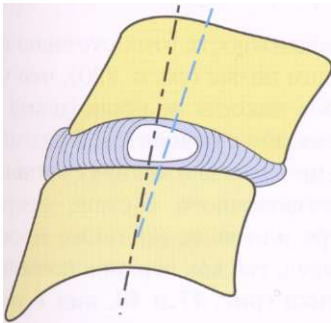


Рис. 41

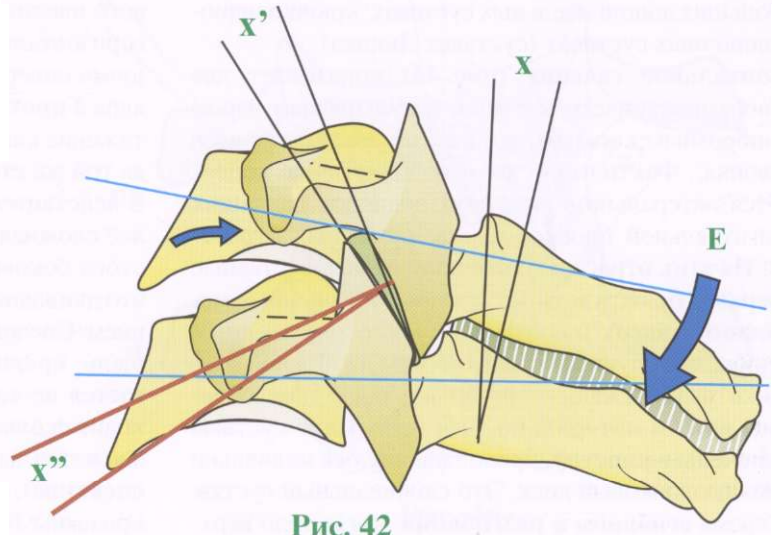


Рис. 42

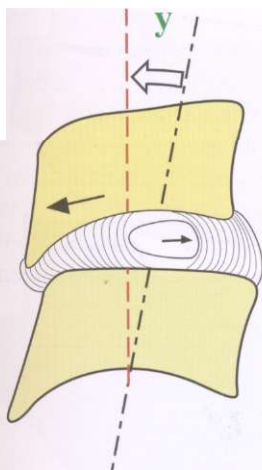


Рис. 43

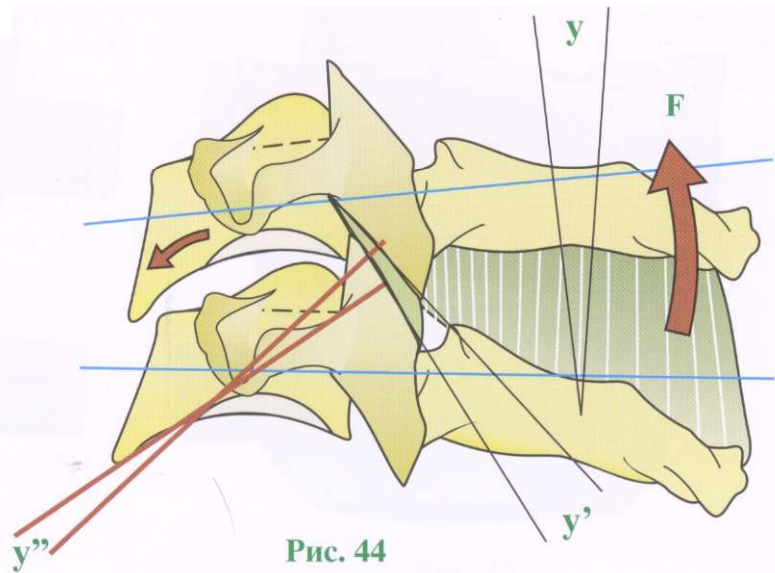


Рис. 44

Подвижность в крючковидно-позвоночных суставах

Таким образом, мы рассмотрели подвижность в суставах между суставными отростками и в межпозвоночном диске, но в шейном отделе позвоночника также происходит движение еще в двух небольших дополнительных суставах: крючковидно-позвоночных суставах (суставах Люшка).

Фронтальное сечение (рис. 45) показывает две позвонковые пластинки, диск с пульпозным ядром и фиброзным кольцом, но диск не достигает краев позвонка. Фактически верхняя пластинка поднимается латерально в виде двух подпорок, лежащих в сагиттальной плоскости, крючковидных отростков. На этих отростках есть полулунные суставные поверхности, окруженные хрящом, обращенные **медиально и вверх** и соответствующие окруженным хрящом, полулунным поверхностям на нижней пластинке вышележащего позвонка, последние обращены **вниз и латерально**. Эти небольшие суставы заключены в **капсулу**, продолжающуюся медиально в межпозвоночный диск. Это синовиальный сустав. Во время **сгибания и разгибания**, когда тело верхнего позвонка скользит вперед или назад, суставные поверхности крючковидно-позвоночных суставов **также скользят** друг относительно друга. Следова-

тельно, эти отростки направляют тело позвонка при его переднезадней подвижности.

При **боковом наклоне (рис. 46)** суставные щели открываются на угол (a') или (a''), равный углу бокового наклона (a), и на угол, сформированный двумя горизонтальными линиями (pp') и (mm'), соединяющими поперечные отростки. Также видно смещение ядра в **противоположную сторону** от наклона и натяжение капсулы крючковидно-позвоночного сустава той же стороны.

В действительности подвижность этих суставов более сложная. Мы увидим позже (см. с. 230), что чистого бокового наклона никогда не происходит, но это движение всегда связано с поворотом и разгибанием. Следовательно, при этих движениях суставная щель крючковидно-позвоночного сустава открывается не только вверх или вниз, но также происходит скольжение вперед, так как верхний позвонок движется назад. Рисунки (**рис. 47 и 48, вид в перспективе**), где позвонки максимально упрощены, призваны продемонстрировать это движение более ясно. Было бы хорошо вернуться к этому рисунку после рассмотрения комбинированного механизма бокового наклона и ротации.

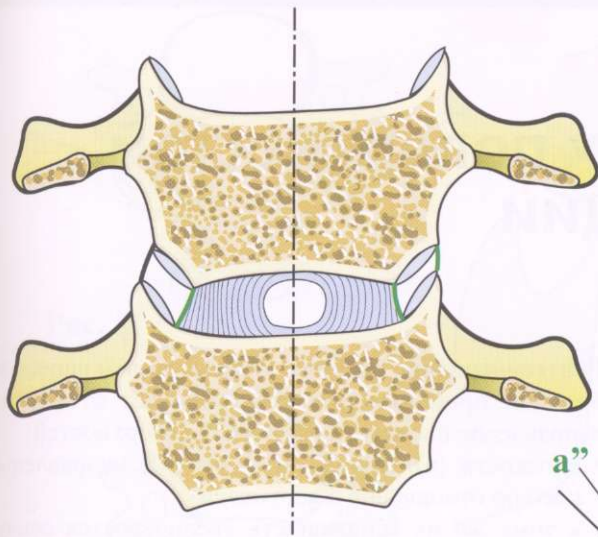


Рис. 45

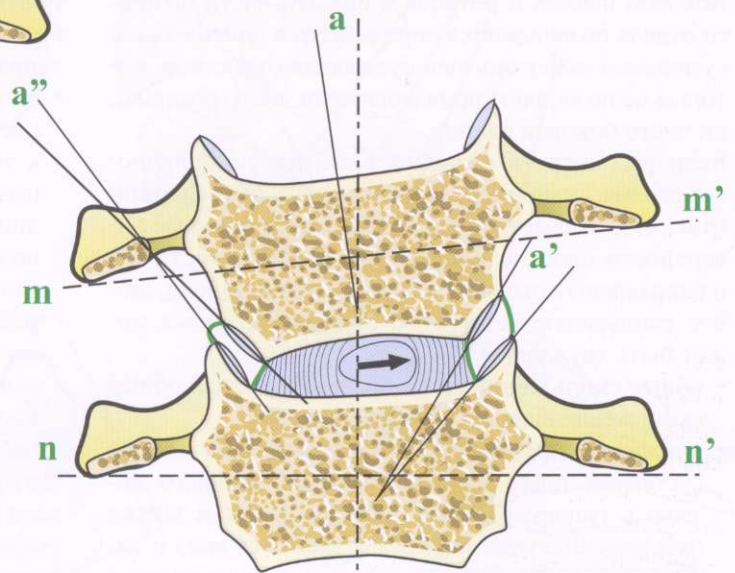


Рис. 46

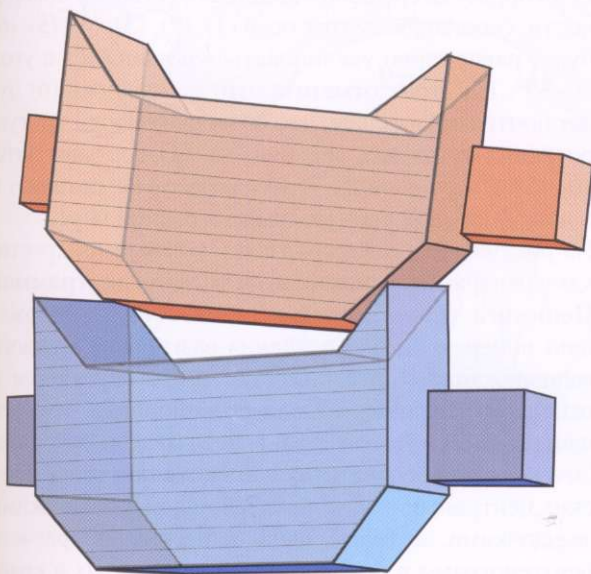


Рис. 47

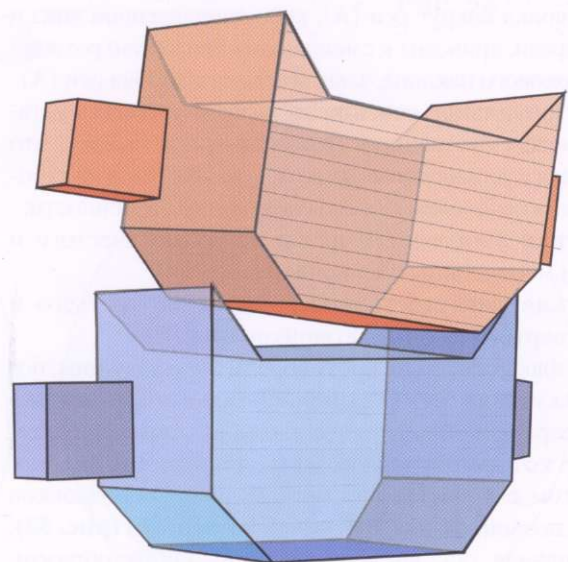


Рис. 48

Положение суставных поверхностей. Суммарная ось ротации и бокового наклона

Боковой наклон и ротация в нижней части шейного отдела позвоночника определяются *ориентацией суставных поверхностей* суставных отростков, которые не позволяют производить ни чисто ротацию, ни чисто боковой наклон.

Если рассмотреть позвонок в центре позвоночного столба, например **пятый шейный позвонок (рис. 49)**, то заметно, что его верхние суставные поверхности плоские и лежат в одной плоскости (P) и направлены косо вниз и назад. Следовательно, любое скольжение четвертого шейного позвонка может быть двух типов:

- **общее скольжение** вверх при сгибании или общее скольжение вниз при **разгибании**;
- **дифференцированное скольжение**, когда одна из суставных поверхностей четвертого шейного позвонка, например левая, скользит вверх и вперед (*стрелка а*), тогда как правая движется вниз и назад (*стрелка б*). Это относительное скольжение в плоскости (P), равноценно ротации вокруг оси (а), перпендикулярной плоскости (P) и лежащей в сагиттальной плоскости. Ротация четвертого шейного позвонка вокруг оси (А), косо направленной вниз и впереди, приводит к смешанному движению ротации и бокового наклона, зависящего от наклона оси (А).

Горизонтальное сечение на разных уровнях суставов между суставными отростками показывает, что верхняя и нижняя поверхности этих суставов не строго плоские, а имеют место следующие особенности:

- **легкая выпуклость назад** на уровне шестого и седьмого шейных позвонков (**рис. 50**);
- **легкая вогнутость назад** на уровне третьего и четвертого шейных позвонков (**рис. 51**).

Этот факт совсем не противоречит предыдущим, поскольку плоскость (P) (**рис. 49**) может быть заменена сферической поверхностью с большим радиусом, центр которой будет находиться на оси (а): под позвонком для шестого и седьмого шейных позвонков и над позвонком для третьего и четвертого (**рис. 53**). Смешанная ось наклона-ротации, таким образом, всегда находится на оси А из рисунка 49.

Рентгенография шейного отдела позвоночника в **боковой проекции (рис. 54)** позволяет отследить направление плоскости суставных поверхностей:

- плоскости (а), (б), (с), (д), (е) и (ф) направлены косо по отношению к вертикали;
- к тому же их скошенность увеличивается снизу вверх. Плоскость (f), соответствующая средней линии между седьмым шейным и первым грудным позвонками, наклонена по отношению к горизонтали всего на 10° . Тогда как плоскость (а) линии между вторым и третьим шейными позвонками составляет угол $40^\circ 4-5'$ с горизонталью. Следовательно, угол между линиями, проходящими между самой нижней суставной щелью (f) и самой верхней (а), составляет $30-35^\circ$.

Однако эти различные плоскости сходятся не совсем в одной точке. Скошенность этих плоскостей увеличивается неравномерно в направлении снизу вверх, так как три самые нижние плоскости (д), (е), (ф) почти параллельны, тогда как три верхние (а), (б), (с) конвергируют в большей степени.

Если провести среднюю линию по суставной поверхности, скошенность этих осей (1), (2), (3), (4), (5), (6) будет равномерно увеличиваться и впишется в угол $30-35^\circ$. Но стоит отметить, что нижняя ось (6) будет почти вертикальна, что обеспечит почти чистую ротацию, тогда как верхняя ось (1) составит угол $40-45^\circ$ с вертикалью, что указывает на ротацию и боковой наклон, производимые в равной мере.

На рисунке 54 также показаны маленькими крестиками центры движения в соответствии с **диаграммой Пеннинга (Penning)**. Она соответствует положению поперечной оси сгибания-разгибания каждого вышележащего позвонка. Чем ниже спускаться к основанию шейного отдела позвоночника, тем эти центры смещаются вверх и вперед от тела позвонка. Это не точно соответствует положению теоретических центров, обозначенных на рисунке маленькими звездочками, которые были найдены при расчете рентгенограмм в боковой проекции, снятых в крайних положениях сгибания и разгибания.

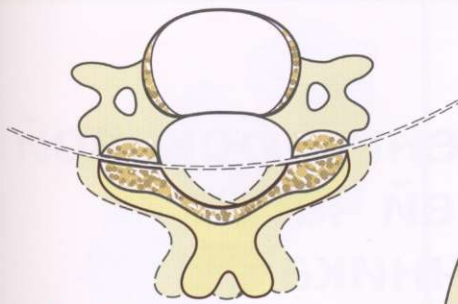


Рис. 51

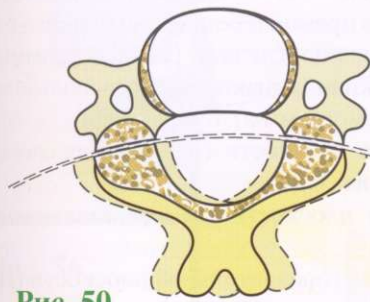


Рис. 50

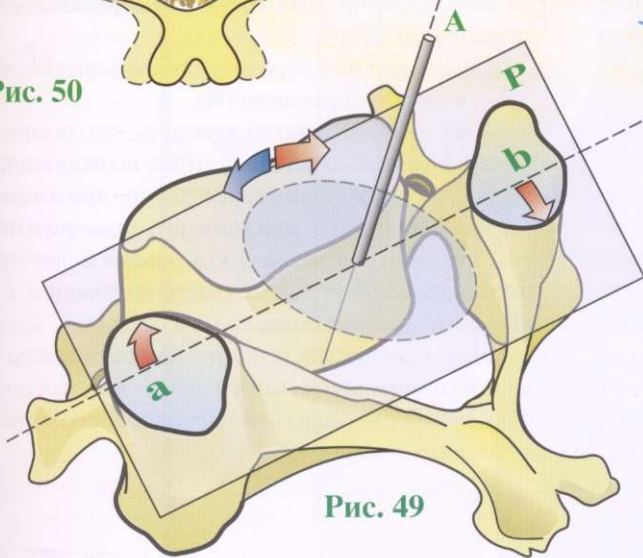


Рис. 49

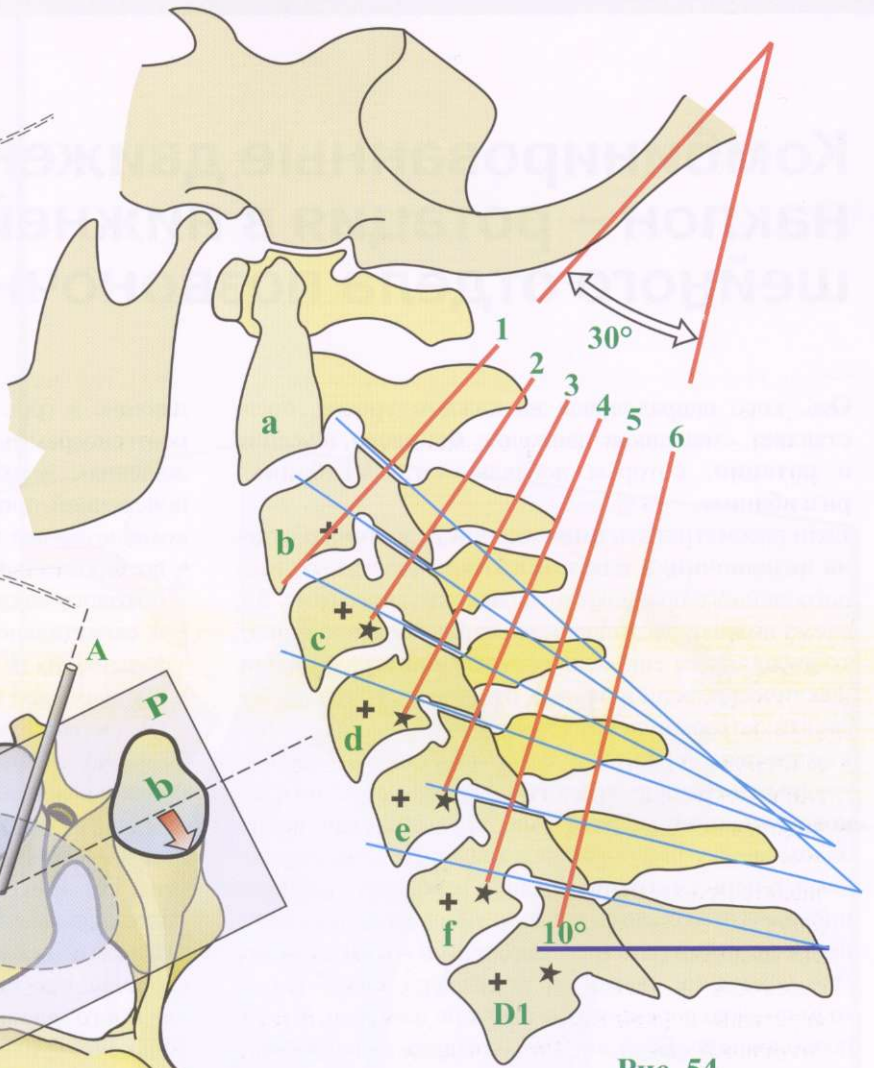


Рис. 54

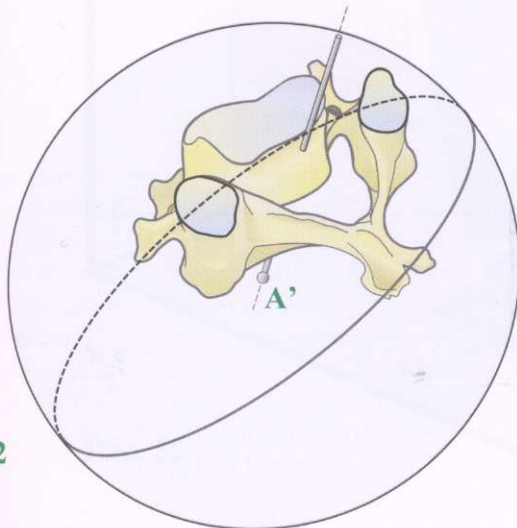


Рис. 52

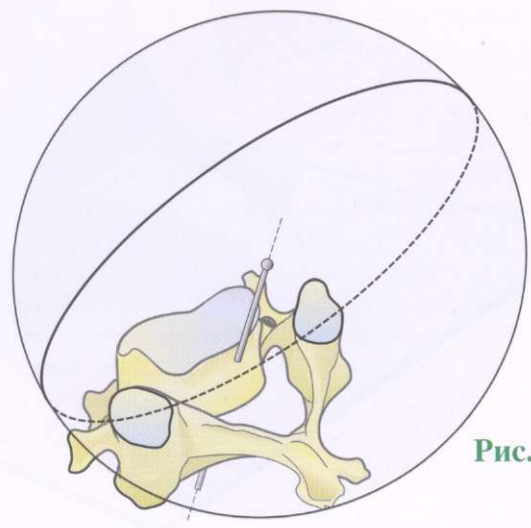


Рис. 53

Комбинированные движения: боковой наклон - ротация в нижней части шейного отдела позвоночника

Ось, косо направленная на каждом уровне, представляет смешанное движение **бокового наклона** и **ротации**, которые добавляются к **сгибанию-разгибанию**.

Если рассматривать **нижнюю часть шейного отдела позвоночника в целом** протяженностью от второго шейного позвонка до первого грудного (**рис. 55**; схема нижней части шейного отдела позвоночника), то добавляется еще одна составляющая разгибания. Фактически, если начинать от первого грудного позвонка, который лежит строго по оси позвоночника, каждое движение между седьмым шейным и первым грудным позвонками будет приводить к ротации и боковому наклону седьмого шейного позвонка, а движение между шестым и седьмым шейными позвонками теперь с позиций ротации и бокового наклона приведет не только к ротации и боковому наклону, но и к **дополнительному движению - разгибанию**. Это сочетание движений становится более значимым по мере перемещения вверх по шейному отделу позвоночника. Если это сложное движение нижнего шейного отдела позвоночника разложить на состав-

ляющие в трех плоскостях или если использовать рентгенограммы в прямой и боковой проекциях (к сожалению, невозможно сделать рентгенограммы в поперечной проекции, однако можно использовать компьютерные томограммы), будет видно:

- во фронтальной плоскости (F) - составляющую бокового наклона (L);
- в сагиттальной плоскости (S) - составляющую разгибания (E);
- в поперечной или горизонтальной плоскости (H) - составляющую ротации (R).

Следовательно, можно утверждать, что помимо сгибания и разгибания шейный отдел позвоночника может совершать только **стереотипное движение смешанного бокового наклона-ротации-разгибания (рис. 56)**. Разгибательный компонент будет автоматически компенсирован отчасти сгибанием в нижней части шейного отдела позвоночника. С другой стороны, как мы увидим, другие компоненты этого сложного движения могут быть компенсированы только на уровне верхней части шейного отдела позвоночника (см. с. 240).

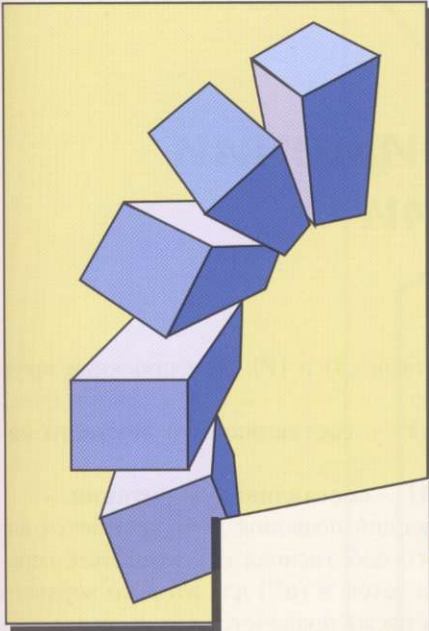


Рис. 56

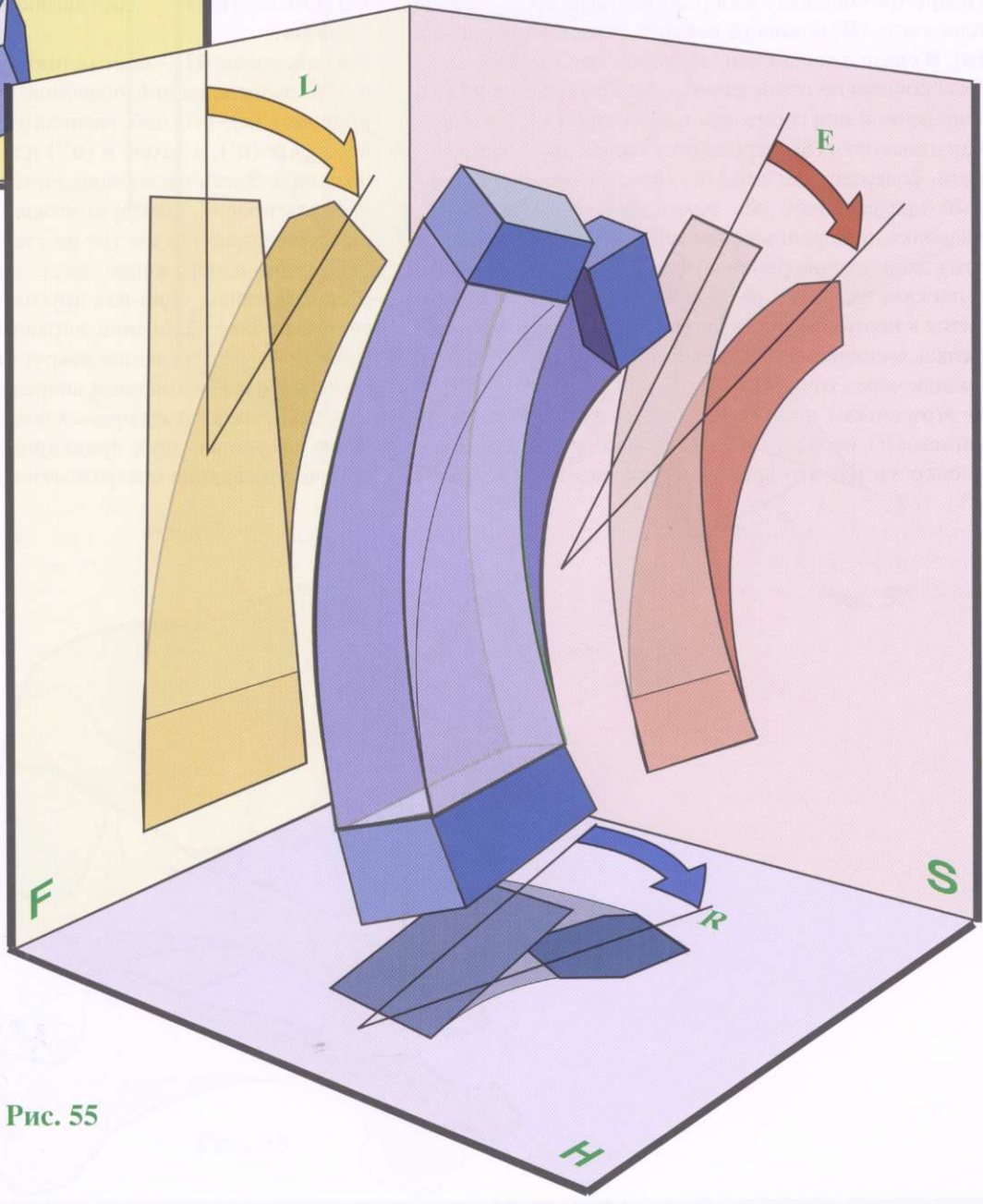


Рис. 55

Геометрический анализ движений бокового наклона и ротации

Геометрическая демонстрация движения бокового наклона-ротации (рис. 57) довольно проста благодаря трехмерному изображению, где представлена плоскость (R) бокового наклона-ротации вокруг оси (и). В связи с косым направлением оси (и) плоскость (R) скошена по отношению к фронтальной оси (F) и поперечной или горизонтальной оси (H). Сагиттальная плоскость (S), перпендикулярная двум предыдущим, содержит сегмент (к) (красного цвета), который представляет ось симметрии вышележащего позвонка, поворачивающегося вокруг оси (и). Когда этот сегмент поворачивается вокруг оси (и) направо в плоскости (R), его конечное, положение (I) находится в вертикальной плоскости (P), которая повернулась одновременно с сегментом вокруг вертикали, пройдя через точку (O).

В этом новом положении сегмент (I) проецируется как (Г) на плоскость (F). Таким же образом в плоскости (H) это вращение измеряется углом (о")

между плоскостями (S) и (P). Эти проекции представляют собой:

- в плоскости (F) - составляющую бокового наклона;
- в плоскости (H) - составляющую ротации.

Когда вышележащий позвонок поворачивается вокруг оси (и), его собственная ось вращения перенесется в (и'), а затем в (и'') для второго верхнего позвонка. Здесь также появляется новая составляющая разгибания, которую можно вычислить тригонометрически, что мы тут не станем делать.

Объемное изображение двух шейных позвонков, расположенных один над другим (рис. 58), показывает подобное вращение вправо (красная стрелка) вышележащего позвонка вокруг оси (и), которое сопровождается смещением вперед боковых масс слева и смещением назад правых боковых масс. Ротация видна на уровне двух пунктирных линий, проходящих через верхние поверхности каждого позвонка.

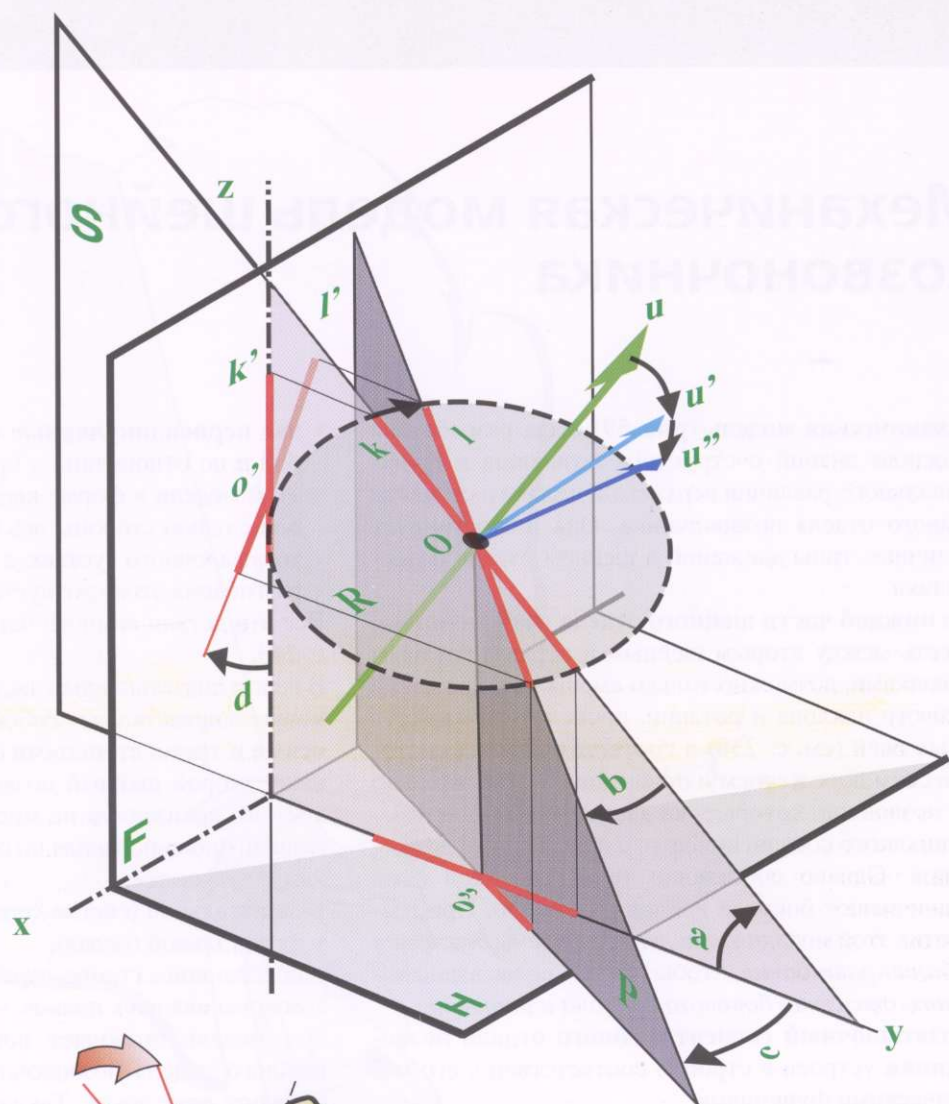


Рис. 57

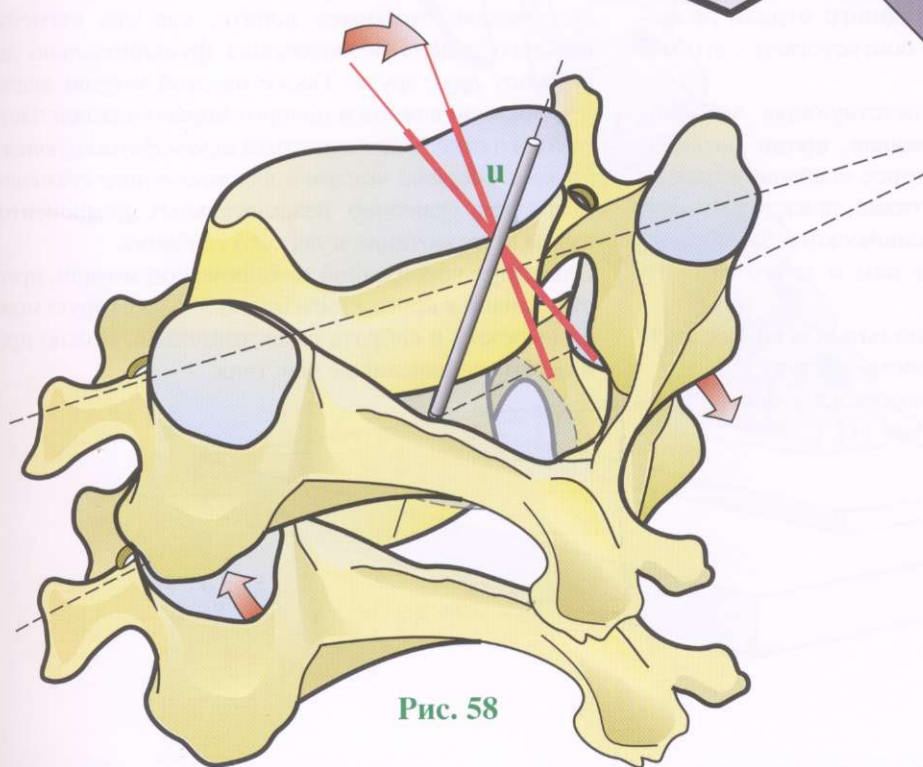


Рис. 58

Механическая модель шейного отдела позвоночника

Механическая модель (рис. 59) была разработана на основе знаний о структуре позвонков и функционального различия верхнего и нижнего сегмента шейного отдела позвоночника. Она иллюстрирует различные типы движений в шейном отделе позвоночника.

Для **нижней части шейного отдела позвоночника**, то есть между вторым шейным и первым грудным позвонками, возможно только смешанное движение бокового наклона и ротации, происходящее вокруг косых осей (см. с. 238) в соответствии с их анатомическим положением и ориентацией относительно тел позвонков, которые, на данной модели, не имеют никакого соединения друг с другом посредством дисков. Однако собственно тела позвонков сами ограничивают боковой наклон и ротацию. При разработке этой модели *умышленно упущены движения сгибания-разгибания*, чтобы предельно наглядно *показать движения бокового наклона и ротации*.

Подзатылочный сегмент шейного отдела позвоночника устроен в строгом соответствии с его механическими функциями:

- **вертикальная ось**, соответствующая зубовидному отростку и позволяющая, кроме ротации, осуществлять еще и некоторое сгибание и разгибание эллиптической пластинки, представляющей атлант, как результат механического самопроизвольного движения между ним и телом второго шейного позвонка (C2);
- совокупность **трех ортогональных осей**, соответствующих атлантозатылочному суставу;
- **вертикальная ось**, расположенная в центре пластинки атланта;

- **две перпендикулярные оси**, которые между собой и по отношению к предыдущей оси видны на этой модели в форме кардана и представляют собой с одной стороны ось бокового наклона атлантозатылочного сустава, а с другой - ось сгибания-разгибания этого же сустава.

Все эти детали намного четче видны на рисунке 64, с. 243.

В целом подзатылочная часть шейного отдела позвоночника представляет собой **цепь суставов с тремя осями и тремя степенями свободы**, которые соединяют второй шейный позвонок (C2) с затылочной костью, показанной на модели как горизонтальная планка, фиксированная по отношению к трем основным плоскостям:

- сагитальной (светло-серая);
- фронтальной (белая);
- поперечной (темно-серая), представленной на основаниях двух планок.

Эта модель позволяет понять, как два сегмента шейного отдела позвоночника функционально дополняют друг друга. Также на этой модели видно, что боковой наклон и поворот вправо нижней части шейного отдела позвоночника *трансформируется в чистый боковой наклон подзатылочного сегмента* благодаря удалению нежелательных компонентов путем контрротации и легкого сгибания.

Благодаря упрощенной механической модели, представленной в конце книги (см. с. 336), которую можно вырезать и собрать самостоятельно, можно проиллюстрировать все описанные действия.

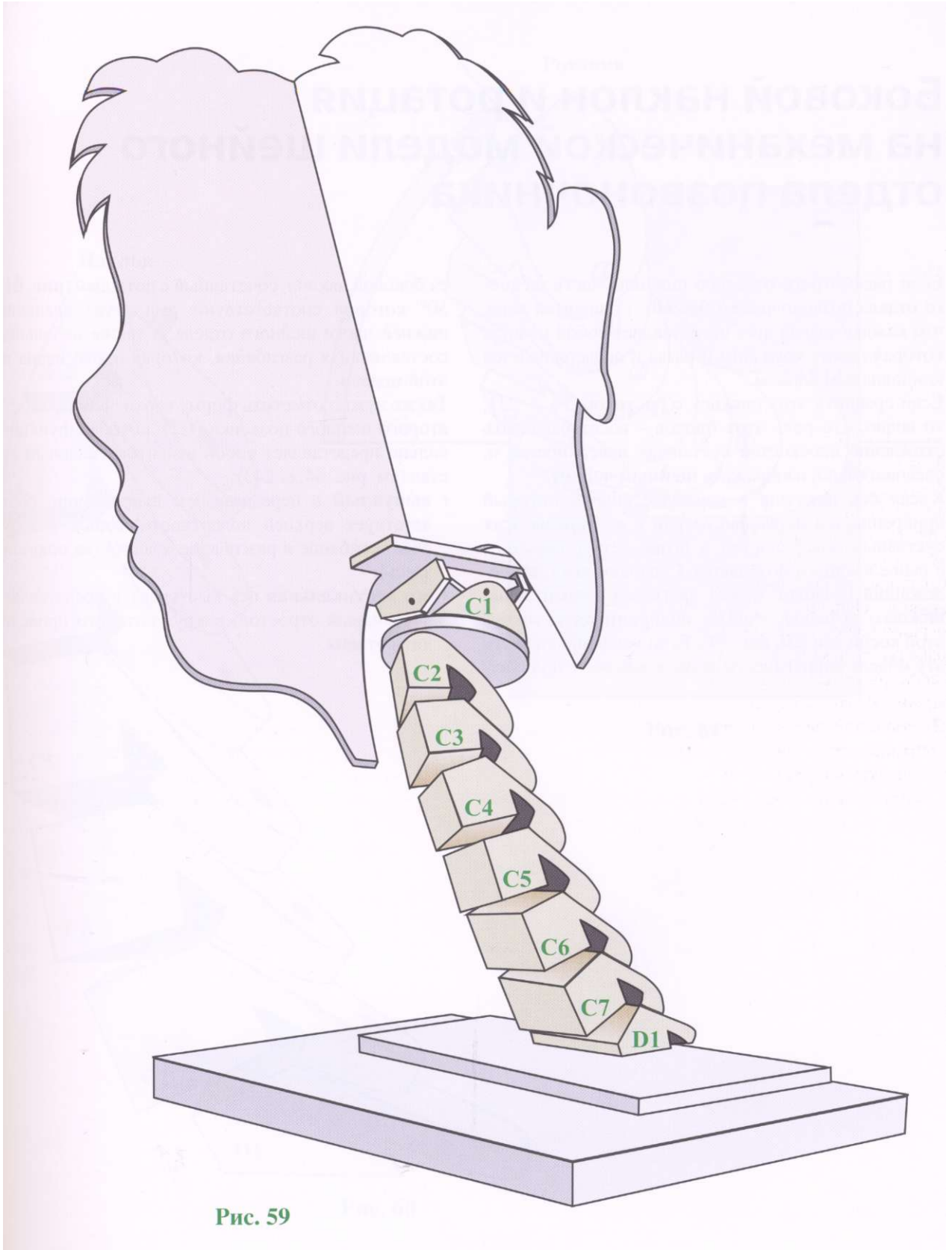


Рис. 59

Боковой наклон и ротация на механической модели шейного отдела позвоночника

Если рассмотреть отдельно нижнюю часть шейного отдела позвоночника (рис. 60), становится ясно, что каждая задняя дуга представляет собой планку, которая лежит косо вниз и назад и поддерживается клиновидным блоком.

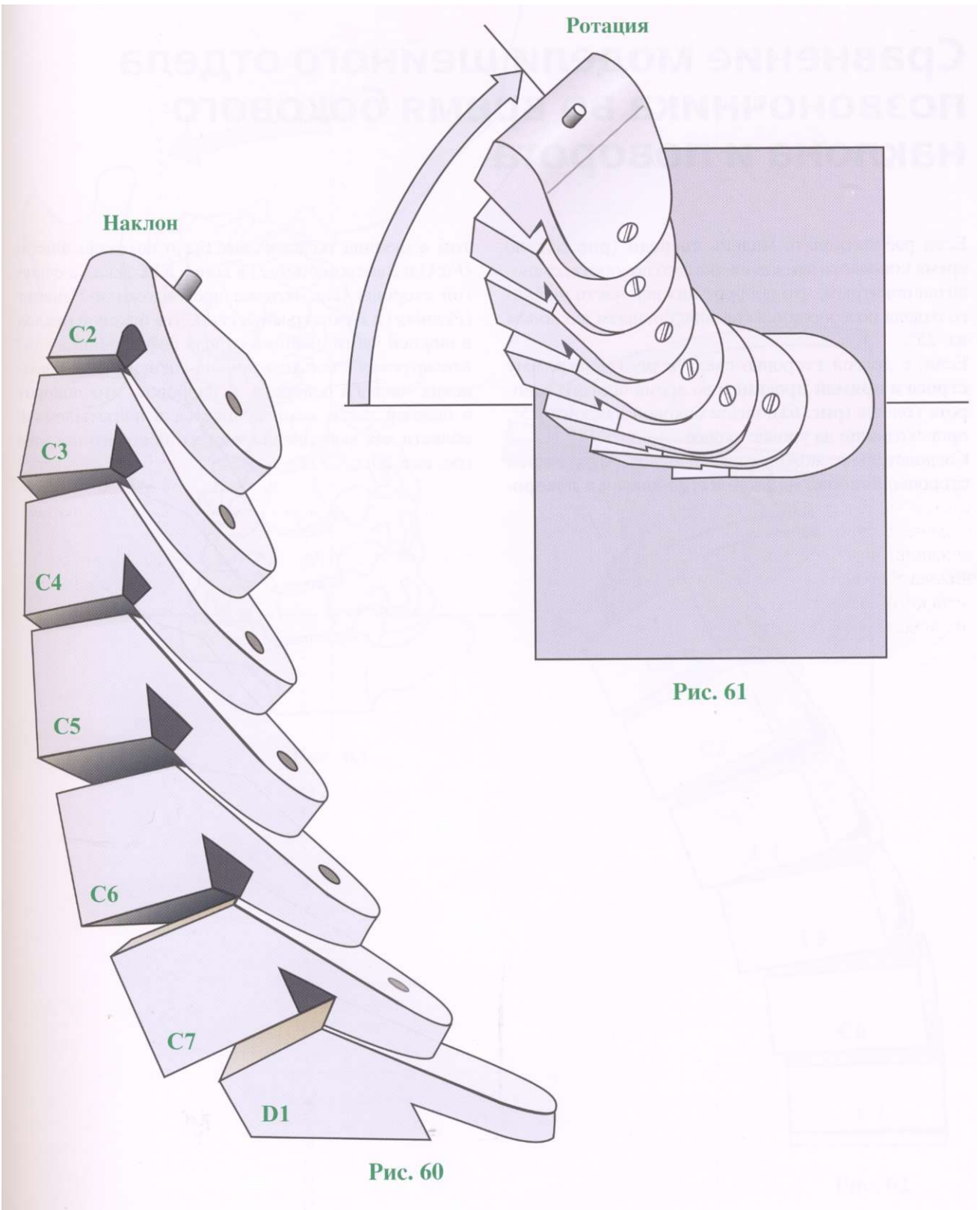
Если сравнить этот рисунок с рисунком 54, с. 231, то видно, что роль этих блоков - восстанавливать сходство плоскостей суставных поверхностей и, следовательно, изображать **шейный лордоз**.

