

# РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПЕРЕЛОМОВ



## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

### Травма — самая частая причина выполнения рентгенографии

Лучевая диагностика травм

### Что такое перелом?

Биомеханика кости

Определение перелома

### Элементы описания переломов

Анатомическая локализация и протяженность перелома

Тип перелома: полный или неполный

Расположение отломков

Направление плоскости излома

Наличие особых признаков

Сопутствующие нарушения

Переломы, вызванные чрезмерной нагрузкой или патологическими процессами

### Переломы у детей

Описание локализации перелома

Проблемы исследования незрелой кости

Элементы описания переломов

Факторы, способствующие заживлению

### Вправление и фиксация переломов

Репозиция

Фиксация

### Лечение переломов

Срастание переломов трубчатых костей

Срастание переломов губчатых костей

Срастание кости после хирургической компрессии

Рентгенологический контроль срастания перелома

### Временной период срастания перелома

Факторы, влияющие на срастание переломов

Частота рентгенологического исследования в период срастания перелома

### Осложнения при заживлении перелома

Осложнения в области перелома

Отдаленные осложнения переломов

Разница в длине костей

Сопутствующие повреждения других тканей

Жизнеугрожающие осложнения

### Плохо диагностируемые переломы

Почему можно пропустить перелом на рентгенограмме?

Какие именно переломы не диагностируются?

### Краткое изложение ключевых вопросов

### Клинический пример

### Приложение: эпонимические названия переломов

## Травма — самая частая причина выполнения рентгенографии<sup>1–3</sup>

Травма — самое частое показание к рентгенографии костно-мышечной системы. Переломы и вывихи, составляющие большую часть травматических поражений, — одни из наиболее частых состояний, встречающихся в отделениях неотложной помощи, поликлиниках и сельских больницах. Врачи-реабилитологи принимают участие в различных этапах ведения пациента с травмой, в том числе в клиническом обследовании, послеоперационном уходе, определении повседневной активности и способности к ходьбе, профилактике осложнений связанных с иммобилизацией и, наконец, в восстановлении силы, диапазона движений и функциональных возможностей после лечения.

Преимущественным методом исследования скелетно-мышечной системы является стандартная рентгено-

графия. На стандартных снимках хорошо визуализируется большинство переломов и вывихов. Кроме того, для исследования областей со сложной анатомией применяется компьютерная томография (КТ), а магнитно-резонансная томография (МРТ) используется для оценки повреждений мягких тканей. При травме рентгенолог решает три основные задачи: 1) постановка диагноза и характеристика перелома или вывиха, 2) проверка соответствия вида травмы анамнезу и описанному механизму повреждения и 3) оценка результатов лечения и контроль сращения и вероятных осложнений.

## Лучевая диагностика травм<sup>4–17</sup>

Реабилитологи, которые ведут пациента после травмы, должны знать, какой метод визуализации выполнялся первоначально в отделении неотложной помощи — он

называется *первоначальной диагностикой травмы*. В некоторых случаях лучевая диагностика проводится непосредственно перед началом восстановительного лечения. В других случаях может быть показана *вторичная* оценка последующих снимков или дальнейшее рентгенографическое обследование для продолжения диагностического процесса после стабилизации состояния пациента.

### Визуализация при первоначальной диагностике травмы

Первоначальная диагностика травмы включает серию рентгенограмм или дополнительных методов визуализации, помогающих выявить и определить приоритетность повреждений у пациента с политравмой. У пациентов с высокоскоростными повреждениями (в результате ДТП или падения с большой высоты) диагностика травмы проводится в следующих рентгенографических проекциях:

- *Боковая проекция шейного отдела позвоночника*: выявление грубой нестабильности, переломов, вывихов.
- *Переднезадняя (ПЗ) проекция грудной клетки*: выявление гемоторакса, пневмоторакса, ушиба легких.
- *Переднезадняя проекция таза*: выявление переломов, кровотечения.

Возможные дополнительные методы диагностики травмы в зависимости от клинических симптомов и доступности методов визуализации, включают:

- *FAST (фокусированное УЗИ органов брюшной полости)*: определение свободной жидкости в брюшной полости.

- *КТ головы*: выявление внутричерепного кровотечения.
- *КТ шейного отдела позвоночника*: дальнейшая оценка перелома, особенно краниовертебрального и шейно-грудного сегментов, плохо различимых в боковой проекции.
- *КТ органов груди, живота и таза с контрастированием или без него*: определение повреждений органов брюшной полости и таза.
- *Рентгенография пояснично-грудного отдела позвоночника в боковой проекции*: общая оценка нестабильности, переломов и вывихов
- *Рентгенография конечностей*: выявление переломов и вывихов.

В некоторых травматологических центрах компьютерная томография, выполняемая при повреждениях головы, грудной клетки, живота и таза, используется также и вместо рентгенографии для выявления переломов позвоночника. Исследования показывают, что подобного рода практика сокращает время обследования, затраты, а также рентгенографические «пропуски» переломов, плохо выявляемых на стандартных рентгенограммах. Современные КТ-сканеры способны реконструировать изображение позвоночника и одновременно проводить исследование внутренних органов. Таким образом, там, где это возможно, КТ служит окончательным рентгенологическим исследованием у большинства пациентов с политравмой.<sup>17</sup>

Диагностика травмы включает также выявление опасных жизнеугрожающих повреждений. Хотя ортопедические состояния не относятся к приоритетным в большинстве случаев травмы, в некоторых случаях существует ряд состояний, которые сами по себе требуют неотложных действий для предотвращения серьезных осложнений.

**ТАБЛИЦА 3-1** • Повреждения, требующие срочных действий

Повреждение	Возможное осложнение	Комментарий
<b>Переломы</b>		
Перелом таза	Кровотечение	В половине случаев переломов таза требуется переливание крови
Перелом бедренной кости	Кровотечение	Возникает при закрытых переломах
Множественные и оскольчатые переломы	Жировая эмболия	Развивается через 12–72 часа после перелома
Перелом в области локтевого сустава	Повреждение плечевой артерии	Связано с надмыщелковым переломом
Проксимальный перелом плечевой кости	Повреждение подмышечного нерва	Парестезия дельтовидной области
<b>Вывихи</b>		
Вывих плеча	Повреждение подмышечной артерии Плечевое сплетение, повреждение подмышечного нерва	Разрывы артерий вначале могут быть бессимптомными, затем развивается окклюзия артерии
Вывих предплечья	Повреждение плечевой артерии, срединного и локтевого нервов	Повреждения нервов в основном проявляются временным параличом (нейропраксией). Тем не менее, проверяйте чувствительность и активные движения дистальнее места вывиха
Вывих бедра	Повреждение бедренной артерии Повреждение бедренного нерва	
Вывих в коленном суставе	Повреждение подколенной артерии Повреждение малоберцового нерва	

Переломы, способные осложниться кровотечением, жировой эмболией или повреждением сосудисто-нервного пучка, нуждаются в срочном лечении<sup>2</sup> (табл. 3-1).

### Укладка пациента для проведения рентгенографии при травме<sup>18</sup>

Нередко необходимо некоторое изменение стандартного рентгенографического исследования в случае травмы. Для пациентов с высокоскоростной травмой при диагностике наиболее важным для исследования отделом скелета является шейный отдел позвоночника, так как именно здесь происходит более половины травм спинного мозга. Не следует изменять стабильное положение пациента во время рентгенографии шейного отдела в боковой проекции. Для этой проекции используется горизонтальный пучок рентгеновских лучей. Центральный луч проходит в латеральном направлении через шейный отдел, параллельно столу, откуда и пошло выражение «проекция горизонтальным пучком» (англ.: *cross-table lateral view*; буквально — боковая проекция через стол, прим. ред.). Если положение позвонков неправильное, возникает подозрение на перелом, вывих и потенциальную угрозу для спинного мозга, что обычно требует дальнейшего исследования с помощью КТ.

При переломах конечностей выполняется рентгенография как минимум в двух взаимно перпендикулярных проекциях. Таким образом обеспечивается трехмерная оценка повреждения. Все попытки направлены на получение снимков в переднезадней и боковой проекциях, поскольку именно они наиболее привычны для клиницистов. Далеко не всегда удается обеспечить идеальное положение пациента, особенно при наличии таких препятствий как наложенная при первичной помощи шина, сильная боль, опасность дальнейшего повреждения при принудительном движении конечности или же отсутствии контакта с пациентом. Вполне достаточно двух косых проекций под углом 90° друг к другу. К тому же, приспособившись к нестандартным условиям, рентгенолог старается выдерживать перпендикулярное направление пучка к анатомическим структурам и приемнику изображения. При таком положении обеспечивается лучшая визуализация и уменьшается искажение на рентгенограмме. В отдельных случаях приходится допускать компромиссное расположение, при котором пучок проходит под углом, что приводит к соответствующим искажениям на снимке.

## Что такое перелом?<sup>19–24</sup>










### Биомеханика кости

Кость состоит из клеток, расположенных во внеклеточном матриксе из неорганических минеральных веществ и органического коллагена. Минеральные вещества в матриксе придают кости прочность и твердость, а коллаген — эластичность и упругость. Сочетание двух типов костной ткани — губчатого и кортикального вещества, придают оптимальную для ее собственной массы прочность.

По своим характеристикам кость относится к *упругоэластическим* материалам. Это подразумевает деформацию кости при физической нагрузке и возвращение к исходной форме после прекращения нагрузки. Объем нагрузки, которую может выдержать кость, зависит от многих факторов, включающих геометрическую конфигурацию кости, физиологическое состояние кости, вид и степень нагрузки. Если прилагаемая нагрузка превышает устойчивость кости — кость ломается. Переломы могут быть вызваны *прямой или непрямой травмой*, то есть, прямым воздействием нагрузки на кость или воздействием силы в другом месте и ее передачей на кость.

Неопытный рентгенолог при анализе рентгенограмм будет сильно удивлен, насколько часто встречаются одинаковые типы переломов среди пациентов. Конфигурация перелома редко бывает уникальной. Более того, модели переломов можно спрогнозировать на основе упругоэластических свойств кости в сочетании с направлением действующей силы. В таблице 3-2 кратко представлены типы

**ТАБЛИЦА 3-2** ● Обзор биомеханики переломов длинных костей

Механизм повреждения	Тип перелома	Расположение мягкотканного шарнира	Проявление
<b>Прямое воздействие</b>			
Перпендикулярное	Поперечный	Вогнутое	
Раздавливание	Оскольчатый	Разрушен	
Проникающее: Низко- скоростное Высоко- скоростное	Оскольчатый	Различное	
	Оскольчатый	Разрушен	
<b>Непрямое воздействие</b>			
Сгибание	Поперечный	Вогнутое	
Скручивание	Винтообразный	В вертикальном сегменте	
Компрессия + сгибание	Косо-поперечный или по типу «бабочки»	Вогнутый или на стороне бабочки	
Компрессия + сгибание + скручивание	Косой	Вогнутость (часто разрушена)	
Вытяжение	Отрывной перелом	Провисающая связка	

переломов длинных костей и соответствующие им проявления, воздействующие силы и местоположения мягкотканного шарнира. Термин *мягкотканый шарнир* обозначает интактные мягкие ткани, прилежащие к диафи-зу, служащие вспомогательным средством для помощи при репозиции и стабилизации переломов со смещением.

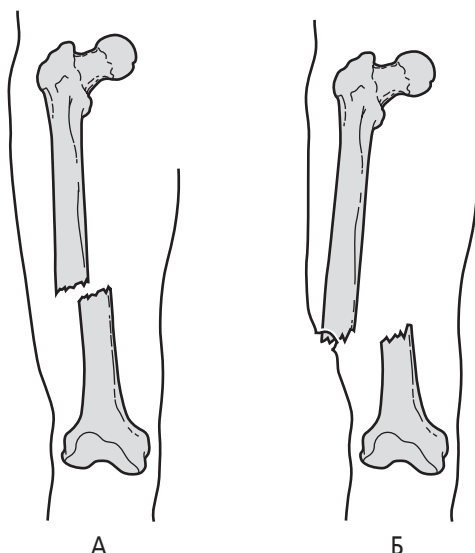
### Определение перелома

Перелом — нарушение структурной целостности кости или хряща. Для описания переломов в рентгенологическом заключении используются анатомические и стандартные термины. Такая формальность необходима для того, чтобы обеспечить доступность точной информации для всех клиницистов, участвующих в лечении пациента. Эпонимы (например, *перелом Коллиса*) обычно используются в устных обсуждениях, но не в рентгенологических отчетах из-за их общоописательного характера, неполного соответствия анатомии и частой ошибочной интерпретации.

Клинически переломы разделяются на основе их сообщения или несообщения с внешней средой. *Закрытым переломом* называют такой перелом, кожа и мягкие ткани над которым не повреждены (рис. 3-1). *Открытым* называется любой перелом, сопровождающийся разрывом кожи, вне зависимости от площади раны. В прошлом использовали определения *простой* и *сложный перелом*; однако из-за двусмысленности (например, *сложный* нередко служил эквивалентом *оскольчатому*) они уже давно не применяются в диагностической терминологии.

### Элементы описания переломов<sup>1,21–27</sup>

Описание переломов в рентгенологических отчетах не имеет единых стандартов, широко варьирует стиль, объ-



**Рисунок 3-1** (А) *Закрытый* перелом не сообщается с внешней средой. (Б) *Открытый* перелом отличается наличием дефекта кожи, и место перелома уязвимо для инфекции извне.

ем и формат. Клиническое ведение переломов начинается с тщательного его определения и описания. Green-span<sup>1</sup> установил семь пунктов, обязательно включаемых в рентгенологическое описание переломов:

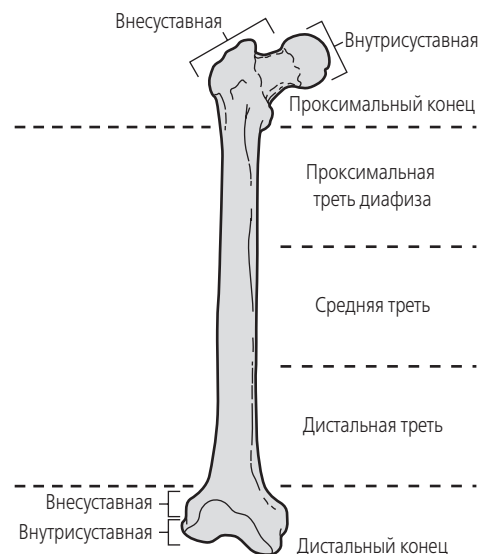
1. Анатомическая локализация и протяженность перелома.
2. Тип перелома — полный или неполный.
3. Расположение отломков.
4. Направление линии перелома.
5. Наличие особых признаков, таких как *вклинение* или *отрыв*.
6. Наличие сопутствующих нарушений, например, вывиха сустава.
7. Особые типы переломов, возникающие в результате чрезмерной нагрузки или же возникающие вторично в результате патологического процесса в кости, например, стрессовый перелом или патологические переломы.

Ниже подробно рассмотрен каждый из семи пунктов.

### Анатомическая локализация и протяженность перелома

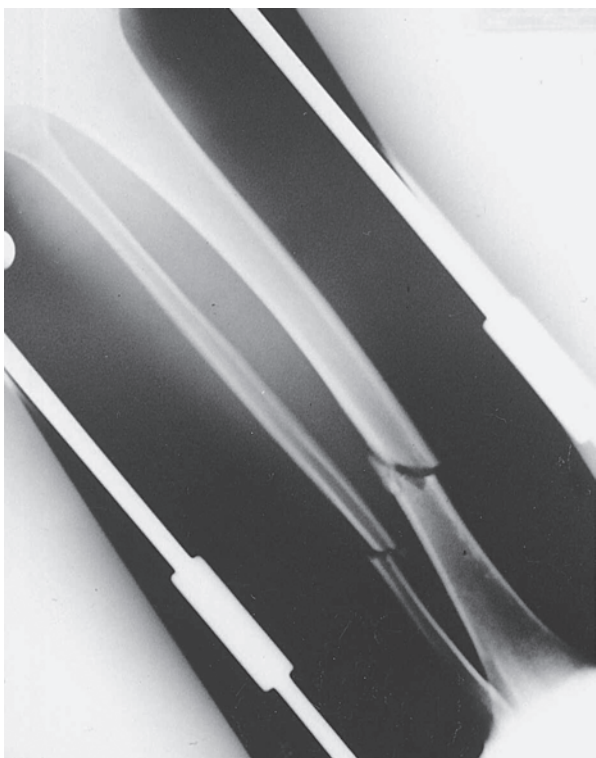
Для определения местоположения перелома необходимы контрольные точки (рис. 3-2). *Диафиз* длинной кости разделен на трети. Переломы могут возникать в проксимальной, средней или дистальной трети диафиза или на их границе, например, на границе средней и проксимальной трети. Концы длинной кости обозначаются как *дистальный* и *проксимальный*, а каждый из них разделяется на внесуставной и внутрисуставной отделы (рис. 3-2). Внутрисуставной отдел представлен суставными поверхностями. Переломы могут переходить из внесуставных во внутрисуставные (рис. 3-4).

Контрольными точками для плоских или неправильной формы костей могут служить как *внутрисуставные*,



**Рисунок 3-2** Расположение ориентиров длинных костей.





**Рисунок 3-3** Перелом обеих костей правой голени. Эти переломы считаются полными, и возникают у границы средней и дистальной трети диафизов. Линия перелома косая на малоберцовой кости и косая на большеберцовой кости с осколком. В обоих местах переломов сохраняется определенный уровень сопоставления отломков, что позволяет обозначить их как минимально смещенные с небольшим боковым отклонением дистального фрагмента.

так и внесуставные отделы. Помимо этого, все кости имеют стандартные анатомические ориентиры или сегменты, такие как, *хирургическая шейка плечевой кости, межвертельная область бедренной кости, надмыщелковый сегмент дистального отдела бедренной кости или медиальная лодыжка большеберцовой кости.*

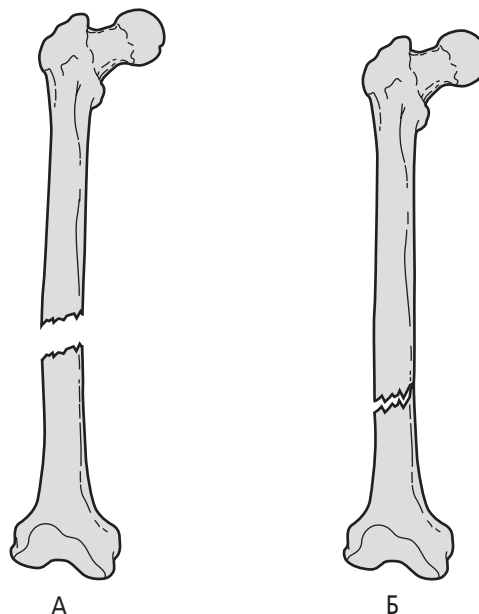
### Тип перелома: полный или неполный

**Полный перелом** — перелом с разрывом всего кортикального вещества кости (рис. 3-5). При полном переломе цельная кость превращается в два фрагмента (рис. 3-6). Если перелом включает более двух фрагментов, то он классифицируется как *оскольчатый* перелом.

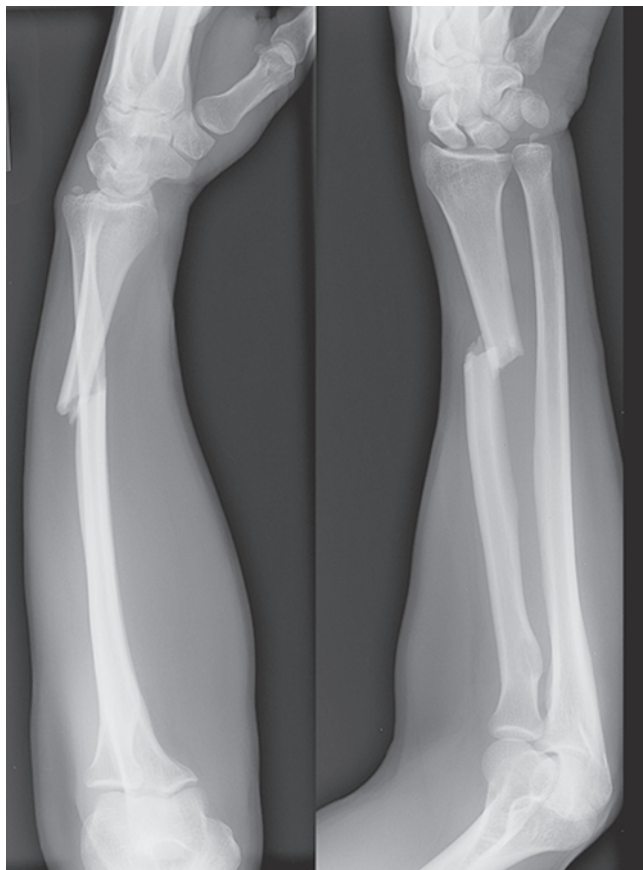
При **неполном переломе**, напротив, разрушается только одна часть кортикального вещества (рис. 3-7). В принципе неполные переломы относительно стабильны и способны сохранять свое положение неопределенно долго, если не произойдет дополнительного воздействия силы. Неполные переломы возникают преимущественно в коротких, плоских неправильной формы костях. Имеется несколько типов переломов, возникающих исключительно у детей; они описаны ниже, в разделе «Неполные переломы».



**Рисунок 3-4** Внутрисуставной перелом дистального отдела лучевой кости. Стрелки указывают на протяженность линии перелома. Линия перелома косая, проходит от метафиза по лучевой стороне кости к внутрисуставной поверхности. Перелом полный, с минимальным угловым смещением и минимальным смещением по оси.



**Рисунок 3-5** (А) Полный перелом. Разрыв всех кортикальных слоев с образованием двух фрагментов. (Б) Неполный перелом. Один из кортикальных слоев сохранен.



**Рисунок 3-6** Снимки предплечья в боковой и заднепередней (ЗП) проекции. Полный перелом на границе средней и дистальной трети лучевой кости. Линия перелома косая. Дистальный фрагмент смещен в дорзальном и латеральном направлениях. Имеется разрыв дистального лучелоктевого сустава, что лучше видно по тыльному смещению дистального сегмента локтевой кости, как показано в боковой проекции. Такое сочетание повреждений возникло в результате падения на вытянутую руку и известно под названием повреждение Галеацци (снимок предоставлен J. C. Hunter, MD, University of California, Davis School of Medicine).

### Расположение отломков

Дальнейшее описание перелома требует определения расположения одного фрагмента кости относительно другого. Обычно указывают расположение дистального фрагмента по отношению к проксимальному. Для точного описания взаимного расположения необходимы некоторые термины.

*Положение* означает положение отломков относительно их нормальной анатомической локализации. Изменение положения — *смещение*. Смещение отломков происходит при нарушении сопоставления или контакта между поверхностями фрагментов. Направление смещения (дистального фрагмента) может быть *медиальным, латеральным, передним, задним, верхним или нижним* (рис. 3-8). Степень смещения определяется такими понятиями как *одна ширина кортикального слоя, половина ширины диафиза или полная ширина диафиза*. Кроме



**Рисунок 3-7** Неполный перелом основания проксимальной фаланги четвертого пальца кисти (или безымянного пальца). Заметно неправильное положение пястно-фалангового сустава, указывающее на возможный подвывих или вывих. Обратите также внимание на значительный отек мягких тканей.

того, смещение может возникнуть в результате вытяжения, захождения костных отломков один за другой, или ротации фрагментов. Переломы без смещения, наоборот, имеют определенную степень контакта, сохраняющуюся между фрагментами кости.

*Сопоставление* — это соотношение продольной оси одного фрагмента к другому. Фрагменты перелома сопоставлены если продольные оси отломков совмещены или параллельны (рис. 3-9). Отклонения возникают в результате *углового* смещения фрагментов перелома. Угловым смещением обозначается либо направление смещения дистального фрагмента относительно проксимального (например, *медиальный поворот места перелома [медиальная вершина] с латеральным угловым смещением дистального фрагмента*), либо направление *вершины угла*, сформированного фрагментами перелома (например, *ладонный угол с дорсальным вращением дистального фрагмента кзади*).

### Направление плоскости излома

*Направление* плоскости излома или линии перелома определяется относительно продольной оси трубчатой кости. Плоскости излома для костей неправильной формы описывают относительно кортикального слоя. Линии перелома могут быть *поперечными, продольными, косыми или спиральными* (рис. 3-10).

*Поперечная* линия перелома в результате сгибающего усилия возникает под прямым углом к продольной оси кортикальной пластинки кости. *Продольная* плоскость излома проходит параллельно диафизу.

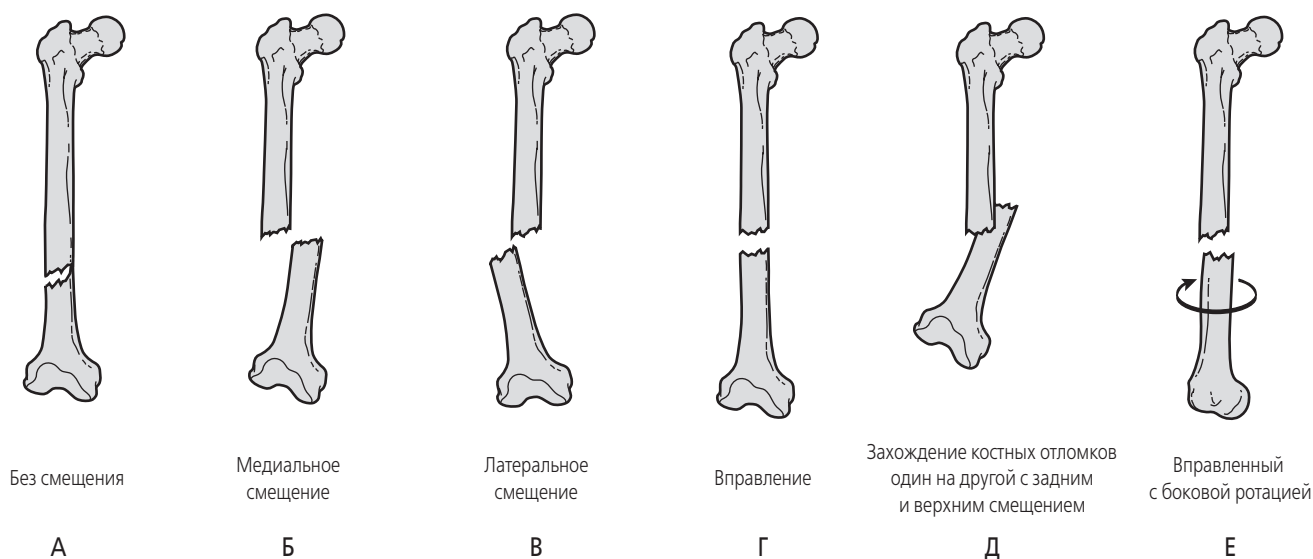


Рисунок 3-8 (А–Е). Положение фрагментов кости следует описывать по смещению дистального фрагмента относительно проксимального.

**Косой перелом** — перелом с диагональным направлением плоскости излома в результате сочетанного воздействия компрессии, сгибания и скручивания. **Винтообразная** плоскость излома, закрученная вдоль продольной оси представлена в переломе вследствие воздействия скручивающей силы. На первый взгляд, винтообразные и косые линии на рентгенограммах выглядят одинаково. Тем не менее, винтообразный перелом можно определить по вертикальному сегменту и острым зубчатым границам. Винтообразный перелом может сопровождаться большим разрывом поверхности, чем косой перелом, однако обычно имеет преимущества при срастании. Из-за конфигурации фрагментов кости, их сопоставление более точное, и обеспечивает быстрое заживление.

**Оскольчатый перелом** не всегда имеет четкое направление, потому что данный термин относится к любым переломам более чем с двумя фрагментами. Распространенный тип оскольчатого перелома с фрагментом в форме бабочки — клиновидным отломком основного фрагмента, вторичный относительно сочетанного воздействия компрессионных и сгибающих сил. **Сегментарные** переломы также относятся к оскольчатым. В этом случае кость разделяется на сегменты более чем одной линией перелома (рис. 3-11, 3-12).

Оскольчатые переломы обычно возникают в результате воздействия высокоэнергетических сил, например, ударной силы при ДТП. Определение *оскольчатый* используется для описания любого перелома более чем с двумя фрагментами, будь их 20 или 200. Существует множество методов определения объема оскольчатых фрагментов: проценты, данные в сантиметрах или описания с определениями *минимальный, небольшой или значительный*.

На рентгенограмме линии перелома отчетливо определяются по их рентгенонегативности. Рентгенонегативность является результатом острого кровотечения в месте перелома и наличия пространства между фрагментами. Величина пространства коррелирует со степенью смещения фрагментов перелома.

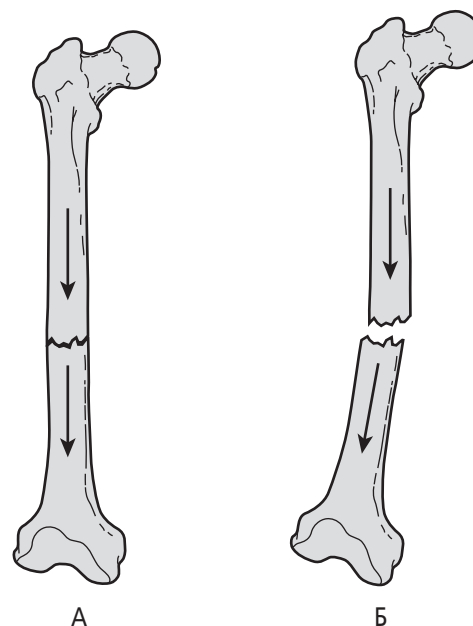


Рисунок 3-9 Сопоставление — взаимное расположение продольных осей фрагментов кости. (А) Хорошее сопоставление отломков. (Б) Неправильное сопоставление с поворотом дистального фрагмента.

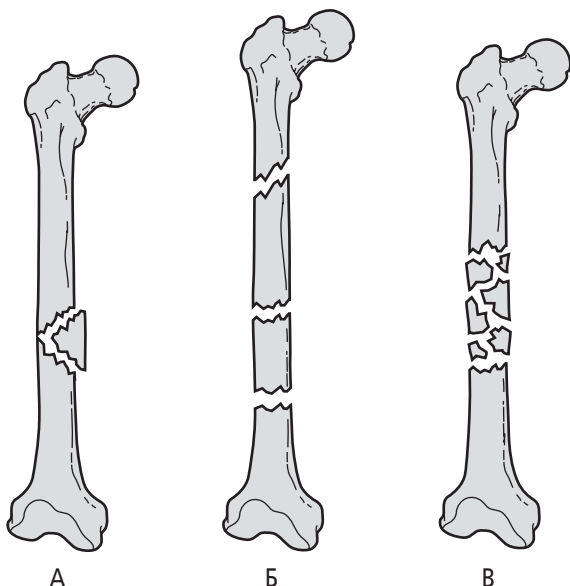
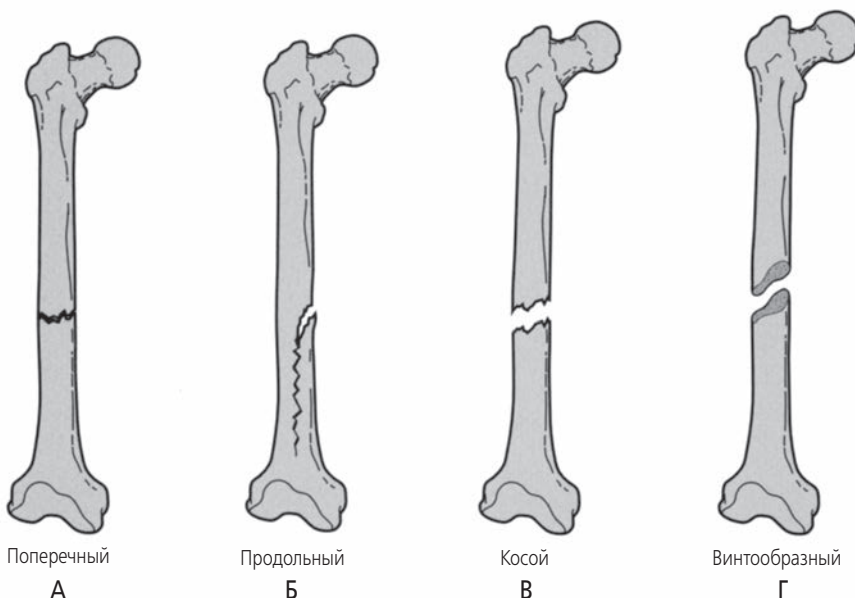
### Наличие особых признаков

К особым типам переломов относятся *вколоченные* и *отрывные* (рис. 3-13). Переломы эпифиза и ростковой пластинки являются особым видом переломов у детей и будут рассмотрены в соответствующем разделе.