Косая ось показана в качестве *винта*, который прикрепляется перпендикулярно к каждой из этих суставных поверхностей и позволяет сочленяться с вышележащим позвонком. Следовательно, вышележащий позвонок может двигаться относительно нижнего позвонка, только **поворачиваясь** вокруг этой косой оси (см. рис. 54). Если усиленно вращать эту модель вокруг шести возможных осей, получит-

ся боковой наклон, сочетанный с ротацией (рис. 61), 50° которой соответствуют амплитуде вращения нижней части шейного отдела, а также небольшая составляющая разгибания, которая плохо видна на этой модели.

Также нужно отметить форму верхней поверхности второго шейного позвонка (C2), которая функционально представляет собой атлантоаксиальный сустав (см. рис. 64, с. 243):

- **выпуклый** в переднезаднем направлении, соответствует верхней поверхности аксиса и допускает сгибание и разгибание атланта (не показано здесь);
- его **вертикальная ось** выступает и представляет зубовидный отросток, вокруг которого происходит ротация.



Наклон

Ротация

C2

C3

C4

C5

C6

C7

D1

Рис. 61

Рис. 60

Сравнение модели шейного отдела позвоночника во время бокового наклона и поворота

Если рассматривать **модель спереди (рис. 62)**, во время конечного движения чистого поворота, становится понятным, что поворот нижней части шейного отдела позвоночника связан с боковым наклоном на 25° .

Если, с другой стороны, сделать **рентгенограмму строго в прямой проекции** во время чистого поворота головы (**рис. 63**), виден боковой наклон в 25° , происходящий на уровне аксиса.

Следовательно, можно сделать вывод, что, с одной стороны, **боковой наклон всегда связан с поворо-**

том в шейной области (как было показано Фиком (*Fick*) и Вебером (*Weber*) в конце XIX века), а с другой стороны (как позднее предположили Пеннинг (*Penning*) и Брюггер (*Brugger*)), что боковой наклон в нижней части шейного отдела позвоночника *компенсируется в подзатылочной области* для выполнения чистого поворота, и наоборот, что поворот в нижней части компенсируется в подзатылочной области для выполнения чистого бокового наклона (см. рис. 59, с. 237).

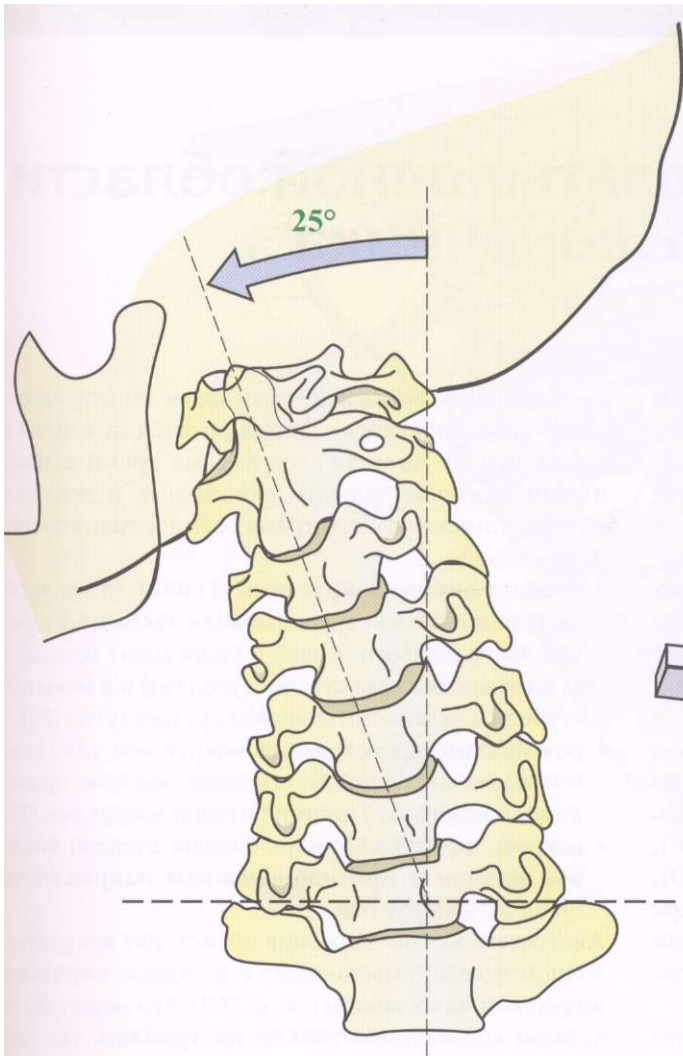


Рис. 63

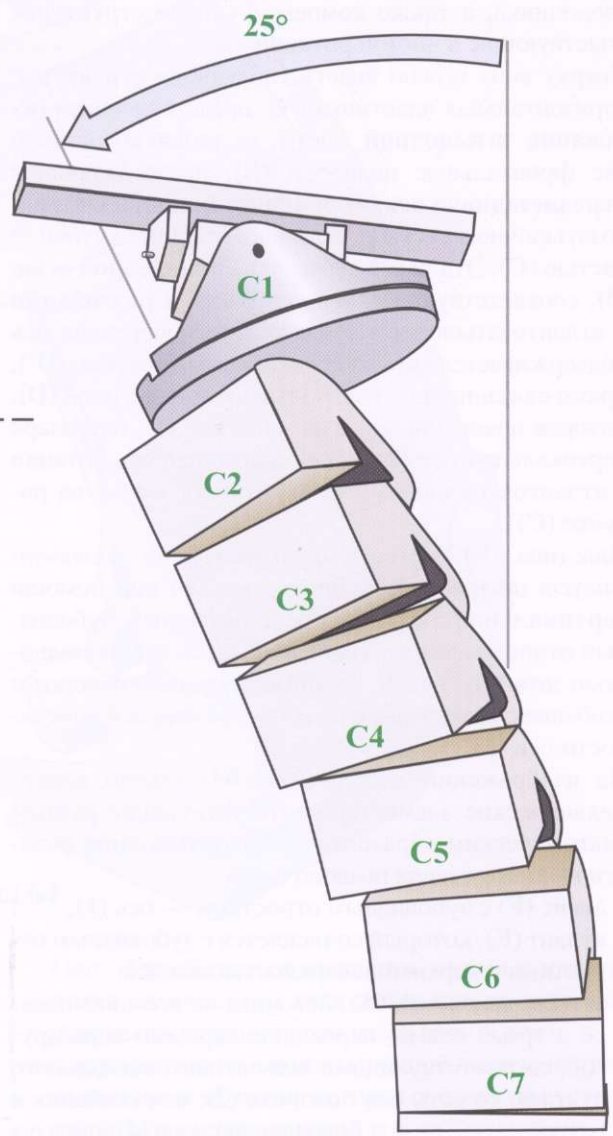


Рис. 62

Компенсация в подзатылочной области шейного отдела позвоночника

Детальное рассмотрение механической модели (рис. 64) в состоянии чистого поворота выявляет механическую структуру подзатылочной части позвоночника, а также компенсирующие структуры, участвующие в чистой ротации.

Сверху вниз можно видеть следующие структуры: горизонтальная пластинка (А), представляющая **основание затылочной кости**, ее нижнюю часть и две фронтальные подпорки (В), представляющие **переднезаднюю ось** (4) **бокового наклона** в атлантозатылочном суставе, связанном с промежуточной частью (С). Эта часть пересечена **поперечной осью** (3), соответствующей оси **сгибания и разгибания** в атлантозатылочном суставе. Эта поперечная ось поддерживается двумя вертикальными частями (D'), прямо связанными с горизонтальной пластиной (D), которая поворачивается на пластине (Е) благодаря вертикальной оси (2), представляющей ось ротации в атлантозатылочном суставе (он обозначен на рисунке (С)).

Пластинка (Е), которая *функционально соответствует атланту*, связана с осью (F) при помощи **вертикальной оси** (1), представляющей зубовидный отросток и представленной здесь как не полностью затянутый винт, который допускает поворот и сгибание с разгибанием на вогнутой верхней поверхности оси (F).

На изображении модели (рис. 64) можно видеть механические элементы, соответствующие разным анатомическим образованиям подзатылочной области шейного отдела позвоночника:

- аксис (F) с зубовидным отростком — ось (1);
- атлант (Е), который сочленяется с зубовидным отростком и верхней поверхностью аксиса;
- затылочная кость (А), лежащая на этом комплексе с тремя осями, перпендикулярными одна другой, соответствующими осям атлантоаксиального сустава, то есть оси поворота (2), оси сгибания и разгибания (3) и оси бокового наклона (4), образуя между собой кардан.

При боковом наклоне и ротации, происходящих

одновременно, в нижней части шейного отдела позвоночника происходит чистая ротация затылочной кости, что достигается следующими **тремя движениями**, которые должны происходить в подзатылочном комплексе с его тремя осями и тремя степенями свободы:

- **поворот вправо вокруг осей** (1) и (2), что является функционально продолжением такового в нижней части шейного отдела и происходит больше в атлантоаксиальном суставе (угол (а)) и в меньшей степени в атлантозатылочном суставе (угол (б));
- **разгибание**, происходящее вокруг оси (3) (угол (с)) и компенсирующее сгибание, которое происходит в результате чистой ротации вокруг оси (1);
- **наконец**, происходит в небольшой степени **боковой наклон в противоположном направлении** (угол (d)) вокруг оси (4).

Анатомически эти движения происходят в подзатылочном отделе позвоночника с помощью **коротких подзатылочных мышц** (см. с. 262), что может быть названо коллективно **тонкой настройкой**, так как их функция — производить тонкие настраивающие движения так, чтобы происходил только желаемый компонент каждого движения.

Дополнительный поворот подзатылочной части позвоночника происходит (см. с. 264) за счет следующих мышц: правой нижней косой мышцы головы, большой прямой задней мышцы головы и левой верхней косой мышцы головы. Все эти мышцы разгибают голову и производят экстензию, описанную выше. Наклон влево происходит при участии левой верхней косой мышцы головы, левой прямой боковой мышцы головы и левой малой задней прямой мышцы головы.

При **чистом боковом наклоне** головы вправо (рис. 59) происходит ротация влево за счет следующих мышц: левой верхней косой и двух задних прямых, а также **дополнительный боковой наклон** вправо за счет двух задних прямых мышц и нижней косой мышцы на правой стороне. Наконец, **разгибание**, вызываемое этими мышцами, компенсируется

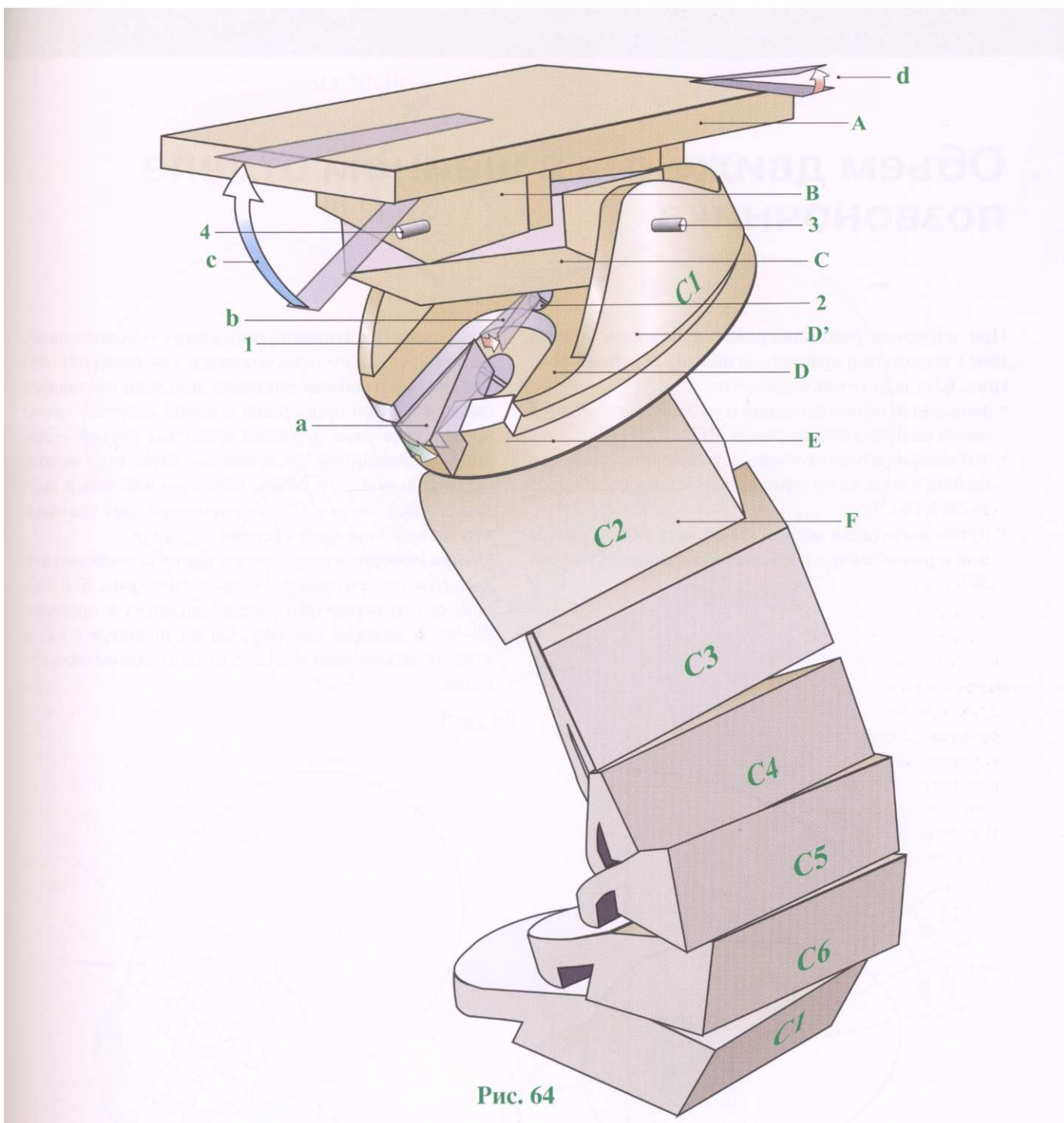


Рис. 64

сгибателями: правой передней прямой мышцей головы и прямой боковой мышцей.

Таким образом, эта механическая модель позволяет понять анатомическую и функциональную связь между:

- с одной стороны, нижней частью шейного отдела позвоночника, в которой происходит сложное движение поворота, бокового наклона и разгибания.

Оно обеспечивается мышцами, которые идеально подходят для этого типа движения, то есть длинных мышц, идущих косо назад вбок и вниз;

- с другой стороны, подзатылочной частью шейного отдела позвоночника, которая состоит из сустава с тремя осями подвижности и тремя степенями свободы, контролируемой тонкой настройкой **подзатылочных мышц**.

Объем движения в шейном отделе позвоночника

При изучении рентгенограмм в боковой проекции в положении крайнего сгибания и разгибания (рис. 65) было установлено, что:

- тотальный объем сгибания и разгибания в нижней части шейного отдела равен: $RCI=100-110^\circ$;
- тотальный объем сгибания и разгибания для всего шейного отдела по отношению к плоскости прикуса: $RT=130^\circ$;
- путем вычитания можно вычислить объем сгибания и разгибания в подзатылочной части: $S0=20-30^\circ$.

Также снимки в прямой проекции с головой в положении крайней степени бокового наклона (рис. 66) показали, что объем бокового наклона составляет около 45° . При проведении с одной стороны линии через поперечные отростки атланта, с другой — линии, соединяющей сосцевидные отростки, можно сделать вывод, что объем бокового наклона в подзатылочной части - 8° , т.е. это происходит **только в атлантозатылочном суставе.**

Объем поворота исследовать труднее, особенно это касается сегментарных компонентов (рис. 67). Общий объем поворота головы варьирует в пределах $80-90^\circ$ в каждую сторону. Он оценивается в 12° в атлантозатылочном и в 12° в атлантоаксиальном суставе.

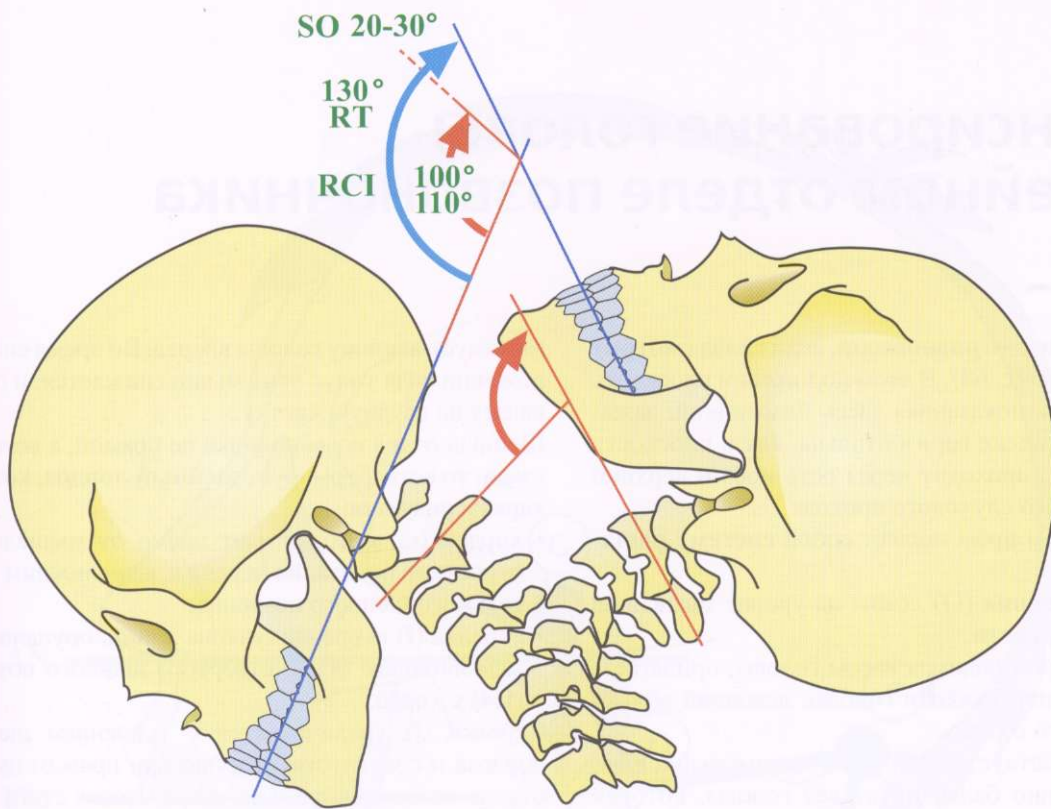


Рис. 65

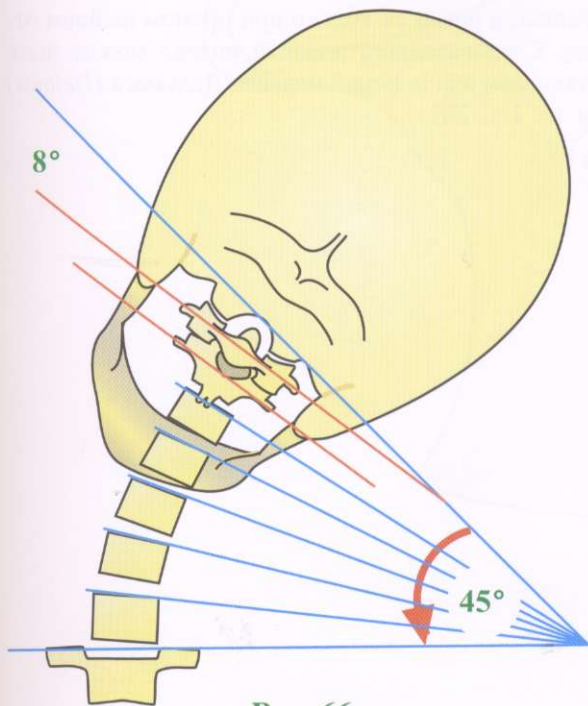


Рис. 66

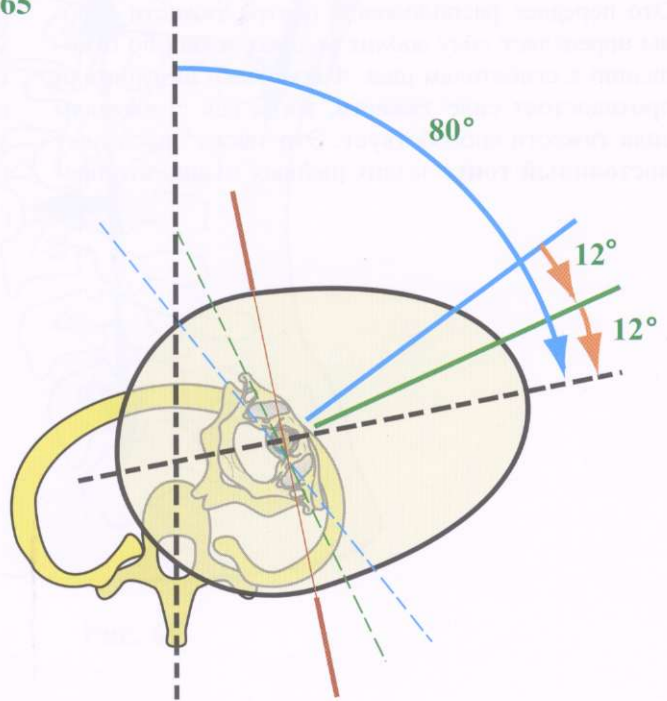


Рис. 67

Балансирование головы на шейном отделе позвоночника

Голова находится в **равновесии**, если **глаза смотрят на горизонт (рис. 68)**. В этом положении плоскость прикуса (PM), показанная здесь пластинкой, зажатой в зубах, так же горизонтальна, как и плоскость (AN), которая проходит через ось носа и верхний край наружного слухового прохода.

Голова в целом представляет собой **систему рычагов**:

- **точка вращения (O)** лежит на уровне мыщелков затылочной кости;
- сила (G), производимая весом головы, прилагается через центр тяжести головы, лежащий вблизи от турецкого седла;
- сила (F) действует со стороны задних мышц шеи, что постоянно балансирует вес головы, которая стремится к наклону вперед.

Это переднее расположение центра тяжести головы определяет *силу задних шейных мышц* по отношению к сгибателям шеи. Фактически разгибатели противостоят силе тяжести, тогда как сгибателям сила тяжести способствует. Это также определяет **постоянный тонус** задних шейных мышц, что пре-

пятствует наклону головы вперед. Во время сна в положении сидя тонус этих мышц снижается, и голова падает на грудную клетку.

Шейный отдел позвоночника не прямой, а вогнутый сзади, то есть формирует **шейный лордоз**, который характеризуется:

- хордой (с), которая идет прямо от мыщелковых отростков основания черепа к задненижним углам седьмого шейного позвонка;
- стрелка (f) перпендикулярна линии, опущенной из задненижнего угла четвертого шейного позвонка (C4) к хорде.

Стрелка (f) увеличивается с усилением шейного лордоза и соответствует нулю при прямом шейном отделе позвоночника. Она даже может стать отрицательной при сгибании, когда шейный отдел позвоночника становится вогнутым спереди. *Хорда* всегда меньше, чем полная длина шейного отдела позвоночника, и равна ей только при прямом шейном отделе. Следовательно, шейный индекс может быть установлен вдоль линий индекса Дельмаса (*Delmas*) (см. гл. 1, с. 26).

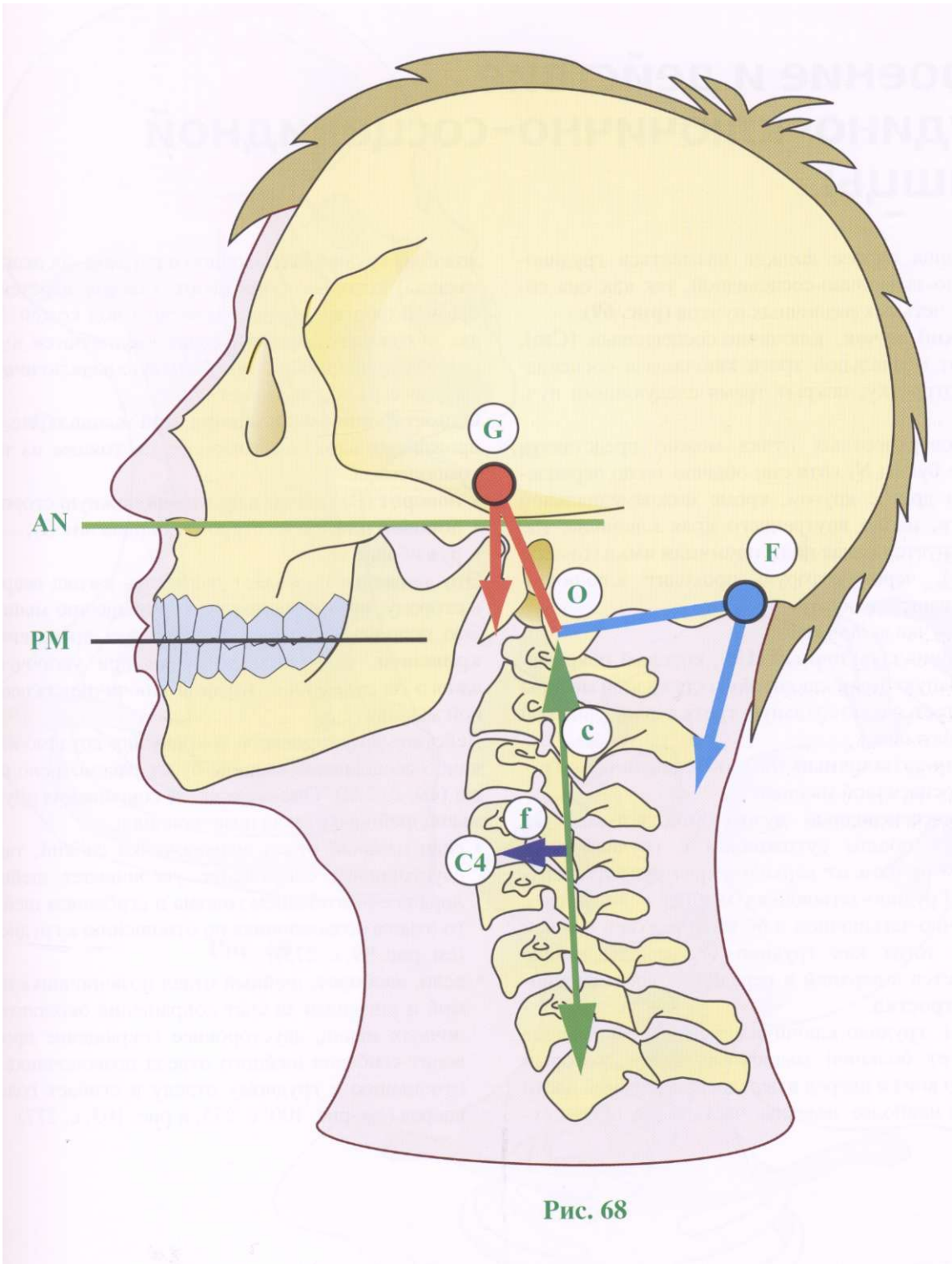


Рис. 68

Строение и действие грудино-ключично-сосцевидной мышцы

Эта мышца скорее должна называться грудино-ключично-затылочно-сосцевидной, так как она состоит из четырех различных пучков (рис. 69):

- **глубокий пучок**, ключично-сосцевидный (**Сm**), идет от медиальной трети ключицы к сосцевидному отростку; покрыт тремя следующими пучками;
- три поверхностных пучка можно представить в виде буквы N, хотя они обычно тесно переплетаются друг с другом, кроме нижнемедиальной области, около внутреннего края ключицы, где формируется малая **надключичная ямка** (fossette Sedilot), через которую проходит ключично-сосцевидный пучок.

Три эти пучка включают:

- **ключично-затылочный** (**Сo**), который покрывает большую часть ключично-сосцевидной мышцы и вплетается в латеральную треть верхней выйной линии затылка;
- **грудино-затылочный** (**So**), объединенный с грудино-сосцевидной мышцей;
- **грудино-сосцевидный** пучок (**Sm**), который начинается общим сухожилием с грудино-затылочным пучком от верхнего края рукоятки грудины. Грудино-затылочная мышца сплетается с ключично-затылочной в области верхней выйной линии, тогда как грудино-сосцевидная мышца вплетается в верхний и передний край **сосцевидного отростка**.

В целом грудино-ключично-сосцевидная мышца формирует большой мышечный пучок, который идет косо вниз и вперед в переднелатеральной части шеи. Его наиболее заметная часть - это общее су-

хожилие грудино-затылочной и грудино-сосцевидной мышцы, которые формируют участок веретенообразной формы, хорошо заметный под кожей. Эти два сухожилия справа и слева соединяются в вырезке грудины и образуют большую надключичную ямку, всегда хорошо заметную.

Одностороннее сокращение этой мышцы (рис. 70) производит сложное движение, состоящее из трех компонентов:

- **поворот (R)** головы в противоположную сторону;
- **боковой наклон** на стороне сокращения (**I**);
- разгибание (**E**).

Это движение позволяет направить взгляд вверх и в сторону, противоположную сокращению мышцы. Это положение головы типично для **врожденной кривошеи**, часто происходящей при укорочении одного из сухожилий грудино-ключично-сосцевидной мышцы.

Действие двустороннего сокращения грудино-ключично-сосцевидной мышцы будет рассмотрено позже (см. с. 272). Оно зависит от сокращения других мышц шейного отдела позвоночника:

- если шейный отдел позвоночника гибкий, такое двустороннее сокращение увеличивает шейный лордоз с разгибанием головы и сгибанием шейного отдела позвоночника по отношению к грудному (см. рис. 99, с. 275);
- если, наоборот, шейный отдел позвоночника прямой и ригидный за счет сокращения околопозвоночных мышц, двустороннее сокращение производит сгибание шейного отдела позвоночника по отношению к грудному отделу и сгибает голову вперед (см. рис. 100, с. 275, и рис. 103, с. 277).

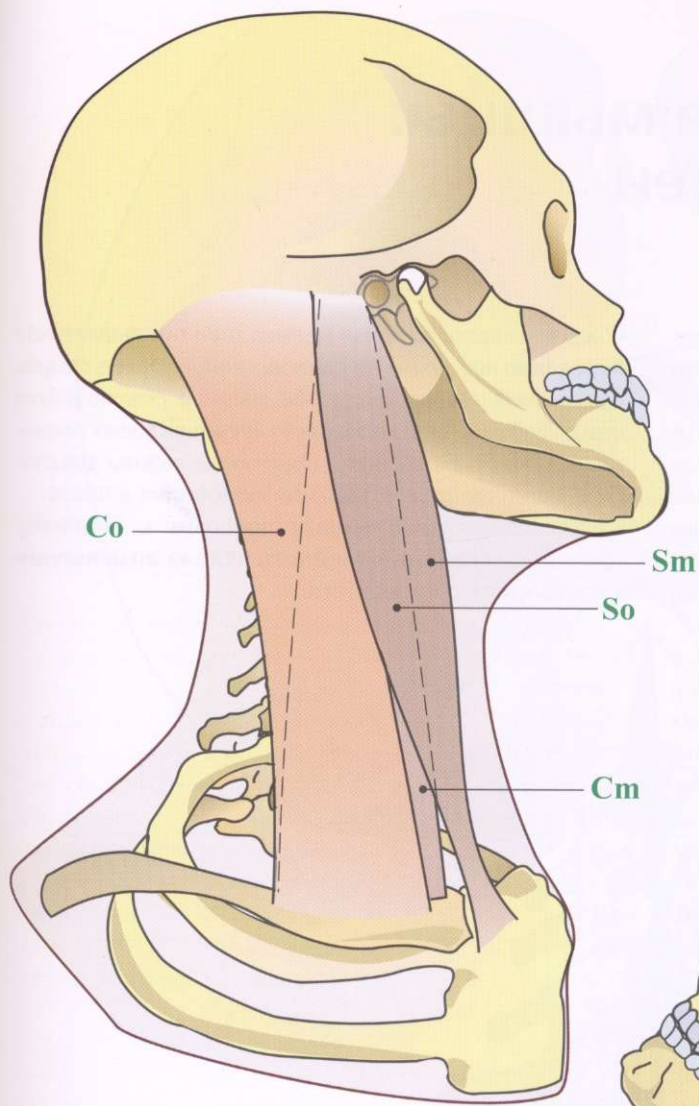


Рис. 69

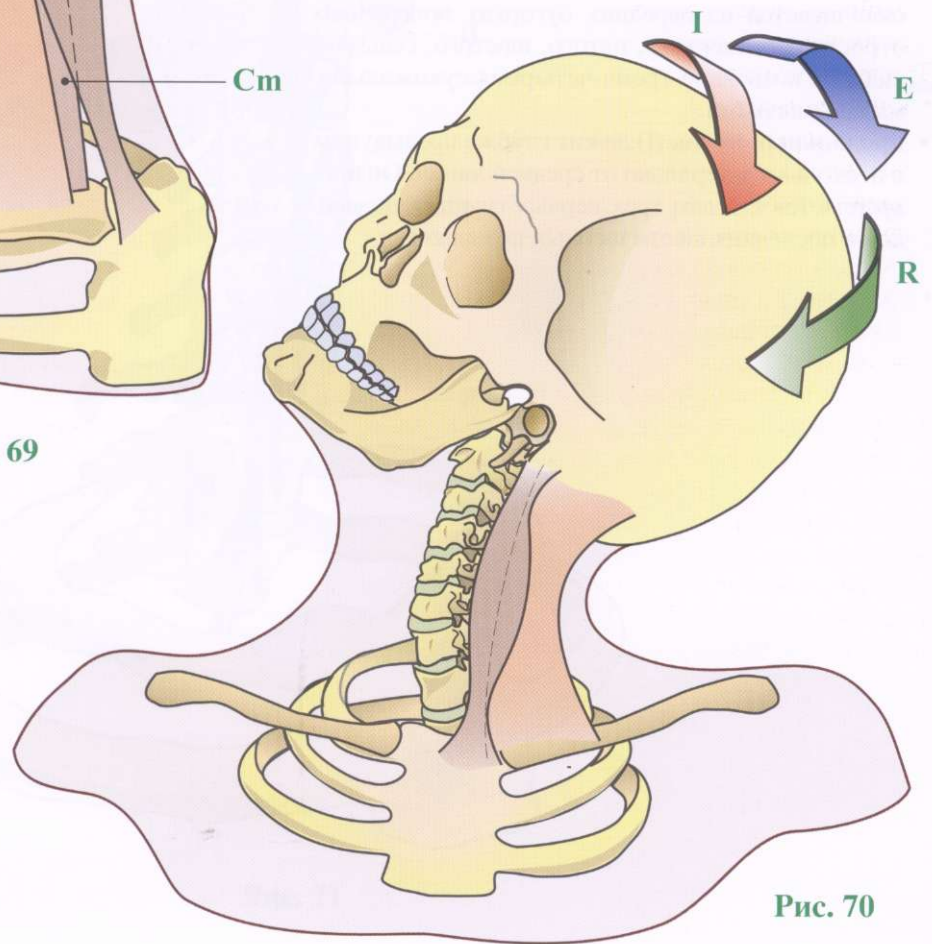


Рис. 70

Превертебралычыя мышцы: длинная мышца шеи

Длинная мышца шеи — самая глубокая из околопозвоночных мышц (**рис. 71**) — идет по передней поверхности позвоночного столба от передней дуги атланта до третьего грудного позвонка. Она анатомически состоит из трех пучков волокон:

- **косой нисходящий пучок (d)** прикрепляется к переднему бугорку атланта и передним бугоркам поперечных отростков третьего, четвертого, пятого, шестого шейных позвонков при помощи трех-четырёх сухожильных пучков;
- **косой восходящий пучок (a)** прикрепляется к телам второго и третьего грудных позвонков и оканчивается на передних бугорках поперечных отростков четвертого, пятого, шестого, седьмого шейных позвонков тремя-четырьмя сухожильными перемычками;
- **продольный пучок (l)** лежит глубже предыдущих и несколько латерально от средней линии. Он прикрепляется к телам трех первых грудных позвонков и последних шести шейных позвонков.

Следовательно, длинная мышца шеи покрывает всю переднюю поверхность позвоночника с обеих сторон от средней линии. Если обе мышцы сокращаются симметрично, они *уплощают шейный изгиб позвоночника* и **сгибают шею**. Они также важны для стабилизации шейного отдела позвоночника в покое.

Сокращение одной мышцы приводит к **боковому наклону** и **сгибанию шейного отдела позвоночника в сторону сокращения**.

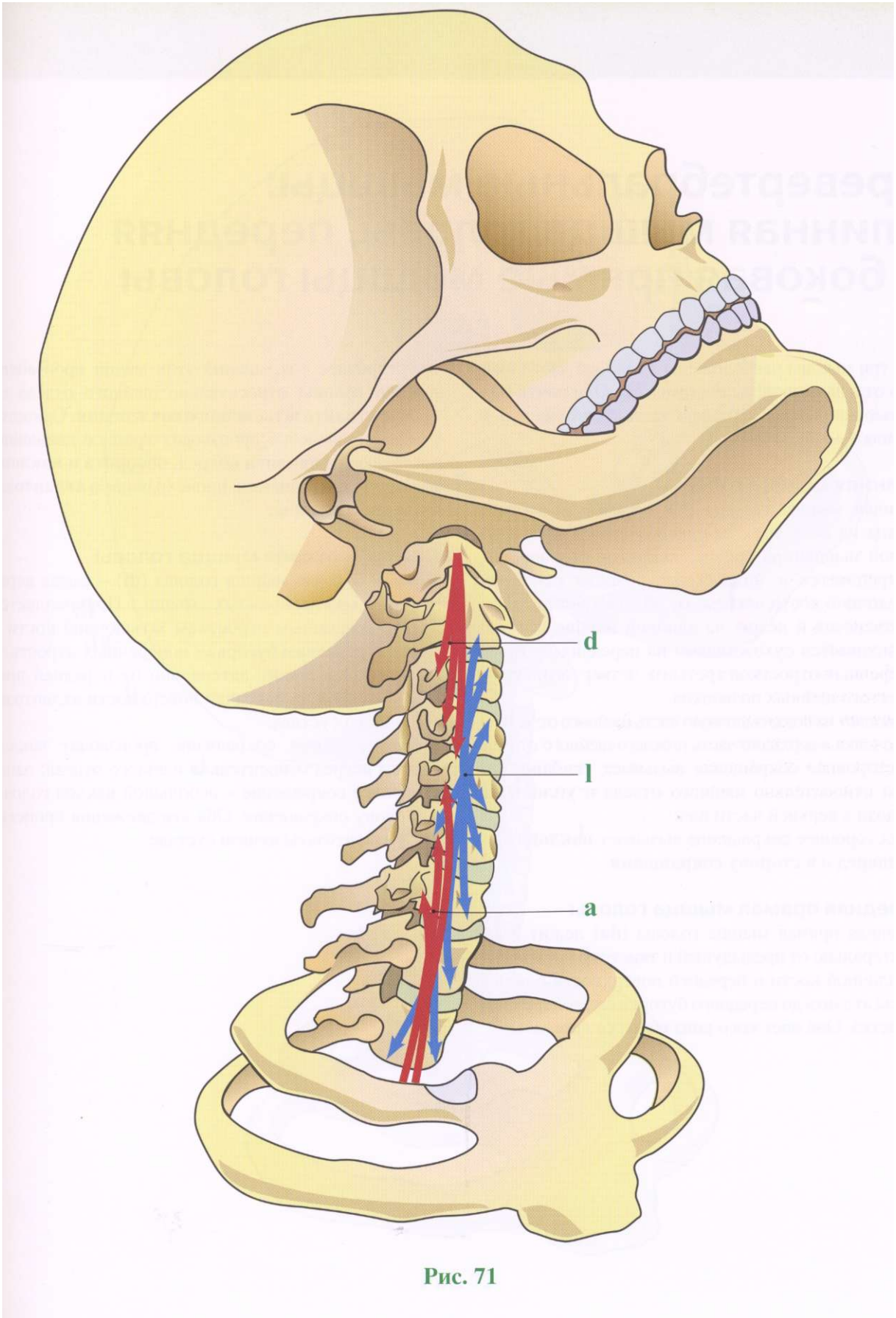


Рис. 71

Превертебральные мышцы: длинная мышца головы, передняя и боковая прямые мышцы головы

Эти три мышцы расположены в верхней части шейного отдела позвоночника (рис. 72). Они почти полностью покрывают верхнюю часть трех пучков d, a, l длинной мышцы шеи.

Длинная мышца головы

Длинная мышца головы (It) - самая медиальная мышца из всех трех, соприкасающаяся с гомологичной мышцей на противоположной стороне. Она прикрепляется к нижней поверхности основания затылочной кости впереди от большого затылочного отверстия и лежит на длинной мышце шеи (d). Заканчивается сухожилиями на передних бугорках поперечных отростков третьего, четвертого, пятого и шестого шейных позвонков.

Она влияет на подзатылочную часть шейного отдела позвоночника и верхнюю часть нижнего шейного отдела. Двустороннее сокращение вызывает **сгибание головы** относительно шейного отдела и **уплощение лордоза** в верхней части шеи.

Одностороннее сокращение вызывает **наклон головы вперед и в сторону сокращения**.

Передняя прямая мышца головы

Передняя прямая мышца головы (da) лежит сзади и латерально от предыдущей и тянется от основания затылочной кости и передней поверхности боковой массы атланта до переднего бугорка его поперечного отростка. Она идет косо вниз и слегка латерально.

Двустороннее сокращение этих мышц производит **наклон головы** относительно шейного отдела на уровне **атлантозатылочного сочленения**. Одностороннее сокращение производит тройное движение, состоящее из **наклона вперед, поворота и наклона в сторону сокращения**, происходящее в **атлантозатылочном суставе**.

Прямая боковая мышца головы

Прямая боковая мышца головы (dl) - самая верхняя из межпоперечных мышц. Прикрепляется вверху к яремным отросткам затылочной кости и внизу к передним бугоркам поперечных отростков атланта. Она лежит латерально от передней прямой мышцы и на передней поверхности атлантозатылочного сустава.

Ее двустороннее сокращение производит наклон головы вперед относительно шейного отдела; одностороннее сокращение - небольшой наклон головы в сторону сокращения. Оба эти движения происходят в атлантозатылочном суставе.