### Вколоченные переломы

Вколоченные переломы возникают при сдавливающей силе, связанной с осевой нагрузкой. При этом повреждении

**Рисунок 3-10 (А-Г).** Направление линий перелома описывается относительно продольной оси кости.



**Рисунок 3-11** Оскольчатыми считаются любые переломы более чем с двумя отломками. Некоторые из часто встречающихся типов оскольчатых переломов: (А) клиновидный или по типу «бабочки», (Б) двух- или трехсегментарный перелом. (В) Другие переломы с множественными осколками, будь их несколько или несколько сотен, также называются оскольчатыми.

кость вколачивается сама в себя. Трабекулы сдавливаются или складываются друг в друга. Это происходит преимущественно в областях губчатого вещества кости, так как пористая структура обеспечивает возможность компрессии, необходимой для вколочения. При вколоченных переломах остается в некоторой степени естественная стабильность, что вместе с плотным контактом фрагментов создает преимущества для сращения перелома.

Существует две формы вколочения — *вдавленные переломы*, при которых одна поверхность кости входит в дру-

гую, и *компрессионные переломы*, при которых обе поверхности кости с силой стремятся друг к другу. К примеру, *вдавленный перелом плато большеберцовой кости* возникает в результате ударного воздействия более прочного по структуре свода дистального мыщелка бедренной кости относительно более слабого плоского плато большеберцовой кости. *Компрессионный перелом тела позвонка*, с другой стороны, происходит при осевой нагрузке на позвоночник, сдавливающей тело позвонка между смежными верхним и нижним позвонками (рис. 3-14).

На рентгенограмме вколоченные переломы выглядят как *рентгенопозитивные* из-за повышенной плотности сдавленных трабекул.

### Отрывные переломы

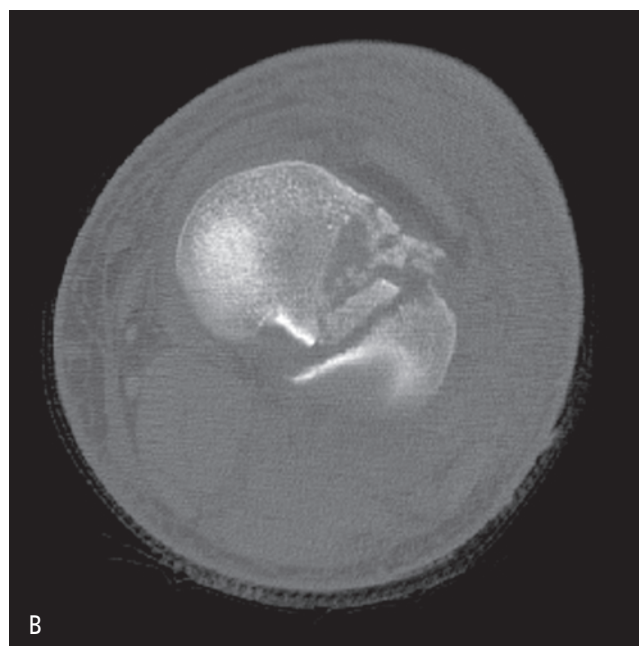
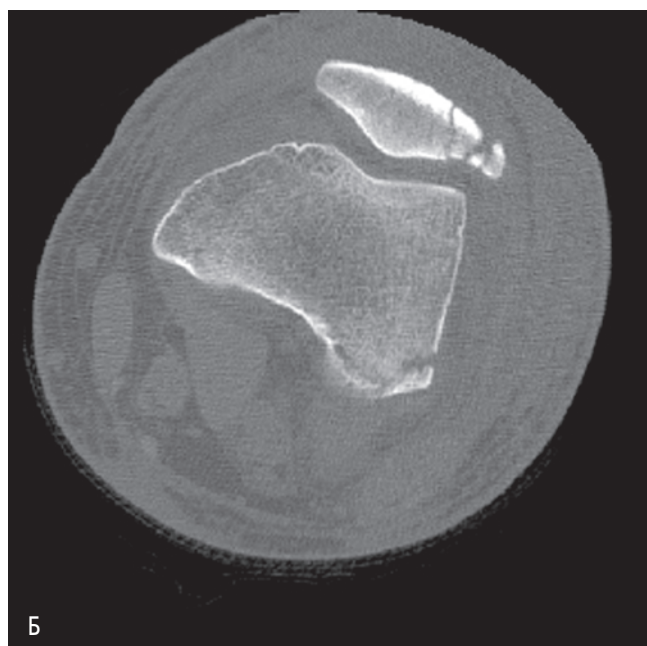
Отрывные переломы возникают при действии силы натяжения на кость. Фрагменты кости отрываются или смещаются от основного тела кости вследствие активного сокращения мышцы или пассивного сопротивления связки силе растяжения. Отрывные переломы происходят у костных выступов, служащих местами прикрепления мышц, сухожилий и связок. Отрывные переломы описывают по анатомическим ориентирам, например, *отрыв бугра пяточной кости в месте прикрепления пяточного сухожилия* (рис. 3-15).

На рентгенограмме отрывные переломы выглядят *рентгенонегативными* в результате кровотечения и наличия пространства между отломками и основным телом кости.

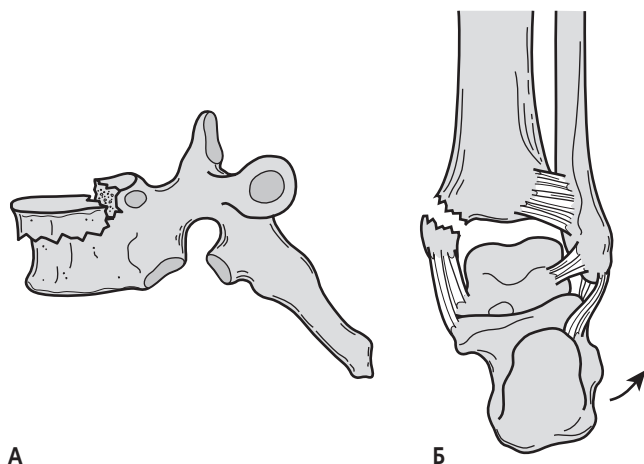
### Сопутствующие нарушения

Сопутствующие переломам нарушения многообразны. *Подвывихи* и *вывихи* смежных суставов относятся, пожалуй, к наиболее частым повреждениям, связанным с переломами (рис. 3-16). Вовлечение прилежащих мягких тканей

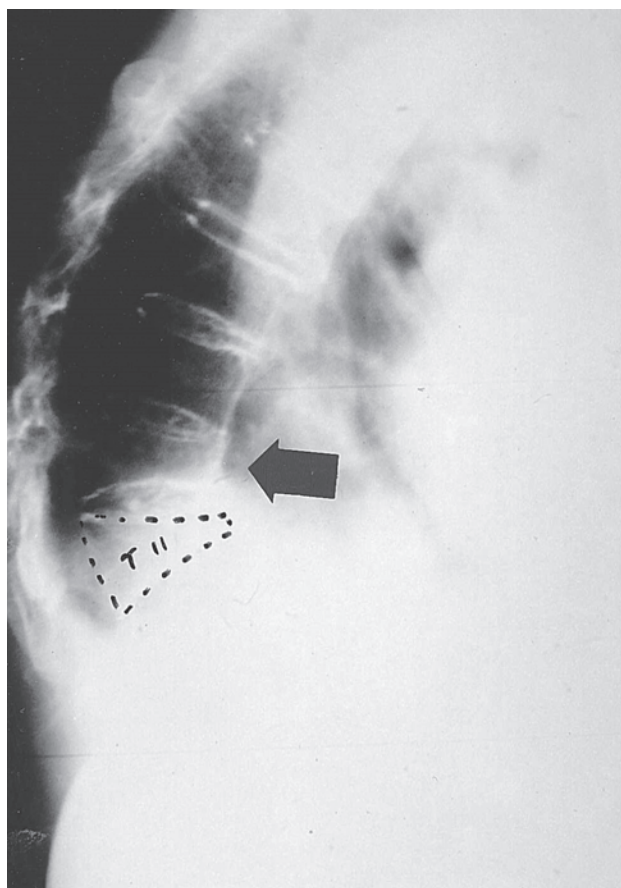




**Рисунок 3-12** (А) Рентгенограмма коленного сустава в переднезадней проекции. Видны оскольчатые переломы проксимального отдела большеберцовой кости и надколенника. (Б) Аксиальная КТ: оскольчатый перелом надколенника и заднелатерального мыщелка бедренной кости. (В) Аксиальная КТ: оскольчатый перелом проксимального отдела большеберцовой кости (снимок предоставлен J. C. Hunter, MD; University of California, Davis School of Medicine).



**Рисунок 3-13** К особым типам переломов относятся (А) вколоченные, возникающие, например, при компрессионном переломе тела позвонка, или (Б) отрывные, например отрыв медиальной лодыжки при вывороте лодыжки при фиксированной стопе.



**Рисунок 3-14** Множественные компрессионные переломы грудных позвонков. Четко выражен тяжелый остеопороз. Кортикальные пластинки многих тел позвонков давно исчезли из-за деминерализации, поэтому форма тел зависит преимущественно от сохранившихся фиброзных дисков. Крупная стрелка указывает на T10, который коллапсировался из-за множественных компрессионных переломов и приобрел клиновидную форму. T11 деформирован сходным образом, но закрыт мягкими тканями.



**Рисунок 3-15** Боковая проекция стопы с отрывным переломом бугра пяточной кости. Отломок (стрелка) сместился вверх, а не прикрепленное теперь сухожилие — кзади. Пунктирными линиями отмечены зоны нормального контакта фрагмента с основным телом кости (снимок предоставлен Laughlin Davis, MD).

возникает также часто, как и разрыв суставной капсулы, связок, межкостной мембраны между длинными костями предплечья или межберцового синдесмоза. В некоторых случаях разрывы мягких тканей можно заподозрить на стандартной рентгенограмме, однако для точного диагноза требуются дополнительные методы визуализации.

### Переломы, вызванные чрезмерной нагрузкой или патологическими процессами

#### Стрессовые переломы

Стрессовые переломы обозначаются также как микропереломы, усталостные переломы, «маршевая стопа». Существует два механизма возникновения стрессовых переломов, первый — повторяющаяся незначительная травма здоровой кости. Постоянное частое воздействие низких нагрузок не дает кости достаточного времени для сращения и ремоделирования. Подобные стрессовые переломы выявляются чаще всего на нижних конечностях; ярким примером служит перелом плюсневых костей, связанный с продолжительными прогулками, маршировкой или бегом. Вторым механизмом возникновения стрессовых переломов служит нормальная нагрузка на

# ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА



## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

### Анатомия

Костная система  
Анатомия связок  
Подвижность суставов  
Рост и развитие  
Постуральное развитие

### Рутинное рентгенологическое исследование

Практическое руководство по рентгенографии позвоночника у взрослых и детей  
Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения

### Травма шейного отдела позвоночника

Диагностическая визуализация при травме шейного отдела

Рутинная рентгенологическая оценка шейного отдела  
Дополнительные проекции при рентгенологической оценке шейного отдела  
Потенциальная травма спинного мозга или спинномозговых нервов

Переломы  
Вывихи  
Растяжение связок шейного отдела  
Грыжи межпозвонковых дисков

### Дегенеративные заболевания шейного отдела позвоночника

Дегенеративные изменения дисков  
Дегенеративные заболевания суставов  
Прогрессирующее сужение межпозвонокового отверстия

Спондилез шейного отдела  
Деформирующий спондилез  
Диффузный идиопатический скелетный гиперостоз  
Клинические решения при дегенерации позвоночника

### Аномалии шейного отдела Краткое изложение ключевых вопросов Примеры клинических случаев

Шейный отдел позвоночника относится к наиболее частым областям нарушения функций, нуждающимся в лечении. Состояния, возникающие в результате острой травмы, дегенеративных изменений и хронических проблем с осанкой могут вызывать боль и слабость, приводящих пациента к необходимости терапевтического лечения или хирургического вмешательства. При клинической оценке некоторых категорий пациентов важно понимание фоновых дегенеративных изменений, выявляемых при рентгенографии. Степень дегенерации влияет на способность позвоночника выдержать травму, обусловить постуральные изменения и обеспечить функциональные изменения подвижности и траектории движения.

Шейный отдел позвоночника является одной из самых частых областей рентгенологического исследования тела. В отделении неотложной помощи часто оценивают шейный отдел на предмет прямой травмы, а также

проводят скрининг непрямого повреждения в случае тяжелого падения или несчастного случая. Мобильность шейного отдела позволяет защитить нервные структуры, но в то же время предрасполагает к определенным видам повреждений. При травме никогда не следует недооценивать потенциальное нарушение в этой уязвимой части тела, даже если сама травма произошла достаточно далеко от шеи. Перед началом оценки пациента с повреждением шейного отдела клиницисты должны получить консультацию рентгенолога. В равной степени важно и то, что клиницист не должен полагаться только на диагностические исследования. Физикальное исследование, включая проверку стабильности связок, также играет значительную роль и обязательно проводится во всех случаях повреждения шейного отдела. Обоснование лечения определяют все компоненты обследования — анамнез, клиническая оценка и лабораторные исследования, а также рентгенологические данные.

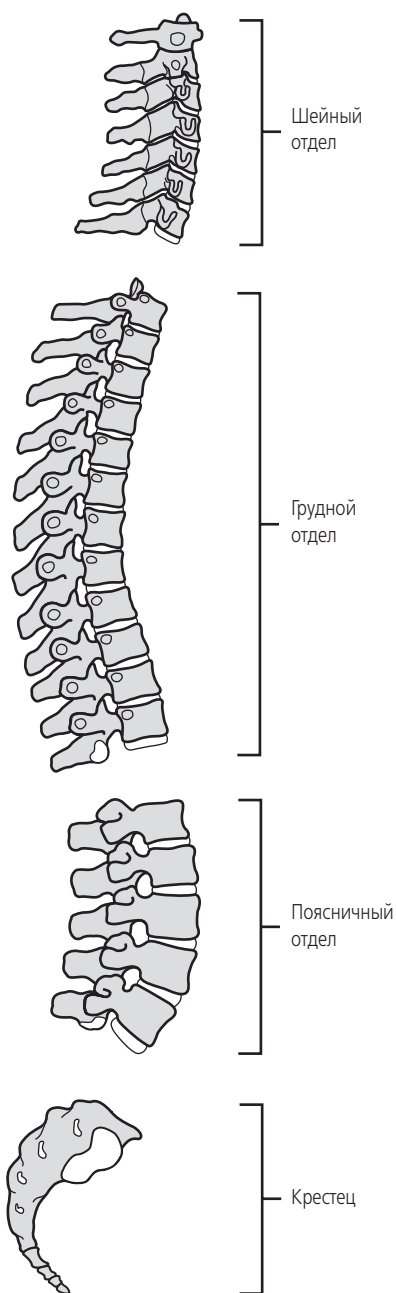
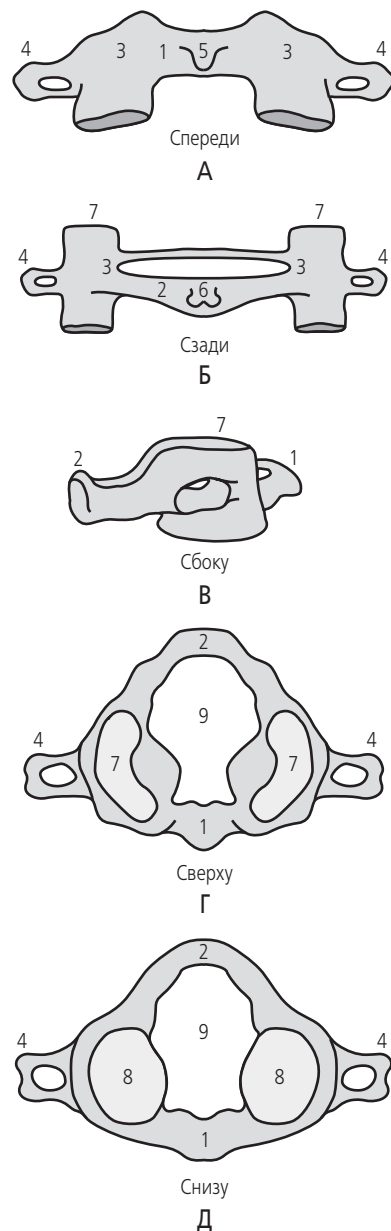


Рисунок 7-1 Отделы позвоночника.



**Рисунок 7-2 (А-Д).** Атлант (C1). 1 – передняя дуга; 2 – задняя дуга; 3 – латеральная масса; 4 – остистый отросток; 5 – передний бугорок; 6 – задний бугорок; 7 – затылочные мыщелки; 8 – нижние фасетки; 9 – позвоночное отверстие.

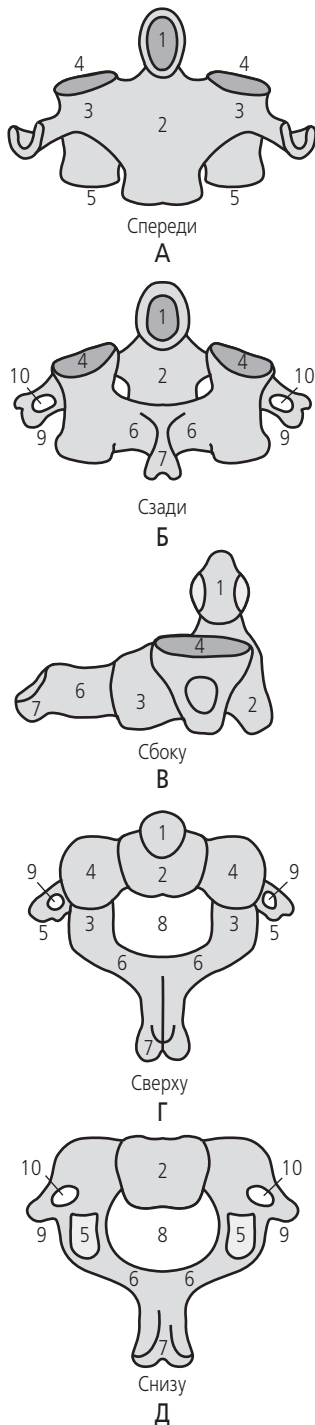
## Анатомия<sup>1-7</sup>

### Костная система

Шейный отдел позвоночника (рис. 7-1) состоит из семи позвонков, размещенных в лордотической кривой. Первый шейный позвонок, *атлант* (C1) (рис. 7-2) и второй шейный, *осевой* позвонок, (C2) (рис. 7-3) обладают особыми качествами. Остальные позвонки от C3 (рис. 7-4) по C7 имеют одинаковые свойства.

*Атлант*, названный в честь мифического титана, держащего небесный свод, поддерживает голову. Он состоит из *передней* и *задней дуги атланта*, объединенных латеральными массами и формирующих костное кольцо. Длинные перфорированные *поперечные отростки* идут от латеральных масс и легко пальпируются за углами нижней челюсти. Передняя дуга имеет в середине *передний бугорок* на внешней поверхности и срединную *фасетку* на внутренней для сочленения с выступающим выше зубовидным *отростком* или *зубом* C2. Задняя дуга в качестве срединной линии имеет *бугорок*, рудимен-





**Рисунок 7-3 (А-Д).** Осевой позвонок (C2). 1–зуб; 2–тело; 3–ножки; 4–верхние суставные отростки; 5–нижние суставные отростки; 6–пластинка дуги позвонка; 7–расщепленный остистый отросток; 8–позвоночное отверстие; 9–поперечные отростки; 10–поперечное отверстие.

тарный остистый отросток. Латеральные массы поддерживают крупные вогнутые, пологие в середине фасетки, которые сочленяются с затылочным мышечком, формирующим атлантозатылочное сочленение. Передняя фа-

сетка расположена в относительно поперечном положении и сочленяется с верхней фасеткой зубовидного отростка C2, формируя атлантоаксиальное сочленение (рис. 7-5 и 7-6).

Осевой позвонок назван так, потому что является стержнем, на котором вращается голова. Он состоит из небольшого тела с характерным зубом (зубовидным отростком), идущим из передней части. У зуба две сочлененные фасетки (дугоотросчатых сустава). Передняя поверхность зуба соединяется с внутренней передней дугой атланта, а задняя с поперечной связкой атланта. Короткие толстые ножки выходят по бокам от тела и обеспечивают поддержку верхнего и нижнего суставного отростка и соответствующих фасеток. Нижняя суставная фасетка компенсируется сзади передней парой и расположена в проекции, общей для остальных поверхностей суставов шеи. Поперечные отростки позвонка невелики и на этом уровне не расщеплены. Пластика дуги позвонка идет в медиальном направлении и объединяется в короткий расщепленный остистый отросток.

Для позвонков от C3 по C7 характерно наличие тела, прочных ножек, парных суставных нижних и верхних отростков, расщепленного остистого отростка, и пластики дуги позвонка, объединенной в расщепленный остистый отросток. У всех шейных позвонков имеется большое позвоночное отверстие для прохождения спинного мозга, поперечное отверстие для позвоночной артерии и вены, и борозды для верхних поверхностей поперечных отростков для спинномозговых нервов. Межпозвоночные диски представлены, начиная с промежутка C2–C3. Крючковидные отростки выступают от верхнебоковых краев тел, соединяясь со смежными телами для формирования небольших унковертебральных суставов, обеспечивающих некоторую стабильность промежуточных дисков (рис. 7-7). Относящиеся к суставному отростку шейного позвонка сочленения, обычно называемые фасеточными суставами, формируются суставными отростками смежных позвонков. Расширение кости, охватывающее верхний и нижний суставной отросток, определяется как суставная опора и отличается от ножек. Расширение кости между верхним и нижним отростком, известно как *pars interarticularis*.

## Анатомия связок

Для понимания механизма травмы и возникающей в этой связи нестабильности необходимо рассмотреть основные связки данной области. Связки обладают достаточной рентгенопроницаемостью. Тем не менее, возможна косвенная оценка по суставным соотношениям, возникающим в случае нарушения целостности связок. Утрата нормального суставного положения предполагает и утрату поддержки связками. Прямая визуализация связок возможна с помощью магнито-резонансной томографии (МРТ) (рис. 7-8).

Шейно-черепные связки сложным образом поддерживают суставные сочленения между затылком, атлантом и вторым позвонком (рис. 7-9). Основными стабилизаторами являются (1) крыловидные связки, идущие вверх и вниз от верхнебоковых поверхностей зуба к затылку,

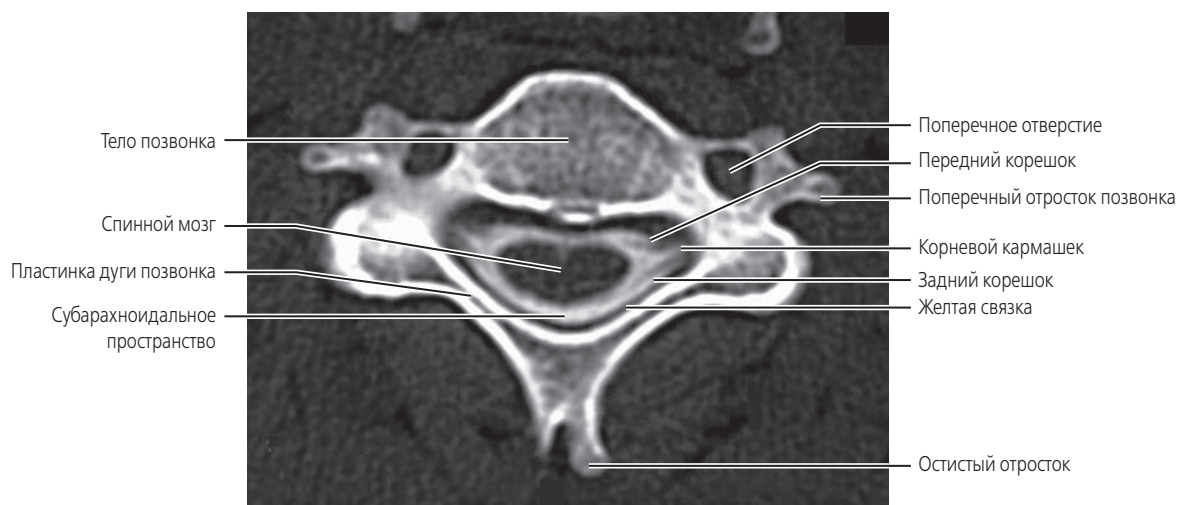


Рисунок 7-4 КТ-миелография типичного шейного позвонка в аксиальной проекции.

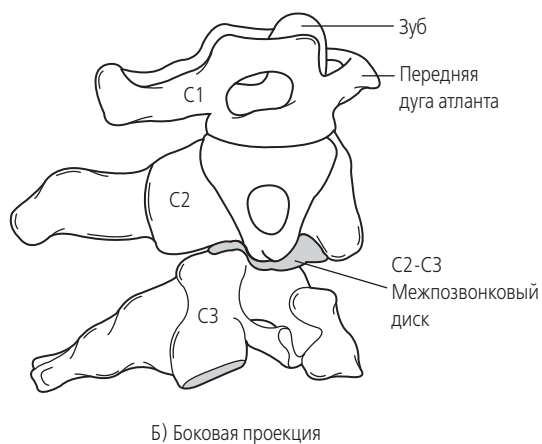
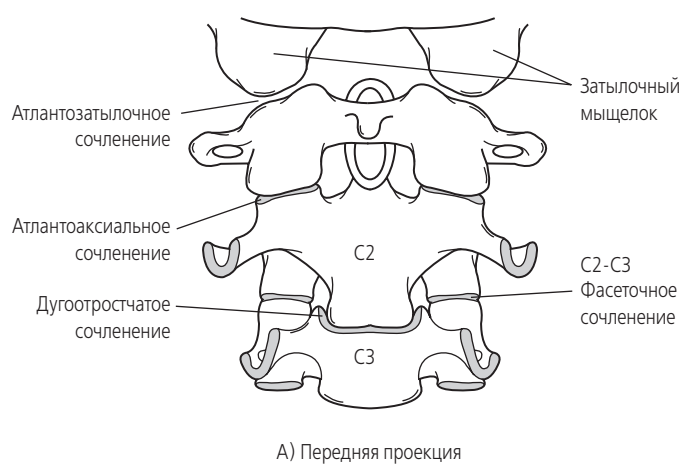
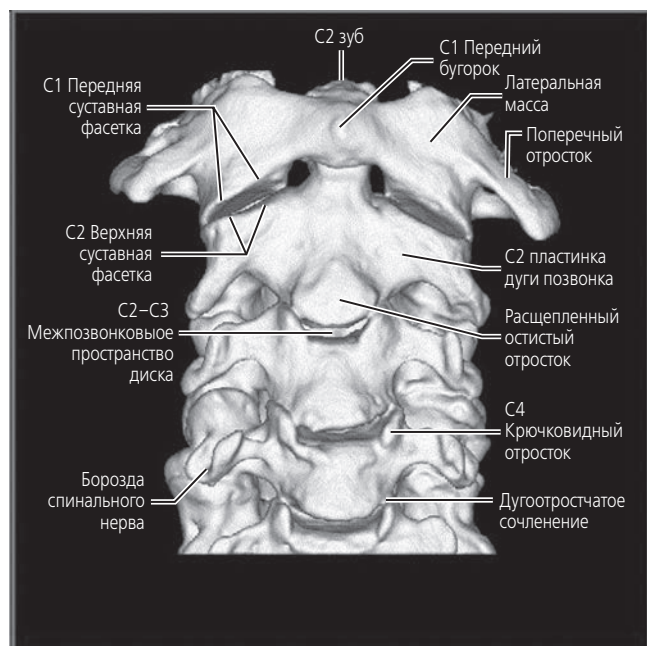


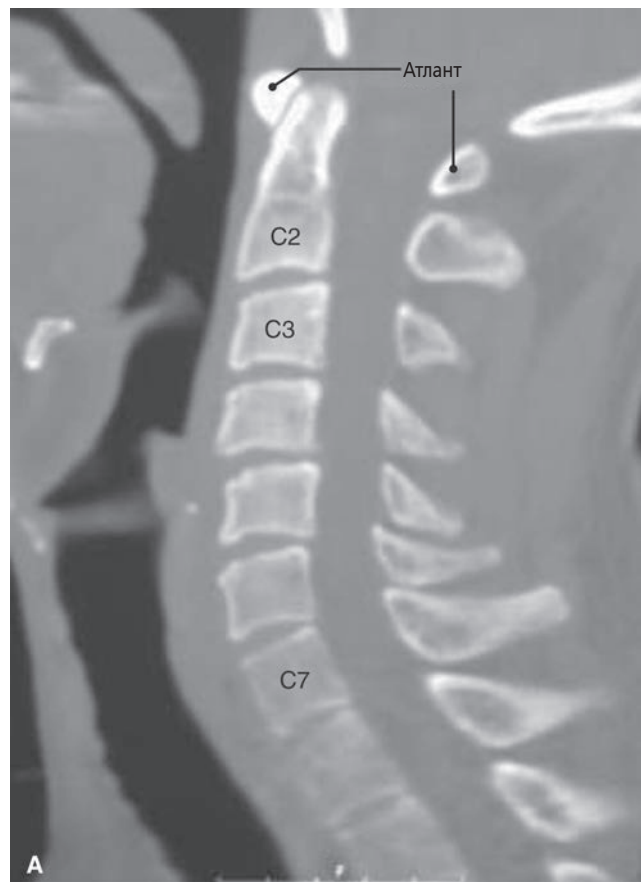
Рисунок 7-5 Краниовертебральное и межпозвоночное сочленение, передняя (А) и боковая (Б) проекция.



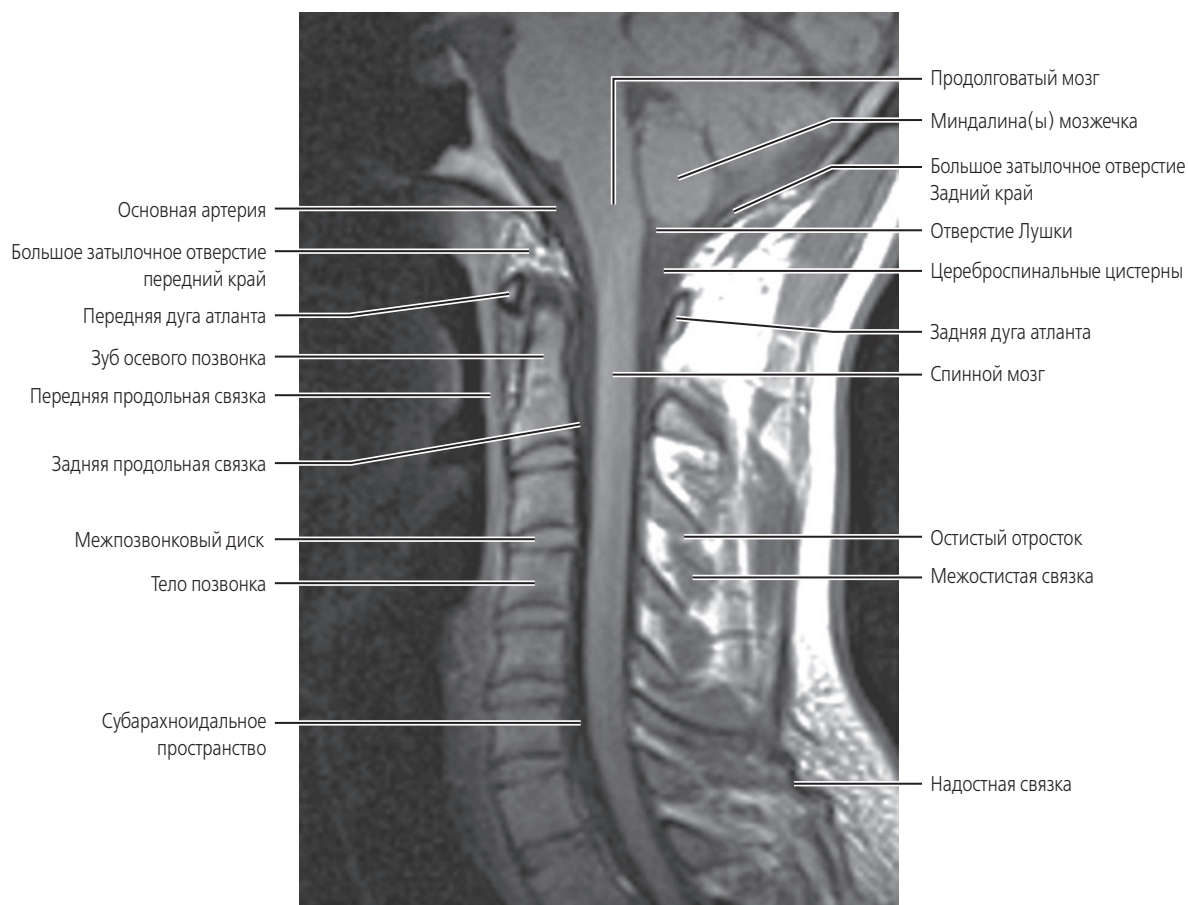
**Рисунок 7-6** КТ, объемная реконструкция верхней части шейного отдела.