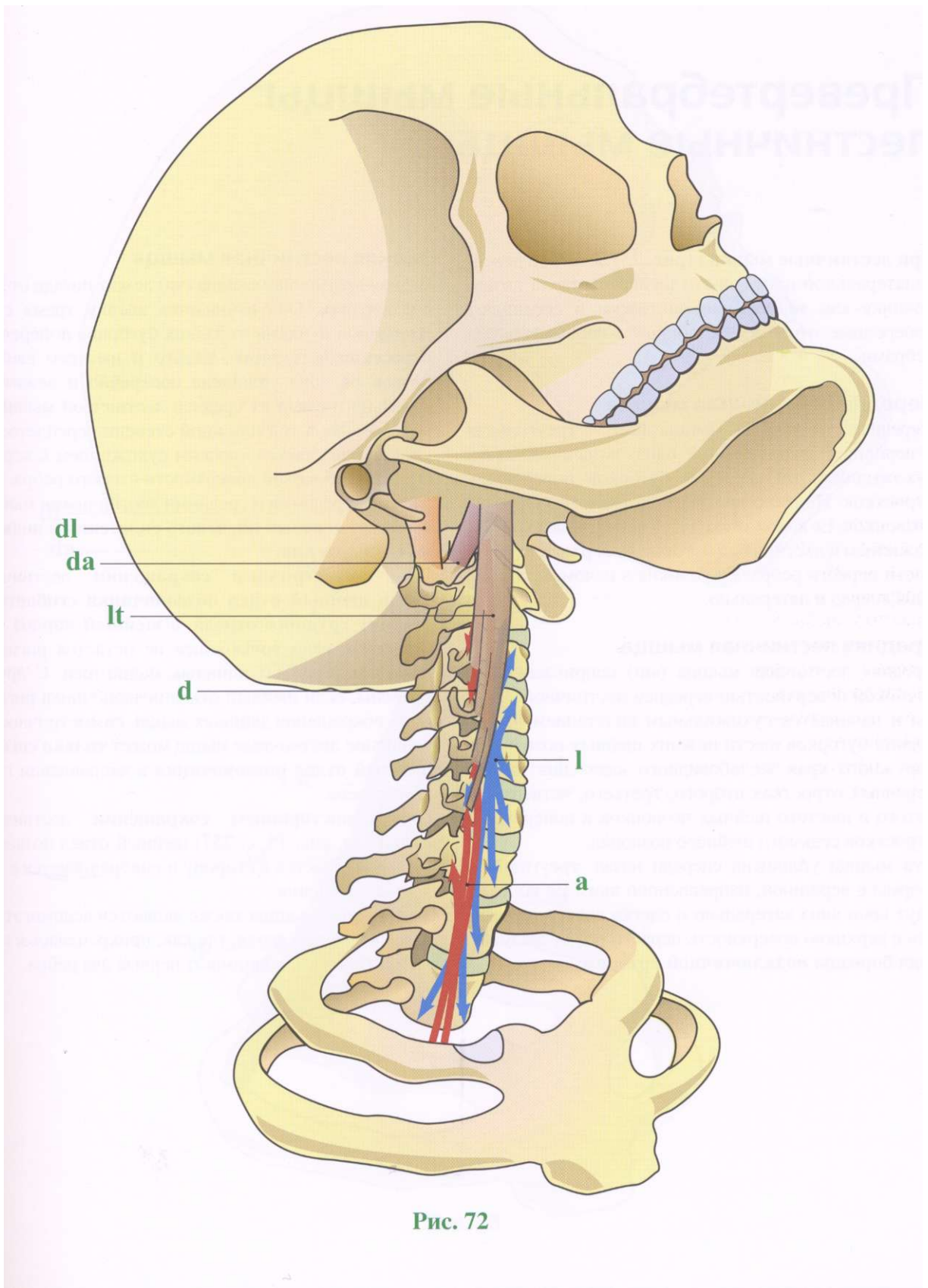


Рис. 72

Превертебральные мышцы: лестничные мышцы

Три лестничные мышцы (рис. 73) лежат на переднелатеральной поверхности шейного отдела позвоночника как **мышечные растяжки** и соединяют поперечные отростки позвонков с первыми двумя ребрами.

Передняя лестничная мышца

Передняя лестничная мышца (sa) - треугольная с вершиной, направленной вниз, и начинающаяся сухожилиями от передних бугорков поперечных отростков третьего, четвертого, пятого, шестого позвонков. Ее волокна сходятся вниз, вплетаясь сухожилием в лестничный бугорок на верхней поверхности первого ребра. Ее волокна в целом идут косо вниз вперед и латерально.

Средняя лестничная мышца

Средняя лестничная мышца (sm) соприкасается с глубокой поверхностью передней лестничной мышцы и начинается сухожильным сплетением от передних бугорков шести нижних шейных позвонков, наружного края желобовидного вдавления на поперечных отростках второго, третьего, четвертого, пятого и шестого шейных позвонков и поперечных отростков седьмого шейного позвонка.

Эта мышца уплощена спереди назад, треугольной формы с вершиной, направленной вниз. Ее волокна идут косо вниз латерально и слегка вперед, вплетаясь в верхнюю поверхность первого ребра сразу позади **борозды подключичной артерии**.

Задняя лестничная мышца

Задняя лестничная мышца (sp) лежит позади от двух предыдущих. Она начинается вверху тремя сухожильными пучками от задних бугорков поперечных отростков четвертого, пятого и шестого шейных позвонков. Она уплощена поперечно и лежит латерально и сзади от средней лестничной мышцы, с которой она в той или иной степени переплетается. Она прикрепляется плоским сухожилием к верхнему краю и боковой поверхности второго ребра. Между передними и средними лестничными мышцами лежат корешки **плечевого сплетения и подключичная артерия**.

При **симметричном сокращении** лестничных мышц **шейный отдел позвоночника сгибается в сторону грудного отдела, а шейный лордоз усиливается**, если только шея не остается ригидной из-за сокращенных длинных мышц шеи. С другой стороны, если шейный отдел позвоночника ригиден из-за сокращения длинных мышц, симметричное сокращение лестничных мышц может **только согнуть шейный отдел позвоночника** в направлении грудного отдела.

При **одностороннем сокращении** лестничных мышц (см. рис. 75, с. 257) шейный отдел позвоночника наклоняется в сторону и поворачивается в сторону сокращения.

Лестничные мышцы также являются вспомогательными мышцами вдоха, так как, прикрепляясь к шейным позвонкам, поднимают первые два ребра.

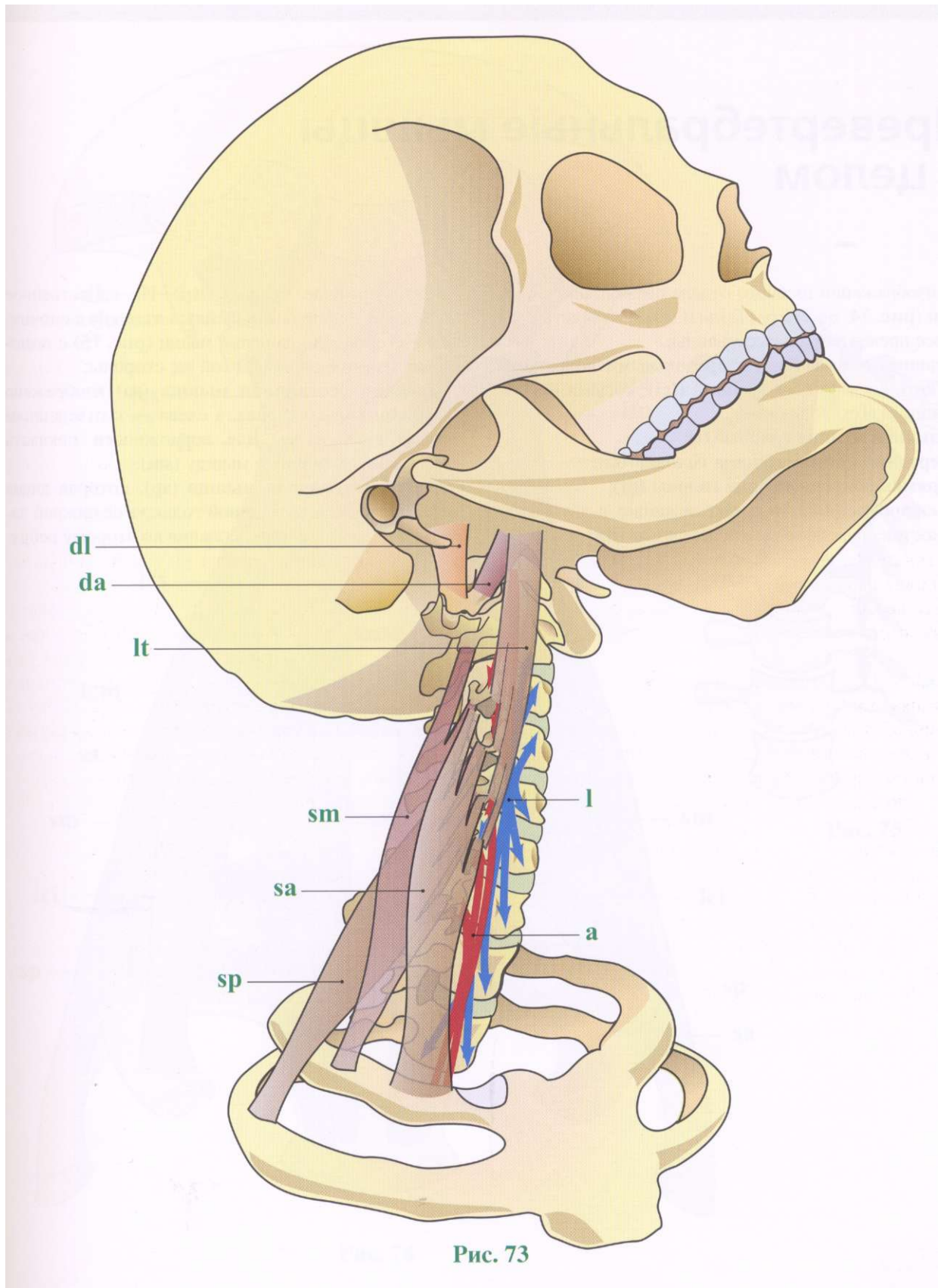


Рис. 73

Превертебральные мышцы в целом

На изображении шейного отдела позвоночника спереди (**рис. 74**, по Тесту (*Testut*)) можно увидеть сразу все превертебральные мышцы:

- длинная мышца шеи с продольными волокнами (*Icm*), косыми восходящими (*Ici*), косыми нисходящими (*Ics*) волокнами;
- длинная мышца головы (**It**);
- передняя прямая мышца головы (**da**);
- прямая боковая мышца головы (**dl**);
- межпоперечные мышцы, лежащие в двух плоскостях: передние межпоперечные (**ita**) и задние межпоперечные мышцы (*itr*). Их единственное действие — наклонять шейный отдел позвоночника в сторону сокращения мышц (**рис. 75**) с помощью лестничных мышц той же стороны;
- передняя лестничная мышца (*sa*) изображена целиком только справа, а слева — с отведенным влево сухожилием для возможности показать среднюю лестничную мышцу (*sm*);
- задняя лестничная мышца (*sp*), которая видна позади средней лестничной только в ее нижней части, вблизи от ее прикрепления ко второму ребру.



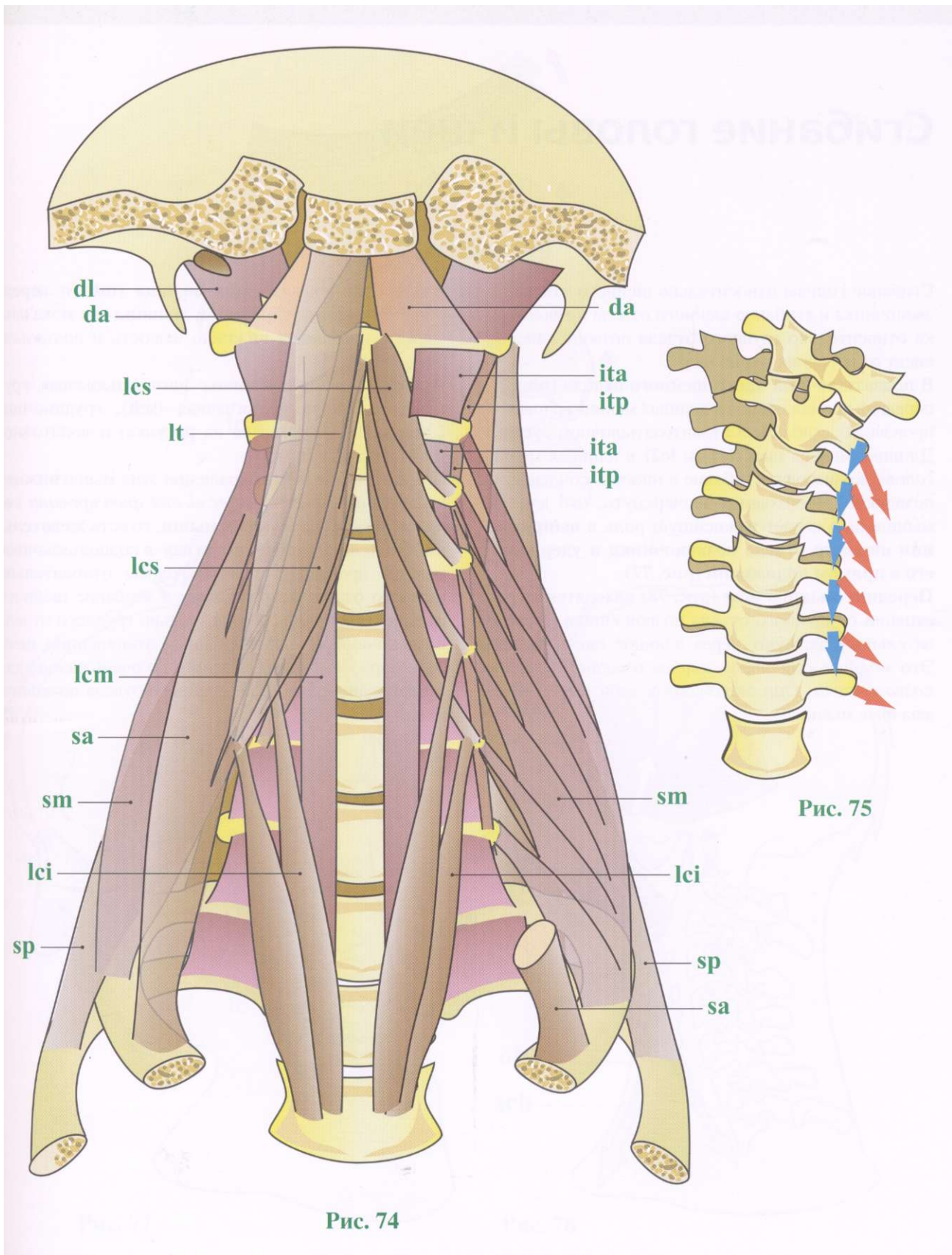


Рис. 74

Рис. 75

Сгибание головы и шеи

Сгибание головы относительно шейного отдела позвоночника и сгибание шейного отдела позвоночника относительно грудного отдела позвоночника зависят от передних мышц шеи.

В **подзатылочной части шейного отдела (рис. 76)** передняя прямая мышца и длинная мышца головы (**lt**) производят сгибание в атлантозатылочном суставе. Длинная мышца шеи (**1c1**) и **1c2**) и длинная мышца головы производят сгибание в нижних сочленениях позвонков. Необходимо подчеркнуть, что длинная мышца шеи играет важнейшую роль в **выпрямлении шейного отдела позвоночника и удержании его в прямом положении (рис. 77)**.

Передние мышцы шеи (рис. 78) находятся на расстоянии от шейного отдела позвоночника и, следовательно, действуют через длинное плечо рычага. Это *мощные сгибатели головы и шейного отдела позвоночника*. Они включают в себя над- и подъязычные мышцы:

- **челюстно-подъязычная мышца (mh)** и переднее брюшко **двубрюшной мышцы** (не показано здесь) соединяют нижнюю челюсть и подъязычную кость;
- **подподъязычные мышцы:** щитоподъязычная, грудино-ключично-подъязычная (sch), грудино-щитовидная (не показана на рисунке) и лопаточно-подъязычная (oh).

При одновременном сокращении этих мышц нижняя челюсть опускается, но *если она фиксирована* сокращением **жевательных мышц**, то есть **жевательной (t)** и **височной (t)**, тогда над- и подподъязычные мышцы производят наклон головы относительно шейного отдела позвоночника и сгибание шейного отдела позвоночника относительно грудного отдела позвоночника с одновременным уплощением шейного лордоза. Таким образом, они очень важны для поддержания равновесия шейного отдела позвоночника.

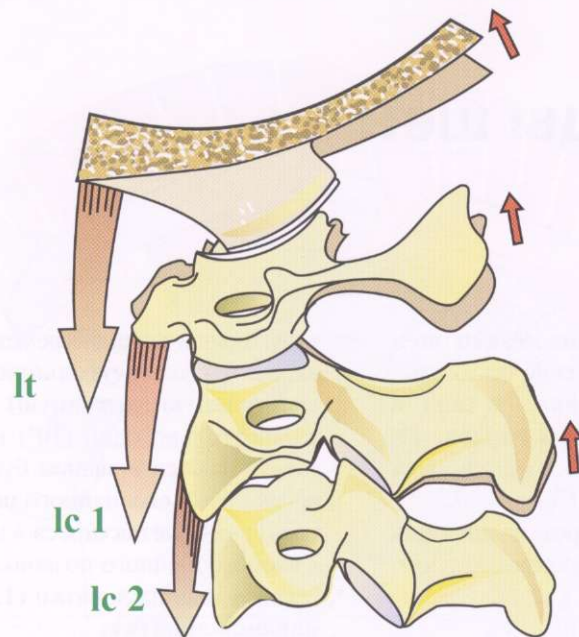


Рис. 76

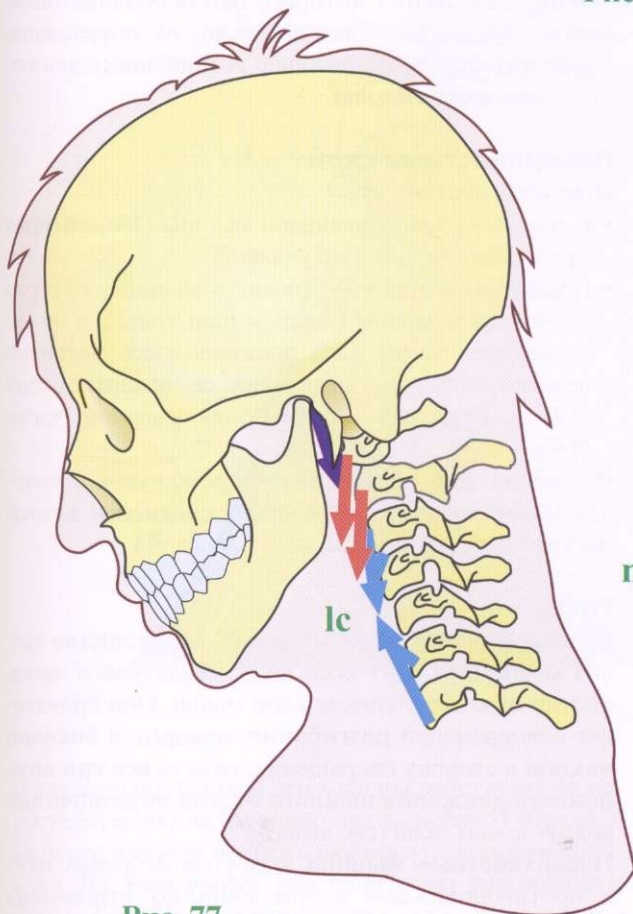


Рис. 77

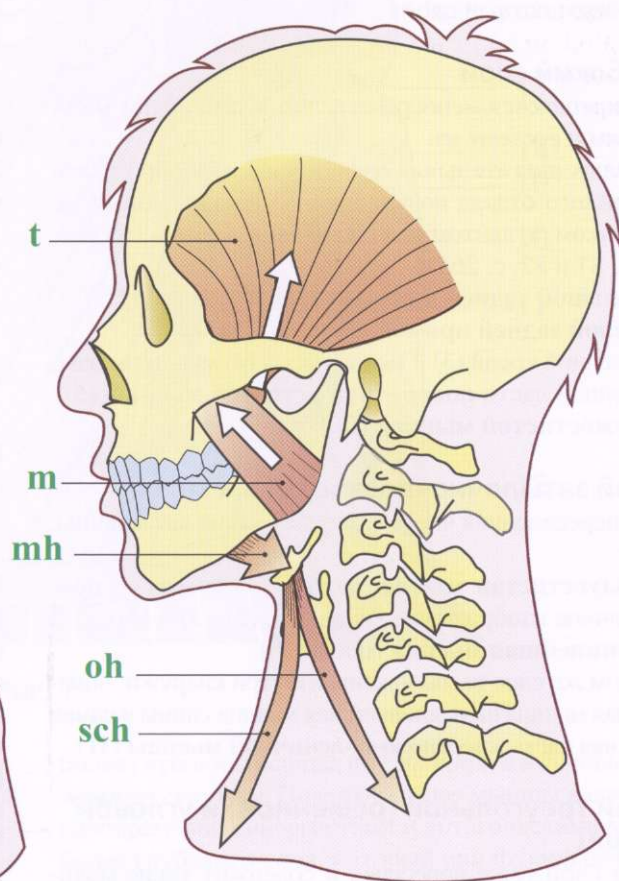


Рис. 78

Задние мышцы шеи

Перед изучением физиологии **задних мышц шеи** необходимо иметь полное представление об их расположении и структуре. На **рисунке 79 (вид в перспективе)** изображена **шея сзади и справа**, поверхностные мышцы удалены для обзора различных слоев.

Задняя часть шеи состоит из **четырёх мышечных слоев**, лежащих один над другим следующим образом:

- глубокий слой;
- слой затылочно-позвоночных мышц;
- слой треугольной (ременной) мышцы и угловой мышцы;
- поверхностный слой.

Глубокий слой

Прикрепляется непосредственно к позвонкам и суставам и состоит из:

- малых двигательных мышц подзатылочной части шейного отдела позвоночника, идущих между затылком, атлантом и аксисом (видны также на рис. 80, 81 и 82, с. 263);
- **большой задней прямой мышцы** головы (1);
- **малой задней прямой мышцы** головы (2);
- большой косою (3) и малой косою (4) мышц головы;
- шейной части **поперечной остистой мышцы** (5);
- **межостистой мышцы** (6).

Слой затылочно-позвоночных мышц

Его пересеченная часть включает такие две мышцы, как:

- **полуостистая мышца** головы (7) (через ее прозрачное изображение видны (1), (2), (3) и (4));
- **длиннейшая мышца** головы (8).

В этом же слое расположены изнутри кнаружи: поперечная мышца шеи, длиннейшая мышца спины и самая верхняя часть **крестцово-поясничной мышцы** (11).

Слой треугольной (ременной) и угловой мышц

Этот слой тоже пересечен и содержит такие мышцы, как:

- треугольная мышца (ременная), которая делится на две части: **треугольную мышцу** головы (9) и **треугольную (ременную) мышцу** шеи (10). Показано только одно (10') из трех ее сухожилий, вплетающееся в задний бугорок поперечного отростка третьего шейного позвонка (два другие сухожилия, вплетающиеся в задние бугорки первого и второго шейного позвонков, удалены);
- угловая мышца лопатки (12), или **мышца поднимающая лопатку**;

Эти мышцы тесно соприкасаются с мышцами глубокого слоя, вокруг которого они *оборачиваются, как вокруг блока*. Следовательно, их сокращение также является составляющей ротационного движения - **поворота головы**.

Поверхностный слой

Этот слой состоит из:

- в основном трапецевидной мышцы (15), которая здесь почти полностью удалена;
- грудино-ключично-сосцевидной мышцы, которая относится к задним мышцам шеи только в ее задневерхней части. Она показана здесь частично пересеченной для выявления ее поверхностной (14) и глубокой ключично-сосцевидной части (14').

В глубине этой области через промежуток в мышцах можно видеть прикрепление **средней и задней лестничных мышц** (13).

Итог

За исключением глубоких мышц, большинство задних мышц шеи идут косо вниз, медиально и назад, плотно облекая глубокие слои мышц. Они производят одновременно **разгибание, поворот и боковой наклон** в сторону сокращения, то есть **все три компонента движения шейного отдела позвоночника** вокруг косых осей (см. выше).

Поверхностные мышцы, с другой стороны, идут в противоположном направлении по отношению к промежуточному слою, то есть косо вниз, вперед

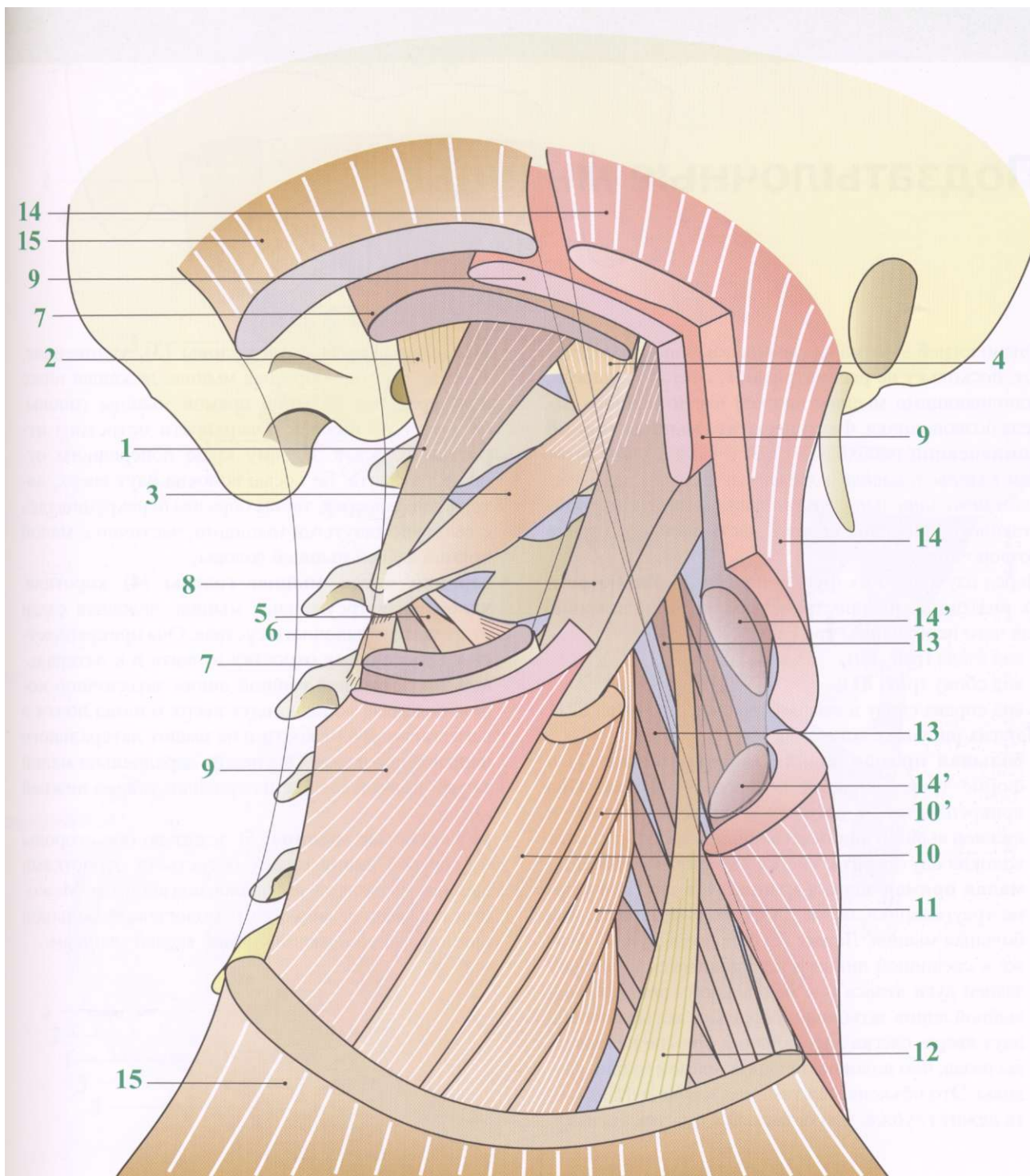


Рис. 79

и латерально. Однако эти мышцы действуют не непосредственно на нижнюю часть шейного отдела, а на череп и верхнюю часть шейного отдела позвоночника. На этом уровне они производят разгибание и боковой наклон в сторону сокращения, так же как и

более глубокие мышцы, но с ротацией в противоположную сторону. Поверхностные мышцы являются одновременно синергистами и антагонистами мышц более глубокого слоя, который они функционально дополняют.

Подзатылочные мышцы

Физиологией этих малых мышц обычно пренебрегают, поскольку не рассматривают, считая мышцами, дополняющими мышцы нижней части шейного отдела позвоночника. Фактически эти **мышцы тонкой компенсации** необходимы для *установления позиции головы усилением желательных или исключением нежелательных компонентов* сложного тройственного движения нижней части шейного отдела позвоночника.

Перед изучением их функции разумно рассмотреть их анатомию, их пространственное расположение, для чего необходимы три схемы:

- вид сзади (**рис. 80**);
 - вид сбоку (**рис. 81**);
 - вид справа снизу и сзади, в перспективе (**рис. 82**).
- На этих рисунках показаны:

- **большая прямая задняя мышца головы (1)** в форме треугольника с основанием вверх. Она прикрепляется к остистому отростку аксиса и нижней выйной линии затылочной кости, ее косые волокна идут вверх и слегка латерально и назад;
- **малая прямая задняя мышца головы (2)** в форме треугольника, более плоского и меньшего, чем большая мышца. Лежит глубже предыдущей, ближе к срединной линии и прикрепляется к бугорку задней дуги атласа и к медиальной трети нижней выйной линии затылочной кости, ее косые волокна идут вверх, слегка латерально и больше направлены назад, чем волокна большой прямой мышцы головы. Это объясняется тем, что задняя дуга атланта лежит глубже, чем остистый отросток аксиса;

- **нижняя косая мышца головы (3)**, удлиненная, толстая веретенообразная мышца, лежащая ниже и латеральнее большой прямой мышцы головы. Она идет от нижней поверхности остистого отростка аксиса к заднему краю поперечного отростка атланта. Ее косые волокна идут вверх, латерально и вперед, таким образом перекрещиваясь с вышеупомянутыми мышцами, частично с малой прямой задней мышцей головы;
- **верхняя косая мышца головы (4)** короткая, уплощенная треугольная мышца, лежащая сзади от атлантозатылочного сустава. Она прикрепляется к поперечному отростку атланта и к латеральной трети нижней выйной линии затылочной кости; ее косые волокна идут вверх и назад почти в сагиттальной плоскости и не имеют латерального направления вовсе. Она лежит параллельно малой задней прямой мышце и перпендикулярно нижней косой;
- **межостистые мышцы (5)** лежат по обе стороны от средней линии между остистыми отростками шейных позвонков, начинаясь под аксисом. Межостистая мышца является гомологичной большой прямой задней и малой прямой задней мышцам.

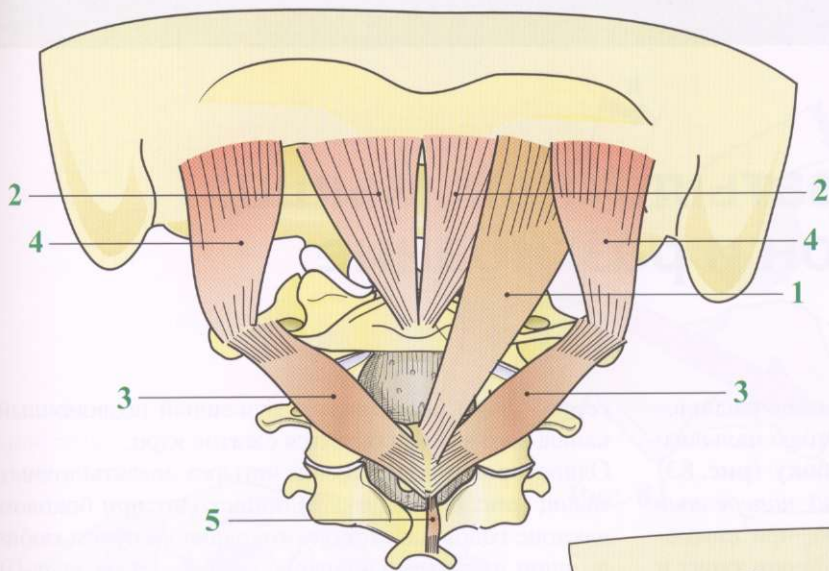


Рис. 80

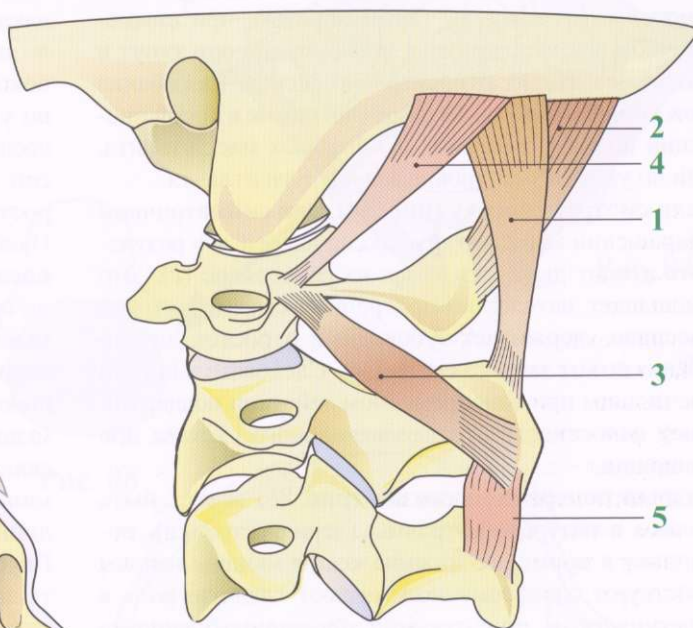


Рис. 81

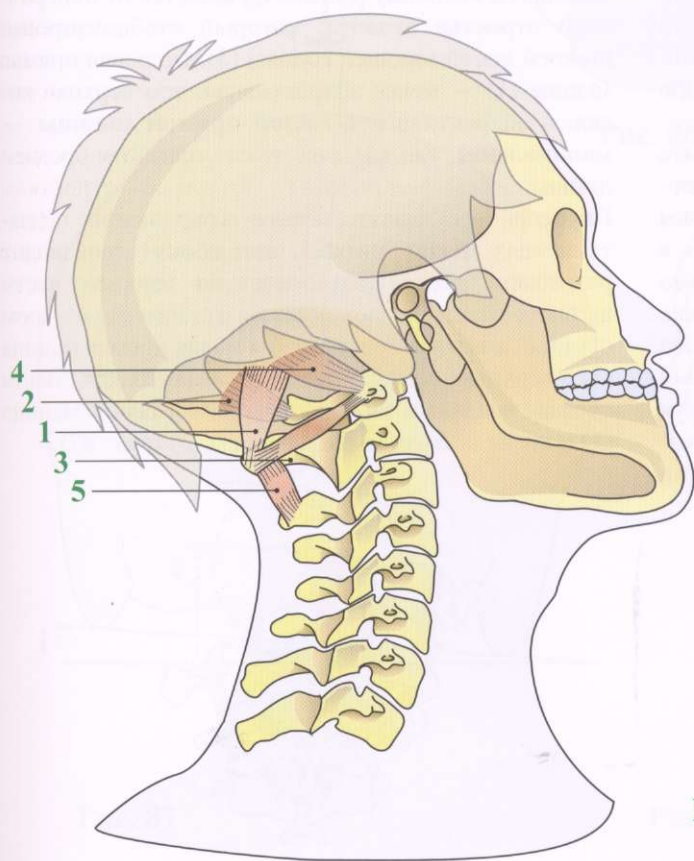


Рис. 82

Действие подзатылочных мышц: боковой наклон и разгибание

Нижняя косая мышца головы по своему расположению важна для поддержки атлантоаксиального сустава в покое и при движении. **Сбоку (рис. 83)** видно, что эти мышцы *тянут назад поперечные отростки* атланта, и, таким образом, при симметричном сокращении двух косых мышц они тянут и разгибают атлант относительно аксиса. Разгибание может быть оценено на рентгенограмме в косой проекции по углу смещения (**а**) боковых масс атланта, или по углу (**а'**) на уровне задней дуги атланта.

Если смотреть **сверху (рис. 84)**, при симметричном сокращении мышцы тянут аксис вперед, и в результате атлант движется назад на расстояние (**г**). Это уменьшает натяжение поперечной связки, которая пассивно удерживает зубовидный отросток, предохраняя его от заднего смещения. Следовательно, эти две мышцы при одновременном действии поддерживают целостность атлантоаксиального сустава при движении.

Разрыв поперечной связки (рис. 85) может быть только в результате травмы (черная стрелка), поскольку в норме две нижние косые мышцы головы действуют одновременно и играют главную роль в *динамическом поддержании атлантозубовидного сустава*. Можно представить катастрофические последствия нестабильности атлантоаксиального сустава. На **рисунке 86** изображен позвоночный канал атланта и аксиса более светло: соответствующим механизмом обрезки сигар или гильотины, пульповое ядро оказывается сжато или рассечено. Область

серого цвета представляет суженный позвоночный канал, в котором находится сжатое ядро.

Одностороннее сокращение четырех подзатылочных мышц (**рис. 87**, вид сзади) происходит при боковом наклоне головы в сторону сокращения путем мобилизации атлантоаксиального сустава. Этот угол (**и**) бокового наклона атланта также можно вычислить по углу, лежащему между горизонтальной линией, соединяющей поперечные отростки атланта, и косой линией, соединяющей концы сосцевидных отростков.

Наиболее эффективная из этих мышц — **верхняя косая мышца головы (4)**, сокращение которой увеличивает длину ее противоположной гомологичной мышцы на величину (**е**). Она начинается от поперечного отростка атланта, который стабилизирован нижней косой мышцей головы (3). Большая прямая мышца (1) — менее эффективная, чем верхняя косая, а эффективность **малой прямой мышцы** — минимальная, так как она лежит близко к средней линии.

Двустороннее одновременное сокращение подзатылочных мышц (**рис. 88**, вид сбоку) производит разгибание головы относительно верхней части шейного отдела позвоночника в атлантозатылочном суставе; при этом вовлекаются малая прямая мышца (2) и верхняя косая мышца (4). В атлантоаксиальном суставе вовлекаются большая прямая задняя мышца (1) и косая нижняя мышца головы (3) (**рис. 87**).

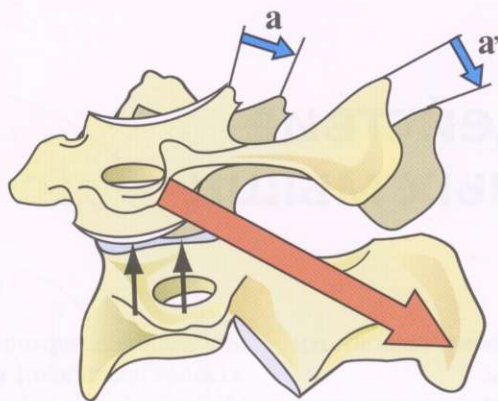


Рис. 83

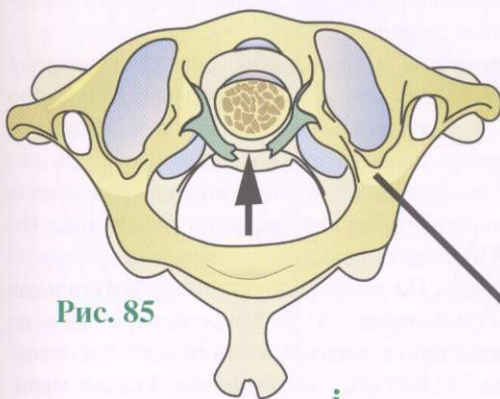


Рис. 85

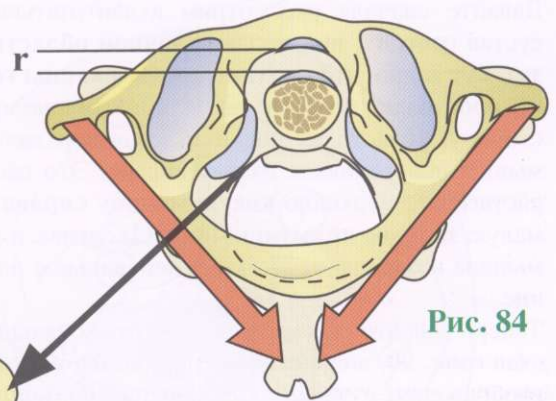


Рис. 84

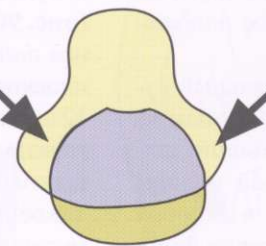


Рис. 86

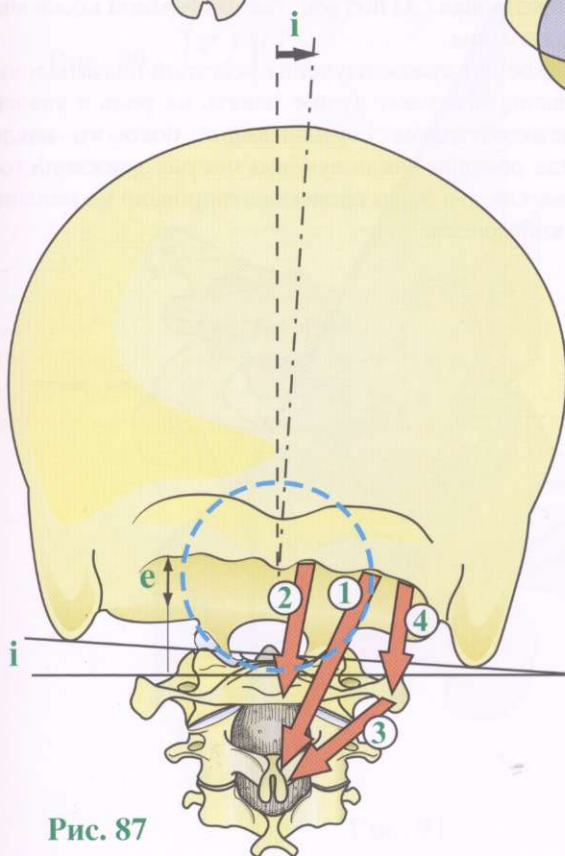


Рис. 87

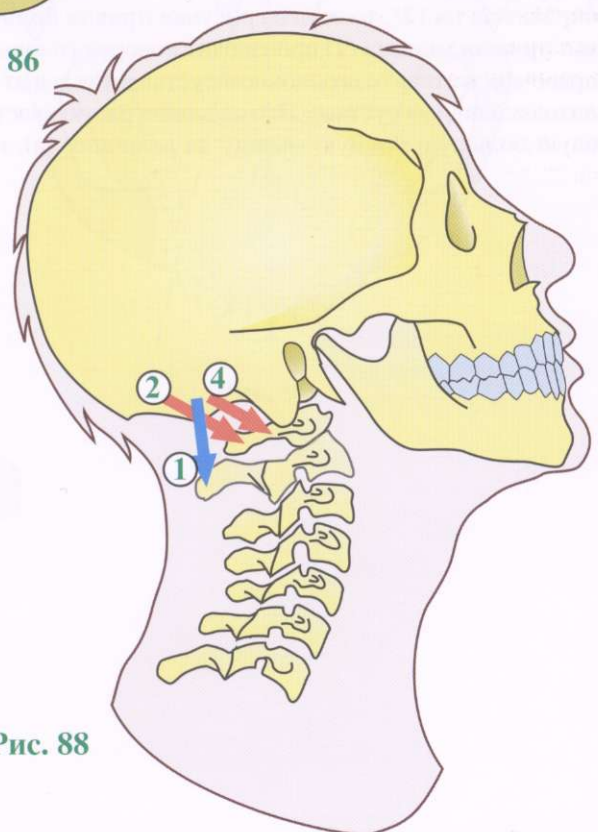


Рис. 88

Ротаторное действие подзатылочных мышц

В дополнение к разгибанию и боковому наклону эти мышцы производят поворот головы.

Давайте сначала рассмотрим атлантозатылочный сустав (**рис. 89, вид подзатылочной области снизу**). Тут видно, что **верхние косые мышцы головы (4)** производят поворот на 10° в противоположную сторону, то есть на рисунке левая верхняя косая мышца поворачивает голову вправо. Это пассивно растягивает верхнюю **косую мышцу справа (4')** и малую **заднюю прямую мышцу (2)** справа, и эти же мышцы возвращают голову в нейтральное положение.

Теперь давайте рассмотрим атлантоаксиальный сустав (**рис. 90, вид снизу, аксис обведен красным на изображении атланта**). Сокращение **большой задней прямой мышцы (1)** и нижней косой мышцы головы (3) производит поворот головы в сторону сокращения на 12° , то есть на рисунке **правая большая прямая мышца (1)** производит поворот головы вправо как в атлантозатылочном суставе, так и в атлантоаксиальном суставе. Это пассивно растягивает левую большую прямую мышцу на величину (**a**), и

эта мышца возвращает голову в нейтральное положение. Сокращение **правой нижней косой мышцы (3)** вызывает поворот головы вправо только в атлантоаксиальном суставе.