предотвращая чрезмерное вращение атлантозатылочного сустава; (2) *поперечная связка атланта*, идущая горизонтально поперек зуба с прикреплением к латеральной массе атланта, обеспечивая сочленение этих двух костей; (3) *передняя и задняя атлантозатылочные связки*, идущие от верхних краев атланта к большому затылочному отверстию и (4) *покровная мембрана*, идущая от задней части тела атланта с прикреплением к переднему краю большого отверстия, обеспечивая опору субкраниальной области.

Связки нижнего шейного отдела поддерживаются сзади (1) *вильными связками*, растянутыми от затылочного гребня до остистого отростка; (2) *жёлтыми связками*, соединяющими пластинки дуг смежных позвонков; (3) *межостистыми связками*, соединяющими смежные остистые отростки и (4) *задней продольной связкой*, находящейся в позвоночном канале и прикрепленной к дискам и задней части тел позвонков. Все эти связки помогают в ограничении сгибания вперед и вращения шейного отдела. *Передняя продольная связка* натянута от затылка до крестца, прикрепляясь к передним дискам и краям тел позвонков, ограничивая разгибание назад.



**Рисунок 7-7** КТ, переформатированная как сагиттальная (А) и коронарная (Б) проекции шейного отдела. Первое межпозвонковое пространство диска у C2–C3. Крючковидный отросток сочленяется со смежными телами для формирования унковертебрального сустава (овал).



**Рисунок 7-8** МРТ, сагиттальная проекция шейного отдела с основными связками и структурами (источник снимка: [www.medcyclopedia.com](http://www.medcyclopedia.com)).

## Подвижность суставов

Шейный отдел обладает большой подвижностью, необходимой для широкого диапазона движений головы. Комбинации движений всех сочленений шейного отдела позволяют примерно 145° сгибания и разгибания, 180° вращения вокруг оси и 90° боковых наклонов. Уникальность структурной анатомии верхних шейных сочленений обеспечивает исключительную функциональную подвижность. Сочленения шейного отдела ниже C2 одинаковы по своей функциональной роли в подвижности шейного отдела.

Для атлантозатылочного сочленения доступны примерно 10–15° как сгибания, так и разгибания. Боковые наклоны возможны менее чем 10° в каждую сторону, а ротационное движение в этом сочленении минимально или отсутствует.

Атлантоаксиальное сочленение — самый мобильный сегмент шейного отдела. Возможно вращение примерно на 50° в каждую сторону, при этом представлена половина мобильности вращения всего шейного отдела. Имеют место менее 10° сгибания и разгибания с минимальным или отсутствующим боковым наклоном.

Все шейные сочленения ниже C2 допускают сгибание, разгибание, вращение и боковой наклон. Позвонки от C3 до C7 имеют примерно 40° сгибания, 25° разгибания, 45° вращения в обе стороны и 50° бокового наклона в обе стороны.

## Рост и развитие

Процесс оссификации позвонков начинается на шестой неделе эмбрионального периода. К рождению имеются минимум три центра оссификации на каждом уровне (см. рентгенограмму скелета ребенка, рис. 11-17).

Передняя дуга атланта к рождению полностью хрящевая (рис. 7-10). Полное слияние в синхондроз объединит переднюю арку в возрасте восьми лет, а заднюю в возрасте четырех лет. Зубовидный отросток формируется двумя вертикально расположенными центрами оссификации. Зубовидный отросток сливается ниже с телом позвонка между 3 и 6 годами. Верхний кончик срастается в возрасте 12 лет (рис. 7-11).

Тела осевого и нижнего позвонков оссифицируются к рождению. Нейральные дуги и остистые отростки сливаются в возрасте двух или трех лет. Задние элементы позвоночника сливаются с телами позвонков между 3 и 6 годами. Тела позвонков имеют угловой выступ впереди, приобретая более квадратные очертания в возрасте семи лет. После восьми лет позвоночник обретает макроскопически взрослую форму (рис. 7-12).

Непрерывный рост позвонков в детстве происходит за счет утолщения надкостницы по типу роста надкостницы в длинных костях. В пубертатном периоде вторичные центры оссификации развиваются в верхних и нижних концевых пластинках тел позвонков. Вторичные



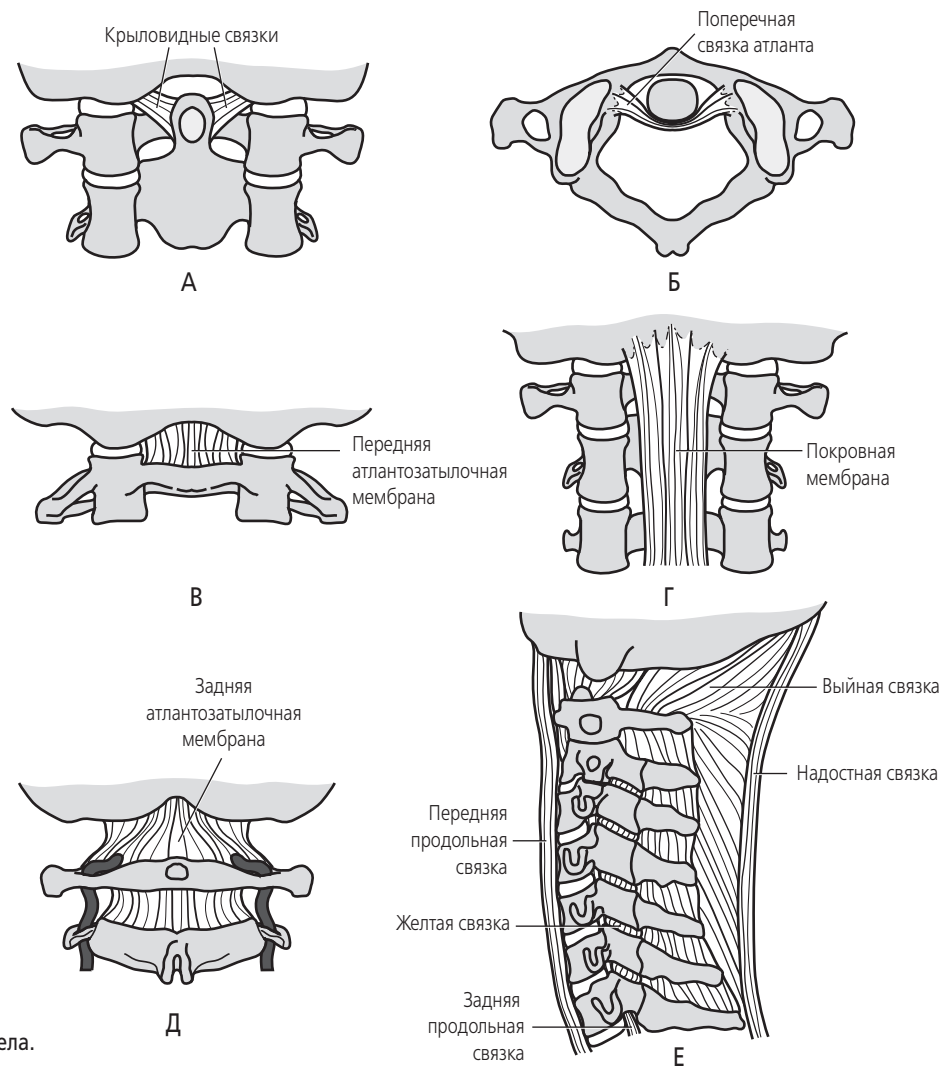


Рисунок 7-9 (А-Е) Связки шейного отдела.



Рисунок 7-10 Аксиальная КТ атланта 10-месячного ребенка. Видны только центры оссификации. Большая часть атланта в этом возрасте — хрящевая.

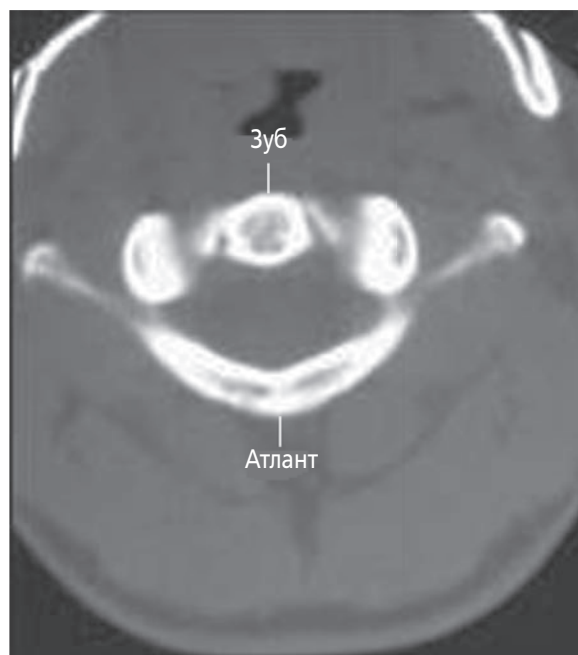
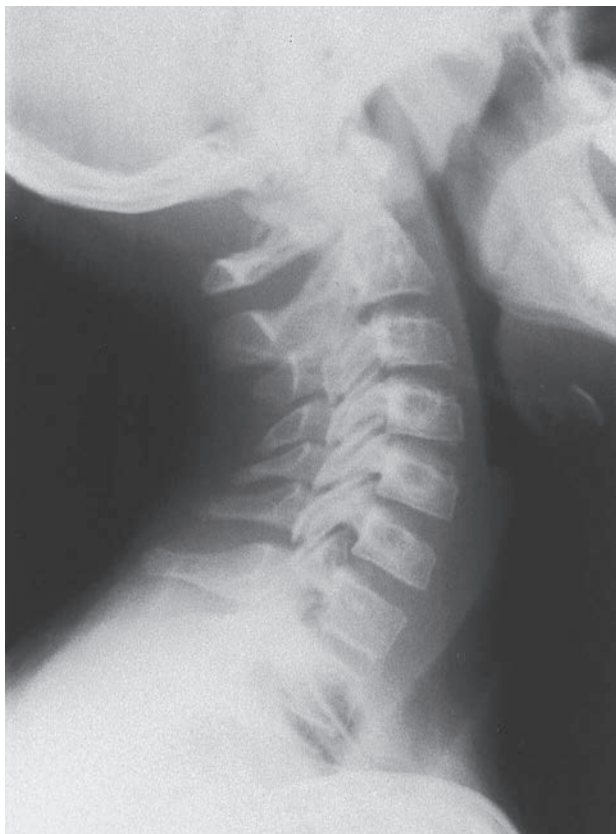


Рисунок 7-11 Аксиальная КТ атланта зрелого скелета.



**Рисунок 7-12** Нормальное рентгенографическое изображение шейного отдела позвоночника 11-летней девочки, боковая проекция. Позвонки имеют макроscopicки взрослую форму, хотя передние тела еще слегка «заклинены». Верхушки остистых отростков уже начали слияние.

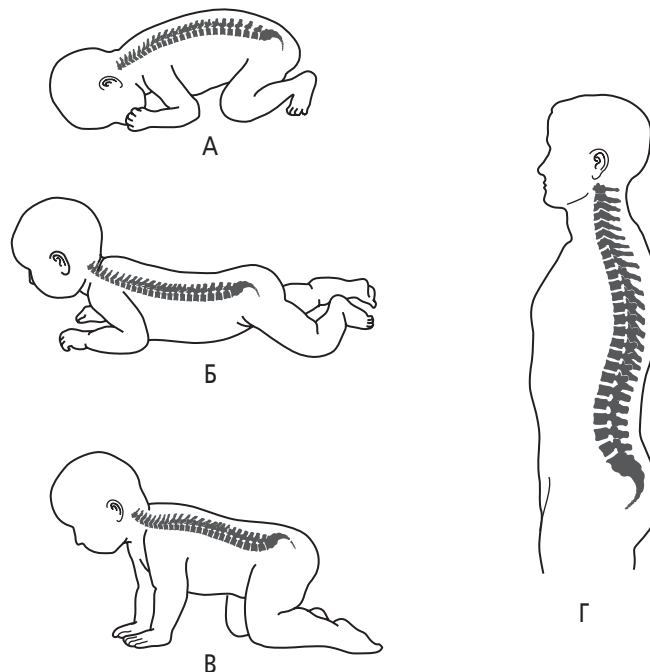
центры оссификации появляются и для расщепленного остистого отростка, поперечного отростка и суставных отростков этого возраста. Каждая из этих структур завершает слияние в возрасте 25 лет.

Унковертебральные сочленения не представлены в ранних периодах жизни и представляются результатом дегенеративных фиброзных изменений, сопровождающих нормальное старение.

### Постуральное развитие

При рождении позвоночник представляет длинную кривую с выпуклостью назад: *первичный изгиб* позвоночника. Когда ребенок научится поднимать голову, лежа на животе, начинается развитие *вторичного изгиба шейного лордоза* (рис. 7-13). У начинающего ходить ребенка развивается вторичный изгиб *поясничного лордоза*. Эти вторичные изгибы продолжают развитие до завершения роста позвоночника в постпубертатном периоде.

Постуральные изменения в позвоночнике во взрослой жизни определяются многими факторами, включая генетику, состояние здоровья, профессию и увлечения. Дегенеративные состояния и патологические процессы нередко приводят к характерным изменениям осанки (рис. 7-14).



**Рисунок 7-13 (А-Г)** Постуральное развитие изгиба позвоночника и первичной выпуклой кривой у новорожденного (А) до вторичных изгибов шейного и поясничного отдела у взрослого человека (Г).

Травма позвоночника или конечности может влиять на положение позвоночника, когда пострадавший пытается найти способы уменьшить боль. Шейный отдел адаптируется совместно с задачей по удержанию глаз в ориентации вперед и по горизонтали.

## Рутинное рентгенологическое исследование<sup>8-20</sup>

### Практическое руководство по рентгенографии позвоночника у взрослых и детей<sup>8</sup>

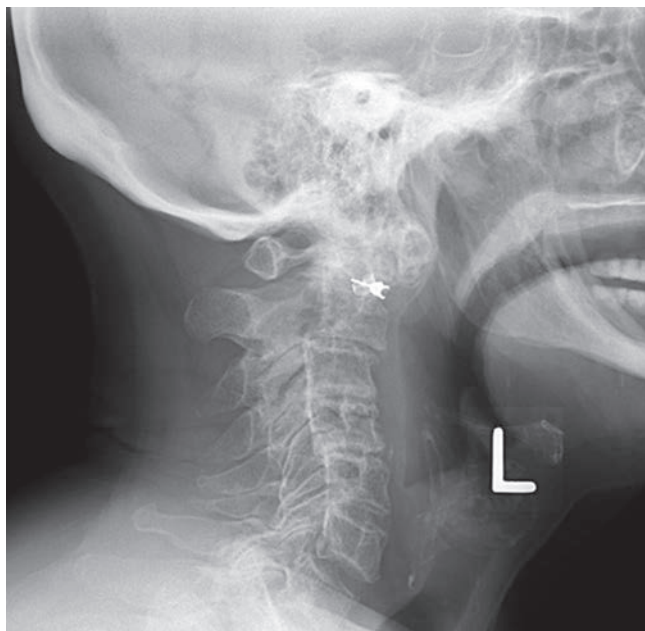
Американская коллегия радиологов, главная профессиональная организации США, определяет следующие практические рекомендации в качестве инструментов обучения практике выполнения соответствующих рентгенографических исследований.

#### Задачи

Задачей рентгенологического исследования шейного отдела позвоночника является выявление или исключение анатомических изменений или патологических процессов в позвоночнике.

#### Показания

Показания к рентгенологическому исследованию включают среди прочего травму, боль в области плеча или



**Рисунок 7-14** Рентгенограмма в боковой проекции у пациента с выраженным ревматоидным артритом. Развитие заболевания привело к эрозии зубовидного отростка и полной утрате нормальной лордотической кривизны позвоночника. Обратите внимание на кифоз от C2 до C4, приведший к S-образному позвоночнику. Металлический артефакт — серьга (снимок предоставлен J. C. Hunter, MD, University of California, Davis School of Medicine).