Если смотреть **в перспективе сверху и справа (рис.91)**, большая прямая правая мышца идет по диагонали между остистым отростком аксиса и правым поперечным отростком атланта и при сокращении поворачивает атлант вправо, растягивая левую большую прямую мышцу на расстояние (**б**) (**рис. 90**). Последняя возвращает голову в нейтральное положение. На рисунке видно, что сагиттальная плоскость симметрии (**S**) атланта повернулась на 12° по отношению к сагиттальной плоскости осевого позвонка (**A**) под действием большой косой мышцы головы.

Такое детальное изучение действий подзатылочных мышц позволяет лучше понять их роль в удалении нежелательных составляющих бокового наклона или ротации для получения чистых движений головы, как это было продемонстрировано на механической модели.

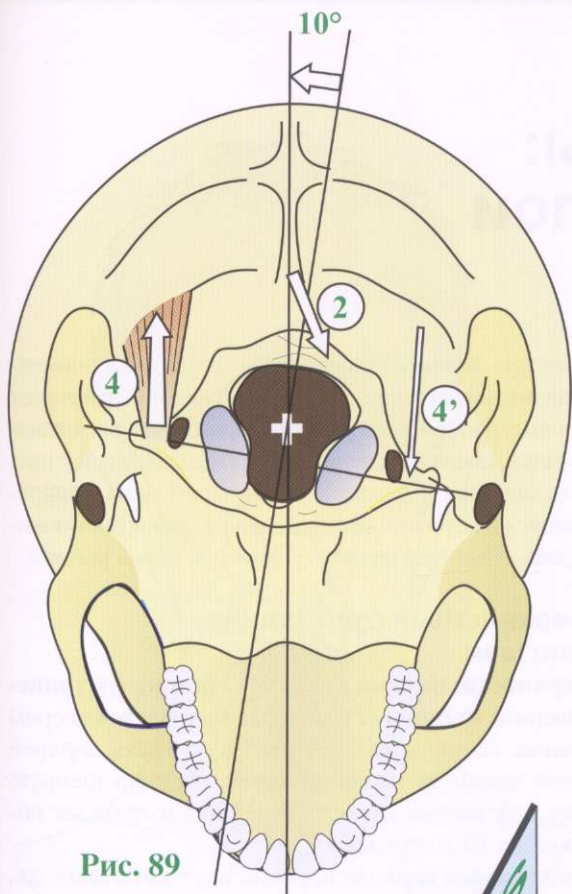


Рис. 89

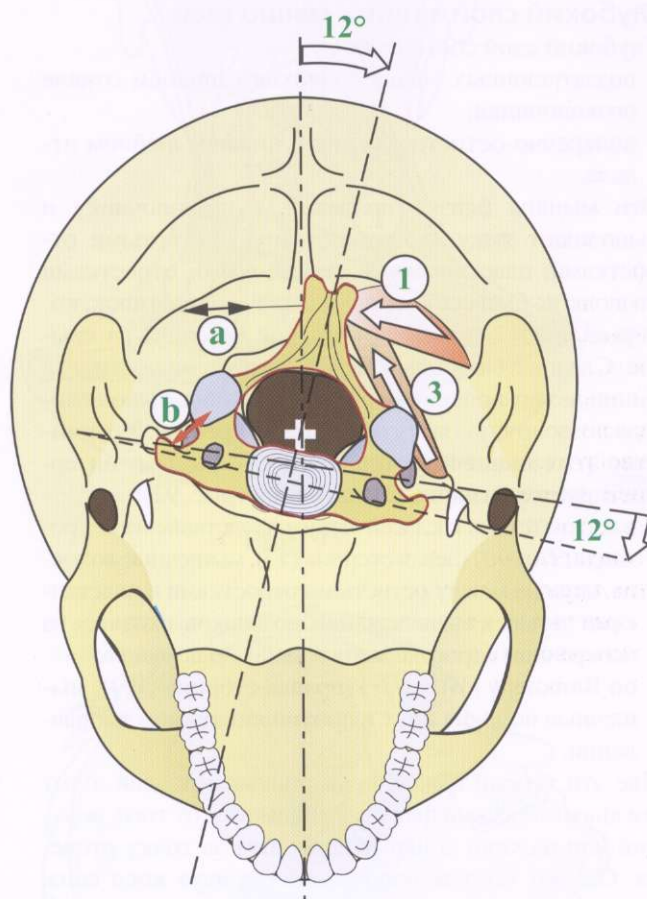


Рис. 90

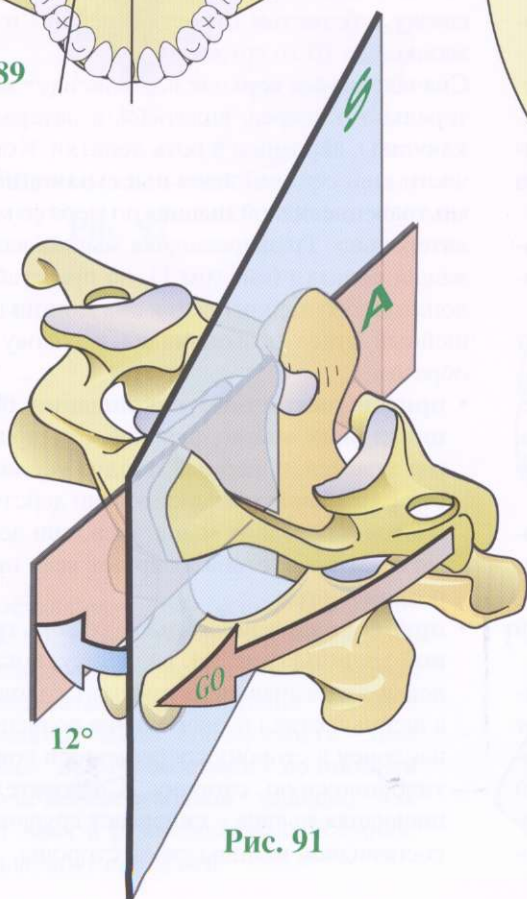


Рис. 91

Задние мышцы головы: первый и четвертый слой

Глубокий слой задних мышц шеи

Глубокий слой состоит из:

- подзатылочных мышц в верхнем шейном отделе позвоночника;
- поперечно-остистых мышц в нижнем шейном отделе.

Эти мышцы близко прилежат к позвоночнику и выполняют ямку, сформированную остистыми отростками, пластинками и поперечными отростками позвонков. Они состоят из мышечных пластинок, которые лежат одна над другой, как черепица на крыше. Следовательно, на каждой стороне межкостистой линии лежит поперечно-остистая мышца, выполняющая позвоночную ямку от аксиса до крестца. **Устройство этих мышечных пластинок** по-разному интерпретируется различными авторами (рис. 92):

- в соответствии с классическим представлением Троланда (*Trolard*) (левая сторона (T)), мышечные волокна, идущие между остистыми отростками и пластинками четырех вышележащих позвонков, сходятся на поперечном отростке пятого шейного позвонка;
- по Винклеру (*Winckler*) (правая сторона (W)), мышечные волокна идут в противоположном направлении.

Две эти теории фактически описывают один и тот же анатомический факт в зависимости от того, верхний или нижний конец мышцы взят за точку отсчета. Однако так как волокна всегда идут косо вниз, латерально и слегка вперед, сокращение поперечно-остистых мышц происходит следующим образом:

- осуществляется двустороннее и симметричное сокращение — разгибание шейного отдела позвоночника и усиление шейного лордоза; следовательно, они аналогичны мышце, выпрямляющей шейный отдел позвоночника;
- при сокращении только одной мышцы совершается боковой наклон в сторону сокращения и поворот шейного отдела позвоночника в противоположную сторону. Это действие поперечно-остистой мышцы аналогично действию грудино-ключично-сосцевидной мышцы. Следовательно, поперечно-

остистая мышца синергична грудино-ключично-сосцевидной мышце, но, тогда как она действует сегментарно по всей длине шейного отдела позвоночника, последняя действует на весь шейный отдел позвоночника в целом. Так как ее волокна прикрепляются к двум концам шейного отдела позвоночника, она действует на него, как на два конца рычага.

Поверхностный слой задних мышц шеи

Поверхностный слой (рис. 93) состоит из **трапецевидной мышцы (2)**, которая начинается веером от линии, соединяющей медиальную треть верхней выйной линии затылочной кости, заднюю шейную связку и остистые отростки шейных и грудных позвонков до 10-го грудного.

Сначала самые верхние волокна идут косо вниз, латерально и вперед, вплетаясь в латеральную треть ключицы, акромион и ость лопатки. Контур нижней части шеи сформирован **выступающими волокнами** трапецевидной мышцы по мере ее косого изгиба латерально. Трапецевидная мышца важна для движения лопатки (см. том 1), но при стабилизации ее лопаточного прикрепления она **мощно действует** на шейный отдел позвоночника и голову следующим образом:

- **при симметричном сокращении обеих трапецевидных мышц** шейный отдел позвоночника разгибается, а шейный **лордоз** усиливается. Если это разгибание сбалансировано действием антагонистов - передних мышц шеи, они действуют как тяги, которые стабилизируют весь шейный отдел позвоночника;
- **при сокращении только одной трапецевидной мышцы (рис. 94, вид сбоку, показана только левая трапецевидная мышца)** голова разогнута, а шейный отдел позвоночника подчеркнут, будучи наклонен в сторону сокращения и повернут в противоположную сторону. Следовательно, трапецевидная мышца - синергист грудино-ключично-сосцевидной мышцы своей стороны.

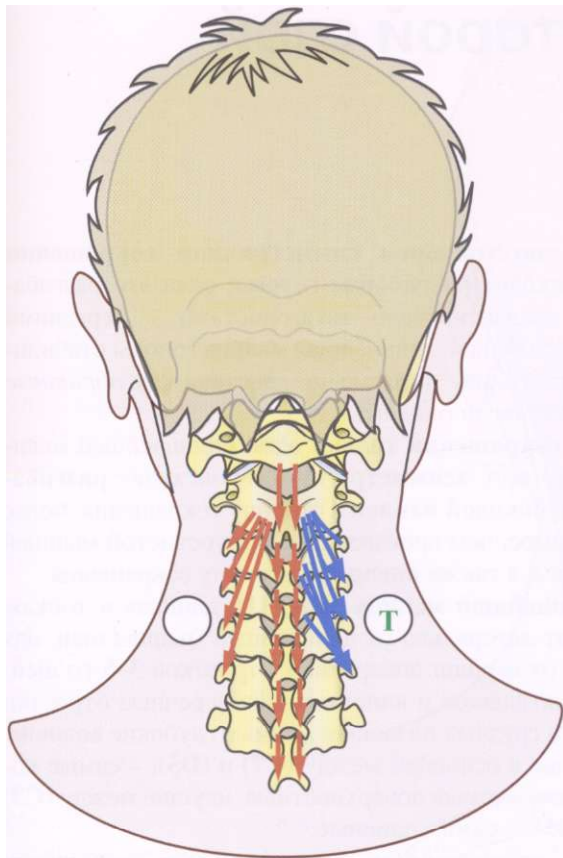


Рис. 92

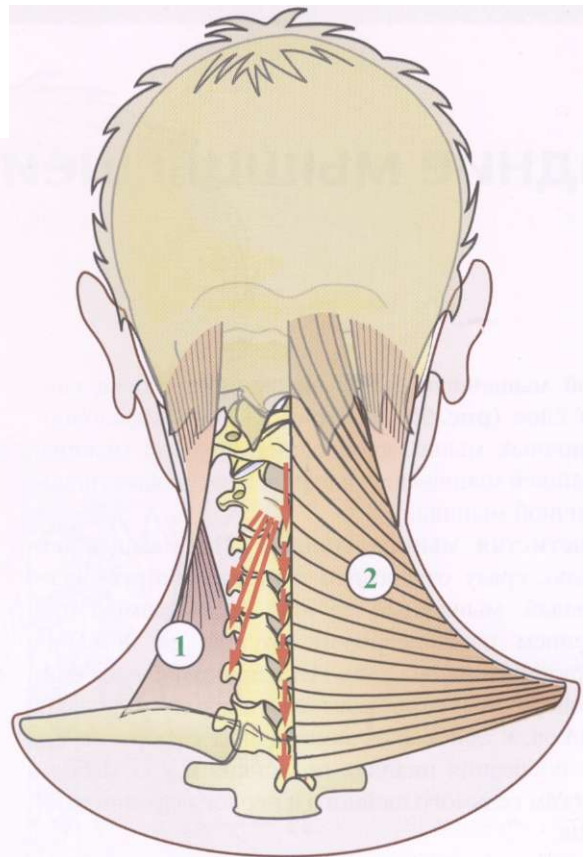


Рис. 93

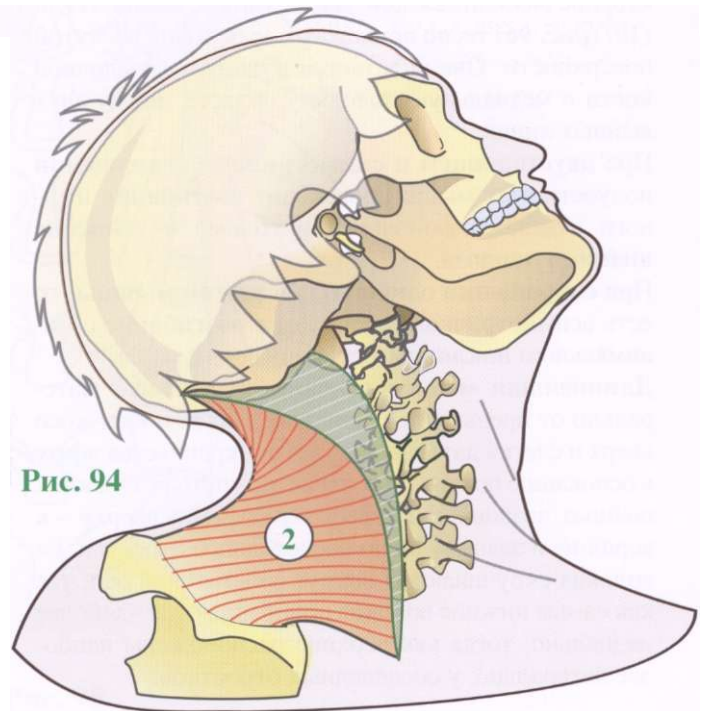


Рис. 94

В верхнем медиальном углу задней поверхности шеи (рис. 93, левая сторона) можно видеть верхний конец грудино-ключично-сосцевидной мышцы. Следовательно, очертания верхней части заднелатеральной поверхности шеи сформированы **выступающими волокнами** грудино-ключично-сосцевидной мышцы, так как она идет вниз в различных направлениях, закручиваясь вокруг своей оси.

Задние мышцы шеи: второй слой

Второй мышечный слой, лежащий прямо на глубоком слое (рис. 95), состоит из двух затылочно-позвоночных мышц, длиннейшей грудной мышцы, длиннейшей мышцы шеи и верхней части крестцово-поясничной мышцы.

Полуостистая мышца головы (7), лежащая латерально, сразу от средней линии формирует вертикальный мышечный пучок, прерываемый пересечением с апоневрозом; отсюда ее название «двубрюшная мышца шеи». Она прикрепляется внизу к поперечным отросткам шести верхних грудных позвонков, к основанию поперечных отростков четырех последних шейных позвонков и к остистым отросткам седьмого шейного и первого грудного позвонков.

Ее брюшко, толстое и закругленное, лежит на поперечной мышце и заполняет позвоночный желоб, отделяясь от своего гомолога на противоположной стороне выйной связкой. Две ременные мышцы (9) и (10) (рис. 96) тесно прилежат к ее боковой вогнутой поверхности. Она вплетается в чешую затылочной кости и медиальную половину области между двух выйных линий.

При **двустороннем и симметричном сокращении** полуостистых мышц происходит **разгибание** шейного отдела позвоночника и головы и **усиление шейного лордоза**.

При **сокращении одной полуостистой мышцы**, то есть асимметричном, происходит **разгибание** с минимальным **наклоном** в сторону сокращения.

Длиннейшая мышца головы (8), лежащая латерально от предыдущей, длинная, тонкая и идет косо вверх и слегка латерально. Она прикрепляется внизу к основанию поперечных отростков четырех нижних шейных позвонков и первого грудного, а сверху - к вершине и заднему краю сосцевидного отростка. Ее волокна скручиваются вокруг собственной оси, так как самые нижние волокна прикрепляются наиболее медиально, тогда как верхние расположены наиболее латерально, у сосцевидных отростков.

При **двустороннем симметричном сокращении** происходит **разгибание** головы; если это разгибание сбалансировано антагонистами - передними мышцами шеи, длиннейшая мышца головы стабилизирует голову латерально, действуя как *обратные натяжители (ванты)*.

При **сокращении только одной** длиннейшей мышцы, то есть **асимметричном**, происходит **разгибание** и **боковой наклон** в сторону сокращения, более значимое, чем производимое полуостистой мышцей головы, а также **поворот** в сторону сокращения.

Длиннейшая мышца шеи (11), длинная и тонкая, лежит латерально от длиннейшей мышцы шеи, идя вниз от вершин поперечных отростков 3-5-го шейных позвонков и вплетаясь в поперечные отростки 1-5-го грудных позвонков. Самые глубокие волокна, идущие в основном между (С7) и (D5), - самые короткие, а самые поверхностные, идущие между (С3) до (D5), - самые длинные.

При **двустороннем симметричном сокращении** они **разгибают** нижнюю часть шейного отдела позвоночника. Если это разгибание сбалансировано их антагонистами, они работают как *натяжители*.

При **сокращении одной мышцы**, то есть при асимметричном сокращении, происходит **разгибание** и **наклон в сторону сокращения**.

Длиннейшая мышца груди также относится к задним шейным мышцам благодаря своим верхним волокнам, прикрепляющимся к поперечным отросткам нижних шейных позвонков. Она в большей или меньшей степени переплетается с шейной частью крестцово-поясничной мышцы (11'), которая начинается от верхнего края первых шести ребер, прикрепляется вместе с длиннейшей мышцей шеи к задним бугоркам пяти последних поперечных отростков. Ее действие аналогично действию поперечной мышцы, кроме того, шейная часть крестцово-поясничной мышцы действует как *мышечный натяжитель (ванты)* нижней части шейного отдела позвоночника и может **поднимать первые шесть ребер** (см. с. 174).

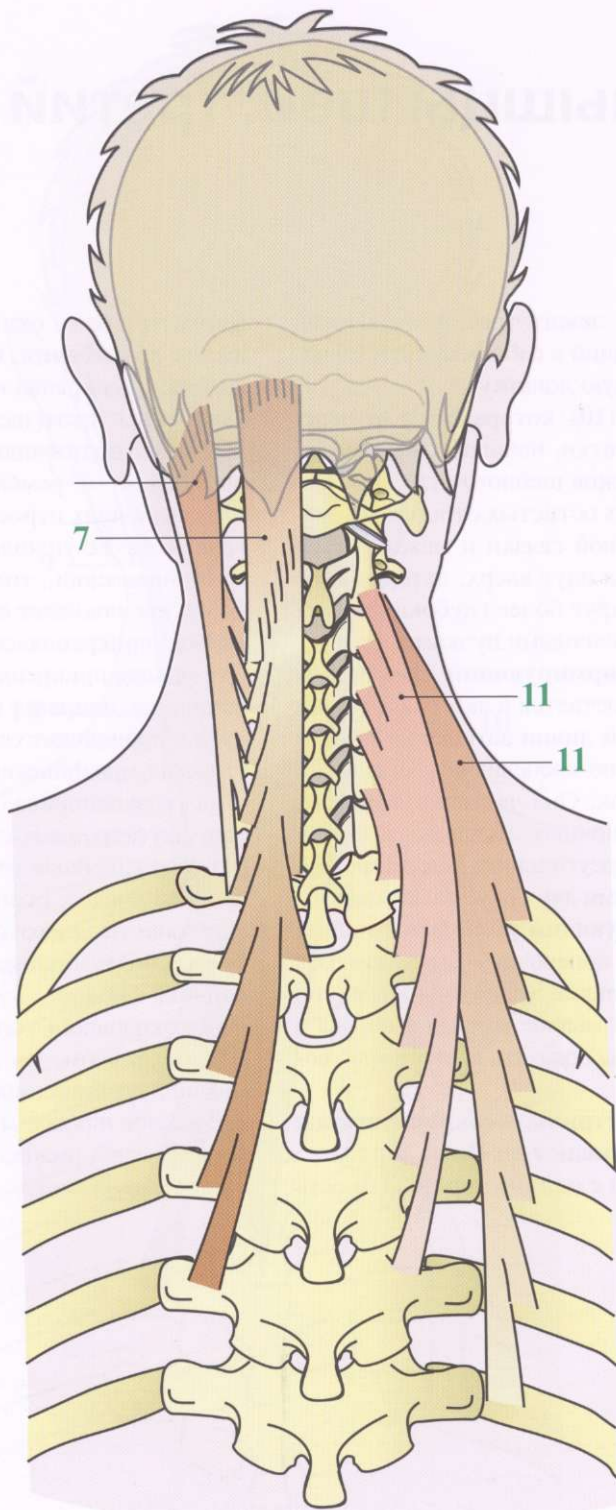


Рис. 95

Задние мышцы шеи: третий слой

Глубже трапециевидной лежит третий мышечный слой (рис. 96), включающий в себя ременную мышцу и мышцу, поднимающую лопатку.

Ременная мышца (9) и (10), которая идет от черепа к области грудной клетки, начинается от шести нижних остистых отростков шейного отдела позвоночника, четырех верхних остистых отростков грудного отдела, задней шейной связки и межостистой связки. Ее косые волокна идут вверх, латерально и вперед, оборачиваясь вокруг более глубоких мышц, заканчиваются двумя различными пучками:

- **головной пучок, формирующий ременную мышцу головы (9)**, вплетается в латеральную половину верхней выйной линии затылочной кости ниже грудино-ключично-сосцевидной мышцы и в сосцевидный отросток. Она частично лежит на двух затылочно-позвоночных мышцах, которые можно видеть через треугольник, сформированный медиальными краями двух ременных мышц;
- **шейный пучок, образующий ременную мышцу шеи (10)**, вплетается в поперечные отростки трех верхних шейных позвонков (показаны слева по отношению к ременной мышце головы и справа в собственном виде, чтобы показать скручивание волокон).

При двустороннем симметричном сокращении они разгибают голову и усиливают шейный лордоз.

При сокращении только с одной стороны, то есть

асимметричном, они производят тройственное движение **разгибания, бокового наклона и поворота** в сторону сокращения, то есть движение, типичное для нижней части шейного отдела позвоночника.

Мышца, поднимающая лопатку (12) (лежащая латерально от ременной мышцы шеи), начинается от поперечных отростков четырех верхних шейных позвонков. Ее уплощенное брюшко закручено в том же направлении, что и брюшко ременной мышцы, но вскоре покидает ее, идя косо вниз и слегка латерально, прикрепляясь к лопатке.

Эта мышца прикрепляется к шейному отделу позвоночника и, опираясь на него, поднимает лопатку, откуда и происходит ее название (см. том 1). С другой стороны, при фиксации лопатки она двигает шейный отдел позвоночника.

При двустороннем симметричном сокращении она разгибает шейный отдел позвоночника и усиливает шейный лордоз. Если ее сокращению препятствуют антагонисты, элеваторы лопатки действуют как тяжители, стабилизирующие шейный отдел позвоночника с боков.

При сокращении только одного элеватора, то есть асимметричном, он производит, как и ременная мышца, тройственное движение: разгибание, боковой наклон и поворот в сторону сокращения, то есть типичное для нижней части шейного отдела позвоночника движение.

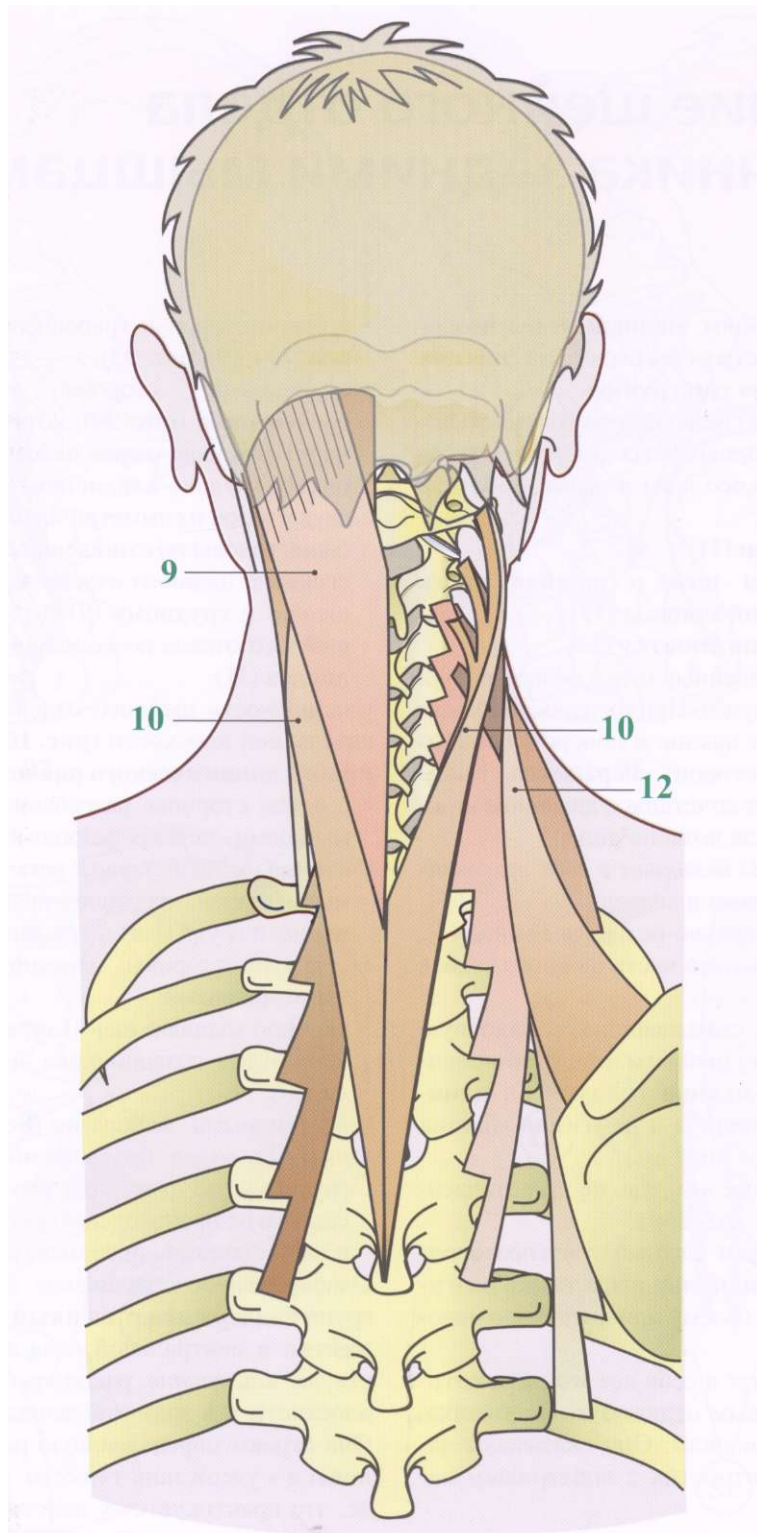


Рис. 96

Разгибание шейного отдела позвоночника задними мышцами шеи

Все эти мышцы **разгибают шейный отдел позвоночника**, но в зависимости от своего положения они могут быть разделены на **три группы**.

Первая группа (рис. 97) включает в себя все мышцы, начинающиеся от поперечных отростков шейного отдела и идущие косо вниз и назад в область грудного отдела:

- **ременная мышца шеи (11)**;
- **длиннейшая мышца шеи и шейная часть крестцово-поясничной мышцы (12)**;
- **мышца, поднимающая лопатку (13)**.

Эти мышцы разгибают шейный отдел позвоночника и усиливают шейный лордоз. При их одностороннем сокращении происходит наклон и поворот шейного отдела позвоночника в сторону сокращения. Таким образом, они производят сочетанное движение нижней части шейного отдела позвоночника.

Вторая группа (рис. 98) включает в себя все мышцы, которые идут косо вниз и вперед:

- с одной стороны, поперечно-остистая мышца (4), собственная мышца нижней части шейного отдела позвоночника;
- с другой - мышцы, связывающие затылочную кость с нижней частью шейного отдела позвоночника: **полуостистая мышца головы (6)**, **длиннейшая мышца головы (7)** и **ременная мышца головы** (не показана на рисунке);
- наконец, подзатылочные мышцы, не представленные на рисунке (см. с. 262-266).

Все эти мышцы **разгибают** шейный отдел позвоночника и **усиливают шейный лордоз**, а также **разгибают голову** благодаря своему прикреплению непосредственно к затылку.

Третья группа включает в себя все мышцы, которые проходят над шейным отделом позвоночника, не прикрепляясь к позвонкам. Они связывают затылок и сосцевидный отросток с лопаточным поясом. Это:

- с одной стороны, трапецевидная мышца ((8), на рис. 79 и (9), рис. 93);
- с другой стороны, **грудино-ключично-сосцевидная (рис. 99)**, которая идет диагонально через шейный отдел позвоночника. При сокращении грудино-ключично-сосцевидной мышцы с двух сторон и симметрично они производят: разгибание головы по отношению к **позвоночнику (10)**, сгибание шейного отдела позвоночника по отношению к **грудному (9)** и разгибание собственно шейного отдела позвоночника, усиливая **шейный лордоз (11)**.

Стабильность шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости (**рис. 100**) зависит от **постоянного динамического равновесия между:**

- с одной стороны, разгибанием задними шейными мышцами, перекрывающими полностью или частично шейный лордоз: ременной (S), длиннейшей мышцей шеи, крестцово-поясничной, длиннейшей мышцей груди (Ld) и трапецевидной (T);
- с другой стороны, передними и передненаружными мышцами;
- длинной мышцей шеи (Lc), которая сгибает шейный отдел позвоночника и уменьшает шейный лордоз;
- лестничными мышцами (Sc), которые сгибают шейный отдел позвоночника по отношению к грудному, но стремятся усилить шейный лордоз, если им не противодействуют длинная мышца шеи и над- и подъязычные мышцы (см. рис. 78, с. 259)

Одновременное сокращение всех этих мышечных групп **поддерживает шейный отдел позвоночника жестко** в нейтральной позиции. Эти мышцы действуют как *ванты*, расположенные в сагиттальной плоскости и в многочисленных косых плоскостях. Они играют определяющую роль в **равновесии головы** и в удержании тяжести, находящейся на голове, что практикуется у некоторых народностей для освобождения рук. Этот обычай усиливает структуру шейного отдела позвоночника и увеличивает мощность мышц шеи.

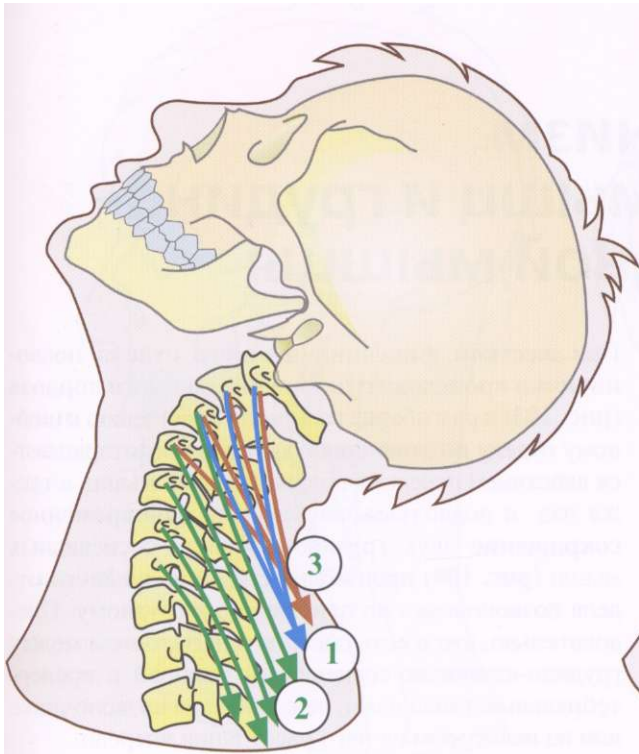


Рис. 97

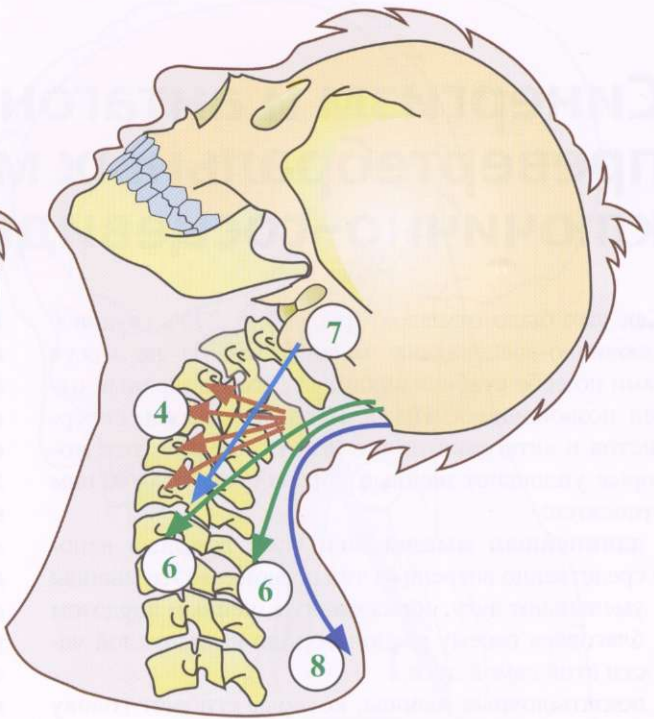


Рис. 98

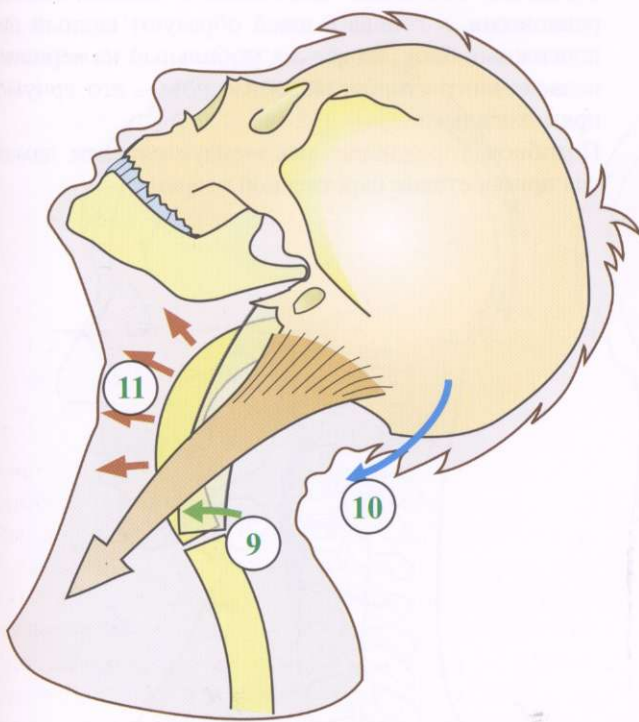


Рис. 99

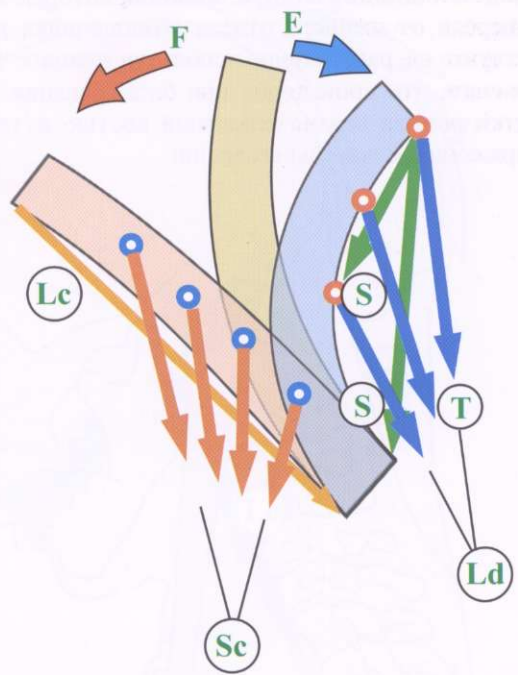


Рис. 100

Синергизм и антагонизм превертебральных мышц и грудино-ключично-сосцевидной мышцы

Как уже было отмечено (рис. 99, с. 275), грудино-ключично-сосцевидные мышцы (SCM) не могут сами по себе стабилизировать голову и шейный отдел позвоночника. Им необходима помощь синергистов и антагонистов и в первую очередь тех, которые уплощают шейный лордоз (рис. 101). К ним относятся:

- **длиннейшая мышца шеи (Lc)**, лежащая непосредственно впереди от тел позвонков; эти мышцы уменьшают дугу, образованную шейным лордозом благодаря своему расположению на выпуклой части этой самой дуги;
- **подзатылочные мышцы**, которые сгибают голову по отношению к шейному отделу позвоночника (рис. 102): **длинная мышца головы, передняя и боковая прямые мышцы головы**;
- **над- и подподъязычные мышцы**, которые лежат впереди от шейного отдела позвоночника и действуют на расстоянии, используя длинное плечо рычага, что происходит при блокировании рукоятки рычага верхнечелюстной костью путем напряжения жевательных мышц.

При жесткой фиксации шейного отдела позвоночника происходит уплощение шейного лордоза (рис. 103) и разгибание головы по отношению к шейному отделу позвоночника, которое предотвращается действием передних подзатылочных мышц, а также над- и подподъязычных мышц; **одновременное сокращение** двух грудино-ключично-сосцевидных мышц (рис. 104) производит **сгибание** шейного отдела позвоночника по отношению к грудному. Следовательно, это и есть синергизм-антагонизм между грудино-ключично-сосцевидной мышцей и превертебральными мышцами, лежащими на позвоночнике или на некотором от него расстоянии впереди. Ношение некоторого груза на голове заставляет одновременно сокращаться все эти мышцы, достигается состояние постоянного динамического равновесия, и голова с шеей образуют единый неподвижный блок, но все же мобильный на вершине позвоночного столба. Подобная поза - это триумф прямоходящего!..

Подобное упражнение рекомендуется всем дамам для приобретения царственной осанки.

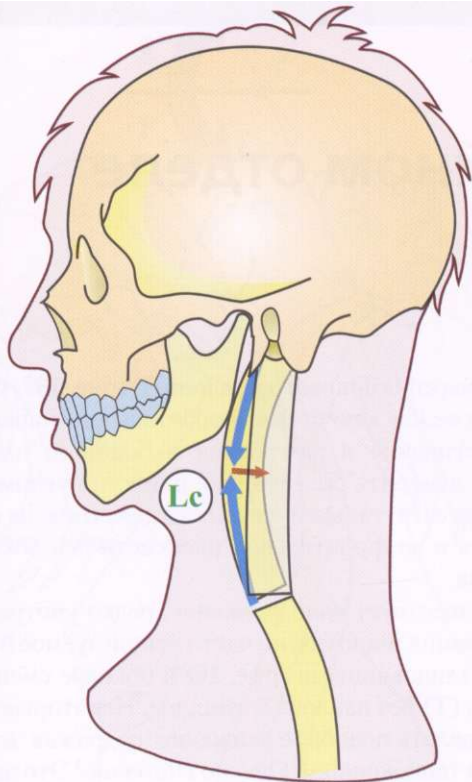


Рис. 101

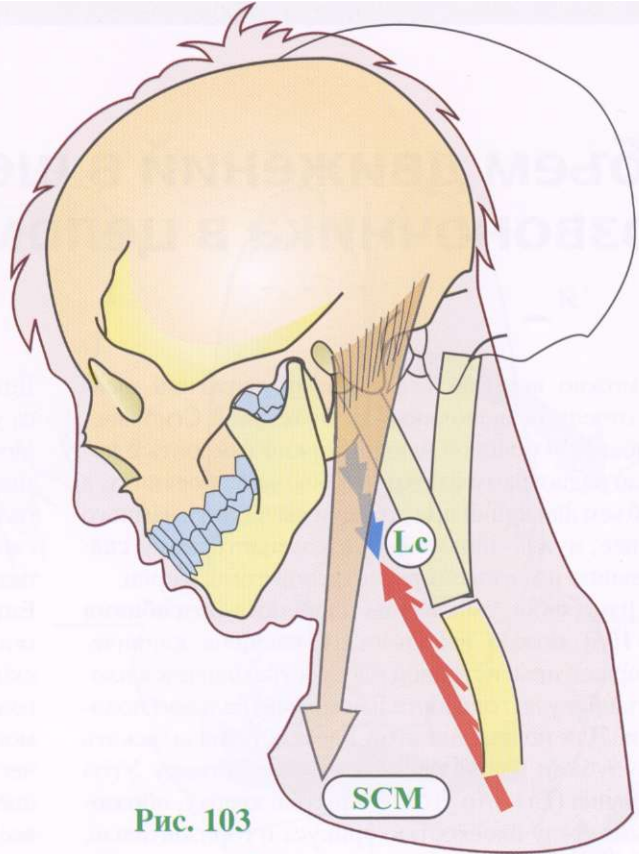


Рис. 103

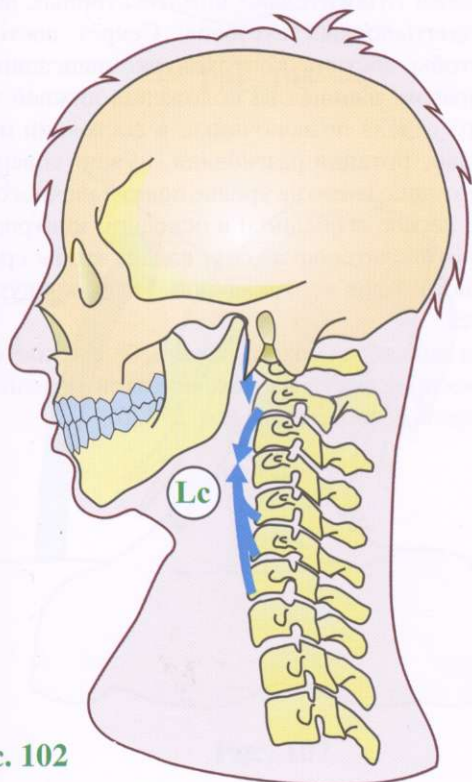


Рис. 102

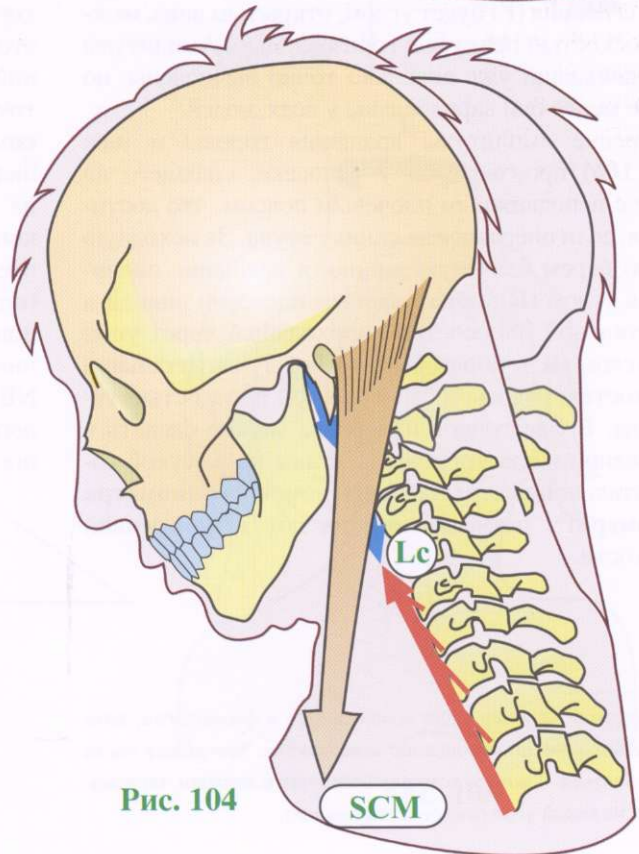


Рис. 104

Объем движений в шейном отделе позвоночника в целом

Как можно высчитать амплитуду движений шейного отдела позвоночника на практике? Сгибание-разгибание и боковой наклон можно измерить с помощью радиограмм в прямой и боковой проекциях, а вот объем движений при ротации вычислить намного сложнее; нужно прибегнуть к компьютерному сканированию и магнитно-резонансной томографии.

Для измерения амплитуды **сгибания-разгибания** (рис. 105) можно использовать внешние клинические ориентиры: исходной плоскостью является плоскость прикуса, горизонтальная в нейтральном положении. Для получения этой плоскости надо зажать между зубами, например, картонную пластинку. Угол разгибания (E) - это угол, открытый кверху, образованный между плоскостью прикуса и горизонталью. Угол сгибания (F) будет углом, открытым вниз, между плоскостью прикуса и горизонталью. Амплитуды этих движений уже довольно точно вычислены, но тем не менее они переменны у всех людей.

Измерение амплитуды вращения головы и шеи (рис. 106) производится у человека, сидящего на стуле с неподвижным плечевым поясом, что достигается, если опереться на спинку стула. За исходную линию берем плечевую линию, и вращение оценивается углом (R), образованным плечевой линией и фронтальной плоскостью, проходящей через уши; или углом (R'), образованным между сагиттальной плоскостью головы и сагиттальной плоскостью туловища. Более точное измерение можно сделать в положении пациента лежа на спине на жесткой горизонтальной поверхности при помощи **гониометра (угломера)***, размещенного на лбу в поперечной плоскости.

Для измерения **бокового наклона (I)** (рис. 107) берется угол между ключичной и орбитальной линиями.

Угол сгибания и разгибания и бокового наклона можно измерить более точно, поместив **угломер** на голову в сагиттальной плоскости для сгибания и разгибания и во фронтальной плоскости для бокового наклона.

Еще существует одно движение, редко употребляемое в наших широтах, но часто используемое балийскими танцовщицами (рис. 108): боковое смещение головы (T) без наклона в стороны. Некоторые дамы могут делать подобное движение, подражая экзотическим танцовщицам. Однако внимание! Это движение выполняется правильно, только если линия глаз всегда остается параллельной самой себе... нужно хорошо усвоить то, что было изложено в начале этой главы относительно компенсаторных движений подзатылочных суставов. Секрет состоит в том, чтобы достичь контркомпенсации. Таким образом, начиная из положения нижней части шейного отдела позвоночника, в состоянии наклона вправо, ротации-разгибания, нужно совершить контрротацию влево на уровне подзатылочного комплекса, легкое сгибание и в основном контрнаклон (или противолатерофлексия) влево, чтобы средняя линия носа стала вертикальной. Итак, конкурс начинается...

NB: это движение (можно сказать, балийское) очень легко воспроизвести на механической модели шейного отдела позвоночника (см. с. 336).

* Шариковый угломер мало используется в физиологии, хотя показывает угол по отношению к вертикали, что может часто употребляться. Такой угломер используют в авиации, он показывает, на какой угол отклоняется самолет.

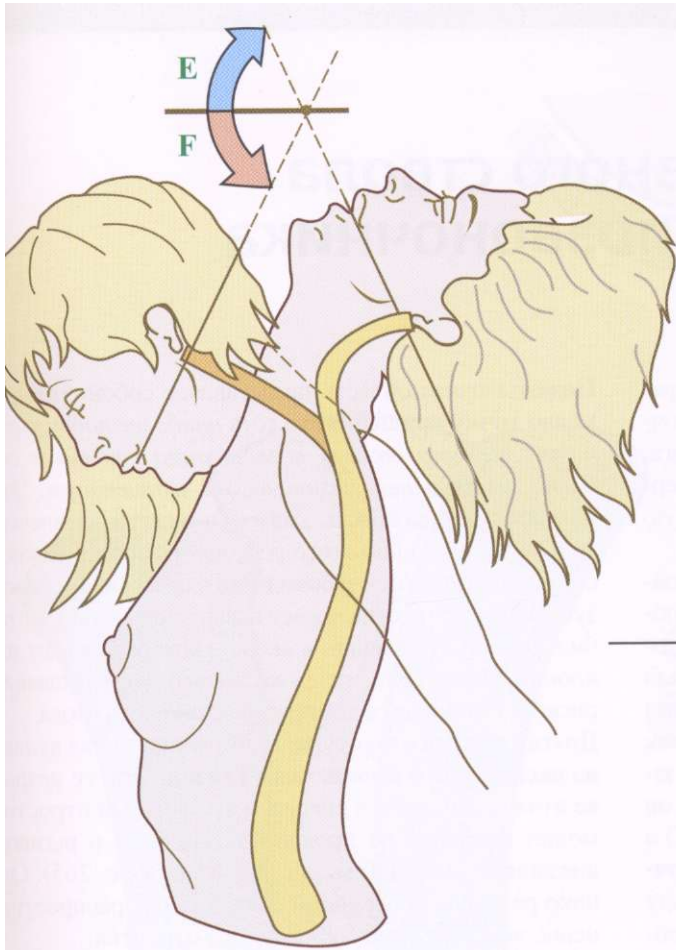


Рис. 105

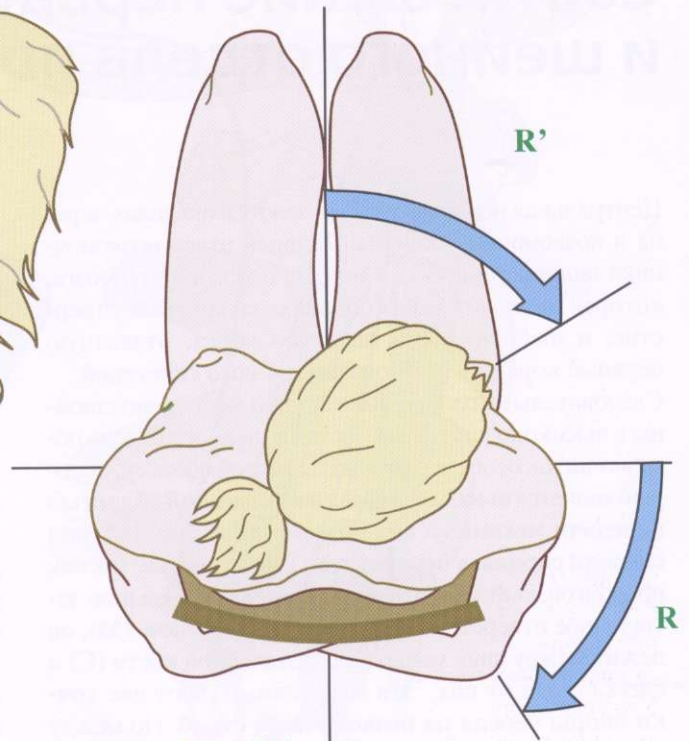


Рис. 106

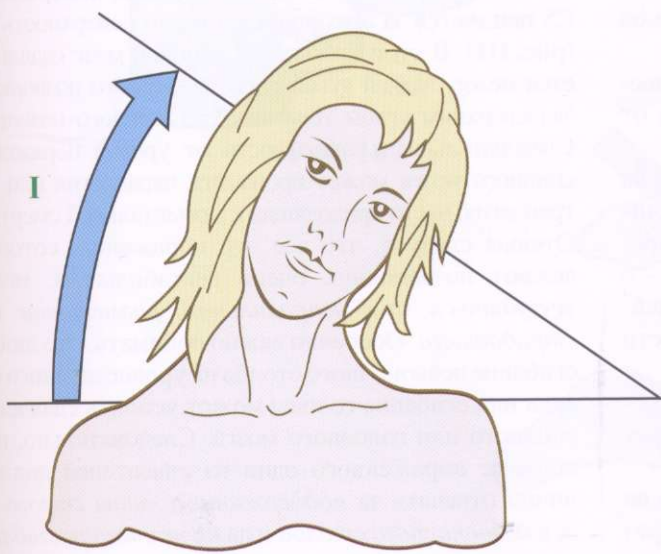


Рис. 107

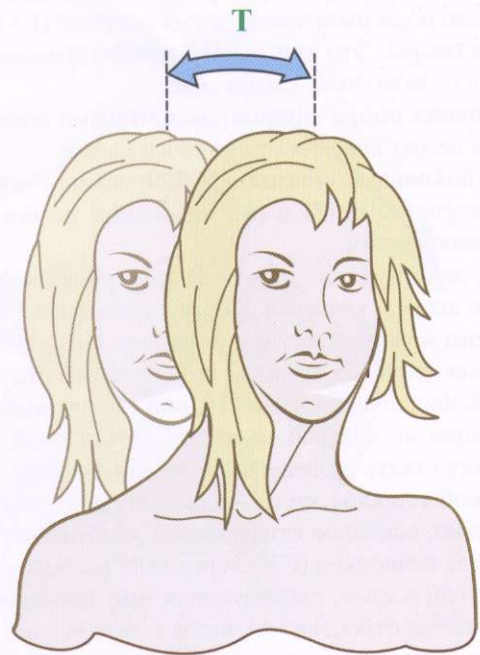


Рис. 108

Соотношение нервного ствола и шейного отдела позвоночника

Центральная нервная система лежит в пределах черепа и позвоночного канала. Шейный отдел позвоночника защищает нижнюю часть продолговатого мозга, которая проходит через большое затылочное отверстие, и шейную часть спинного мозга, отдающую нервные корешки шейного и плечевого сплетений.

Следовательно, головной и спинной мозг тесно связаны с высокоподвижными частями шейного отдела позвоночника, особенно в подзатылочной области, который является **высокоспециализированной областью передачи механических воздействий** (рис. 109, вид спереди справа, в перспективе). Фактически, так как продолговатый мозг (S) проходит через большое затылочное отверстие, переходя в спинной мозг (M), он лежит между двух мыщелков затылочной кости (C) и слегка сзади от них. Эти мыщелки создают **две точки опоры черепа на позвоночный столб**. Но между мыщелками затылочной кости и третьим шейным позвонком атлант и аксис распределяют вес головы, изначально поддерживаемый двумя опорами (C) и (C'), на три опоры. Эти три опоры, распространяющиеся на весь позвоночник, следующие:

- **основная опора** сформирована телами позвонков (1) и лежит впереди от спинного мозга;
- **две боковые колонны** сформированы суставными отростками (2) и (3), лежащими по бокам от спинного мозга.

Силы, действующие на эти опоры, разделяются на уровне аксиса, который действует как **распределитель сил** между черепом и атлантом, с одной стороны, и как опора со стороны позвоночного столба - с другой. Фактически (рис. 110, вид сбоку) силы, действующие на каждый мыщелок затылочной кости (C), могут быть разделены на два компонента:

- с одной стороны, сила, направленная вперед и медиально, основное **статическое усилие** действует на тела позвонков (CV) через тело аксиса;
- с другой - сила, действующая **при движении** на суставные отростки (A), назад и латерально, через ножки аксиса и нижнюю суставную пластинку, лежащую под задней дугой аксиса.

Подзатылочная область представляет собой одновременно **точку вращения**, то есть *наиболее подвижную точку шейного отдела позвоночного столба и область наибольшей механической активности*. Это подчеркивает важность связок и костей, вовлеченных в стабилизацию этого региона. Наиболее важной структурой является **зубовидный отросток**, а перелом зубовидного отростка делает атлант полностью нестабильным по отношению к аксису, который может наклоняться назад или, что хуже, *вперед* со смертельным риском, связанным с компрессией спинного мозга.

Другая важная структура, стабилизирующая атлант на аксисе, - это **поперечная связка**. При ее разрыве атлант смещается вперед, а зубовидный отросток может надавить на продолговатый мозг и вызвать внезапную смерть (см. рис. 84, 85 и 86, с. 265). Однако разрывы поперечной связки менее распространены, чем переломы зубовидного отростка.

В нижней части шейного отдела позвоночника точка максимальной механической активности находится между C5 и C6, где наиболее часты передние смещения позвонков, когда **нижняя суставная поверхность C5 цепляется** за верхнюю суставную поверхность C6 (рис. 111). В этом положении спинной мозг сдавливается между задней дугой первого шейного позвонка и задневерхним углом тела шестого шейного позвонка. Следовательно, в зависимости от уровня поражения спинного мозга может произойти параплегия или тетраплегия, часто приводящая к моментальной смерти.

Отсюда следует, что все эти поражения, которые делают позвоночник очень нестабильным, могут *усугубиться при неправильном размещении пострадавшего*. Особенно важно понимать, что любое сгибание позвоночного столба на уровне шейного отдела или сгибание головы может усилить сдавление спинного или головного мозга. Следовательно, при подъеме пораженного один из спасателей должен лично отвечать за *поддержание головы строго по оси позвоночного столба и даже немного разгибать ее для предотвращения смещения предполагаемого перелома на подзатылочном уровне или ниже*.

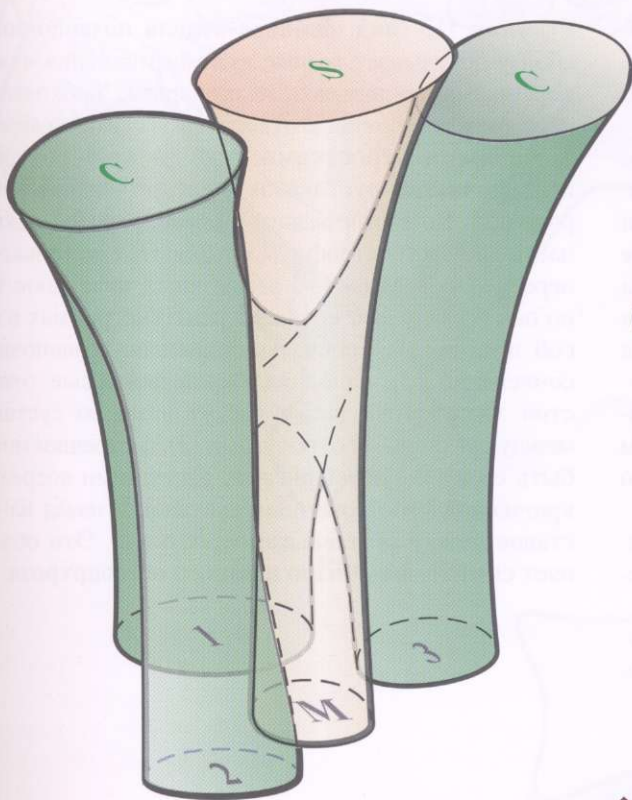


Рис. 109

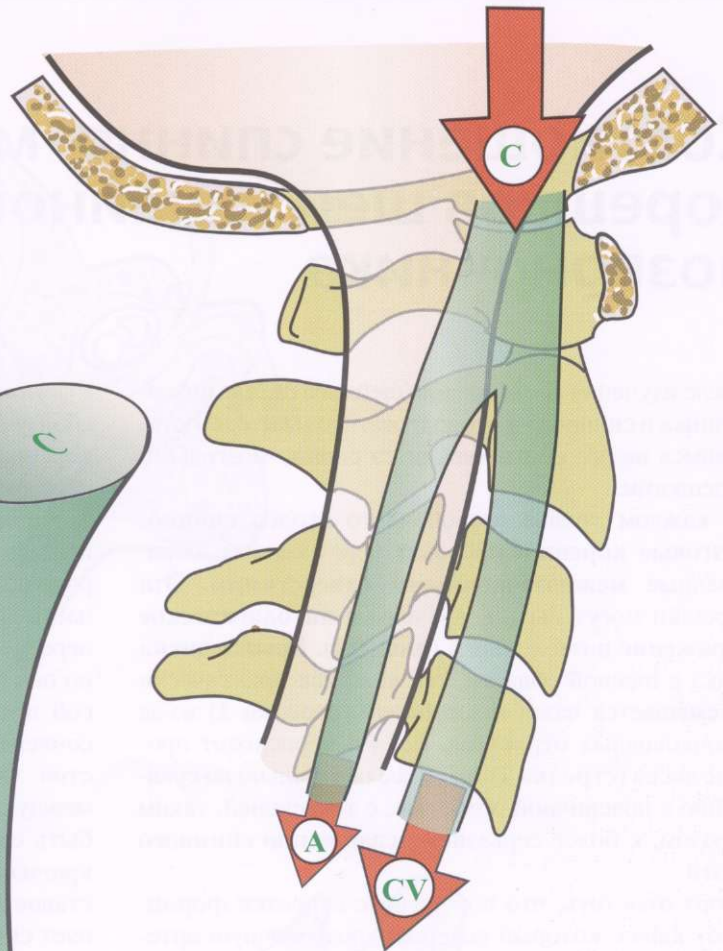


Рис. 110

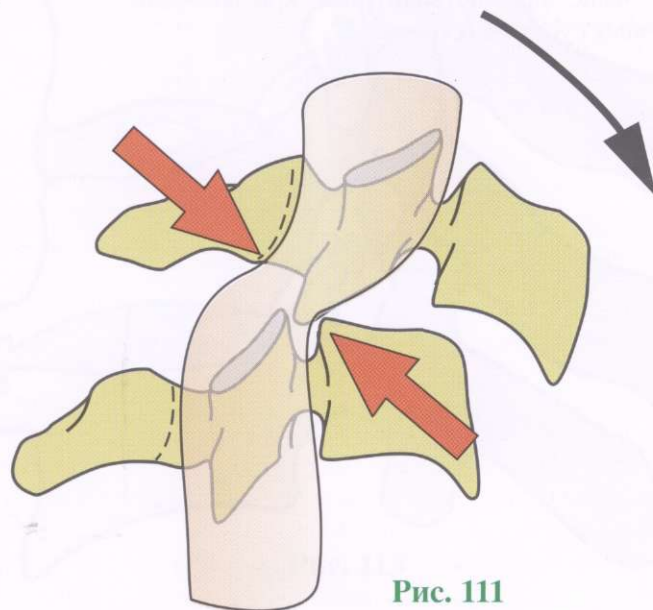


Рис. 111

Соотношение спинно-мозговых корешков шеи и шейного отдела позвоночника

После изучения соотношения шейного отдела позвоночника и спинного и продолговатого мозга мы остановимся на его соотношении со спинно-мозговыми корешками.

На каждом уровне позвоночного столба **спинно-мозговые корешки** проходят через каналы, образованные **межпозвоночными отверстиями**. Эти корешки могут быть вовлечены в **патологическое поражение** позвоночника (**рис. 112**). **Грыжа диска** редка в шейной области, так как диск практически не смещается назад и в сторону (**стрелка 1**) из-за крючковидных отростков. Если и происходит пролапс диска (**стрелка 2**), то более центрально по сравнению с поясничной областью, с тенденцией, таким образом, к более серьезному **сдавлению спинного мозга**.

Стоит отметить, что поперечные отростки формируют канал, который содержит позвоночную артерию.

Сдавление спинного мозга в шейной области происходит чаще при **остеоартрозе** крючковидно-позвоночных суставов (**стрелка 3**).

Рисунок 113 (вид шейного отдела позвоночника сбоку) показывает тесные взаимоотношения между корешками спинно-мозговых нервов, проходящих через межпозвоночные отверстия, и **суставы между суставными отростками** сзади и **крючковидно-позвоночными суставами** впереди (верхняя часть рисунка). Во время развития остеоартроза (нижняя часть рисунка) остеофиты появляются не только на передней поверхности позвоночных пластинок (1), но они более часто видны на рентгенограммах в косой проекции на уровне крючковидно-позвоночных сочленений (2), заполняя межпозвоночные отверстия. Остеофиты также растут назад из суставов между суставными отростками (3), а корешки могут быть сдавлены остеофитами, растущими вперед из крючковидно-позвоночных суставов и назад из суставов между суставными отростками. Это объясняет **симптоматологию шейного остеоартроза**.

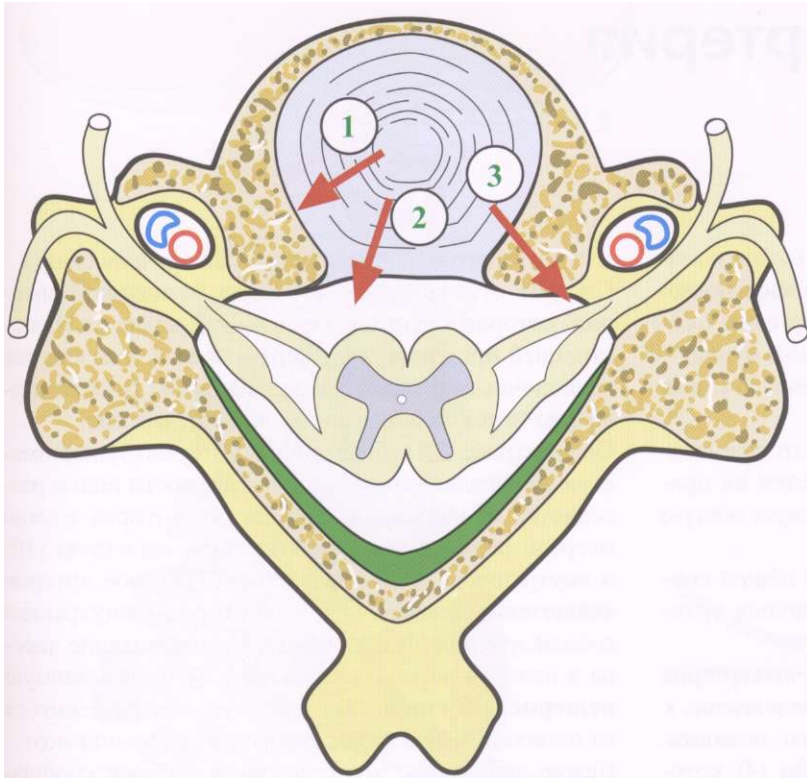


Рис. 112

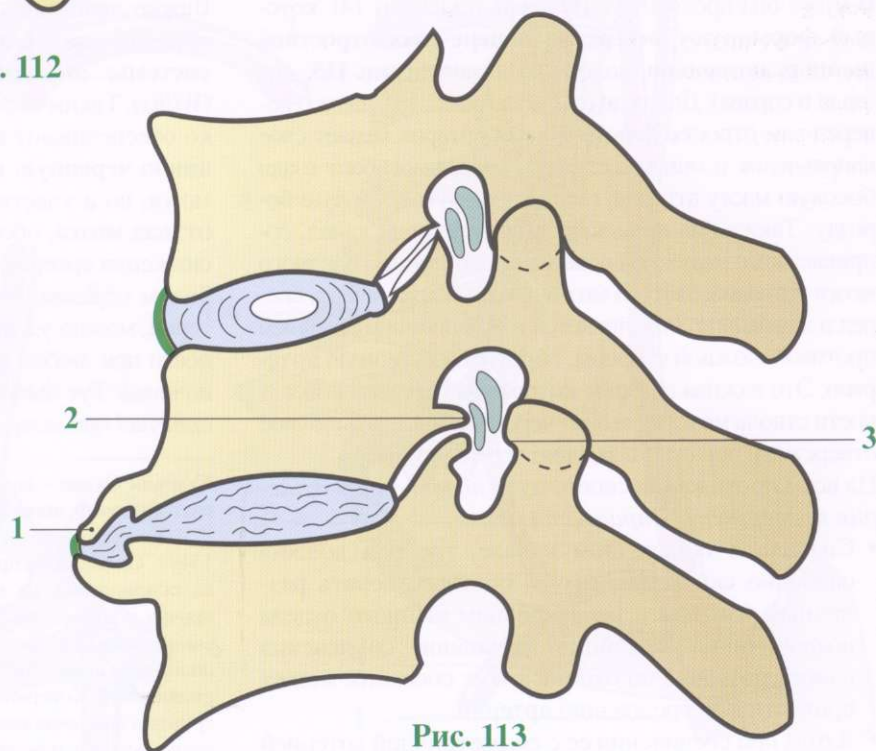


Рис. 113

Позвоночная артерия и сосуды шеи

В связи с *тесным взаимоотношением с шейным отделом позвоночника* стоит уточнить отношения позвоночной артерии и позвоночника, а также их связь с сосудами шеи, которые *питают головной мозг* и лицо.

Сосуды головы и шеи берут начало (**рис. 114, вид сбоку**) у дуги аорты:

- с **правой стороны**, непосредственно от плечевого ствола (1), который разделяется на правую подключичную артерию (2) и правую общую сонную артерию (3);
- с **левой стороны**, отделяясь от левой общей сонной артерии, следует левая подключичная артерия.

От подключичной артерии отходит позвоночная артерия (4'), которая направляется в надключичные впадины, к поперечному отверстию шестого шейного позвонка. В итоге она проходит снизу вверх по каналу (4), который **формируют отверстия поперечных отростков шейных позвонков**, вплоть до атланта (**рис. 115, вид сзади и справа**). Дойдя до атланта (**рис. 116**), над его поперечным отростком позвоночная артерия меняет свое направление и описывает дугу, которая огибает сзади боковую массу атланта, где она уходит в глубокую борозду. Также она проникает в позвоночный канал, соприкасаясь с наружной поверхностью ствола головного мозга и продолговатого мозга и направляясь вверх, вперед и медиально, объединяется с позвоночной артерией противоположной стороны, образуя **базиллярную артерию**. Это важная артерия, которая на передней поверхности ствола мозга проходит через большое затылочное отверстие и попадает в заднюю черепную ямку.

На всем протяжении своего пути *позвоночная артерия подвергается травматизму*.

- Сначала в поперечном канале, где она должна свободно скользить, чтобы соответствовать различным изгибам и направлениям шейного отдела позвоночника, малейшее нарушение сочленения одного позвонка по отношению к соседним может привести к повреждению артерии.
- Затем при соединении ее с симметричной артерией она проходит в контакте с зубовидным отростком.

от которого ее отделяет лишь поперечная связка. Следует отметить, что строение базилярной артерии, которая в итоге делится на две, является иллюстрацией принципа экономии Оккама*, так как две позвоночные артерии также могли бы пройти раздельно через большое затылочное отверстие.

Однако (**рис. 114**) общая сонная артерия (3) поднимается по переднелатеральной поверхности шеи и разделяется на наружную сонную (9), которая в свою очередь делится на поверхностную височную (10) и внутреннюю верхнечелюстную (11), обе артерии являются лицевыми. С другой стороны, внутренняя сонная артерия (7) проникает через основание черепа в полость черепа и описывает дугу, называемую **пещеристый синус** (8), перед тем как разделиться на окончательные ветви, питающие головной мозг. Важно запомнить, что базилярная артерия сообщается с внутренними сонными артериями посредством **системы анастомозов**, восьмиугольника Виллиса (*Willis*). Таким образом, позвоночные артерии не только обеспечивают **приток артериальной крови в заднюю черепную ямку**, мозжечок и ствол головного мозга, но и участвуют в **васкуляризации переднего отдела мозга**, обеспечивая замещение в случае снижения артериального притока от сонной артерии. Таким образом, поняв главную роль позвоночных артерий, можно уяснить важность сохранения их целостности при любом воздействии на шейный отдел позвоночника. Тут были описаны *повреждения позвоночных артерий при мощных манипуляциях с позвоночником...*

*Уильям Оккам - английский монах-францисканец, теолог, схоласт, философ, логик. Родился в г. Оккам графства Суррей около 1290 г., отлучен от церкви в 1330 г. и умер от чумы в Мюнхене в 1349 г. Он высказал принцип экономии: «Сущность теории должна основываться на минимальном количестве предположений, причин и доказательств». Этот принцип также известен под названием «бритва Оккама», которая исключает все ненужные предположения проявлений логической конструкции. В этой же линии стоит мысль Коперника, который нашел, что объяснения ретроградного движения планет в птолемеевой системе очень сложны, решил вопрос с помощью системы, вращающейся вокруг Солнца. Он, как и Эйнштейн, был чувствителен к красоте демонстрации...

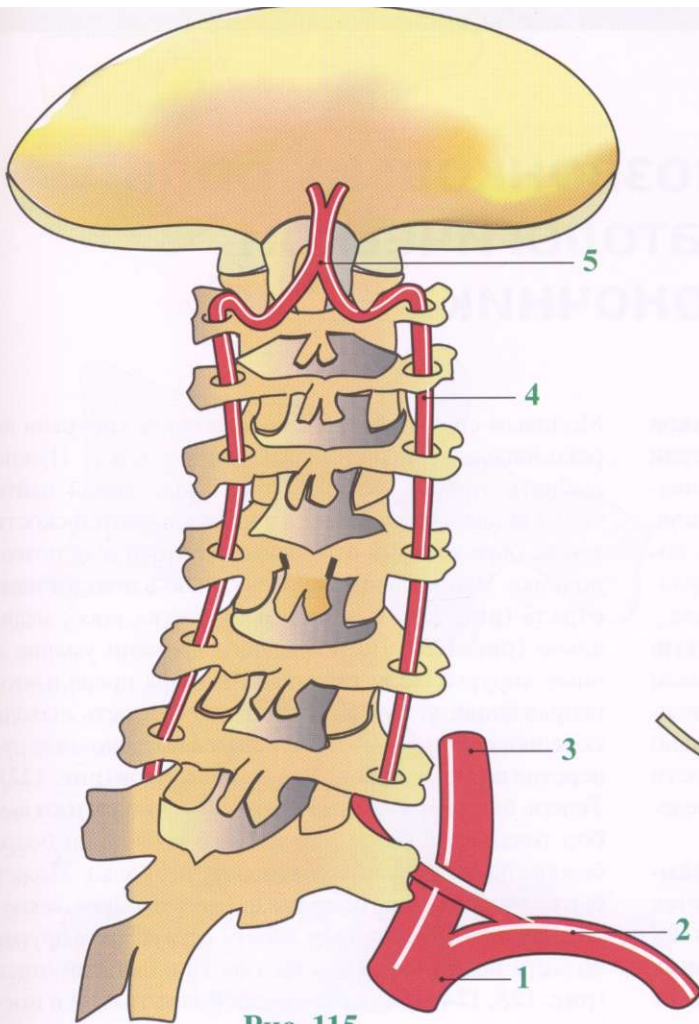


Рис. 115

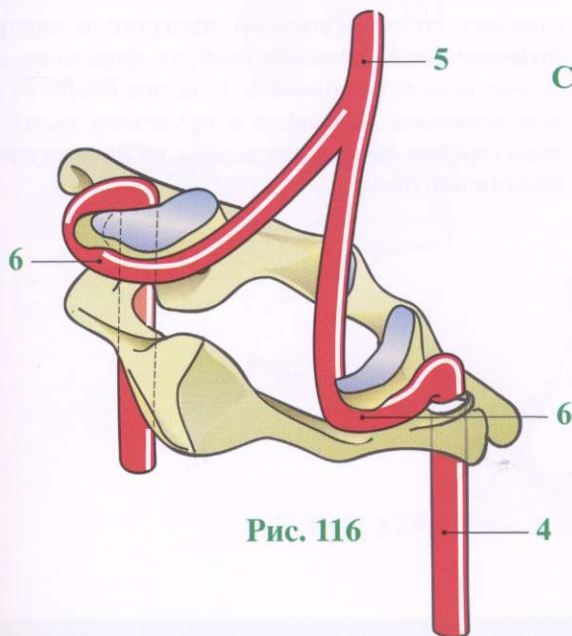


Рис. 116

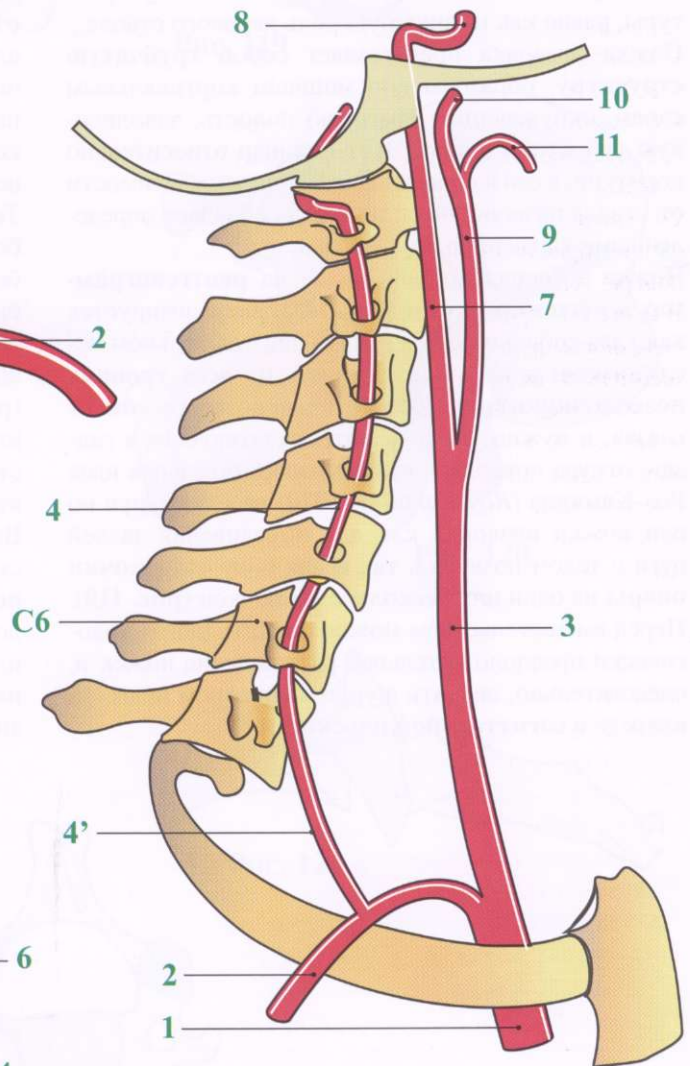


Рис. 114

Важность ножек позвонков: их роль в нормальной и патологической физиологии позвоночника

На всех уровнях позвоночника **ножки позвонков** играют главную механическую роль в обеспечении **сплоченности тел позвонков**, которые выдерживают статические нагрузки, и **задних дуг позвонков**, которые выполняют динамическое назначение, поскольку являются местами прикреплений мускулатуры, равно как и защитную роль нервного ствола. Ножка позвонка представляет собой **трубчатую структуру**, образованную мощным кортикальным слоем, окружающим мозговую полость, заполненную губчатой костью. Этот цилиндр относительно короткий, и его направление различно в зависимости от отдела позвоночника, но всегда обладает определенными характерными чертами.

Ножка позвонка хорошо видна на **рентгенограммах в косо́й проекции (рис. 117)**: визуализируется как глаз собачки (крестик). Но при тщательном исследовании ножки можно видеть **на всех уровнях позвоночника (рис. 118)**. Каждый позвонок «имеет глаза», и нужно уметь «смотреть позвонкам в глаза», откуда появилась крайне изобретательная идея Роя-Камилла (*Roy-Camille*) (1970) ввести шуруп по оси ножки позвонка как для объединения задней дуги с телом позвонка, так и для получения **точки опоры** на один или несколько позвонков (**рис. 119**). Перед вмешательством можно оценить рентгенологически предположительное расхождение ножек и, следовательно, вводить шуруп в основном правее и впереди в **сагиттальной плоскости**.

Молодым специалистам в позвоночной хирургии не рекомендуется использовать эту технику. Нужно выбрать точные, четкие ориентиры, чтобы найти точку вкола. Направление в вертикальной плоскости также определяется в зависимости от отдела позвоночника. Направление горизонтально **в поясничном отделе (рис. 121)** и иногда идет слегка косо, медиально (**рис. 122**). До последнего времени умение и опыт хирурга были гарантиями выбора правильного направления; нельзя не учитывать близость выхода корешка спинного мозга через межпозвоночные отверстия выше- и нижележащих позвонков (**рис. 122**). Теперь благодаря **компьютерным технологиям** выбор точки стал более четким, что позволило более безопасно вводить шуруп в ножку позвонка. Может быть, однажды благодаря развитию высоких технологий станет возможным ввести шурупы и в другие области позвоночника, в частности в шейный отдел (**рис. 123, 124 и 125**), где ножки более тонкие и имеют различное направление. На данный момент ввести шурупы в шейном отделе можно только в ножки второго и седьмого позвонков.

Введение шурупов (спиц) в ножки позвонков представляет собой **огромный прогресс в хирургии позвоночника**, направленный на фиксацию переломов, наложение пластин, создание опоры на один или несколько позвонков в различных целях. Эти **новаторские идеи** проистекают из **великолепного знания анатомии**.

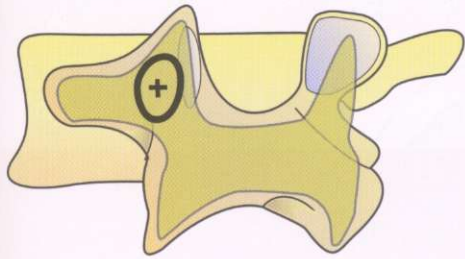


Рис. 117

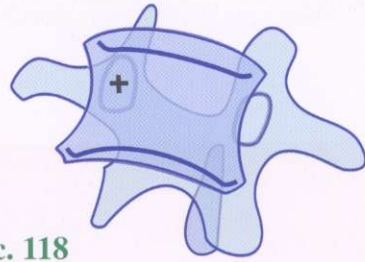


Рис. 118

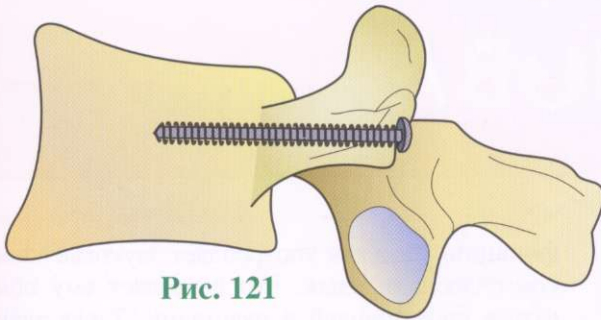


Рис. 121

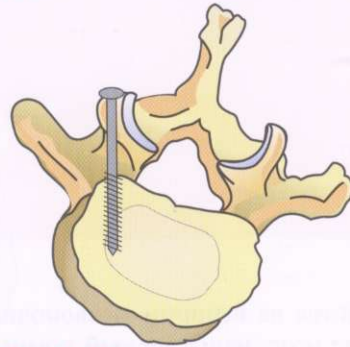


Рис. 119

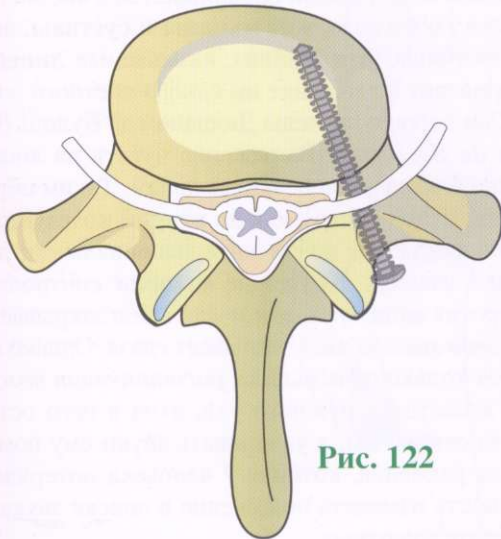


Рис. 122

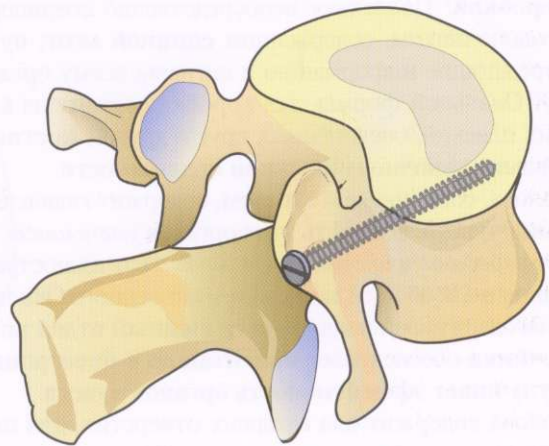


Рис. 120

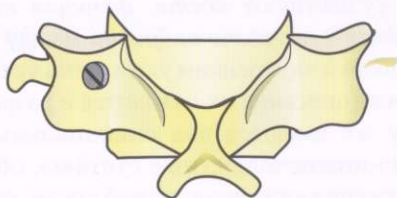


Рис. 123

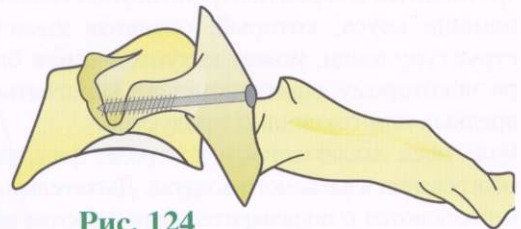


Рис. 124

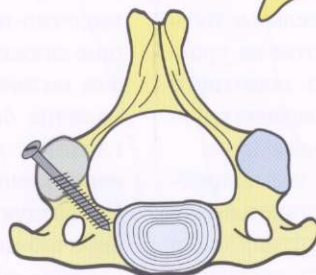


Рис. 125

Глава 6

ГОЛОВА

Голова находится на **вершине позвоночного столба** и содержит мозг, **наш главный компьютер**, защищенный мощной костной оболочкой - **черепной коробкой**. Последняя непосредственно соединена с позвоночником, содержащим **спинной мозг**, пучки, передающие информацию и сигналы всему организму. Овальной формы, эта коробка состоит из костных пластин, соединенных друг с другом **костными швами, лишенными всякой подвижности**.

Голова, совмещенная с **лицом**, содержит главные **органы чувств**. Близость этих органов *уменьшает время передачи информации в мозг*. Это иллюстрация принципа всеобщей экономии, изложенного Оккамом. Благодаря своей подвижности **шейный отдел позвоночника** обеспечивает **ориентацию в пространстве и улучшает эффективность органов чувств**.

Голова содержит два входных отверстия, для пищи и воздуха.

- **Рот** очень разумно расположен под носом, что позволяет контролировать запах пищи перед ее употреблением. Второй контроль осуществляется при помощи вкуса, который, оценивая химическую структуру пищи, может интуитивно или благодаря некоторому опыту помешать проглатыванию вредных или токсичных продуктов.
- Роль **носа** заключается в контроле, фильтрации и обогревании вдыхаемого воздуха. Дыхательные пути пересекаются с пищеварительным трактом на уровне глотки и гортани. Гортань играет роль **защитного клапана** и предотвращает тем самым попадание крупных предметов или жидкости в дыхательные пути.

Однако **гортань**, физиологию которой мы подробно рассматривали (см. с. 194), еще участвует в звукообразовании, за которым следует артикуляция с помощью рта и языка, что в итоге осуществляет

фонацию. Человек употребляет звуковые способы коммуникации, **язык**, что позволяет ему обмениваться информацией и чувствами. Такая звуковая передача информации продолжается в *письменную*. Голова также содержит **мышцы и суставы**, но особенного вида. Эти мышцы, называемые **лицевыми**, не приводят в движение ни одного костного элемента. Они хорошо изучены Дюшаном де Булонь (*Duchenne de Boulogne*). Выражение чувств на лице возможно благодаря лицевым мышцам. Таким образом, они являются инструментом **второй коммуникационной системы**, почти интернациональной, дополненной языком. **Круговые мышцы** контролируют отверстия лица: *круговая мышца рта* закрывает рот, *круговая мышца глаз* закрывает глаза. Однако существует только одна мышца, *расширяющая ноздри*. Что касается наружного уха, вход в него остается всегда открытым, а улавливать звуки ему помогает ушная раковина, которая у человека потеряла возможность изменять положение в поиске звука в отличие от животных.

Также существуют *кости, функция которых заключается в передаче вибрации* между барабанной перепонкой и внутренним ухом, **цепь трех слуховых косточек** (описание их находится в разработке).

К тому же имеются **два синовиальных сустава, височно-нижнечелюстные суставы**, обеспечивающие движения нижнечелюстной кости, необходимые для питания и фонации. Наконец, стоит отметить наличие *двух бескостных суставов - сочленения глазных яблок с глазницами*, обеспечивающего направление взгляда.

На следующих страницах (см. с. 306) мы опишем височно-нижнечелюстной сустав и подвижность глазных яблок (см. с. 318).



Череп

Скелет головы (рис. 1) образован *двадцатью двумя плоскими костями*, производными косточек первых двенадцати сегментов тела эмбриона, но значительно измененных по причине специфичности их функции - образование черепной коробки и лицевого скелета.

Черепная коробка образована костными пластинками, содержащими *губчатое вещество* в центре, покрытое *двумя мощными кортикальными пластинками*, *наружной* (эпикраниальной) и *внутренней* (эндокраниальной). На уровне основания черепа эти пластинки объединяются с более мощными элементами, образуя связь с лицевым скелетом и шейным отделом позвоночника.

Черепная коробка *овальной* формы, образована *б костными пластинами*:

- **затылочная кость (1)** сзади, со своей чешуей, образующей затылок, соединена с базилярным отростком, содержащим большое затылочное отверстие. Через него проходят продолговатый мозг и спинной мозг, занимая в дальнейшем позвоночный канал. С обеих сторон от затылочного отверстия имеются два мышелка затылочных отростков, которые сочленяются с шейным отделом позвоночника на уровне атланта;
- **теменные кости (2)**, парные и симметричные, образуют верхнебоковые части черепа, сочлененные сзади с затылочной костью;
- **лобная кость (3)**, широкая непарная срединная кость, образует лоб и сочленяется сзади с двумя теменными костями. Спереди лобная кость имеет надбровные дуги, продолжающиеся сзади в верхние стенки глазниц.