руки, головную боль в области затылка, ограничения подвижности, плановое хирургическое вмешательство, оценку первичной или вторичной малигнизации, артрит, подозрения на врожденные аномалии и синдромы, связанные с патологическими изменениями позвоночника, оценку патологических изменений позвоночника, наблюдаемую при других методах визуализации, наблюдение за выявленными изменениями и предполагаемую нестабильность позвоночника.

### Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения

Полное исследование включает весь шейный отдел, от сочленения шейного отдела с черепом до верхней концевой пластинки первого грудного позвонка. Стандартные проекции — *передне-задняя* и *боковая*. Проекция *через открытый рот* показана в зависимости от клинической ситуации. Боковая проекция в позе пловца проводится при необходимости оценки нижних сегментов шейного отдела и шейно-грудного сочленения позвоночника.

При травме с серьезным клиническим подозрением на перелом в шейном отделе выполняют снимки в *поперечной*, *боковой*, *передне-задней* и *передне-задней с открытым ртом* проекциях.

В некоторых клинических ситуациях могут потребоваться дополнительные проекции. Двусторонние *косые*

проекции могут использоваться при оценке нейрального отверстия. Нестабильность определяется по боковым проекциям со сгибанием-разгибанием. *Суставная (опорная)* проекция может потребоваться в случае подозрения на перелом суставной поверхности при первичном обследовании.

В педиатрии *передне-задняя*, *передне-задняя через открытый рот* и *боковая* проекции достаточны при большинстве клинических показаний. Дополнительные проекции требуется реже, чем у взрослых, но включают все перечисленные. Обследование детей с высоким риском нестабильности (как при синдроме Дауна) включает *боковые проекции со сгибанием/разгибанием*.

## Травма шейного отдела позвоночника<sup>4,31–33</sup>

### Диагностическая визуализация при травме шейного отдела

Единого мнения о том, какой именно протокол оптимален для шейного отдела у пациентов с острой травмой, не существует. Ранее считалось, что в первую очередь необходима рентгенография. Однако компьютерная томография (КТ) оказалась значительно более чувствительным методом для выявления незначительных повреждений и эффективнее для визуализации черепно-шейного и шейно-грудного сочленений. Помимо этого, у всех пациентов с неврологическим дефицитом рекомендуется МРТ, дающая возможность во время одного исследования определить положение фрагментов кости, а также выявить повреждения спинного мозга, дисков и мягких тканей.

Существует два основанных на методах доказательной медицины руководства, служащих в качестве помощи клиницисту при решении о необходимости рентгенологического исследования в случаях потенциальной травмы шейного отдела. *Канадские правила исследования шейного отдела* (Canadian C-Spine Rule, CCR) и *Национальное исследование применения рентгенографии* (National Emergency X-Radiography Utilization Study, NEXT) определяют сходные критерии. Обобщая, можно сказать, что пациенту, перенесшему острую травму, рентгенография *необходима* при опасном механизме травмы (несчастный случай при нырянии, падение с высоты, ДТП), в возрасте старше 65 лет, при парестезии конечностей, болезненности у срединной линии позвоночника или при невозможности поворота шеи на 45° вправо и влево.

При соответствии клиническим критериям указанных руководств действующие в настоящее время *Руководства по действиям при подозрении на спинальную травму* (ACR Appropriateness Guidelines for Suspected Spinal Trauma) рекомендуют КТ с сагиттальным и коронарным переформатированием или КТ и МРТ как взаимодополняющие исследования для оценки нестабильности или миелопатии. Более подробно правила принятия решений и основные варианты при предполагаемой травме позвоночника изложены в главе 18.

# Рутинная рентгенологическая оценка шейного отдела

## Передне-задняя проекция через открытый рот

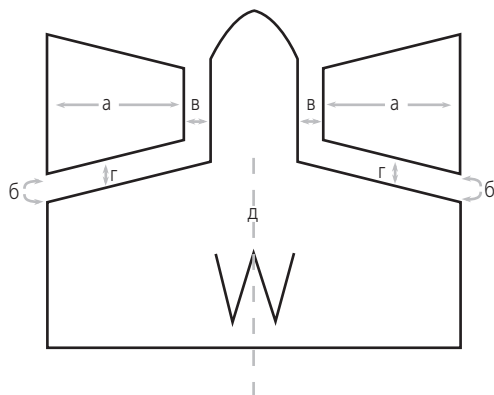
В этой проекции визуализируется сочленение C1 и C2 (атлантоаксиальное сочленение). Пациента укладывают с широко открытым ртом для предотвращения совмещения плотности нижней челюсти.

## Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Симметричное положение атланта относительно осевого позвонка. Ширина латеральных масс должна быть одинаковой (а, на рисунке 7-15). Разница в ширине латеральных масс — основание для подозрения на ротацию атласа. Латеральная масса с большей шириной — сторона с передней ротацией.
2. Боковые края латеральных масс атланта не должны выглядеть латеральнее, чем верхняя суставная поверхность C2 (б, на рисунке 7-15). «Нависание» атланта предполагает перелом или вывих. Небольшой уровень нависания может быть вариантом нормы у детей.
3. Зуб располагается симметрично между латеральными массами атланта, с одинаковыми параметрами вертикального пространства по обеим сторонам (в, на рисунке 7-15).
4. Двусторонние суставные пространства латеральной атлантоаксиальной фасетки имеют равную высоту (г, на рисунке 7-15).
5. Остистый отросток C2 находится на средней линии (е, на рисунке 7-15).
6. Зубовидный отросток совмещается как с передней, так и с задней дугой атланта. Края дуг визуализируются как линии, пересекающие зуб. Эти края не следует путать с линией перелома.

Некоторые изменения этих ориентиров могут быть признаками слабости или надрыва связок, перелома или вывиха, относящимися к атлантоаксиальному и атлантозатылочному сочленению.

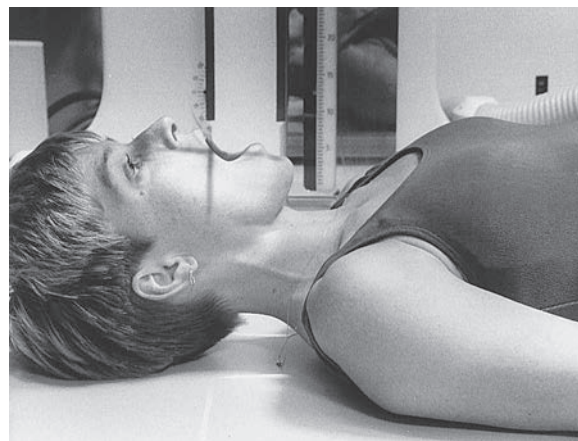


**Рисунок 7-15** Пространственное расположение при рентгенографии C1–C2.

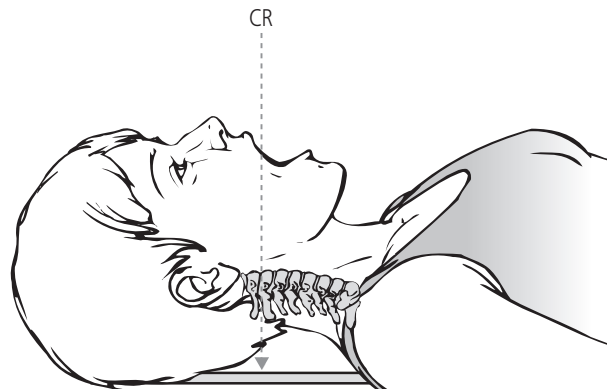
## Основные проекции

- Передне-задняя через открытый рот
- Передне-задняя нижней части шейного отдела
- Боковая
- Правая косая
- Левая косая

## Укладка для рентгенологического исследования



**Рисунок 7-16** Положение пациента для передне-задней проекции шейного отдела через открытый рот.



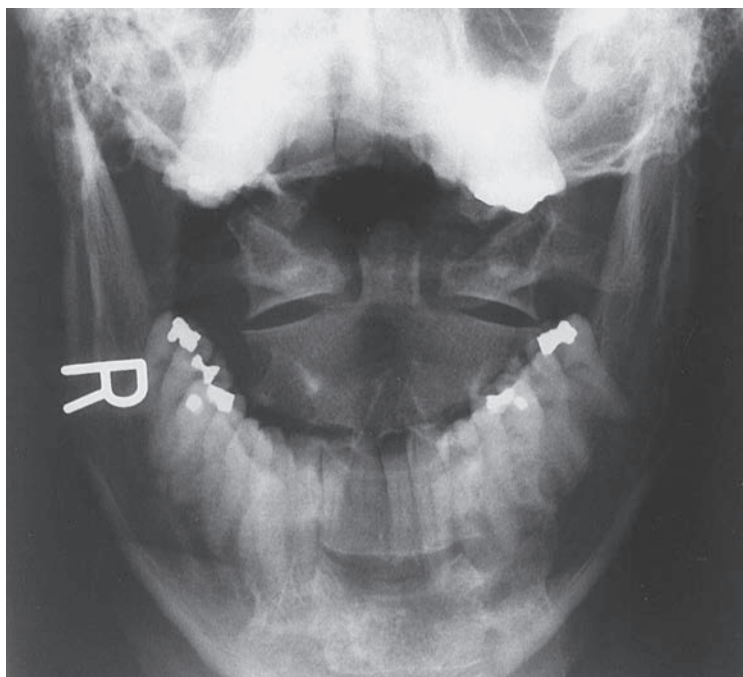
**Рисунок 7-17** Центральный луч проходит через суставное пространство C1–C2.



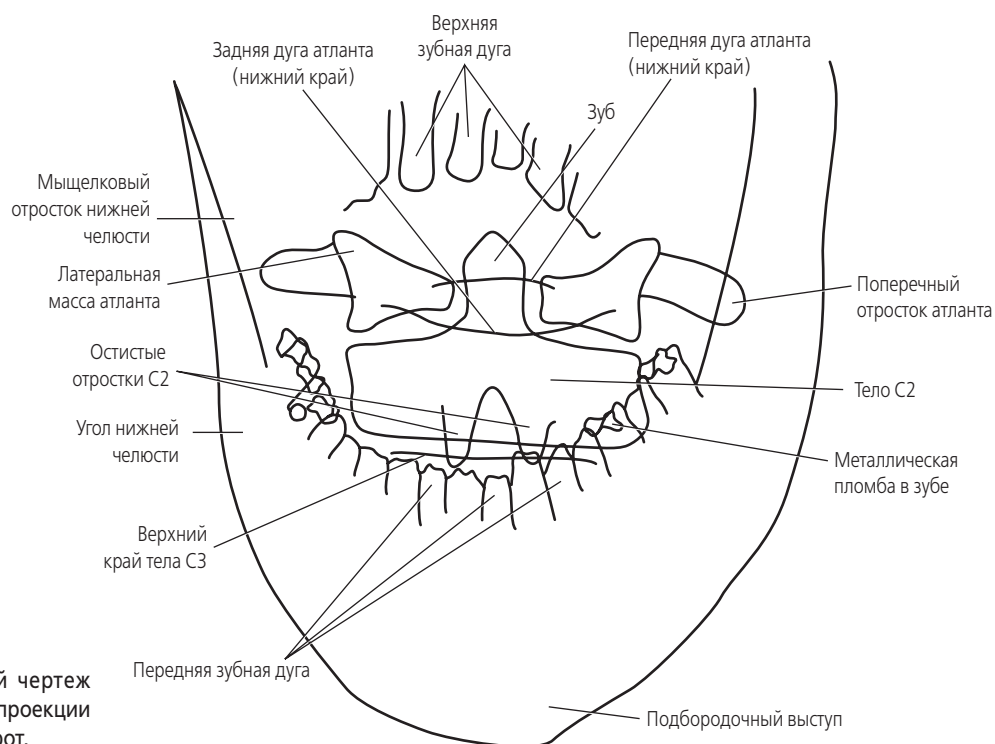
Что мы видим?

Посмотрите на рентгенограмму (рис. 7-18) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 7-19. Можно определить:

- Длинная изогнутая линия очерчивает череп
- Углы нижней челюсти
- Зубовидный отросток и тело C2
- Передняя дуга атланта
- Задняя дуга атланта
- Боковые атлантоаксиальные фасеточные суставы
- Поперечный отросток атланта
- Тела и остистые отростки от C2 по T1



**Рисунок 7-18** Передне-задняя проекция шейного отдела через открытый рот.



**Рисунок 7-19** Скалькированный чертеж рентгенограммы передне-задней проекции шейного отдела через открытый рот.

# Рутинная рентгенологическая оценка шейного отдела

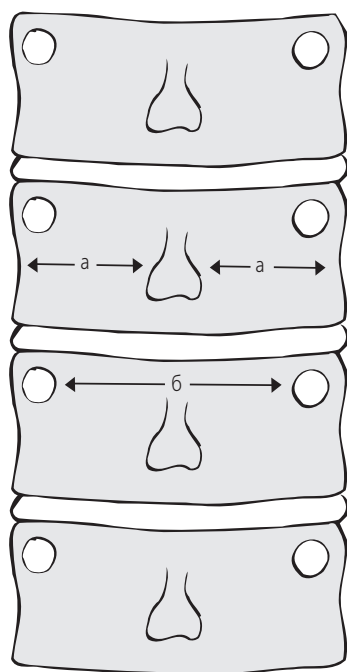
## Передне-задняя проекция нижней части шейного отдела

Эта проекция демонстрирует пять нижних позвонков шейного отдела, верхние грудные позвонки и соответствующие ребра, медиальную треть ключицы и трахею. Из-за совмещения с нижней челюстью и черепом закрыты верхние шейные позвонки. При определении уровня шейных позвонков нужно помнить, что суставы C2–C3 охватывают первый межпозвонковый диск, а T1 — первое реберное сочленение.

## Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Тела шейных и грудных позвонков соединены в относительно вертикальную колонну.
2. Остистые отростки располагаются по средней линии вдоль позвоночника. Расстояние от остистого отростка до боковых краев тела позвонка должно быть одинаковым с обеих сторон отростка (*a*, на рисунке 7-20). Обратите внимание на наличие нормальной неравномерности формы отростков.
3. Совмещение нависающих фасеточных суставов и суставных опор создает рентгенологическую иллюзию слегка колеблющейся колонны по обеим сторонам от тел позвонков, «латеральной колонны».
4. Поперечные отростки обычно находятся в изображении этой латеральной колонны. Наложение плотности латеральной колонны осложняет распознавание поперечных отростков.
5. Ножки также отчасти совмещаются с латеральной колонной, но могут идентифицироваться по рентгенологическому контуру кортикального слоя, на-

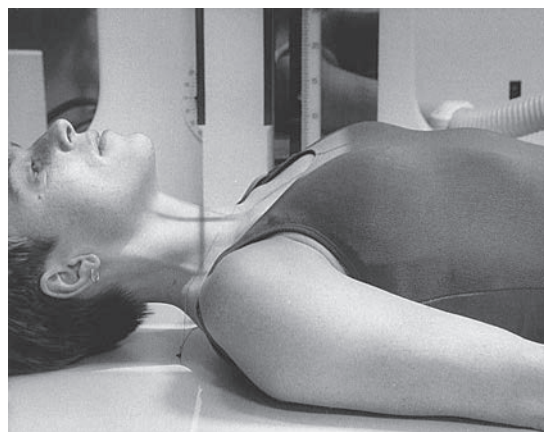


**Рисунок 7-20** Пространственное расположение шейного отдела на рентгенограмме в передне-задней проекции.

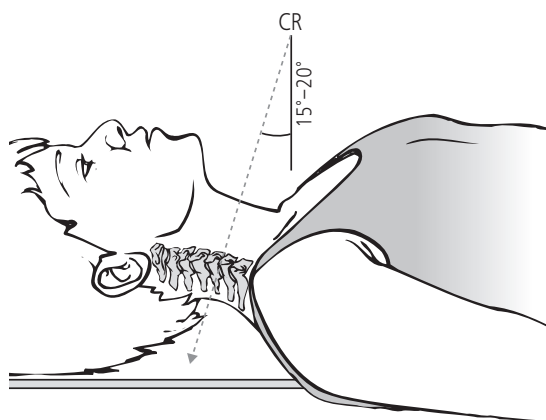
## Основные проекции

- Передне-задняя через открытый рот
- **Передне-задняя нижней части шейного отдела**
- Боковая
- Правая косая
- Левая косая

## Укладка для рентгенологического исследования



**Рисунок 7-21** Положение пациента для рентгенограммы в передне-задней проекции нижней шейного отдела.



**Рисунок 7-22** Центральный луч направляется под углом 15–20° краниально, входя ниже щитовидного хряща и проходя через суставные пространства C5–C6.