Эти четыре кости образуют свод черепа.

Основание черепа сформировано по порядку спереди назад следующими костями:

- **решетчатая кость (4)**, непарная срединная кость, расположенная сзади от центральной части лобной кости; образует наибольшую часть носовых ходов. Ее верхняя часть представлена решетчатой пластинкой, через отверстия которой проходят чувствительные волокна двух обонятельных луковичек мозга, органа обоняния. Тело решетчатой кости содержит множество ячеек, уменьшая вес

кости. В сагиттальной плоскости кость содержит перпендикулярную пластинку, разделяющую носовые ходы, на уровне верхней и средней раковин;

- **клиновидная кость (5)**, непарная, срединная, соединяет между собой решетчатую и затылочную кости. Это наиболее сложная кость основания черепа, ее можно сравнить с бипланом, фюзеляж которого представлен телом кости. На верхней части тела место пилота (которое занимает гипофиз, главная железа, дирижер эндокринной системы) представлено турецким седлом. Два малых крыла, верхних, сочленяются с лобной костью. Два больших крыла, нижних, образуют дно височной ямки. Верхние и нижние крылья разделены клиновидной щелью (верхняя глазничная щель), расположенной в глубине глазницы. Крыловидные отростки образуют с каждой стороны как бы шасси биплана;
 - **височная кость (6)**, расположенная по бокам, своим телом образует часть черепной коробки, а пирамидой - основание черепа;
 - **небная кость (7)** сочленяется с каждой стороны с крыловидным отростком клиновидной кости. Дополняет формирование носовых ходов и неба;
 - **скуловая кость (8)** с каждой стороны участвует в образовании глазницы и скулы;
 - **две кости собственно носа (9)**, которые симметрично формируют спинку носа;
 - **верхнечелюстная кость (10)**, которая одна с каждой стороны образует почти полностью лицевой массив. Она практически пустая, поскольку содержит верхнечелюстные пазухи. Образует дно глазницы, а внизу участвует в формировании верхней зубной дуги; имеет небный отросток, который составляет практически полностью все небо;
 - **нижнечелюстная кость (11)**, непарная, срединная, в форме подковы, с двумя восходящими ветвями, несущими мышелки, подвижные поверхности височно-нижнечелюстного сустава. Представляет нижнюю зубную дугу, соответствующую верхней.
- Чтобы полнее описать кости черепа, следует упомянуть о таких маленьких костях, как **сошник**, **слезная кость** и **нижняя носовая раковина**, которые не входят в состав данной структуры и не показаны на рисунке.

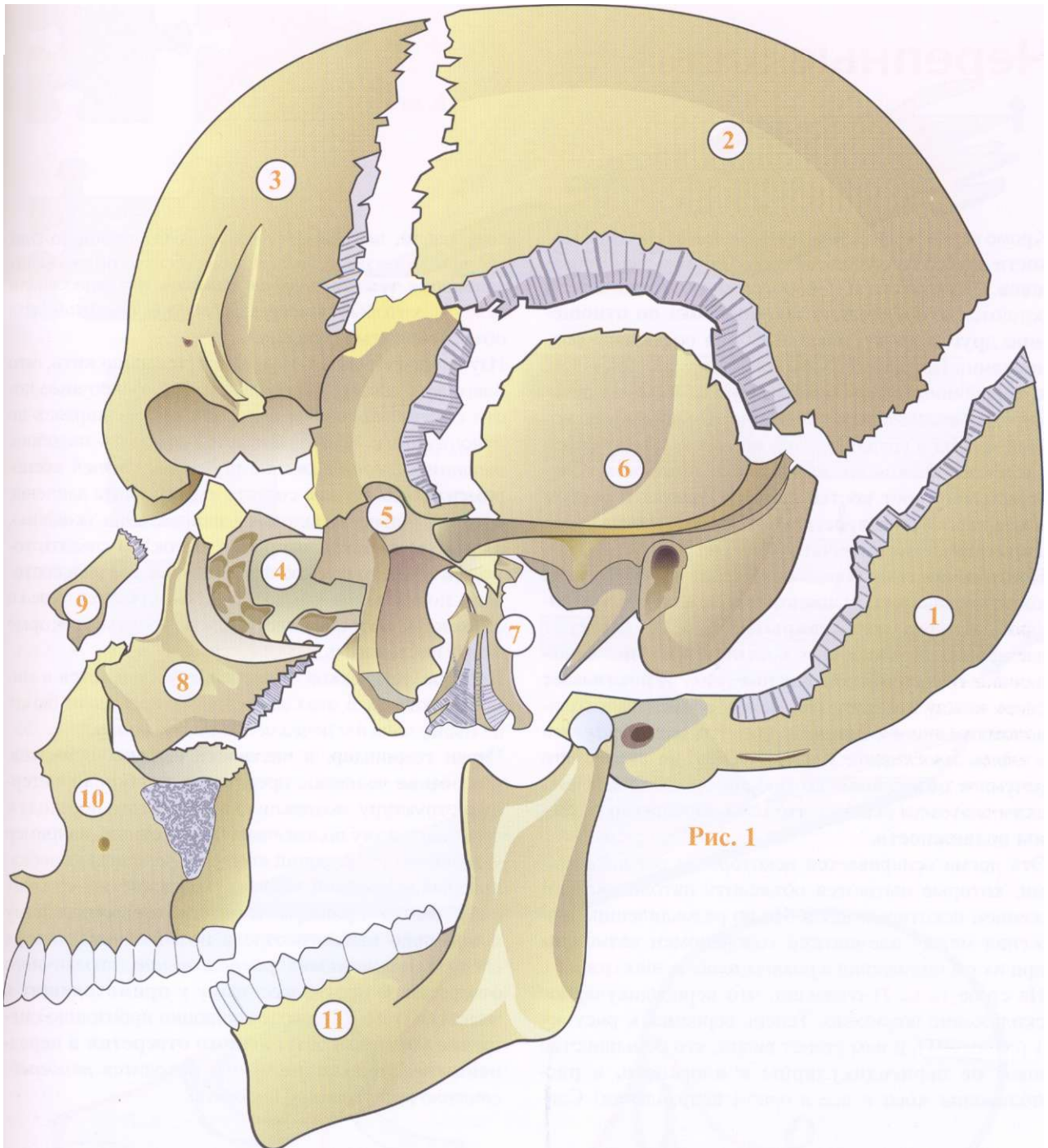


Рисунок создан благодаря Andras Szunyoghi.

Черепные швы

Кроме верхнечелюстных и нижнечелюстной костей, кости черепа сочленяются друг с другом с помощью **швов**. У эмбриона и новорожденного кости черепа остаются **относительно подвижными по отношению друг к другу**, поскольку они соединены родничками. Например, большой передний родничок, который полностью оссифицируется только с восьмого до восемнадцатого месяца. Подвижность костей черепа у грудных детей объясняется *быстрым увеличением объема мозга после рождения*. Следовательно, рост костей сопровождается и ростом мозга вплоть до подросткового периода, когда череп достигает своего окончательного развития.

Костные швы, которые сочленяют друг с другом кости черепа (рис. 2), имеют *крайне извилистые рисунки*, которые после **закрытия** (рис. 3) отражают все движения **плоскости костных пластин**. Сравнение с **головоломкой-пазлом** (рис. 4) показывает связь между костями, как между элементами головоломки (рис. 5), при условии, что они *остаются в одной плоскости*, т.е., например, на столе. Это разумное объяснение, которое позволяет классическим анатомам сказать, что швы **абсолютно лишены подвижности**.

Эта догма оспаривается некоторыми специалистами, которые пытаются объяснить патологию движением некоторых швов. Но по размышлению, движения между элементами головоломки возможны при их расположении *в разных плоскостях* (рис. 6). На срезе (рис. 7) очевидно, что перпендикулярное скольжение возможно. Теперь вернемся к рисунку 1 (см. с. 291), и нам станет видно, что большинство швов **не перпендикулярны в плоскости, а расположены косо** и все в одном направлении! Сле-

довательно, *не так уж невозможно, чтобы кости скользили косо друг по отношению к другу* (рис. 8) наподобие **тектонических сдвигов** пластов Земли (рис. 9), которые описаны Вегенером (*Wegener*) для объяснения землетрясений...

Изучение рисунка 1 позволяет предположить, что благодаря косому направлению швов височные кости смогут *скользить вбок*, как бы расширяясь по отношению к чешуе. Остается доказать подобное **тектоническое движение черепных костей** экспериментально. Нужно создать нарастающее давление во фронтально-затылочном направлении (конечно, не доходя до инквизиторских пыток!) и сделать томоденситометрические фронтальные срезы в состоянии покоя и при компрессии. И останется только объяснить патофизиологические факты, которые могут последовать.

Простое логическое объяснение заключается в микродвижениях в этих швах, поскольку, если бы их не было, *швы бы исчезли в ходе эволюции*.

Череп гоминидов, в частности высших приматов, и особенно человека, представляет собой характерную структуру, возникшую в результате перехода к **вертикальному положению**. У животных, например у **собак** (рис. 10, синий контур - черепная коробка, красный - лицевой скелет), хождение на четырех конечностях приводит к почти горизонтальному положению шейного отдела позвоночника, откуда следует *нижнезаднее расположение* затылочного отверстия. В противовес этому у **прямоходящих** и человека (рис. 11) в ходе эволюции произошло **смещение большого затылочного отверстия в передненижнее положение**, и оно находится *непосредственно под черепной коробкой*.

Череп и лицевой скелет

Структура черепа объединяет вместе (рис. 12 и 13) головной мозг, наш **центральный компьютер**, поддерживающий нашу индивидуальность, **черепную коробку** (синяя линия) и **лицевой скелет** (красная линия), на котором расположены главные **органы чувств**: зрение, слух, вкус, обоняние, - которые помогают нам ориентироваться в окружающей среде. Близость органов чувств к головному мозгу, который обрабатывает сигналы, *снижает время передачи* этих самых сигналов. Это иллюстрация принципа всеобщей экономии Оккама, который гласит, что максимальная эффективность должна достигаться минимумом структур.

Подвижность головы, обеспеченная **шейным отделом позвоночника**, позволяет **направлять в нужном направлении органы чувств** и повышать их эффективность. В черепной коробке **мозжечок** является главным элементом координации и сбора команд, приходящих из всего мозга. Головной мозг *принимает решения*, мозжечок *позволяет им исполняться*.

Кроме того, голова содержит **два входных отверстия** (рис. 14): рот для пищи и нос для воздуха.

Рот очень разумно расположен **под носом**, обеспечивая *первый контроль запаха пищи* перед ее проглатыванием. *Второй контроль* обеспечивается **вкусом**, который, определяя химическую природу продукта, может интуитивно или благодаря некоторому опыту предотвратить проглатывание вредных

или токсичных веществ. Благодаря **жеванию**, протекающему из **активных движений нижней челюсти**, рот также является **аппаратом дробления и толчения**, измельчающим пищу, обволакивающим ее слюной для возможности ее усвоения.

Роль носа заключается в *контроле, фильтрации и отогревании вдыхаемого воздуха*, его роль как фильтра обязательна. В связи с расположением носовых ходов, *передним положением легких и задним положением пищевода*, **дыхательные пути пересекают пищеварительный тракт на уровне глотки и гортани**. Гортань с помощью экстренного механизма закрытия **голосовой щели** и **надгортанника** играет роль **защитного клапана**, предотвращая попадание малейшего твердого предмета или жидкости в дыхательные пути. Но **гортань**, физиологию которой мы уже рассматривали, еще имеет большое значение при **фонации** у человека, создавая звуки, которые затем подвергаются артикуляции во рту и с помощью языка. Человек употребляет звуковые способы коммуникации, **язык**, что позволяет ему обмениваться информацией и чувствами.

Таким образом, голова представляет собой великолепный пример функциональной интеграции. Также голова имеет **суставы, височно-нижнечелюстные**, а еще **мышцы** особенного строения. Мышцы, **выражающие мимику**, которые являются инструментом **второй системы коммуникации**, почти интернациональной, включающей и язык.

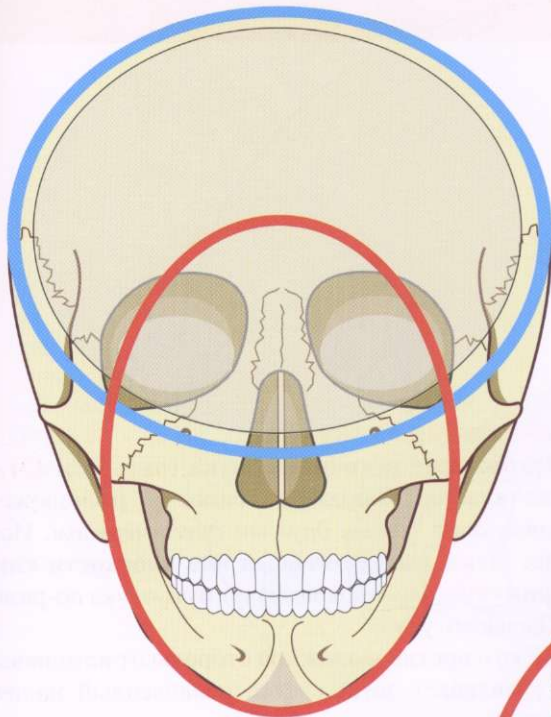


Рис. 12

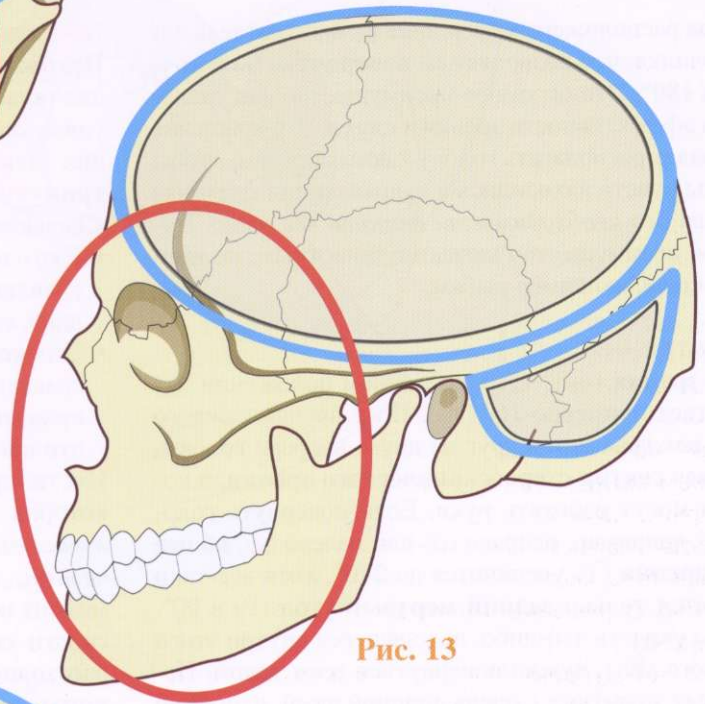


Рис. 13

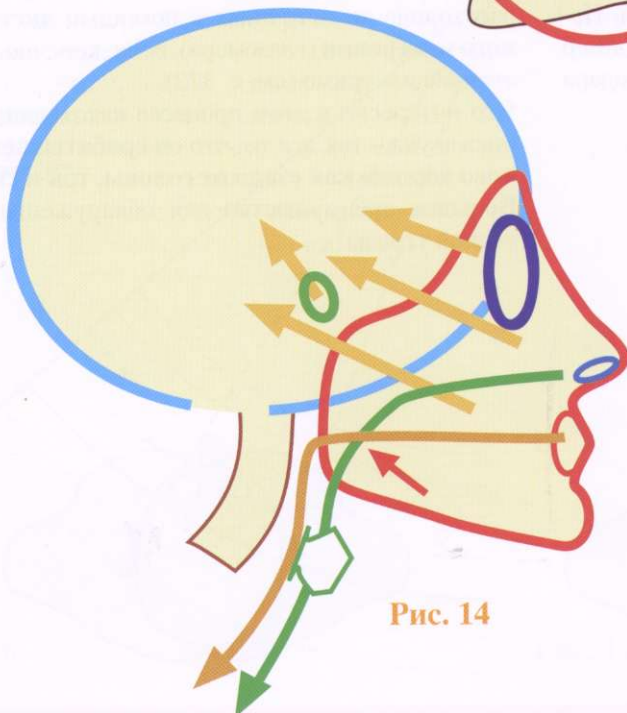


Рис. 14

Поле зрения и локализация звуков

Голова расположена на вершине шейного отдела позвоночника, что позволяет ей **поворачиваться почти на 180°**. Это огромное преимущество для увеличения эффективности зрения и слуха. Это вращение позволяет располагать голову таким образом, чтобы органы чувств находились в направлении источника сигнала *без необходимости двигать все тело*. Подобное преимущество неведомо животным, не имеющим шеи, например рыбам.

Поле зрения

Поле зрения (рис. 15) в срединном положении (А) достигает примерно 160° (а). Поле зрения каждого глаза накладывается друг на друга впереди головы, создавая **сектор стереоскопического зрения**, в котором могут работать руки. Если повернуть голову (L), например, направо (d) или налево (g), **общее поле зрения** (Т) увеличится до 270°, хотя все-таки останется только **задний мертвый угол** (Р) в 90°. Чтобы увидеть что-либо, находящееся внутри этого мертвого угла, нужно повернуться всем телом. Некоторые животные с очень длинной шеей, например жирафы, обладают полем зрения в 360° благодаря всего лишь повороту своей шеи...

Локализация звуков

Нахождение источника звука (рис. 16 и 17) осуществляется благодаря боковому расположению ушей, *отделенных друг от друга черепом*. Источник звука, расположенный **вне плоскости симметрии** (рис. 16), прокладывает путь звука по-разному к каждому уху.

- Ухо с противоположной стороны от источника (S) улавливает звук, слегка ослабленный наличием лица, ставшего препятствием на пути звука.
- Это же самое ухо улавливает звук с опозданием по сравнению с другим ухом. Получается, что путь, пройденный звуковой волной, несколько длиннее, что приводит к разнице фаз $< d$).

Инстинктивно поворачивая голову в ту сторону, с которой звук сильнее (рис. 17), *интенсивность получаемого звука уравнивается и различие фаз исчезает*, т.е. запаздывание звука исчезает. В этот момент источник звука (S) расположен точно в плоскости симметрии головы, и глаза могут оценить расстояние до источника с помощью **дистанционного измерения** (глазомера), если, конечно, это расстояние измеримо (см. с. 322).

Что интересно в этом процессе нахождения источника звука - так это то, что он **срабатывает одинаково хорошо как сзади от головы, так и спереди...** Большое преимущество для обнаружения неожиданной угрозы!

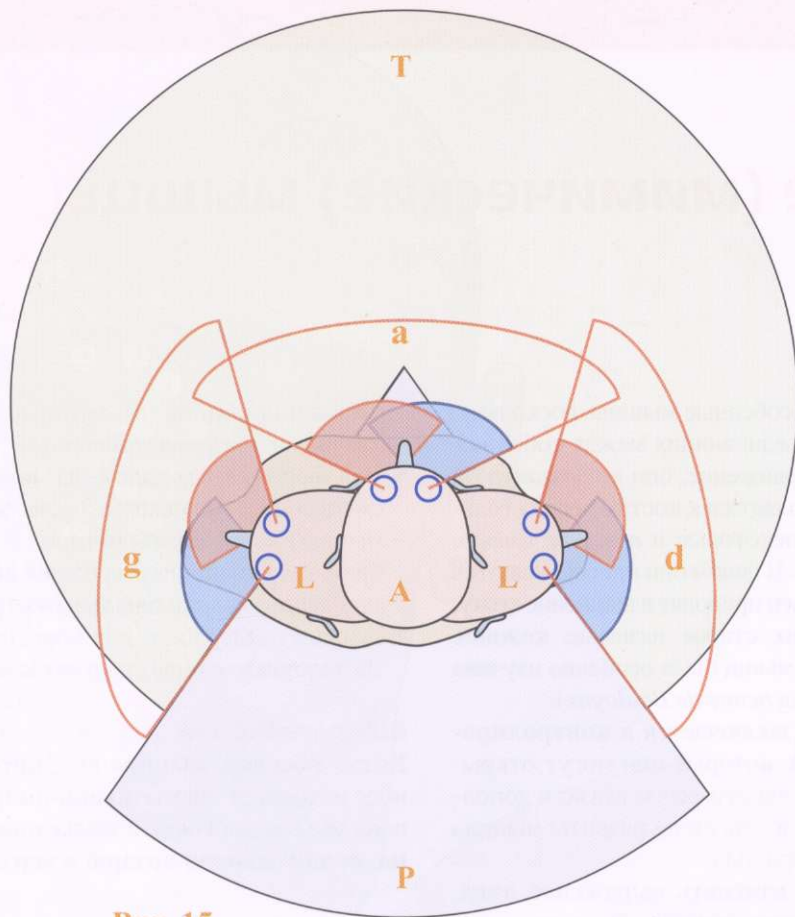


Рис. 15

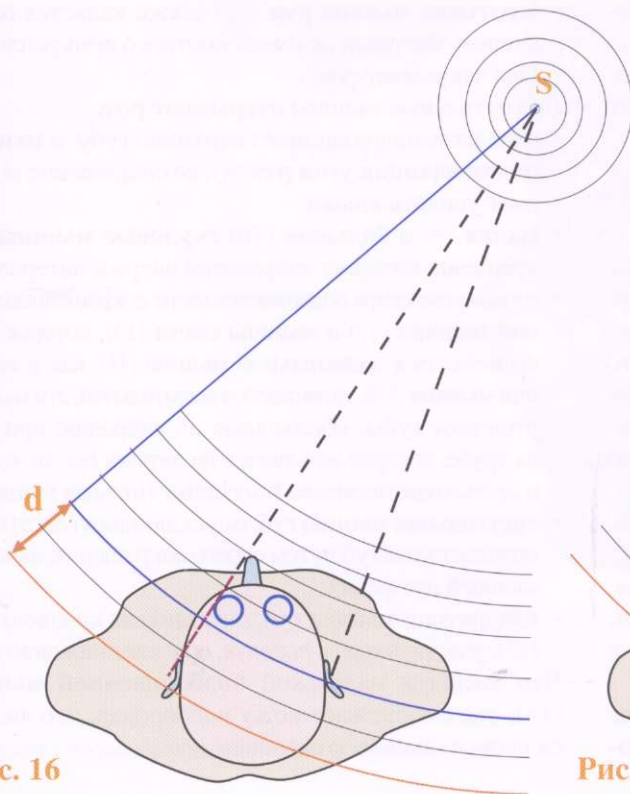


Рис. 16

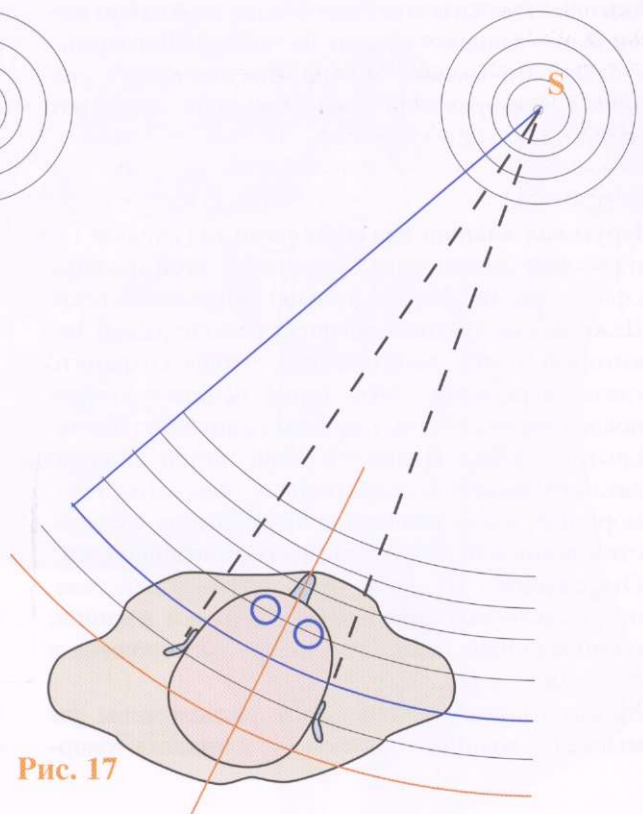


Рис. 17

Лицевые (мимические) мышцы

Лицевые мышцы - это особенные мышцы, поскольку, в отличие от других объединяющих между собой кости и приводящих их в движение, они *не двигают ни единую кость* и прикрепляются к костям черепа только с одной стороны, а некоторые и *вовсе не имеют костного прикрепления*. В целом они присоединяются к глубокому слою дермы и приводят в движение кожу, откуда и происходит их старое название **кожные мышцы**. Функция этих мышц была особенно изучена Дюшаном де Булонь (*Duchenne de Boulogne*).

Их **главная функция** заключается в **контролировании отверстий лица**, которые они могут открывать и закрывать, в частности рот и глаза, в дополнение к этому - ноздри и совсем не развиты мышцы наружного слухового прохода.

Их **вторая функция** - **изменять выражение лица**, чтобы показать и **выразить чувства**. Этот язык мимики практически всегда сопровождается **языком жестов**, выражающимся руками, он также универсален. Детально эти мышцы можно описать *вокруг отверстий, которые они контролируют*: глаза, рот и ноздри (рис. 18 и 19).

Вокруг глаз

- **Круговая мышца глаза** со своей глазничной (2) и вековой (3) частями. Сокращение этой мышцы-сфинктера (в форме кольца) закрывает веки. Даже во сне круговая мышца глаза сохраняет некоторый тонус, необходимый, чтобы сохранить глаза закрытыми. Этот тонус исчезает только после смерти, поэтому трупам принудительно закрывают глаза. В повседневной жизни быстрое автоматическое бессознательное закрытие глаз, моргание, очень важно для поддержания влажности глазного яблока благодаря образованию слез.
- Открывание глаз - это тоже активное действие, осуществляемое сокращением **верхней мышцы, поднимающей веко**. Эта мышца расположена в глазнице (см. рис. 52, с. 319).
- Между глазами, у корня носа, расположены две мышцы - **мышца гордецов** (4) и **мышца, смор-**

щивающая бровь (5), которые обеспечивают нахмуривание и сдвигание бровей.

- Над бровями расположена **лобная мышца** (1), смещающая волосную часть кожи вперед. Эта мышца вместе с **затылочной** (1') формируют двубрюшную мышцу со средним сухожилием, представленным эпикраниальным отростком, который служит поддержкой для волосистой части кожи. Затылочная мышца сдвигает кожу назад.

Вокруг ноздрей

Возле **носовой мышцы** (6), которая сморщивает нос, находится много **мышц-дилататоров** (они не показаны на рисунке), а также поверхностная **мышца, поднимающая ноздрю и верхнюю губу** (7).

Вокруг рта

- **Круговая мышца рта** (12) также является сфинктером, который не имеет костного прикрепления. Она закрывает рот.

Все остальные мышцы открывают рот:

- одна из мышц поднимает верхнюю губу, и **мышца, поднимающая угол рта** (8), ее сокращение позволяет увидеть клыки;
- **малая** (9) и **большая** (10) **скуловые мышцы**, сокращение которых направлено вверх и латерально;
- губная комиссура поднимается вверх сокращением **щечной мышцы** (17) и **мышцы смеха** (13), которые прикрепляются к **жевательной мышце** (11), как и **височная мышца** (18), являющейся жевательной, эти мышцы утончают губы, обеспечивая их вибрацию при игре на трубе, которая называется на латыни *buccin*, откуда и происходит название **buccinator** (щечная мышца);
- **треугольная мышца губ**, опускающая угол рта (14) опускает угол губ путем своего сокращения, является мышцей презрения;
- **квадратная мышца губ**, опускающая нижнюю губу (15), участвующая в поцелуе, опускает нижнюю губу. Что касается маленькой **подбородочной мышцы** (16), она сморщивает кожу подбородка, что является первым знаком сожаления.

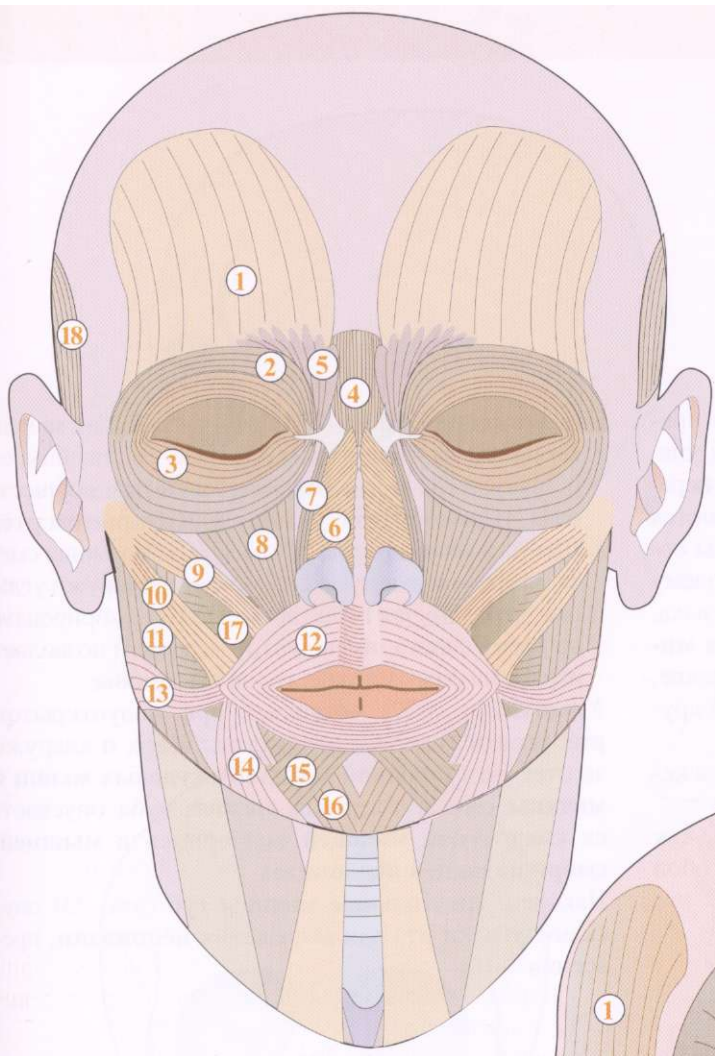


Рис. 18

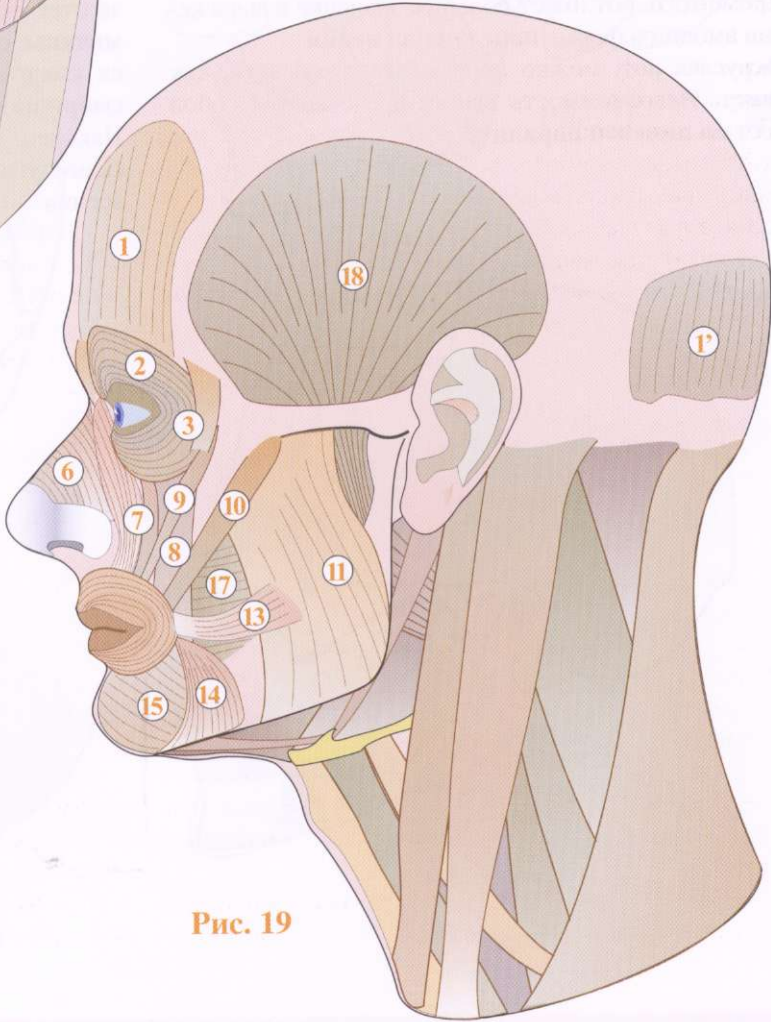


Рис. 19

Рисунок создан благодаря Andras Szinyoghi

Движения губ

Движения губ являются определяющими при приеме **пищи**: открывание рта, откусывание при участии губ и, наконец, закрывание рта во время пережевывания. Прежде чем попить, губ вытягиваются в направлении стакана. Животные не способны совершать этот жест, разве что обезьяны. Вот почему высшие млекопитающие пьют с помощью языка, лакая. Рот также имеет большое значение для **миимики**: смех, улыбка, презрение, злоба, отвращение, сомнение, отказ. Все эти чувства и множество других сначала выражаются с помощью губ.

Кроме того, рот имеет большое значение в выражении эмоций в форме **поцелуя** или **пения**.

Округляя рот, можно производит такой звук, как **свист**. Невозможность свиста представляет собой **тест на лицевой паралич**.

Эти движения зависят от работы следующих мышц.

- **Большая скуловая мышца** (рис. 20) поднимает и тянет вверх и латерально уголки губ, осуществляя, таким образом, **улыбку при закрытом рте**.
- **Щечная мышца** (рис. 21) в глубине и мышца смеха более поверхностно сильно тянут кнаружи углы рта, что, утончая губы, позволяет им вибрировать во время свиста: именно этот механизм позволяет играть на рожке, трубе, горне и тромбоне.

Улыбка (рис. 22) возникает при полукрытом рте, уголки которого направлены вверх и кнаружи за счет тяги **большой и малой скуловых мышц и мышцы смеха**, тогда как нижняя губа опускается **квадратной мышцей подбородка и мышцей, сморщивающей подбородок**.

Наконец, **треугольные мышцы губ** (рис. 23) опускают уголки рта для выражения **неприязни**, презрения.

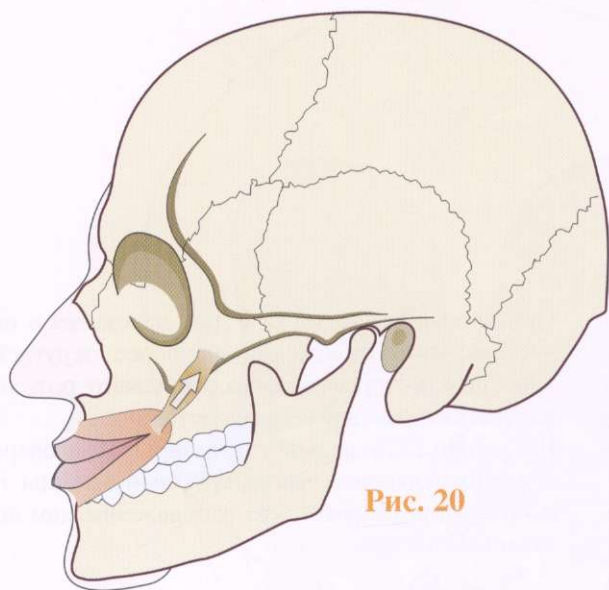


Рис. 20

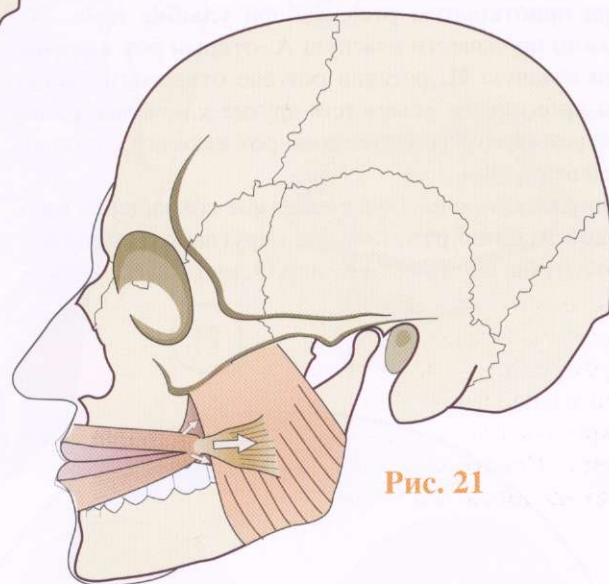
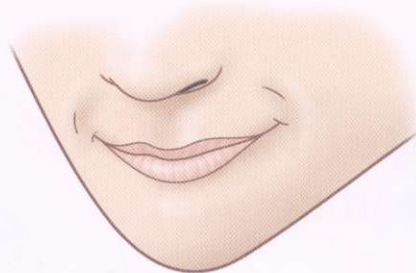


Рис. 21

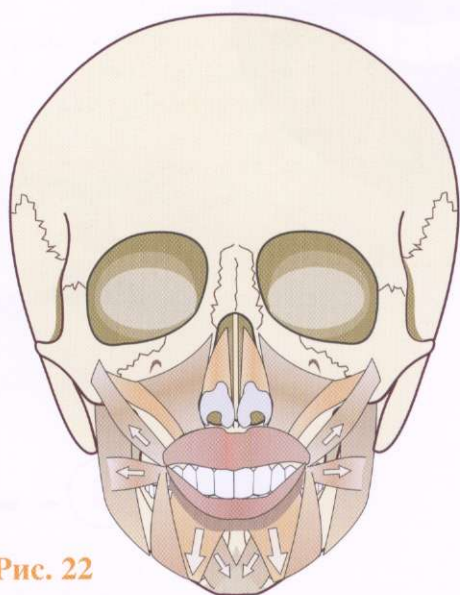


Рис. 22

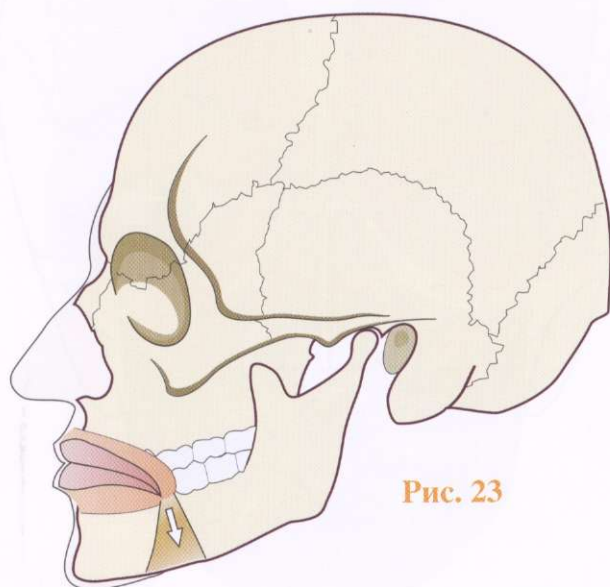
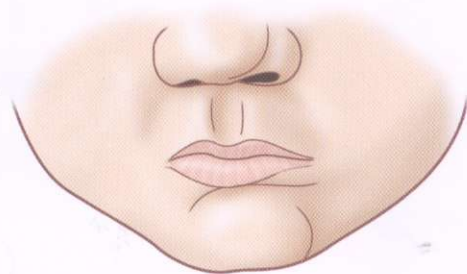


Рис. 23



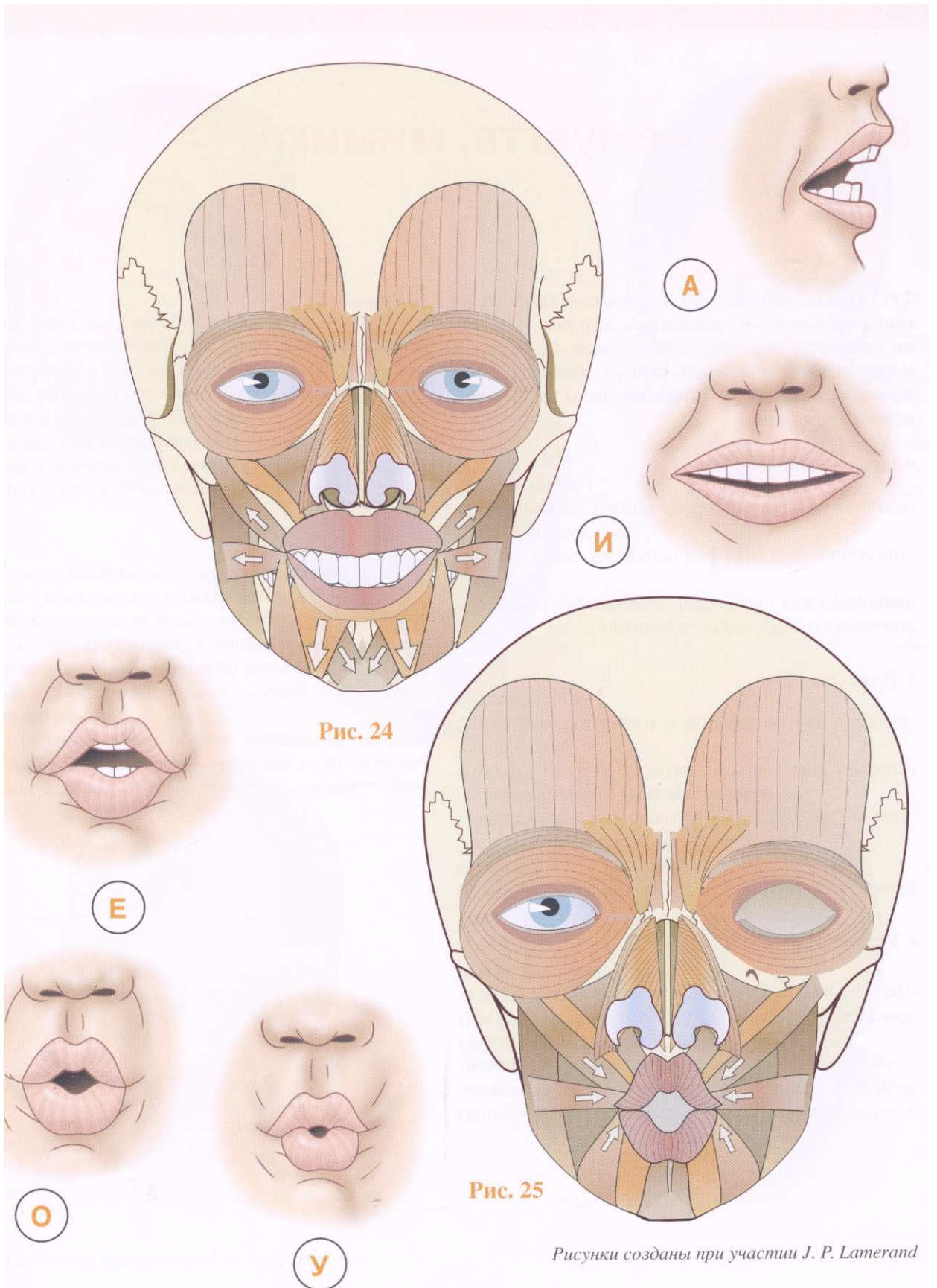
Движения губ (продолжение)

При приоткрытом рте, как при **улыбке** (рис. 24), можно произнести гласную А, открыв рот широко, или гласную И, оставив рот еле открытым. Когда мы произносим «сыр» или другие ключевые слова во время фотографирования, рот находится в положении улыбки.

С другой стороны, более заметное сокращение **круговой мышцы рта** (рис. 25) округляет и закрывает рот, чтобы произнести Е, или О, или У...

При произнесении звука У рот находится в наиболее закрытом положении, наиболее округленном, и мышцы, которые обычно открывают рот, теперь находятся в расслабленном состоянии.

На рисунке 25 левый глаз закрыт благодаря сокращению вековой части круговой мышцы глаза, и можно представить, что изображение нам подмигивает и свистит...



Рисунки созданы при участии J. P. Lamerand

Выражение чувств, мимика

Тут представлены несколько гримас, выбранных из наиболее часто употребляемых, которые позволяют проверить уже полученные знания. Для каждой маски можно попробовать описать различные движения (для каждого изображения даны правильные ответы).