поминающему овал. Как и изображение остистого отростка, эта рентгенограмма аналогична снимку, получаемому при съемке цилиндра сверху (см. рисунок 1-12, В).

6. Расстояние между противоположными парами ножек в шейном отделе обычно 30 мм (*б*, на рисунке 7-20).
7. На этой фронтальной проекции дисковое пространство не оценивается. Сагиттальная проекция лордоза и угол центрального луча могут давать некоторое искажение и не визуализировать истинные размеры дискового пространства.

8. Обратите внимание на крючковидный отросток, идущий от верхних тел позвонков формирование унковертебральных суставов на том же уровне.
9. Видна пропускающая рентгеновское излучение заполненная воздухом трахея, закрывающая шейный отдел по средней линии.

10. Ключицы находятся дальше всего от пленки и потому снимаются с максимальным уровнем искажения размера по сравнению с другими структурами. Обратите внимание на усиление рентгенографической картины ключицы.

Что мы видим?

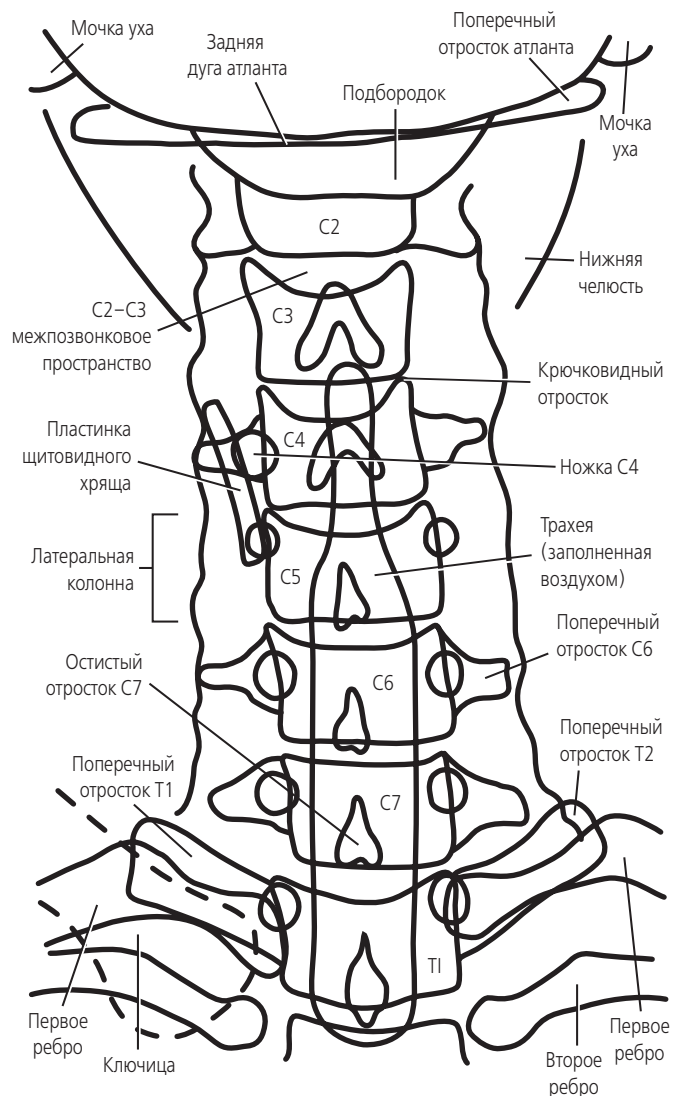
Посмотрите на рентгенограмму (рис. 7-23) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 7-24. Можно определить:

- Тела позвонков от C3 по T1 (обратите внимание на *крючковидные отростки* на некоторых уровнях)

- Остистые отростки от C3 по T1
- Крупный поперечный отросток T1
- Первые ребра и реберно-поперечные сочленения
- Ключицы
- Заполненная воздухом трахея.



**Рисунок 7-23** Передне-задняя проекция нижней части шейного отдела.



**Рисунок 7-24** Скалькированный чертеж рентгенограммы передне-задней проекции нижнего шейного отдела.

# Рутинная рентгенологическая оценка шейного отдела

## Боковая проекция

В этой проекции визуализируются семь шейных позвонков, межпозвонковые дисковые пространства, суставные опоры и фасеточные суставы, остистые отростки и предпозвоночные мягкие ткани.

## Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами наблюдения являются:

1. Линия бокового шейного отдела может определяться тремя ориентировочно параллельными линиями (а на рисунке 7-25). В нормальном позвоночнике пространственное расположение этих линий остается постоянным, а шея находится в нейтральном положении, сгибании или разгибании. Нарушение пространственного расположения может вызываться переломом, вывихом или тяжелыми дегенеративными изменениями.
- *Линия 1.* Передние края тел позвонков в норме выстроены в лордотическую кривую. Остеофиты могут выступать вперед и считаются тяговыми шпорами от напряжения у места прикрепления передней продольной связки или же относящимися к межпозвонковым дегенеративным изменениям. При оценке пространственного расположения этих линий их не рассматривают.

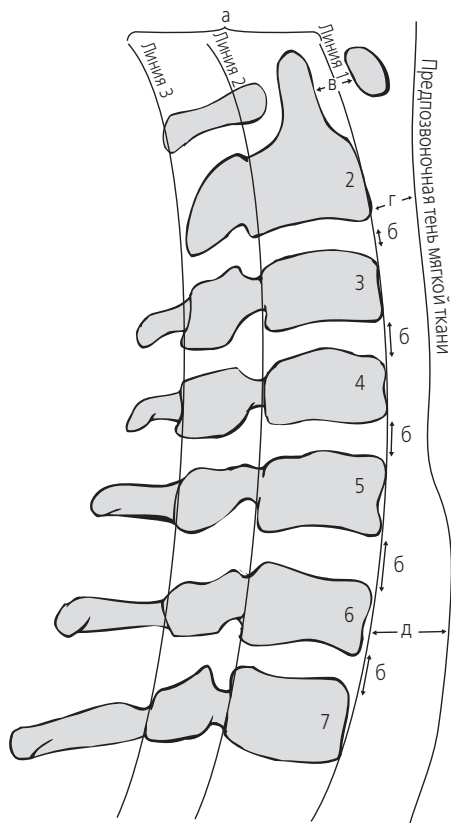


Рисунок 7-25 Пространственное расположение шейного отдела на рентгенограмме в боковой проекции.

## Основные проекции

- Передне-задняя через открытый рот
- Передне-задняя нижней части шейного отдела
- **Боковая**
- Правая косая
- Левая косая

## Укладка для рентгенологического исследования



Рисунок 7-26 Положение пациента для рентгенографии в боковой проекции.

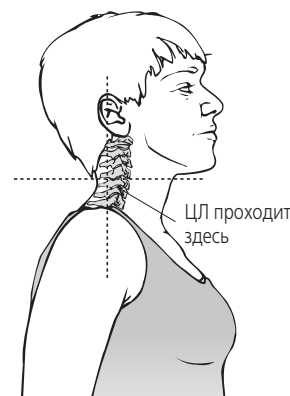


Рисунок 7-27 Центральный луч проходит горизонтально через суставную щель C4-C5.

- *Линия 2.* В норме задние края тел позвонков следуют той же линии, что и передние. Остеофиты могут выступать вплоть до вторжения в позвоночный канал и межпозвонковое отверстие и потенциально способны к компрессии спинного мозга и нервных корешков.
- *Линия 3.* Спинальная линия является сочленением пластинки дуги позвонка с остистым отростком. Эта линия представляет заднее пространство центрального позвоночного канала. Позвоночный канал расположен между линиями 2 и 3.



# РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЛЕННОГО СУСТАВА



## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

### Анатомия

Костная система  
Анатомия связок  
Подвижность сустава  
Рост и развитие

### Рутинное рентгенологическое исследование

Практическое руководство по рентгенографии коленного сустава у взрослых и детей  
Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения

Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава  
Дополнительные проекции относящиеся к коленному суставу

### Травма коленного сустава

Диагностическая визуализация при травме коленного сустава  
Переломы  
Подвывихи надколенно-бедренного сустава  
Повреждения суставного хряща  
Разрывы мениска

Повреждения связок

### Дегенеративное заболевание суставов (ДЗС)

Рентгенологическая оценка  
Локализация ДЗС  
Лечение

### Аномалии коленного сустава

*Genu valgum*  
*Genu varum*  
*Genu recurvatum*

### Краткое изложение ключевых вопросов Примеры клинических случаев

Коленный сустав чаще, чем какой-либо другой сустав тела подвергается клиническим исследованиям и становится предметом научных изысканий.<sup>1</sup> Одной из причин является чрезвычайно большое количество пациентов с нарушениями в этой области — более 1,3 млн ежегодных поступлений в отделения неотложной помощи в США связаны с травмами колена.<sup>2</sup>

Сложная артрокинематика коленного сустава допускает сочетание высокой стабильности со значительной мобильностью.<sup>2</sup>

Такое механическое соотношение обеспечивает коленный сустав способностью выдерживать значительные нагрузки и распределять нагрузку, сохраняя свободную походку. Однако уникальная анатомия коленного сустава вкупе с положением между двумя самыми длинными костями, делает его уязвимым к различным повреждениям, травмам и патологическим изменениям.

Коленный сустав хорошо визуализируется при рутинной рентгенографии. Большинство переломов, а также заболеваний нетравматического характера выявляются и адекватно оцениваются по обычным рентгенограммам.

Внутрисуставные нарушения и прочие патологические изменения мягких тканей обычно лучше визуализируются при МРТ.

## Анатомия<sup>3–10</sup>

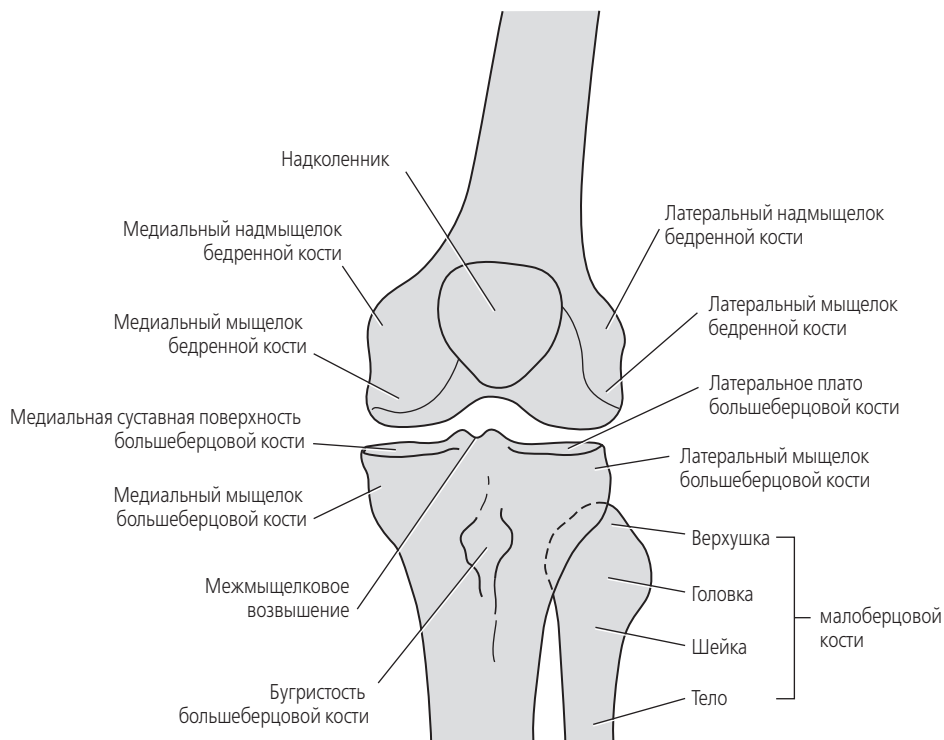
### Костная система

Коленный или бедренно-большеберцовый сустав формируется сочленением мыщелков бедренной кости с проксимальным концом большеберцовой кости. Адаптивная конгруэнтность суставной поверхности обеспечивается менисками. С коленным суставом связан надколенно-бедренный сустав (сочленение переднего отдела бедренной кости и надколенника) и межберцовый сустав (сочленение латеральной поверхности большеберцовой кости и головки малоберцовой кости) (рис. 13-1 и 13-2).

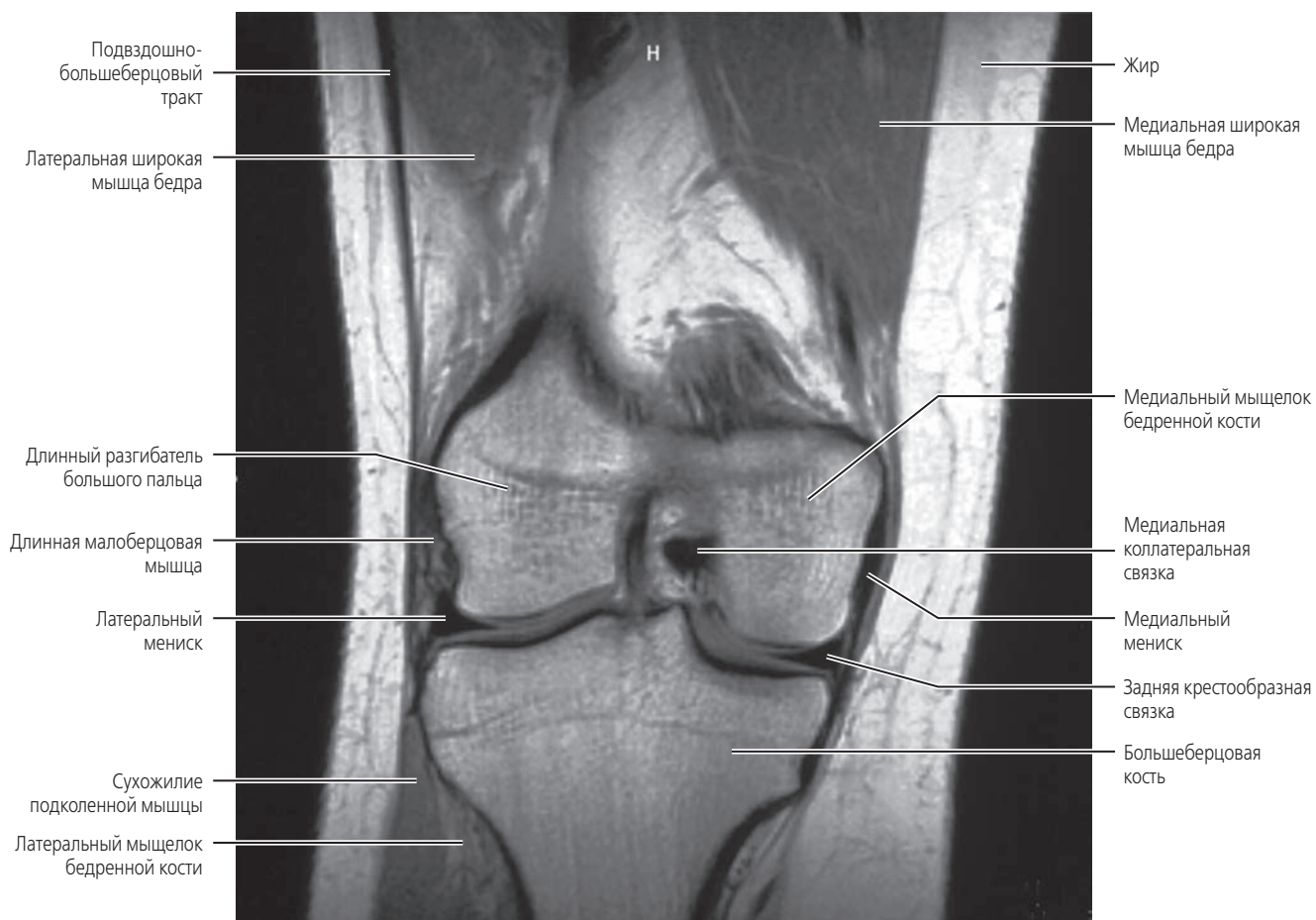
### Дистальная часть бедренной кости

На дистальном сегменте бедренной кости находятся медиальный и латеральный мыщелки, разделенные спереди блоковидным углублением или межмыщелковой бороздой.