• Отвращение (рис. 26)

(•naodg из^погеа
-nHnclo\Э 'afimiqiM ксьГолшд iraaodg энт'яисШ\хг!1-|
bebuu тчИшвя иоаол
-Xd^ watnowon о эшлясьгее эоньювь :ebiti jXdMog
•изйпнчм
МОНiOt/odogti'oii BM/odogt/oii эинвяиПскимэ •иэ'гппрш
НОН4irojX9dx Bid аоглX эинэ1лХио лм.с! i,\dxog)

• Плач (рис. 27)

(•naodg изПтсвья
-nHidowD ЭПптям KdBtetreirg nsaodg onHRHnd/(wxi?j-|
ВЕВЛ РЙППШ
иоаол^м КННahiBdMoo SHSIOIAOIO :EBIгл л^мод
•hhhshibdaxo ndu мэь 'sohiswbe oohow он
'иойтгш НОНhotiodogttou rattodogifon зинпяиПтсжэ
•Bid ЯПШЯ\ yoaaiAdx ЗНН9ired:sou oox iaJJ
•изйпнчм
ионяголэск Bid аоилА эинэТлпо :Bid л/vdxog)

• Усталость (рис. 28)

(•naodg из^пснтин
-Won 'гайтгш иондо1Г аms'rnVdxoo он 'bebuu iatimiaiN
иоаолМм КННaiidNOO эиаьэх^эхо :ев1Гл л Ad мод
•Bid Я1шпя1\ noaaiAdx эинзидвиоэвд
hhhs'rnVdaio ndu 1\эь 'эонхэмве ээнэм он 'из^пнчм
НОНiOt'odogTiOii BMtfodogttou эинваи'пйоюэ 'из1шпя1\
ионяголАэс1х Bid аоглА эинэйьюю :Bid хAdsoг)

• Смех (рис. 29)

(•вэон омадх из^погеминИоп 'эйпнчи
НОНiooHxdaaou KdBWoxBig вэон Biriadx эихкнИоц
'иэхэвь ионж/мвн и ионьинев1гл ээ
'ев1гл iatimmn иоаолумм эинэ'п^хоэ :ев1гл л^мход
•Bid гйппгш иоаол/Мя эинэ1гдв1гэ
-эвд 'BMti'odogKon эПптчи НОНХVdtfBaх ^вьЪлвкд вхАн
-KioBd вдлл ккнжин 'вхэиэ йпнчм и йгпрш xiaaofAxо
ВННairedNOD хэьэ be иккнИон Bid гчлА :i: id j X dмо д)

• Ярость (рис. 30)

(•гйппгш иондо1Г хэьэ be ysaodg эихкнАоц
омоя 93Hxdaa изйюшшиИоп 'эйтгш
KdBt/олшд язя хННxdaa эихинйоп 'bebiti rrtimriw иоа
-ол/Их ихэвь ионьиневим ЗНН3tnBd»03 :ев1гл л/Мход
naodg Holnoreanlrrdoivo 'гйппгш 'аолгэй
-дол гйппгш 'йпнчм Х1Ч800Н ЗНН3lnBd>ю3 :Аэон вд
•Хеинз Vxt/odogtfon
гйппгш НОНiBdtfBHM 'исеон и i\иглон?mniit'oi'i'пшй
-пнчи Hod/fOH эихинйоп 'Axdsaa Bid ЯльX изйюгеинн
-Won 'гйппгш хэьэ be д^л ЗНН3ХКi3Bd :Bid iXd>iog)



Рис. 26



Рис. 27

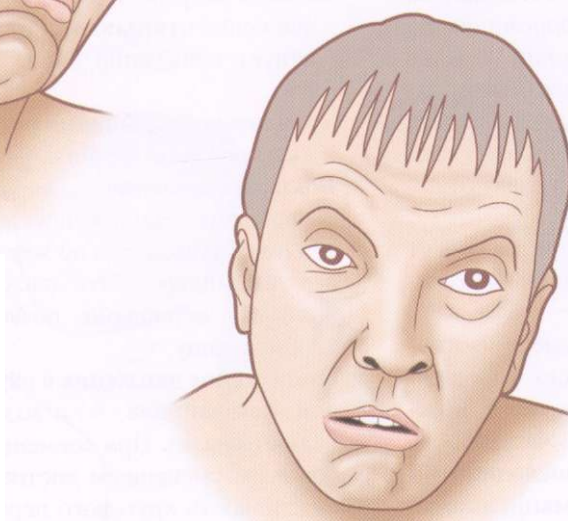


Рис. 28



Рис. 29



Рис. 30

Рисунки созданы при участии J. P. Lamerand

Височно-нижнечелюстные суставы

Височно-нижнечелюстные суставы редко упоминаются, тем не менее они **жизненно необходимы** человеку, поскольку *участвуют в приеме пищи*. Они позволяют осуществлять движения нижней челюсти: нижняя челюсть сочленосуществляет яется с основанием черепа (рис. 31) при помощи **двух суставов** мышечкового типа (черная стрелка), расположенных непосредственно спереди и снизу от наружных слуховых проходов (А).

Эти суставы **механически связаны** и не могут функционировать один без другого. Они оба обеспечивают **функцию пережевывания**.

Нижняя челюсть, тело которой (1) имеет изогнутую форму, напоминающую поперечно уплощенную *подкову*, несет на своем верхнем крае (2) **нижнюю зубную дугу** (3). В своей задней части кость продолжается вверх и кзади **двумя восходящими ветвями** (4), которые оканчиваются **мышечковыми отростками** (5). Сами эти отростки находятся на *утонченной части ветви - шейке* (6). Спереди от мышечкового отростка восходящая ветвь нижнечелюстной кости оканчивается **венечным отростком** (7), уплощенным в поперечном направлении.

Движения нижней челюсти **сложные**. На рисунке они схематично изображены шестью стрелками.

- Наиболее простым является движение в вертикальном направлении:
 - движение **открывания** рта (O), которое способствует попаданию пищи между зубными дугами;
 - движение **закрывания** рта (F), позволяющее откусывать и особенно *пережевывать* пищу.
- **Боковое смещение** (L) вправо или влево, которое способствует скольжению жевательной поверхности нижних моляров по жевательной поверхности верхних моляров. Это движение, схожее с мельничными жерновами, позволяет раздавливать и дробить пищу.
- **Продольное движение** в переднезаднем направлении - выдвигание (A) и возвращение (R) нижней челюсти назад. При совмещении этих движений с боковым смещением достигается наибольшая эффективность кругового перемалывания пищи молярами.

Все эти движения не имеют фиксированных осей. Движения нижней челюсти являются примером движений вокруг **мгновенных и изменяющихся осей**, что обязательно в биомеханике.

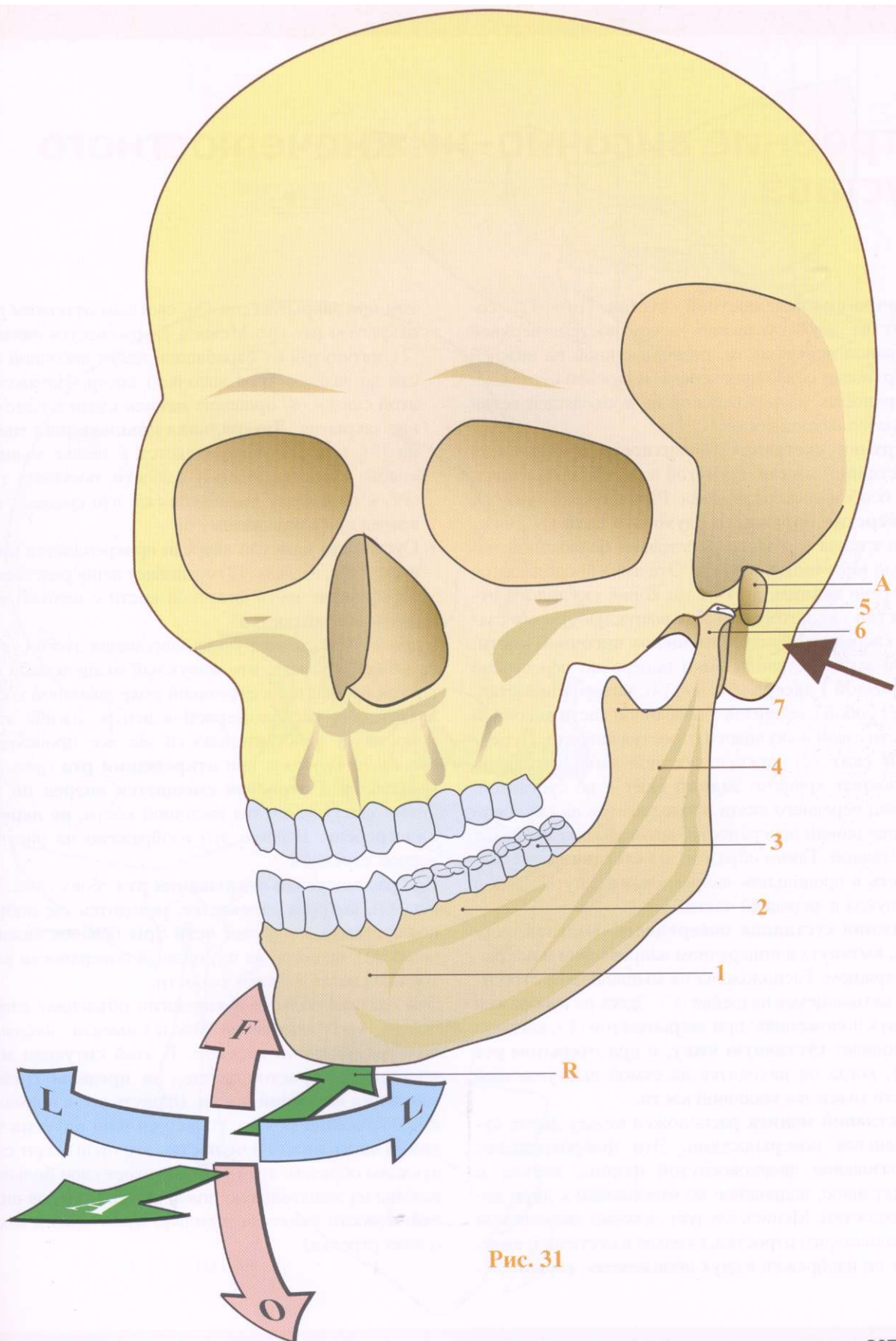


Рис. 31

Строение височно-нижнечелюстного сустава

Височно-нижнечелюстной сустав (рис. 32) состоит из двух суставных поверхностей: верхней суставной поверхности, расположенной на нижней поверхности основания черепа, и нижней суставной поверхности, расположенной на восходящей ветви нижнечелюстной кости.

- **Верхняя суставная поверхность** представлена **суставной ямкой**, вогнутой в двух направлениях, но особенно спереди назад. Расположена снизу от **отверстия наружного слухового хода (А)**, нижняя стенка которого образована барабанной частью **височной кости 1**. Эта ямка продолжается спереди **задним скатом (2)** корня **скулового отростка (3)**, который имеет выпуклую форму сзади кпереди и образует **мышцелок височной кости**. Дно этой суставной ямки поперечно пересечено **бороздой Гласера (Glaser) (4)**, которая представляет собой соединение барабанной части височной кости сзади и скулового отростка впереди. **Передний скат (2)** нижнечелюстной ямки суставной и покрыт хрящом; **задний скат** - не суставной. Хрящ переднего ската продолжается на скуловой мышцелковой поверхности, которая тоже является суставной. Таким образом, эта **суставная поверхность** в продольном направлении вогнута сзади и выпукла в передней части.
- **Нижняя суставная поверхность** овальной формы, вытянута в поперечном направлении и покрыта хрящом. Расположена на мышцелковом отростке, находящемся на шейке (С). Здесь он изображен в двух положениях: при закрытом рте (F), когда он заполняет **суставную ямку**, и при открытом рте (O), когда он находится на самой выступающей части мышцелка височной кости.
- **Суставной мениск** расположен между двумя суставными поверхностями. Это фиброхрящевое образование двояковогнутой формы, мягкое и податливое, подвижное по отношению к двум поверхностям. Мениск следует за всеми движениями мышцелкового отростка, скользя в суставной ямке. Тут он изображен в двух положениях: серым цве-

том при закрытом рте (5), светлым оттенком при открытом рте (6). Мениск удерживается связкой (7), натянутой от барабанной части височной кости до заднего края височной кости. Натяжение этой связки (8) приводит мениск кзади в положение закрытия. **Латеральная крыловидная мышца (9)**, которая прикрепляется к шейке мышцелкового отростка нижней челюсти, посылает тяж (10) к переднему краю мениска, что смещает его вперед при открывании рта.

- **Суставная капсула** впереди прикрепляется к мениску (11), а сзади (12) соединяет непосредственно барабанную часть височной кости с шейкой мышцелкового отростка.

Упрощенная схема функционирования этого сустава может показать, что выпуклый мышцелковый отросток вращается в суставной ямке височной кости вокруг оси, расположенной в центре изгиба этой полости. В действительности же все происходит *совсем по-другому*: при **открывании рта** (рис. 33) мышцелковый **отросток смещается вперед по заднему скату** мышцелка височной кости, **не пересекая гребень**. Именно это изображено на рисунке черной стрелкой.

При рассмотрении **открывания рта** сбоку (рис. 34) ось (O), которая изменяется, находится где-нибудь под суставом, на уровне **ости Spix** (язычок нижней челюсти), видимой на внутренней поверхности восходящей ветви нижней челюсти.

Эта частная область физиологии объясняет *сложности восстановления после вывиха височно-нижнечелюстного сустава*. В этой ситуации **мышцелковый отросток вышел за пределы гребня мышцелка височной кости**. Вернуть его в нормальное положение можно, только **сильно опустив заднюю часть нижней челюсти**. Это производят следующим образом: врач устанавливает свои большие пальцы на жевательную поверхность моляров нижней челюсти пациента и сильно давит вниз и кзади (синяя стрелка).

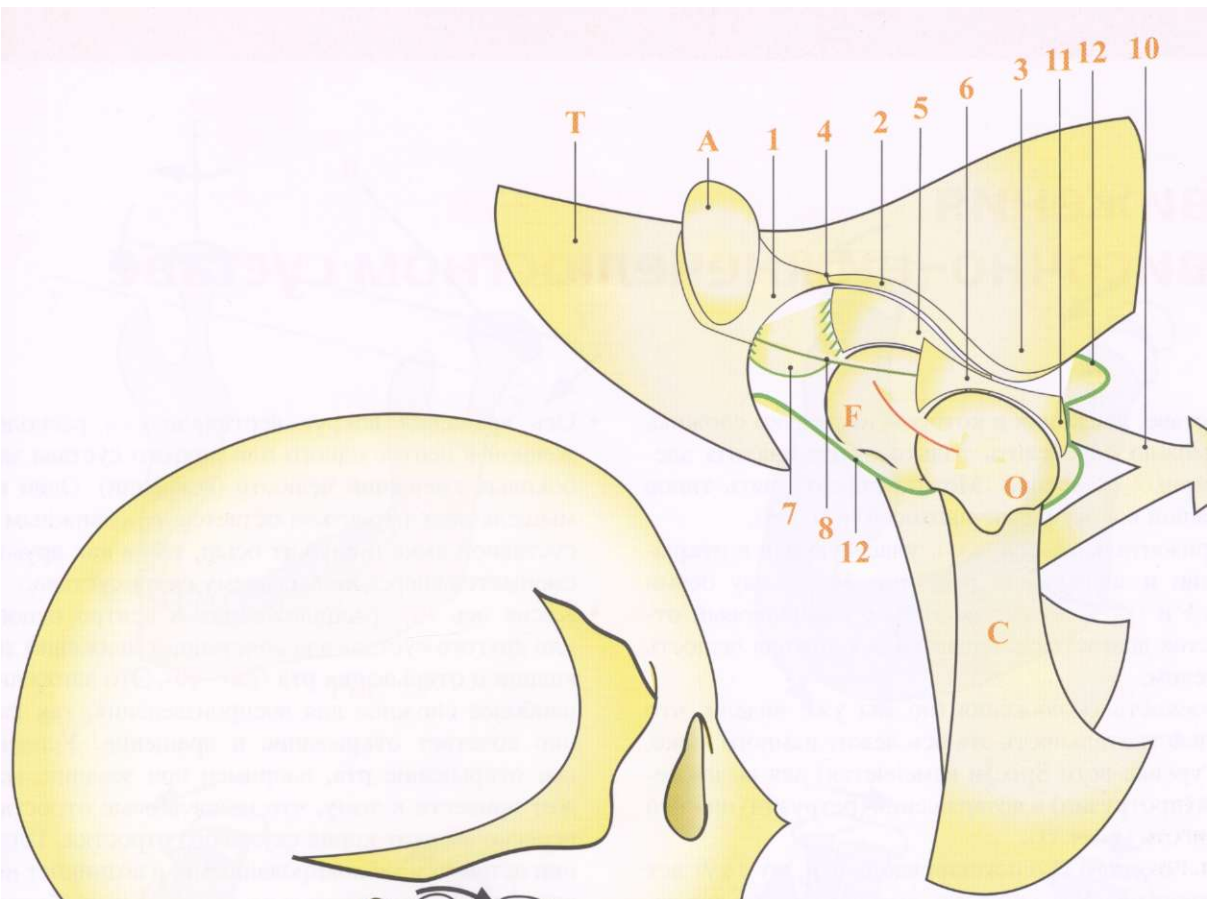


Рис. 32

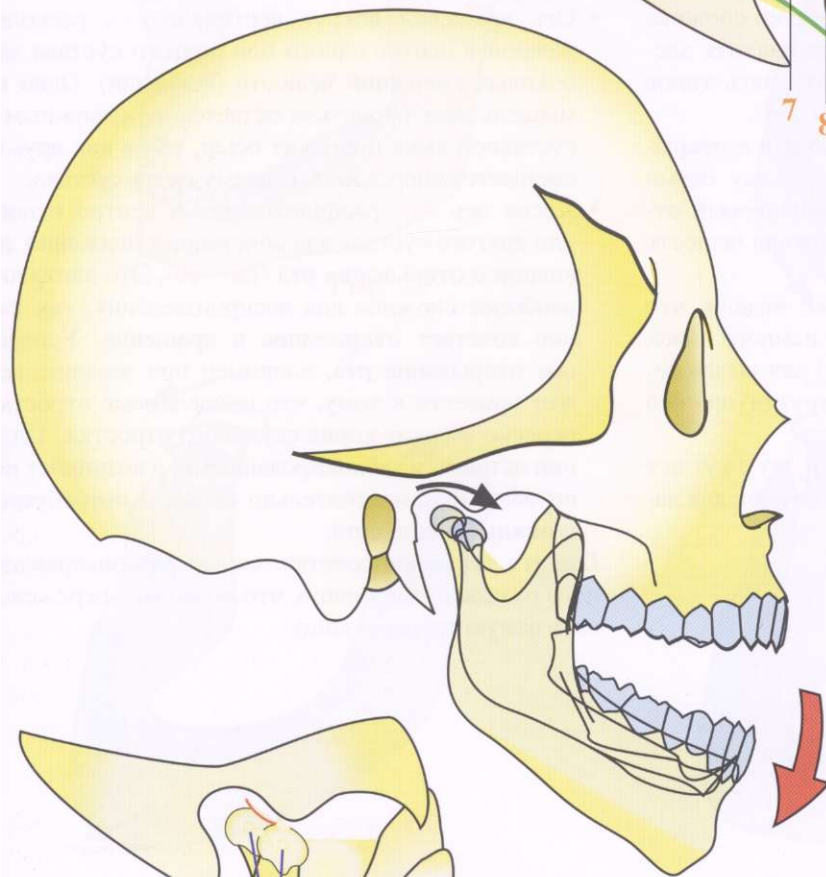


Рис. 33

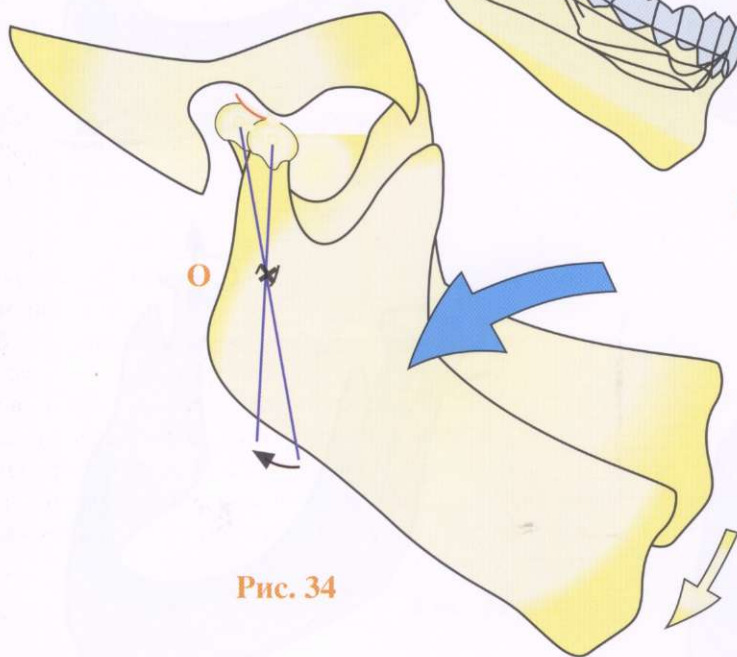


Рис. 34

Движения в височно-нижнечелюстном суставе

В суставе, движения в котором настолько сложны, оси можно определить только путем анализа элементарных смещений. Можно описать пять типов движений вокруг различных осей (рис. 35).

- Горизонтальная ось (xx'), участвующая в открывании и закрывании рта (рис. 36) между осями (xx') и (yy'), но тут не только мышечковый отросток двигается, смещается вся нижняя челюсть в целом.
- Плоскость скольжения (но мы уже видели, что в действительность эта ось лежит намного ниже, на уровне ости $Spix$, и изменяется) для выдвижения (протрузии) и возвращения (ретрузии) нижней челюсти (рис. 37).
- Ось бокового скольжения вдоль оси, но и тут вся нижняя челюсть скользит, смещается вбок для латеральных движений (рис. 38).
- Ось вращения вокруг вертикали (v), расположенной в центре одного или другого сустава для боковых смещений челюсти (девиации). Один из мышечковых отростков остается неподвижным в суставной ямке и служит осью, тогда как другой смещается вперед по переднему скату сустава.
- Косая ось (**и**), расположенная в центре одного или другого сустава для сочетанных движений девиации и открывания рта (рис. 40). Это движение наиболее сложное для воспроизведения, так как оно сочетает открывание и вращение. Усиленное открывание рта, например при зевании, может привести к тому, что мышечковые отростки перескочат скат корня скулового отростка. Тогда они останутся заблокированными, и возникнет не-вправимый самостоятельно вывих и потребуются помощь специалиста.

Все эти движения сочетаются для разнонаправленного раздавливания пищи, что позволяет пережевывать самую твердую пищу.

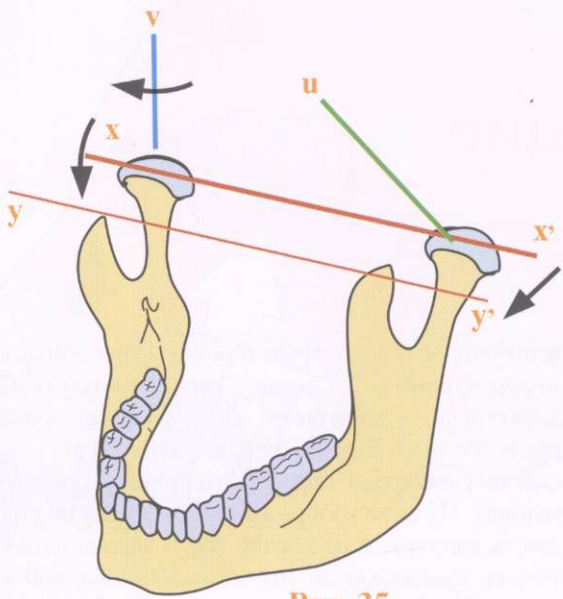


Рис. 35

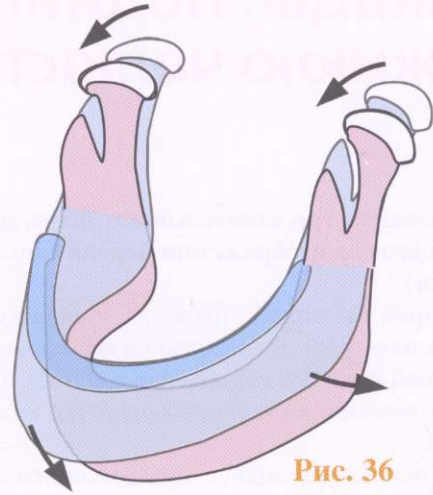


Рис. 36

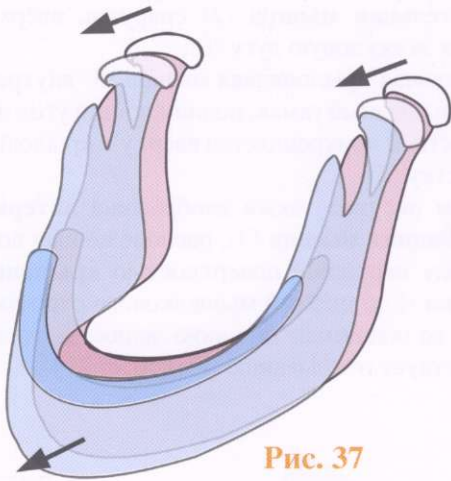


Рис. 37

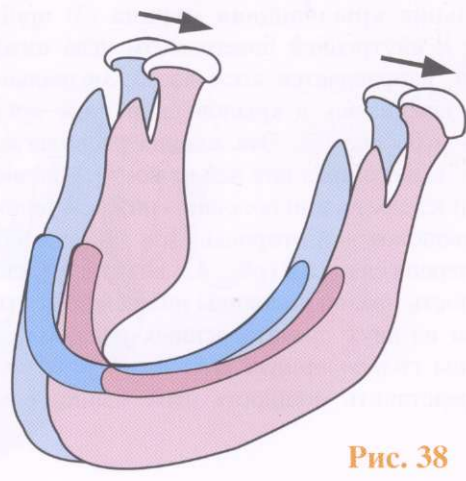


Рис. 38

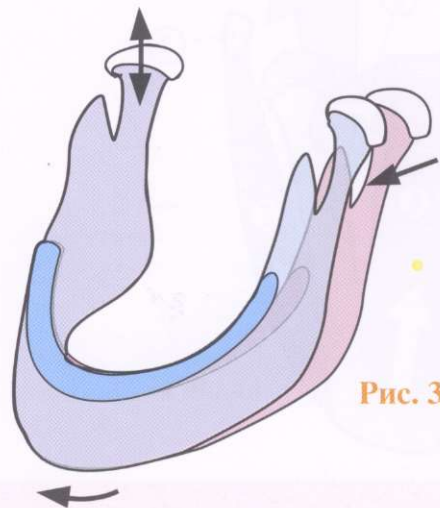


Рис. 39

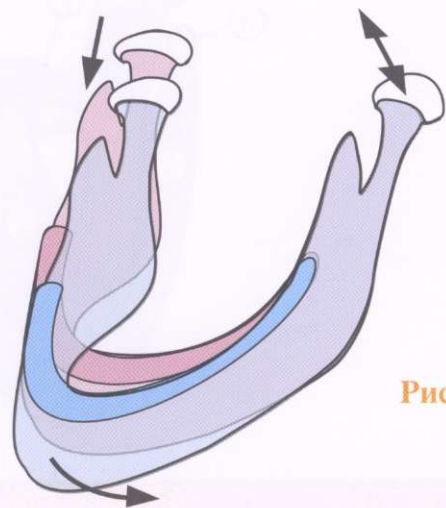


Рис. 40

Мышцы, поднимающие нижнюю челюсть

Насчитывается три жевательные мышцы, две из которых видны на **изображении** черепа (рис. 41, вид **снаружи**).

- **Височная мышца** (1), широкая, мощная, плоская, прикрепляется веерообразно ко всей поверхности височной ямки под скуловой дугой и заканчивается сухожилием на венечном отростке нижней челюсти.
- **Жевательная мышца** (2) прикрепляется к наружной поверхности угла нижней челюсти и завершается на нижнем крае скуловой дуги.
- **Медиальная крыловидная мышца** (3) прикрепляется к внутренней поверхности угла нижней челюсти, направляется косо вверх, медиально и вперед, завершаясь в крыловидной ямке крыловидного отростка (5). Эта мышца располагается сзади от заднего края нижней челюсти. Она видна только после резекции половины нижней челюсти с противоположной стороны. При таком изображении черепа снаружи (рис. 42) видна внутренняя поверхность правой половины нижней челюсти.

Как видно из двух представленных рисунков, эти три мышцы *сильно тянут угол нижней челюсти вверх*. Представить мощность этих мышц можно,

вспомнив, что некоторые акробаты способны, зажав между зубами перекладину, висеть в воздухе и, следовательно, удерживать жевательными мышцами вес всего тела. Вид нижней челюсти сзади (рис. 43), слегка сдвинутый вправо, показывает все эти три мышцы. На этом изображении нам видна нижняя челюсть изнутри, и от костей всего черепа оставлены только крыловидный отросток клиновидной кости (5) и скуловая дуга (6):

- **височная мышца** (1) прикрепляется к венечному отростку и поднимается к височной ямке;
- **жевательная мышца** (2) снаружи, сверху держится за скуловую дугу (6);
- **медиальная крыловидная мышца** (3) внутри образует мышечный гамак, поднимающий угол нижней челюсти, и прикрепляется сверху к крыловидному отростку (5).

На этом рисунке также изображена **латеральная крыловидная мышца** (4), расположенная поперечно между наружной поверхностью **крыловидного отростка** (5) и шейкой мыщелкового отростка. Эта мышца не поднимает нижнюю челюсть, однако она способствует открыванию рта (см. с. 314).

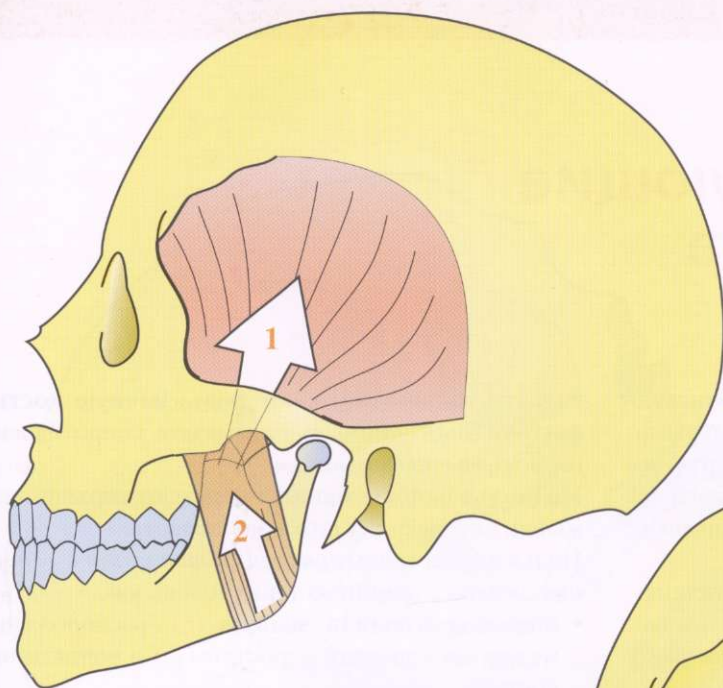


Рис. 41

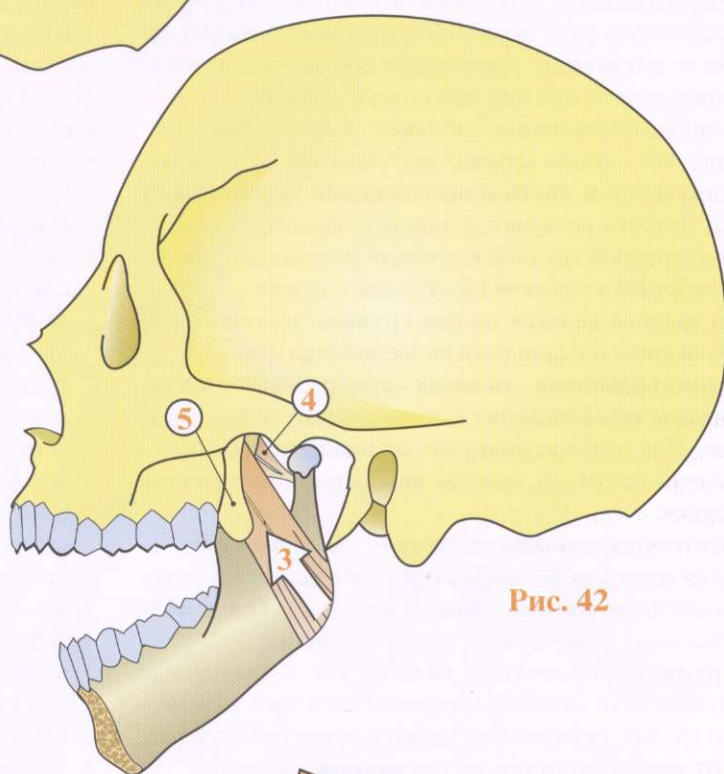


Рис. 42

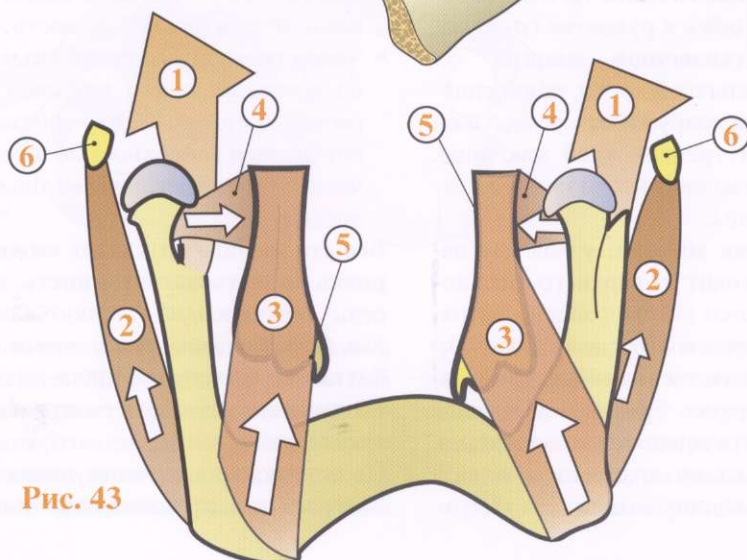


Рис. 43

Мышцы, участвующие в открывании рта

Мышцы, *открывающие рот*, более многочисленны и *менее мощны* по сравнению с жевательными. Стоит отметить, что также в открывании рта немаловажную роль играет *сила тяжести* нижней челюсти: вот почему происходит его автоматическое открывание во сне или при потере сознания.

Мышцы, опускающие нижнюю челюсть, расположены *все, кроме одной, под нижней челюстью*. **Подъязычная кость** и **щитовидный хрящ** играют роль некоего реле между нижней челюстью и верхней апертурой грудной клетки, образованной *первыми ребрами и рукояткой грудины* в центре.

Эти мышцы делятся на **две группы**: надподъязычные мышцы и подподъязычные мышцы (рис. 44).

Подподъязычные мышцы прикрепляют **щитоподъязычный аппарат** к *лопаточному поясу и грудины*. Идя изнутри кнаружи, от нижнего края подъязычной кости (h) мышцы находятся в следующем порядке:

- **щитоподъязычная мышца** (1), которая опускается вертикально и фиксируется к верхнему скату косоугольного гребня щитовидного хряща (t). Продолжается вниз следующими тремя мышцами;
- **грудно-щитовидная мышца** (2) - мышечный пучок, отходящий от нижнего ската того же самого гребня, прикрепляющийся к рукоятке грудины;
- **грудно-ключично-подъязычная мышца** (3) идет от грудины к подъязычной кости, прикрепляется к рукоятке грудины снаружи от предыдущей мышцы, перекрывая внутренний край ключицы. Прикрепляется к подъязычной кости снаружи от щитоподъязычной мышцы;
- **лопаточно-подъязычная мышца**, узкая двуглавая мышца, которая отходит от верхнего края лопатки. Ее нижнее брюшко (4) направлено вверх, медиально и слегка вперед вплоть до надключичных ямок, где представляет **срединное сухожилие**. От этой точки верхнее брюшко (5) меняет направление, чтобы почти вертикально подняться, и прикрепляется к нижнему краю подъязычной кости снаружи от предыдущих мышц.

Все эти мышцы **опускают подъязычную кость и щитовидный хрящ** и оказывают сопротивление надподъязычным мышцам.

Надподъязычные мышцы образуют верхний этаж мышц, опускающих нижнюю челюсть.

Подъязычная кость *прикрепляется сзади к основанию черепа* с помощью таких мышц, как:

- **шилоподъязычная мышца** (6), расположенная между шиловидным отростком (s) и подъязычной костью;
- **двубрюшная мышца**. Ее заднее брюшко (7) прикрепляется к сосцевидному отростку (т), направляется вниз и вперед, и ее срединное сухожилие проходит через **фиброзную занавеску** (8) (предтрахеальная пластинка шейной фасции), прикрепляющаяся на уровне малого рога подъязычной кости. **Переднее брюшко** (9) меняет направление и идет вверх и вперед, чтобы прикрепиться к внутренней поверхности подбородочной части нижней челюсти. На схеме также видно переднее брюшко левой двубрюшной мышцы (9').

Подъязычная кость соединяется с нижней челюстью при помощи следующих мышц:

- **подбородочно-подъязычной мышцы** (10), которая тянется от подъязычной кости до внутренней поверхности нижней челюсти;
- **челюстно-подъязычной мышцы** (11), которая представляет собой широкий мышечный пучок, расположенный между подъязычной костью и внутренней поверхностью нижней челюсти (левая челюстно-подъязычная мышца формирует дно полости рта).

Все эти мышцы **опускают нижнюю челюсть, опираясь на подъязычную кость**, которая в свою очередь фиксирована *подподъязычными мышцами*. Как было показано ранее, эти мышцы являются **сгибателями шейного отдела позвоночника на расстоянии** и находятся в синергизме с *жевательными мышцами*.

Последняя мышца, участвующая в открывании рта, - **латеральная крыловидная мышца**, которая вид-

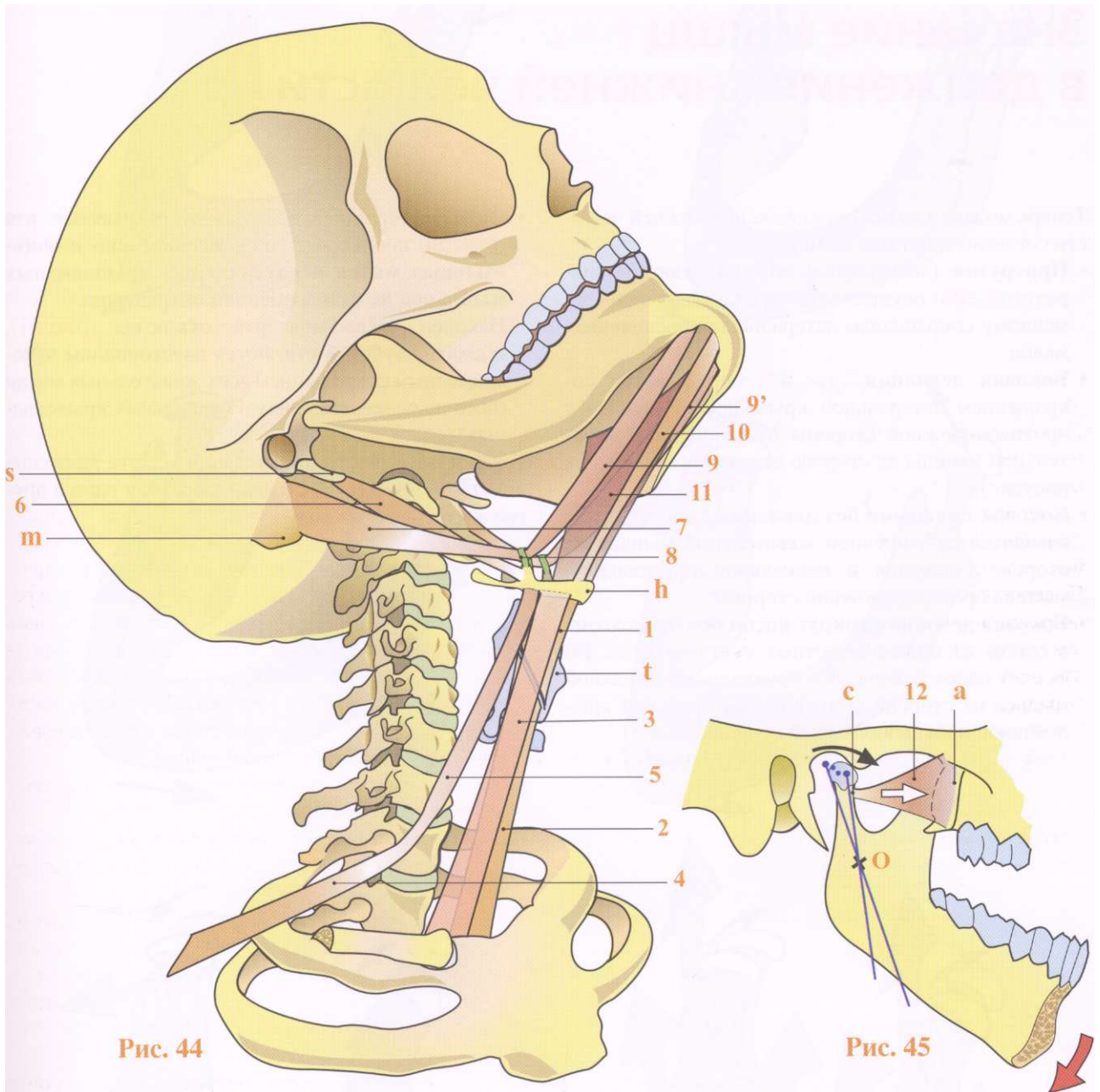


Рис. 44

Рис. 45

на на изображении **нижней челюсти изнутри, под основанием черепа** (рис. 45). Ее мышечное тело (12) идет от наружной поверхности крыловидного отростка (а) к передней поверхности шейки мыщелкового отростка (с). Эта мышца тянет шейку вперед и **покачивает нижнюю челюсть** вокруг центра вращения

(O), что приводит к **открыванию рта**. Без действия этой мышцы **мыщелковый отросток оставался бы заблокированным в суставной ямке**. Эта же мышца **смещает мениск вперед** (см. рис. 32, с. 309). Таким образом, латеральная крыловидная мышца играет важнейшую роль в процессе открывания рта.

Значение мышц в движениях нижней челюсти

Теперь можно рассмотреть движения нижней челюсти согласно действию мышц.

- **Протрузия** (выдвижение нижней челюсти вперед) (рис. 46) осуществляется благодаря одновременному сокращению латеральных крыловидных мышц.
- **Боковая девиация** (рис. 47) определяется сокращением латеральной крыловидной мышцы с противоположной стороны от девиации и жевательной мышцы на стороне девиации (не видна на рисунке).
- **Боковое смещение без девиации** (рис. 48) производится сокращением жевательной мышцы на стороне смещения и медиальной крыловидной мышцы противоположной стороны.
- **Боковая девиация вокруг косой оси** происходит в одном из нижнечелюстных суставов (рис. 49) за счет одновременного сокращения жевательной мышцы на стороне девиации и латеральной крыловидной противоположной стороны.

- Опускание нижней челюсти и открывание рта (рис. 50) происходят под действием **над- и подъязычных мышц и латеральных крыловидных мышц** при их одновременном сокращении.

- Наконец, закрывание рта, окклюзия (рис. 51), и сжатие зубов достигаются двусторонним одновременным сокращением всех жевательных мышц (височных, жевательных и медиальных крыловидных).

В действительности при жевании все эти движения сочетаются в разной степени, переходя одно в другое и изменяясь по ходу.

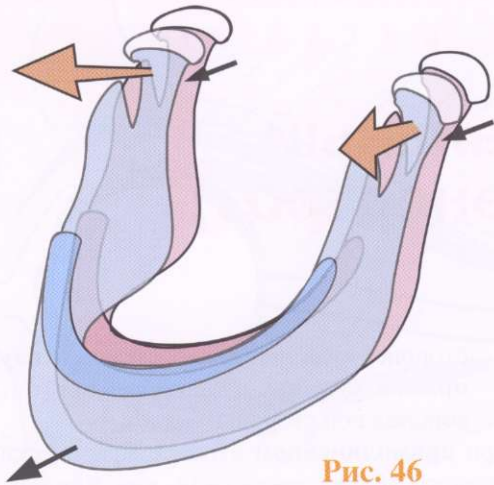


Рис. 46

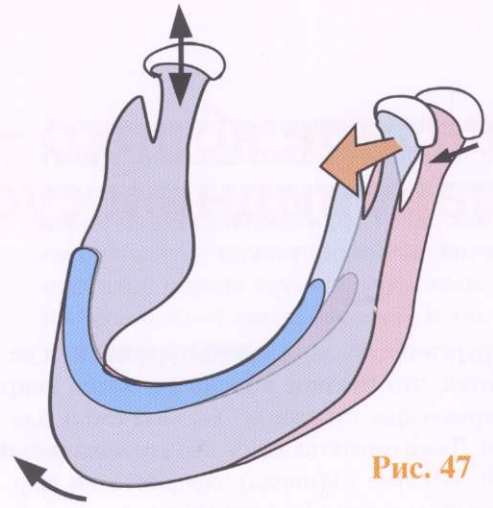


Рис. 47

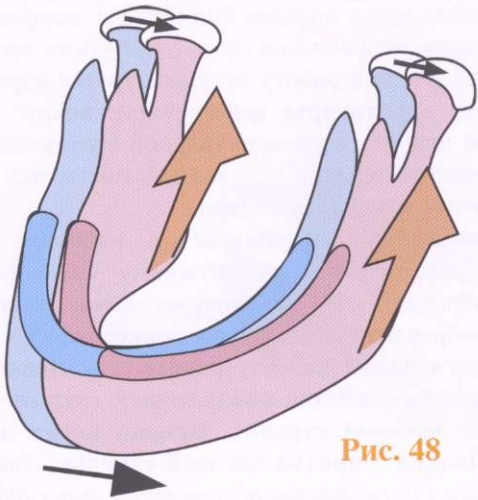


Рис. 48

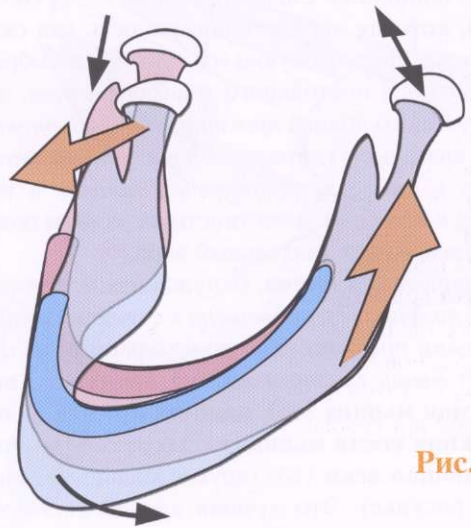


Рис. 49

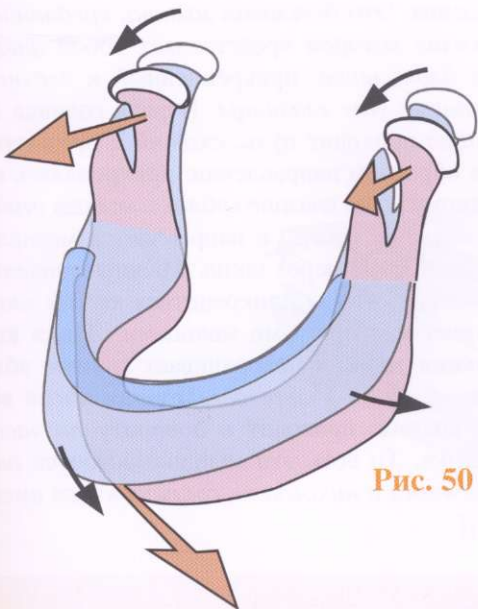


Рис. 50

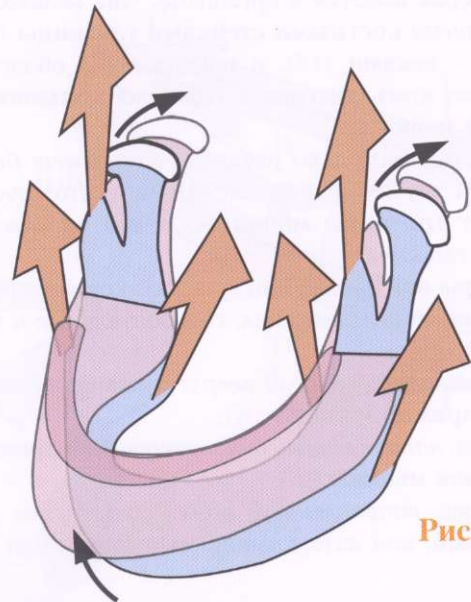


Рис. 51

Глазное яблоко - идеальный шаровидный сустав (энартроз)

Хирурги-ортопеды и кинезитерапевты и не догадываются, что **глазное яблоко является энартрозом, сферическим суставом, как плечевой или бедренный**. Даже можно сказать, что это **идеальный сустав** (рис. 52, срез глазницы), сферический шар, образованный **склерой** (1), мягкой и выносливой, находящейся во **влагалище глазного яблока** (2) (Тенонова капсула), которая образует поверхность для скольжения, тоже сферическую и мягкую. Таким образом она создана для постоянного взаимодействия, отделена от глазного яблока **пространством Тенона** (3). В целом влагалище глазного яблока, **утолщенное по экватору** (2) яблока, **становится тоньше и мягче** (4) ближе к полюсам, в частности на **заднем** полюсе (5), откуда выходит зрительный нерв (6).

Эта сферическая система, окруженная **полужидкой жировой тканью** (7), **повешена** к стенкам глазницы **фиброзными тяжами** «8), происходящими из **футляров** (9) **мышц глазного яблока**, таких как: **верхняя прямая мышца** (10), **нижняя прямая мышца** (11), **нижняя косая мышца** (12) (срезана), **мышца, поднимающая веки** (13) (другие мышцы не видны на этом рисунке). Это **лучшая эластичная подвеска**, которая имеется в организме. Она **великолепно защищена костными стенками глазницы** (14), спереди - **веками** (15), и продолжение оболочки составляет **конъюнктиву**, создающая **конъюнктивальный мешок** (16).

Этот сустав настолько идеален, что **может быть примером** других энартрозов. В целом этот сустав содержит **три пары мышц**, по одной на каждую **степень свободы**.

- Две пары **прямых мышц** (рис. 53) контролируют прямолинейные движения, горизонтальные и вертикальные:
 - взгляд, **направленный вверх**: сокращение **верхней прямой мышцы** (ds);
 - взгляд, **направленный вниз**: сокращение **нижней прямой мышцы** (di);
 - взгляд, **направленный вбок**: сокращение **наружной**, или латеральной, **мышцы** (de) на той

стороне, куда направлен взгляд, и **внутренней прямой мышцы**, или медиальной (dm), противоположной стороны.

При **прямолинейном взгляде** сферический сустав глазного яблока ведет себя, **как кардан**: **две оси** (вертикальная и горизонтальная), **две степени свободы**. Все просто...

- Усложняется процесс при взгляде, направленном в косом направлении (рис. 54), будь то вверх или вниз. Тогда в работу вступает третья пара мышц глаза - **ротаторы**, действующие вокруг **полярной оси** (p), перпендикулярной вертикальной (v) и горизонтальной (h) осям; действия мышц симметричны и противоположны:

- **нижняя косая мышца** (oi) наиболее проста. Прикрепляется к наружному краю глазного яблока, **огывая его снизу на уровне экватора**, и направляется медиально, прикрепляясь к стенке глазницы в нижневнутреннем углу. **Левая косая нижняя мышца** поворачивает глазное яблоко **по часовой стрелке**. **Правая косая нижняя мышца** - **против часовой стрелки**. Таким образом, эти мышцы **абсолютные антагонисты** и **никогда не сокращаются одновременно**;
- **верхняя косая мышца** (os) более сложного строения. Это **двуглавая мышца**, **срединное сухожилие** которой представляет собой **фиброзный блок**, **шкив**, прикрепленный к **верхневнутреннему углу глазницы**. Первая головка этой мышцы проходит путь, схожий с предыдущей, но в обратном направлении: прикрепляясь к наружному краю глазного яблока, мышца **огивает его выше экватора** и направляется медиально, чтобы пройти через шкив. Мышца **меняет направление**, чтобы прикрепиться **ко дну глазницы** вместе с прямыми мышцами. **Левая косая верхняя мышца** поворачивает глазное яблоко **против часовой стрелки**. **Правая косая верхняя мышца** приводит к повороту **по часовой стрелке**. То есть эти мышцы являются **антагонистами** и **никогда не сокращаются вместе**.

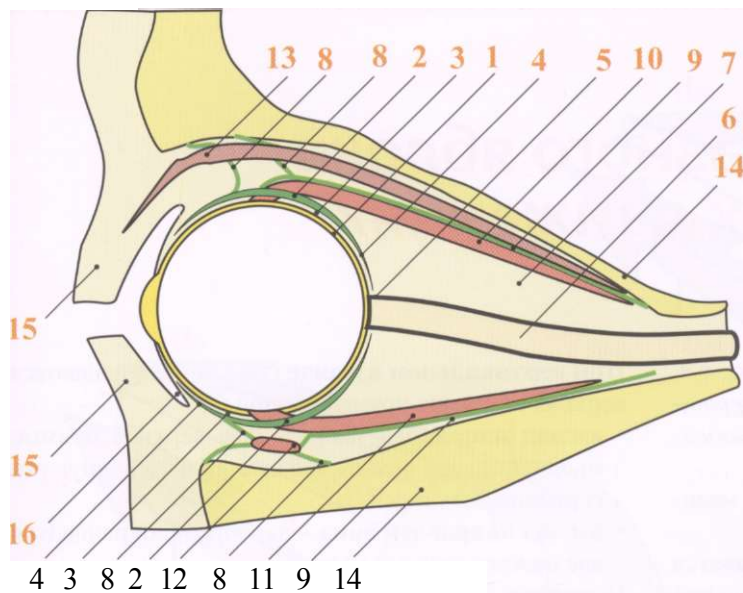


Рис. 52

Хотя имеет место **перекрестный синергизм** с нижними косыми мышцами: правая верхняя косая мышца с левой нижней косой мышцей и наоборот. Точно так же они являются **односторонними антагонистами**: правая верхняя косая мышца с правой нижней косой мышцей, и так же для левой стороны.

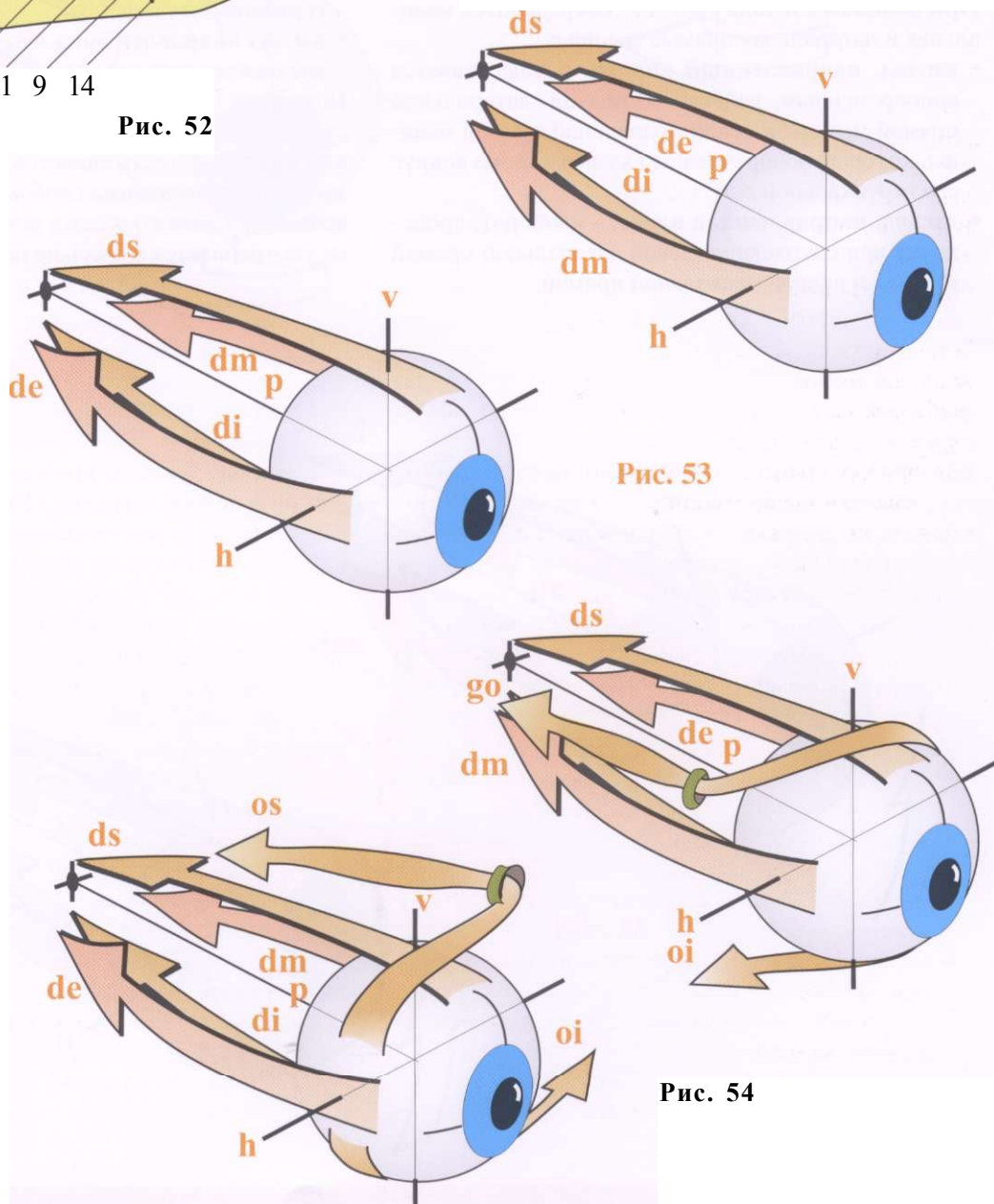


Рис. 53

Рис. 54

Участие мышц глазного яблока в прямолинейных движениях

Прямолинейные движения глазных яблок, т.е. взгляд, направленный *горизонтально или вертикально*, просто поддаются объяснению, если *задействовать только прямые мышцы*.

При боковом взгляде (рис. 55) сокращаются медиальная и латеральная прямые мышцы:

- **взгляд, направленный вправо**, осуществляется одновременным действием правой латеральной прямой мышцы и левой медиальной прямой мышцы, которые поворачивают глазное яблоко вокруг его вертикальной оси (v);
- **взгляд, направленный влево**. - наоборот, происходит при сокращении левой латеральной прямой мышцы и правой медиальной прямой.

При вертикальном взгляде (рис. 56) сокращаются верхняя и нижняя прямые мышцы:

- **взгляд направлен вверх** - две верхние прямые мышцы поворачивают глазное яблоко вокруг его горизонтальной оси (**h**);
- **взгляд направлен вниз** - наоборот, сокращаются две нижние прямые мышцы.

Исходя из этих двух типов движений, сферический сустав глазного яблока **ведет себя механически, как кардан**. То есть является суставом *с двумя осями и двумя степенями свободы*. Следует знать, что вращение глазного яблока вокруг его полярной оси не употребляется и здесь не показано.

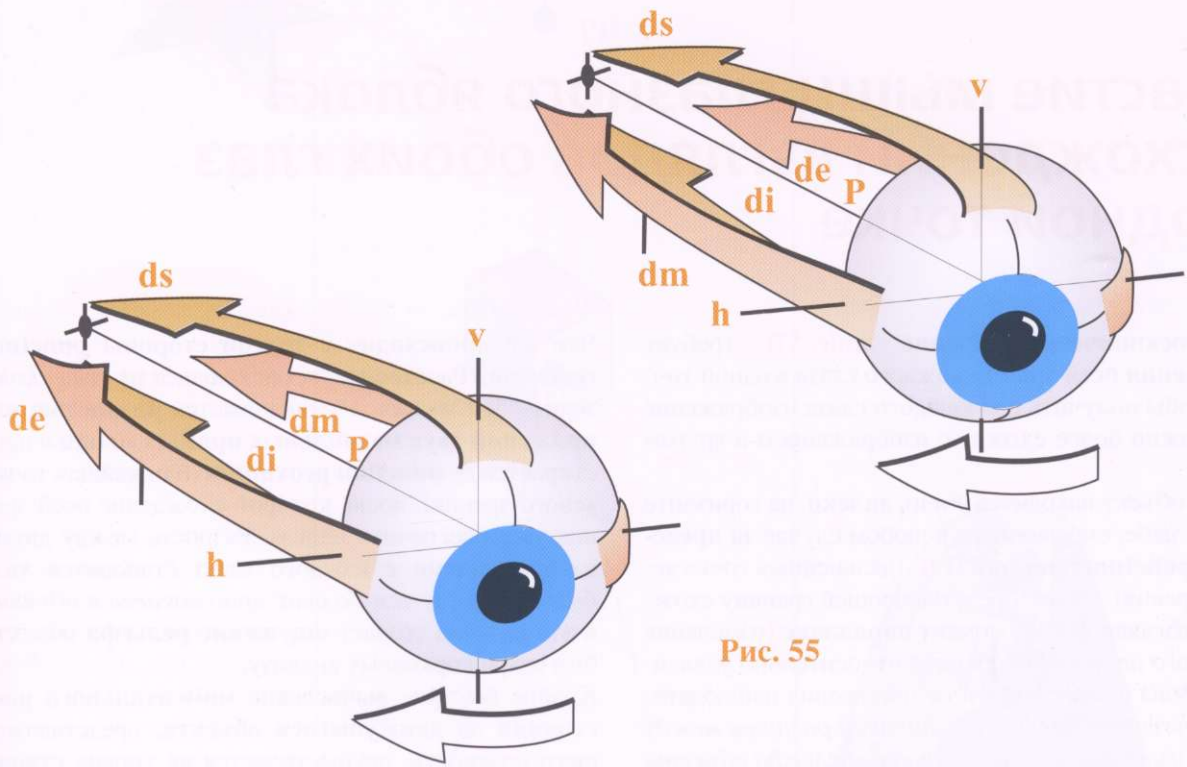


Рис. 55

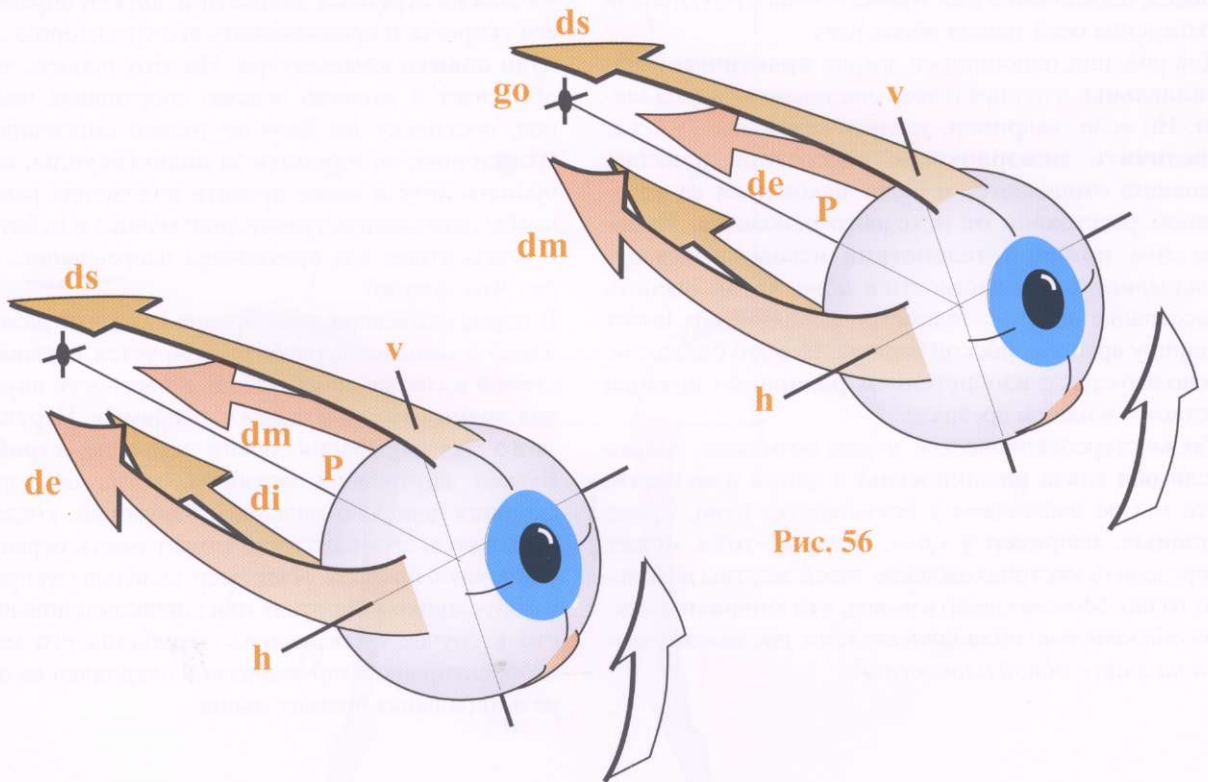


Рис. 56

Участие мышц глазного яблока в схождении взглядов обоих глаз в одной точке

Стереоскопическое зрение (рис. 57) требует схождения осей зрения каждого глаза в одной точке, чтобы получить для каждого глаза изображение как можно более схожее с изображением в другом глазе.

Когда объект находится **очень далеко**, на горизонте или на небе, он находится в любом случае **за пределами punctum remotum** (PR) (дальнейшая точка ясного зрения), точки, представляющей границу схождения взгляда. В этот момент **параллакс** (изменение видимого положения объекта относительно удаленного фона в зависимости от положения наблюдателя) исчезает, и больше нет *никакой разницы между двумя изображениями: ощущение рельефа объекта исчезает, и определить точное расстояние до объекта уже нельзя*. Телеметрия (глазомер) - интуитивное определение расстояния - зависит от степени схождения осей зрения обоих глаз.

Для punctum remotum оси зрения **практически параллельны**, что определяет *отсутствие параллакса*. Но если, например, удвоить основание (B), т.е. **увеличить межзрачковое расстояние**, punctum remotum отодвинется и будет находиться на удвоенном расстоянии от исходного основания. Именно этот **принцип телеметрии** использовался *артиллеристами*, в частности *в море*, чтобы оценить расстояние до цели: телеметрическая основа имеет ширину артиллерийской башни... Все это больше не используется с **изобретением радара**, но принцип остается в нашем арсенале.

Также стереоскопическое зрение возможно, только если **оба глаза расположены в одной плоскости**, что мы не наблюдаем у большинства птиц, кроме **хищных**, например у *орла*, который тоже может определить местонахождение своей жертвы довольно точно. Можно сделать вывод, что хищники **должны обязательно обладать глазами, расположенными на лице в одной плоскости!**

Что же происходит с другой стороны **punctum remotum**? Расстояние, происходящее из угла схождения осей зрения (**P**), оценивается **разностью напряжений двух медиальных прямых мышц** и простирается до **punctum proximum** (ближайшая точка ясного зрения), после которой схождение осей зрения уже обеспечить нельзя. Разность между двумя изображениями с каждого глаза становится *тем более важной, чем больше приближается объект*, и эта разница создает **ощущение рельефа** объекта благодаря корковому анализу.

Крайне быстрое вычисление **моментального расстояния до движущегося объекта**, представляющего опасность, осуществляется на уровне **ствола головного мозга**. Представим это мозговое действие у **теннисиста**, который видит приближение мячика на огромной скорости и должен определить его скорость и предположить его траекторию... Это **чудо нашего компьютера!** Но этот процесс также объясняет и раннюю пенсию спортивных чемпионов, поскольку им надо не только смоделировать траекторию, но и **понять за долю секунды**, какую принять позу и какое придать положение ракетке, чтобы перехватить траекторию мячика и отбить его в невероятном для противника направлении... Еще раз, что за чудо!

В норме схождение осей зрения каждого глаза *идеально и автоматически* регулируется нервной системой и сокращением мышц, в частности внутренних прямых мышц и наружных прямых. Нарушение этого регулирования носит название **страбизм**. Бывает внутренний страбизм, когда оси зрения сходятся довольно сильно, и наружный, когда оси расходятся. Эта патология может иметь нервную и мышечную природу. Например, если одна из прямых мышц слишком короткая или слишком длинная. Часто в случае *врожденного страбизма* его можно скорректировать *хирургической операцией* на одной из латеральных прямых мышц.



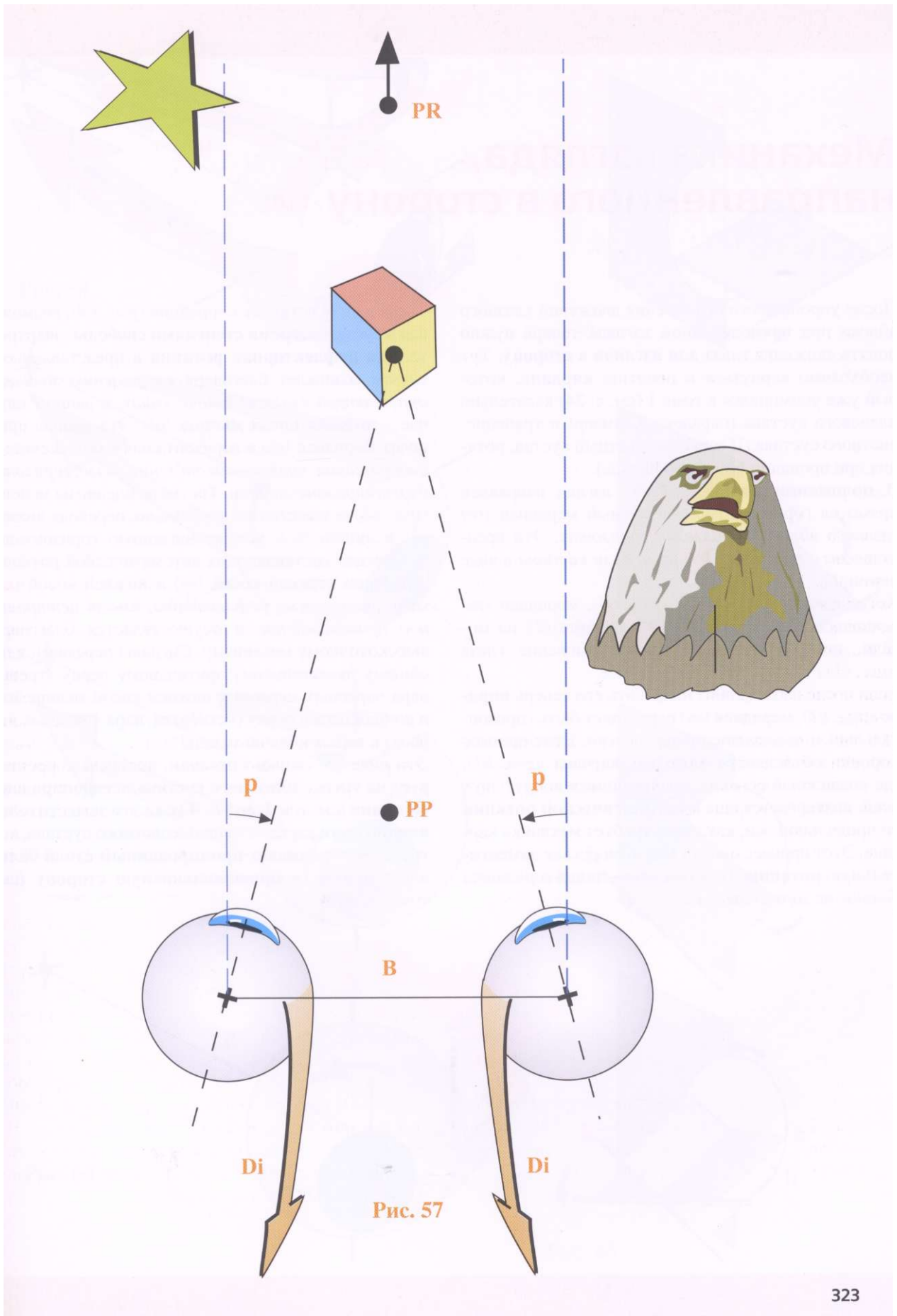


Рис. 57

Механика взгляда, направленного в сторону

После упрощенного объяснения движений глазного яблока при прямолинейном взгляде теперь нужно понять движения глаза для **взгляда в сторону**. Тут необходимо вернуться к понятию **кардана**, который уже упоминался в томе 1 (см. с. 24) касательно плечевого сустава (парадокс Кодмана) и трапециевидного сустава (**II** запястно-пястный сустав, ротация при пронации большого пальца).

В **положении покоя** (рис. 58) взгляд направлен прямо на горизонт, горизонтальный меридиан (т) глазного яблока *параллелен горизонту*. Это представлено справа (рис. 59) на модели кардана в виде линии (к).

Когда **взгляд опускается** (рис. 60), меридиан (т) *остаётся параллелен* линии горизонта (к) на модели, которая отражает данное движение глаза (рис. 61).

Если после взгляда вниз направить его теперь **вправо** (рис. 62), меридиан (т) перестанет быть горизонтальным и *наклонится вниз и влево*. Этот процесс хорошо объясняется моделью кардана (рис. 63), где подвижный сегмент, вращающийся вокруг двух осей, подвергается еще и **автоматической ротации** по продольной оси, как этого требует механика кардана. Этот процесс описал Мак Конзэлл как **заместительную ротацию**. В результате - *линия горизонта больше не горизонтальна*.

Тогда в силу вступает коррекция (рис. 64), возможная в суставе с **тремя степенями свободы**, энартрозе. Эта **рефлекторная ротация** в представленном случае возникает благодаря *сокращению мышцы, окружающей глазное яблоко снизу*, в данном случае - **нижняя косая мышца** (oi). Эта мышца приводит меридиан (т) в горизонтальное положение: *в изображении, полученном от этого глаза, горизонт будет горизонтальным*. Третье вращение на модели (рис. 65) осуществляет коррекцию, переводя линию (к) в линию (к'), устанавливающую горизонталь. Коррекция составляющих автоматической ротации действием верхней косой (os) и нижней косой (oi) мышц *полностью рефлекторна, имеет центральное происхождение* и осуществляется благодаря высокоточному механизму. Сигналы передаются по общему двигательному зрительному нерву (третья пара черепных нервов) к нижней косой мышце (oi) и по блоковому нерву (четвертая пара черепных нервов) к верхней косой мышце (os).

Это *тот же самый механизм*, который корректирует на уровне **плечевого сустава псевдопарадокс Кодмана** (см. том 1, с. 19). Также это **заместительная ротация** кардана трапециевидного сустава, который **поворачивает пронированный столб большого пальца в противоположную сторону** (см. том 1, с. 313).

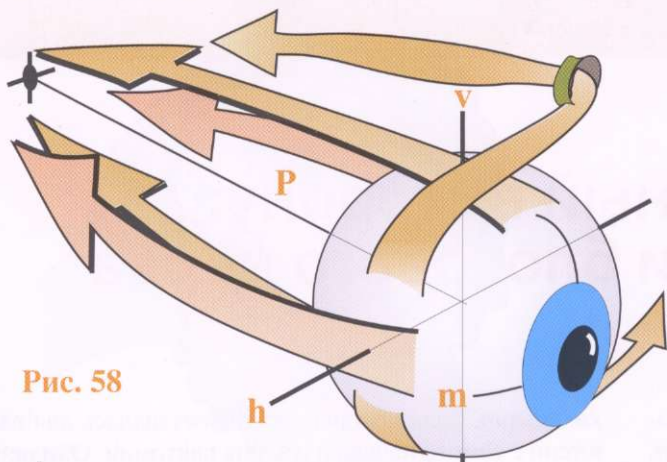


Рис. 58

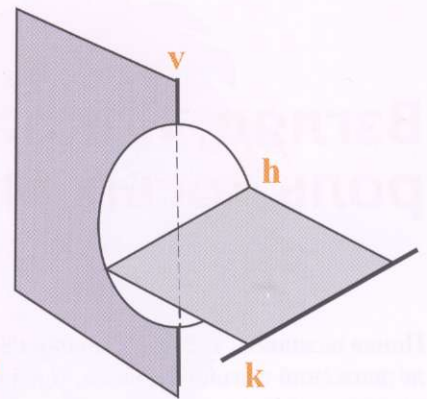


Рис. 59

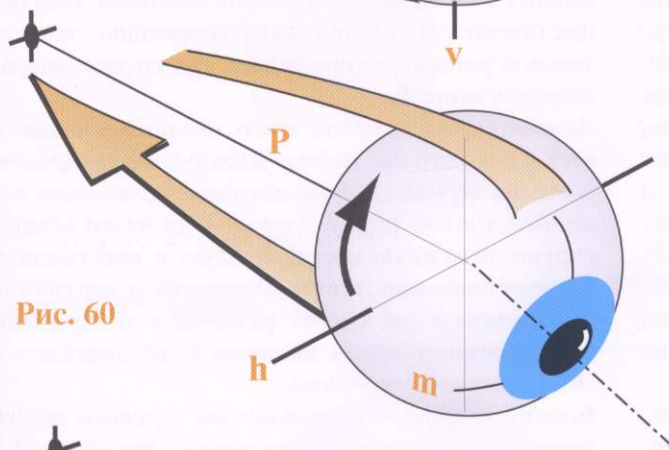


Рис. 60

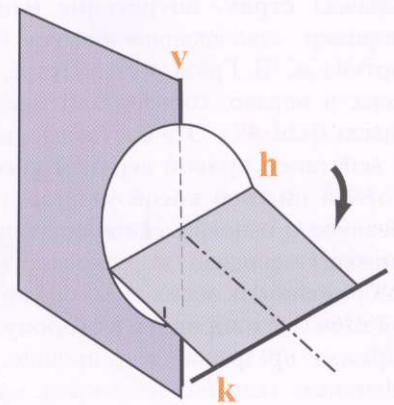


Рис. 61

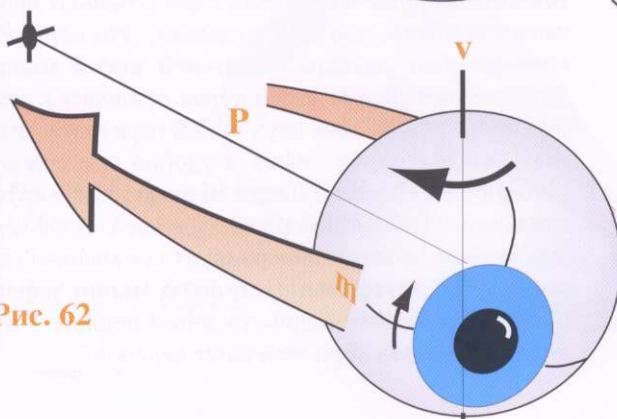


Рис. 62

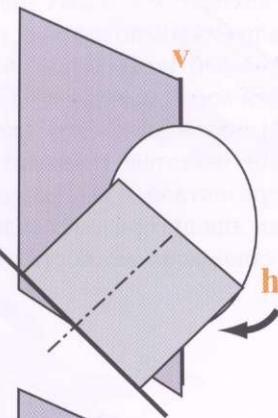


Рис. 63

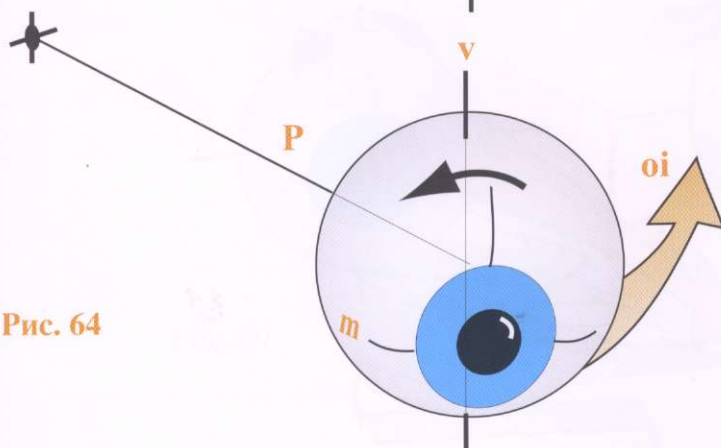


Рис. 64

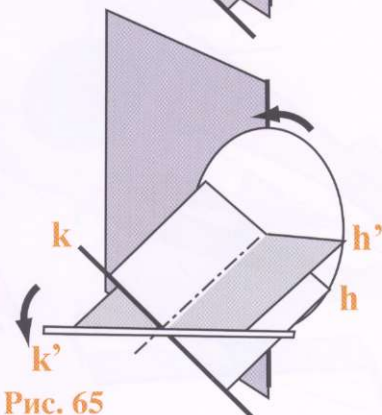


Рис. 65

Взгляд, направленный в сторону: роль косых мышц и блокового нерва

Поняв важность третьей степени свободы в контроле движений глазного яблока, теперь можно описать эти движения при взгляде, направленном в сторону. Когда взгляд **направлен вбок и вверх** (рис. 66), выражая **страх, потрясение** или **отчаяние**, как например, «заплаканная сестра» («Блудный сын», картина Ж.-Б. Грёза, музей Лувр), которая смотрит вверх и вправо, горизонталы наклоняются вниз и вправо (рис. 67). Эта составляющая корректируется действием **правой верхней косой мышцы (OS)** и **левой нижней косой мышцы (OI)**. Скоординированное и одновременное сокращение этих мышц приводит меридиан (γ) в плоскость горизонтали; на изображении от обоих глаз горизонт совпадает.

Когда взгляд **направлен в сторону и вниз** (рис. 68), выражая презрение или иронию, как, например, «Цыганка» (картина Ф. Хальса, музей Лувр), зрачки которой находятся в левых нижних углах, тогда горизонталы наклоняются вниз и влево (рис. 69). Сокращение левой нижней косой мышцы (OS) и правой нижней косой мышцы (OI) выпрямляют, выравнивают изображение. Это скоординированное одновременное действие приводит меридиан (γ) в плоскость горизонтали; в изображении, полученном от обоих глаз, линии горизонта совпадают.

Теперь нам стала ясна важность этих двух малень-

ких мышц, роль которых всегда оставалась для нас в тени с самого начала изучения анатомии. Они осуществляют автоматическую коррекцию заместительной ротации, возникающей при взгляде, направленном в сторону.

Замечательная сторона этого механизма заключается в том, что *две разные мышцы, иннервируемые разными нервами, одновременно и гармонично взаимодействуют друг с другом*. Они четко компенсируют ненужную составляющую и **восстанавливают совпадение линий горизонта и вертикали**, без которого два слегка различных изображения в **стереоскопическом видении** будут несовместимы и неверно восприняты.

Блоковый нерв, четвертая пара черепных нервов, является полностью двигательным. Это нерв *одной единственной мышцы - верхней косой мышцы*. Временный паралич этого нерва приводит к невозможности соединения двух линий горизонта от двух глаз, что, например, очень неудобно при вождении автомобиля. **Нижняя косая мышца** иннервируется **глазодвигательным нервом, третьей парой черепных нервов**, которая иннервирует все мышцы глаза, кроме двух: **латеральных прямых мышц**, иннервируемых тоже одним-единственным нервом - **отводящим {шестая пара черепных нервов}**.

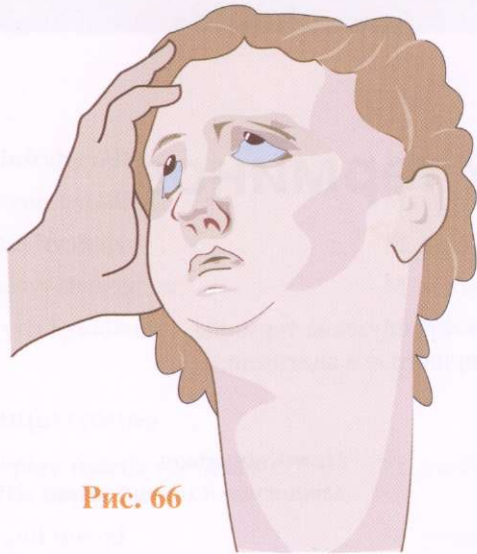


Рис. 66



Рис. 68

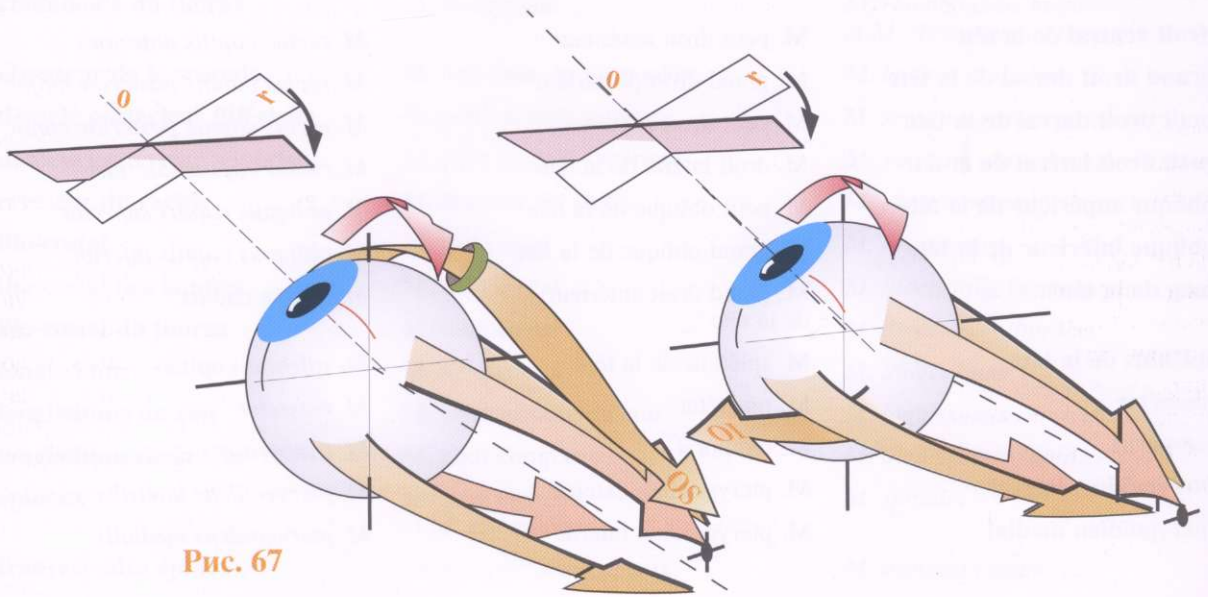


Рис. 67

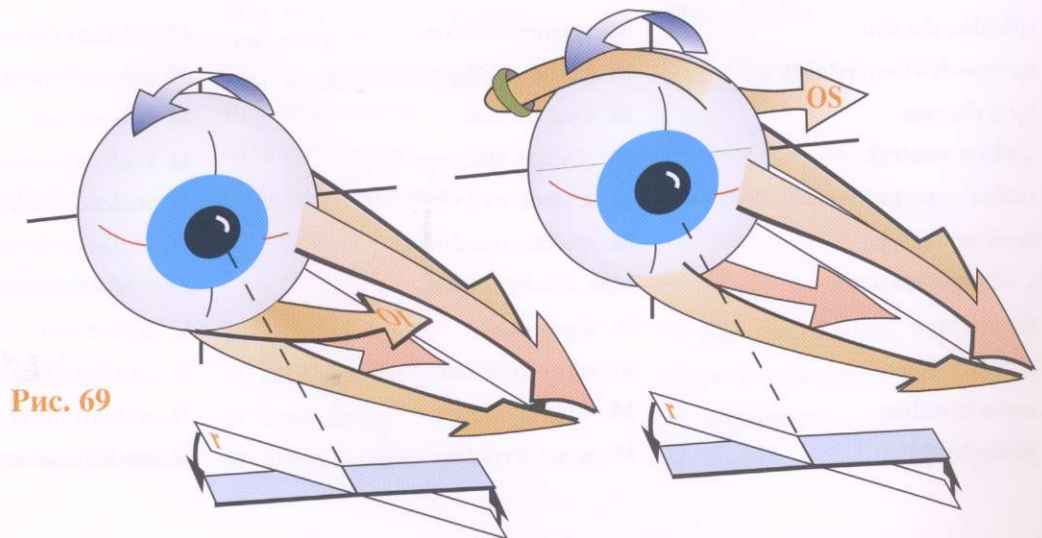


Рис. 69