Сзади мыщелки бедренной кости разделяются глубокой межмыщелковой ямкой. Медиальный и латеральный надмыщелки являются возвышениями проксимальнее мыщелков и служат местом прикрепления мышц.



**Рисунок 13-1** Коленный сустав, передняя поверхность.



**Рисунок 13-2** Коронарная МРТ коленного сустава в режиме T1 (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).

### Надколенник

Надколенник — большая сесамовидная кость, расположенная в сухожилии четырехглавой мышцы бедра. Гладкая суставная поверхность имеет множество фасеток для эффективного механизма распределения нагрузки во время движений в блоковидном углублении. Наружная передняя поверхность выпуклая и шероховатая. Широкая верхняя поверхность является основанием, нижняя поверхность — вершиной надколенника.

### Проксимальная часть большеберцовой кости

Проксимальная часть большеберцовой кости имеет медиальный и латеральный мыщелки, формирующие сверху расширяющуюся суставную поверхность — верхнюю суставную поверхность (плато) большеберцовой кости. Между мыщелками на плато расположено межмыщелковое возвышение или бугристость большеберцовой кости, состоящая из двух небольших возвышений с вершинами межмыщелковых бугорков. Латеральный мыщелок имеет фасетку на задненижней поверхности для сочленения с головкой малоберцовой кости. На срединной линии передней стороны проксимальной части большеберцовой кости, чуть дистальнее мыщелков, находится бугристость большеберцовой кости, возвышение, служащее дистальным местом прикрепления связки надколенника. Дистальнее этой точки идет гребень большеберцовой кости. Этот острый выступ представляет переднюю поверхность диафиза большеберцовой кости, доходя до медиальной лодыжки.

### Малоберцовая кость

Малоберцовая кость является не несущей нагрузки весом костью нижней конечности. Проксимальный ко-

нец является головкой, сочленяющейся с большеберцовой костью. Верхний кончик головки — вершушка или шиловидный отросток. Клиновидная область ниже головки — шейка малоберцовой кости. Длинный тонкий диафиз малоберцовой кости заканчивается дистально латеральной лодыжкой.

### Анатомия связок

У коленного сустава четыре стабилизирующих связки (рис. 13-3): медиальная коллатеральная, латеральная коллатеральная, передняя и задняя крестообразные связки. Дополнительная стабильность обеспечивается другими разнообразными малыми связками и комплексами мышц.

Медиальная коллатеральная или большеберцовая связка начинается от медиального надмыщелка бедренной кости и идет до медиального мыщелка и медиальной поверхности большеберцовой кости. Волокна медиальной коллатеральной связки соединяются с капсулой сустава и медиальным мениском. Медиальная коллатеральная связка — основной стабилизатор при вальгусной нагрузке во время сгибания или разгибания.

Латеральная коллатеральная или малоберцовая связка коленного сустава отходит от латерального надмыщелка бедренной кости и идет к головке малоберцовой кости. Эта связка внесуставная, она не сливается с суставной капсулой или латеральным мениском. Она играет роль в защите коленного сустава от варусной нагрузки.

Передняя крестообразная связка идет от несуставной части плато большеберцовой кости почти вперед и от межмыщелкового возвышения и проходит к задней медиальной части латерального мыщелка бедренной кости. Передняя крестообразная связка находится целиком вне

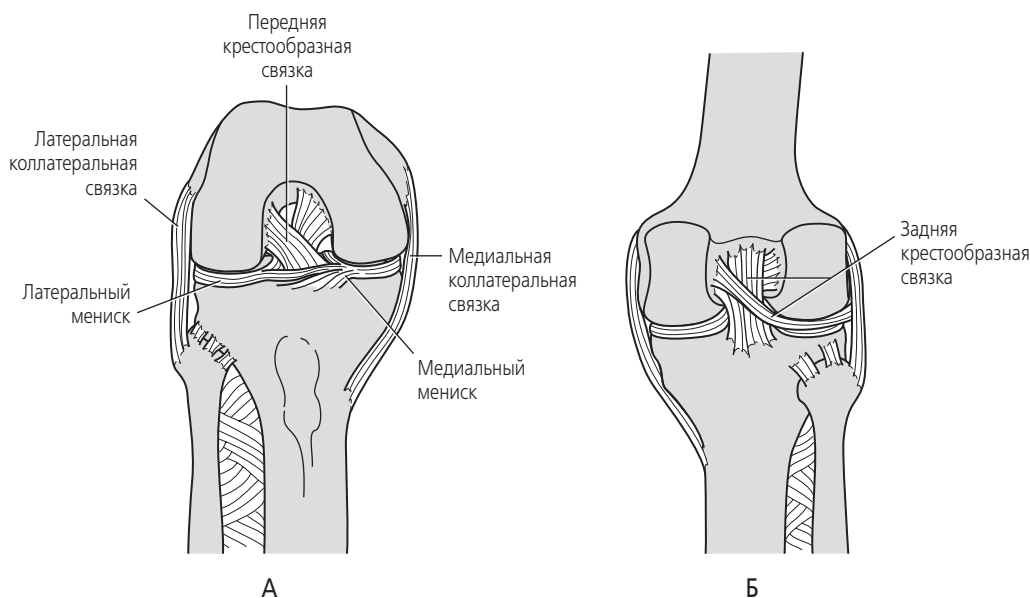


Рисунок 13-3 Большие связки коленного сустава: вид спереди (А) и сзади (Б).

капсулы сустава, но является экстрасиновиальной. Функция заключается в первичном удержании от переднего смещения большеберцовой кости.

Задняя крестообразная связка также экстрасиновиальная, но находится в капсуле сустава. Она начинается позади межмышечкового возвышения и проходит к латеральной части медиального мыщелка бедренной кости. Она служит пассивным стабилизатором от возможного заднего смещения большеберцовой кости.

Связка надколенника, определяемая также и как сухожилие надколенника, идет от верхушки надколенника к бугристости большеберцовой кости (рис. 13-4). Связка надколенника может рассматриваться в качестве продолжения общего сухожилия мышечной группы четырехглавой мышцы.

### Подвижность сустава

Функции коленного сустава в качестве специфического шарнирного сочленения заключаются в передаче широкого диапазона движений сгибания и разгибания в сагиттальной плоскости. Имеется дополнительная ротационная подвижность в поперечной плоскости.

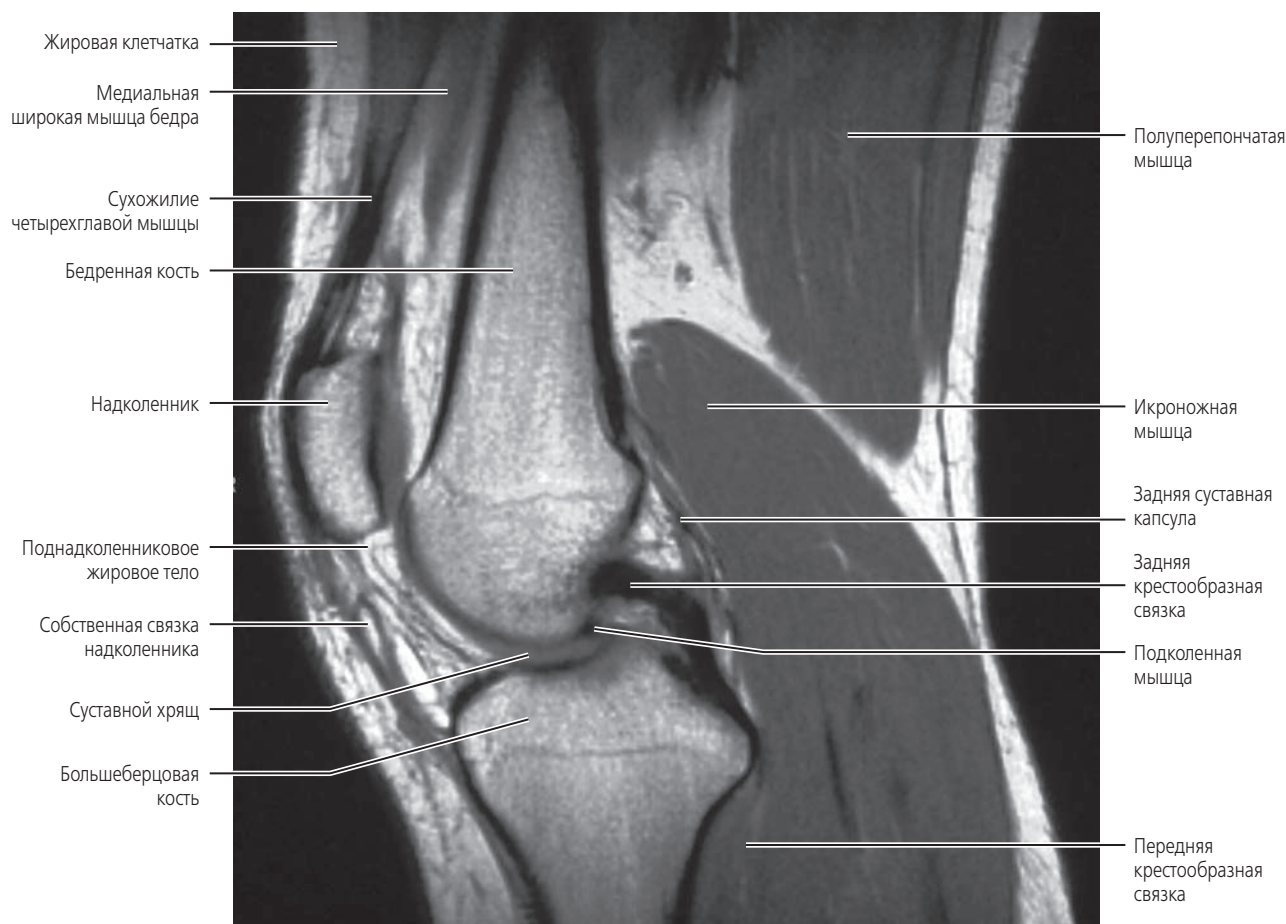
### Остеокинематика бедренно-большеберцового отдела

Показатели нормы для амплитуды активных движений составляют от 0° разгибания или 10° гиперэкстензии до 145° сгибания. Ротация большеберцовой кости возможна до 45° в медиальном и латеральном направлениях в положении сгибания.

Приведение и отведение во фронтальной плоскости сходным образом определяются объемом сгибания сустава, достигающим только нескольких градусов каждый раз, когда колено сгибается в диапазоне от 0 до 30°.

### Артрокинематика бедренно-большеберцового отдела

Артрокинематика этого сочленения определяется ортопедическим правилом для выпукло-вогнутых поверхностей. Это означает, что движения сгибания и разгибания колена происходят путем комбинированного вращения и скольжения выпуклой бедренной поверхности относительно вогнутой большеберцовой. Специфическое участие суставных поверхностей зависит от того, функционирует ли сустав в замкнутой или разомкнутой кине-



**Рисунок 13-4** Сагиттальная МРТ коленного сустава в режиме T1. Надколенник расположен в сухожилии четырехглавой мышцы. Дистальное продолжение сухожилия четырехглавой мышцы — связка надколенника (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).



тической цепочке или же происходит сгибание или разгибание.

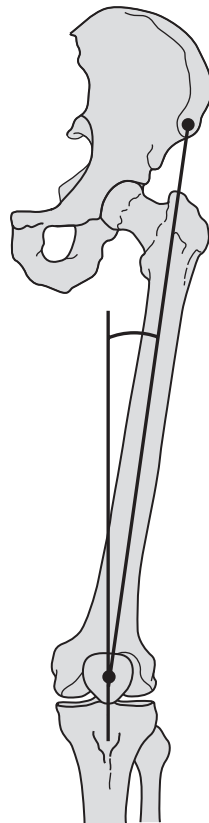
### Биомеханика надколенно-бедренного сустава

Надколенно-бедренный сустав функционирует как седловидный сустав. Основным движением является скольжение или сопровождение движения вдоль блоковидной борозды. При разгибании колена надколенник расположен на верхнем конце блоковидной борозды, а во время сгибания следует или скользит каудальнее в борозду. Надколенник смещается в дистальном направлении примерно на 7 см от полного выпрямления колена до сгибания. И медиальная и латеральная фасетки надколенника контактируют с бедренной костью при разгибании и на  $90^\circ$  при сгибании. При превышении  $90^\circ$  надколенник ротируется или наклоняется и сохраняет контакт лишь с медиальным мыщелком бедренной кости. При полном сгибании колена надколенник находится глубоко в межблоковом углублении.

### Q-угол

Механика надколенно-бедренного сустава прямо или косвенно опосредуется тягой четырехглавой мышцы надколенника.

Угол тяги четырехглавой мышцы, Q-угол, может измениться в проксимальном направлении поворотом тазобедренного сустава или в дистальном при движении стопы. Угол Q определяется по пересечению линии тяги четырехглавой мышцы с линией, соединяющей центр надколенника с центром бугристости большеберцовой кости (рис. 13-5). В норме он составляет примерно  $10^\circ$ , больший угол может указывать на предрасположенность к неадекватной тяге надколенника и возникающей в результате этого нестабильности. Сам по себе надколенник служит для увеличения рычага силы четырехглавой мышцы и способствует распространению сжимающего усилия бедренной кости. Неадекватная механика надколенно-бедренного сустава может вызывать болезненные состояния и функциональные нарушения коленного сустава.



**Рисунок 13-5** Направление тяги четырехглавой мышцы по отношению к надколеннику описывается с помощью угла Q, сформированного пересечением линий от центра надколенника к бугристости большеберцовой кости и от центра надколенника до передненижней подвздошной ости.

### Биомеханика межберцового сустава

Проксимальный межберцовый сустав относится к скользящему синовиальному типу. Ограниченное движение возможно между латеральным большеберцовым мыщелком и головкой малоберцовой кости. Учитывайте, что дистальный межберцовый сустав является не синовиальным, а синдесмотическим, с очень малой подвижностью.

### Рост и развитие

При рождении имеются вторичные эпифизарные центры дистальной части бедренной кости и проксимальной большеберцовой кости, их можно идентифицировать на рентгенограмме как оссифицированные структуры (рис. 13-6). Вторичный эпифизарный центр головки малоберцовой кости не появится примерно до трех лет. Надколенник не виден на рентгенограммах до начала оссификации примерно в четырехлетнем возрасте. Эпифизиз (*physis*) каждой длинной кости продолжает постепенно расти, а пластинки эпифиза в итоге сливаются после пубертатного периода примерно в 16–18 лет (рис. 13-7). У женщин полное развитие скелета обычно происходит раньше, чем у мужчин.

### Рутинное рентгенологическое исследование<sup>11–21</sup>

#### Практическое руководство по рентгенографии коленного сустава у взрослых и детей<sup>11</sup>

Американская коллегия рентгенологов, главная профессиональная организации США, определяет следующие

практические рекомендации в качестве инструментов обучения практике выполнения соответствующих рентгенологических исследований.

### Задачи

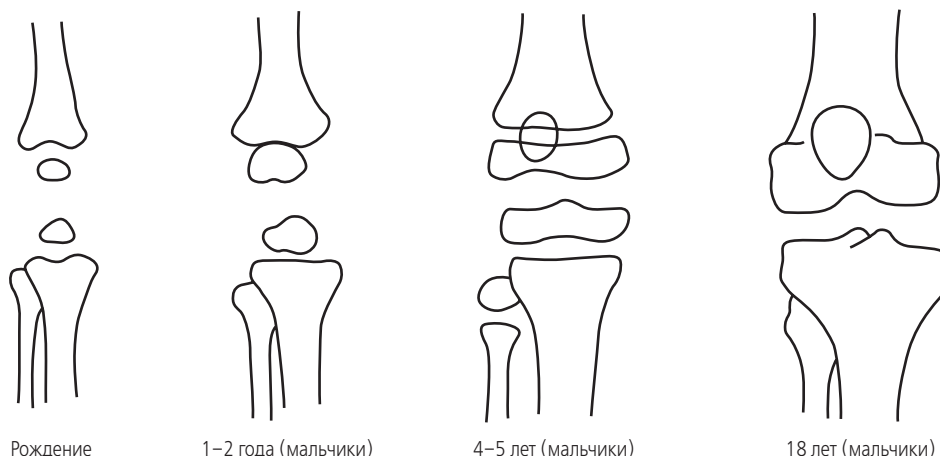
Задачей рентгенологического исследования является выявление или исключение анатомических изменений или патологических процессов в коленном суставе.

### Показания

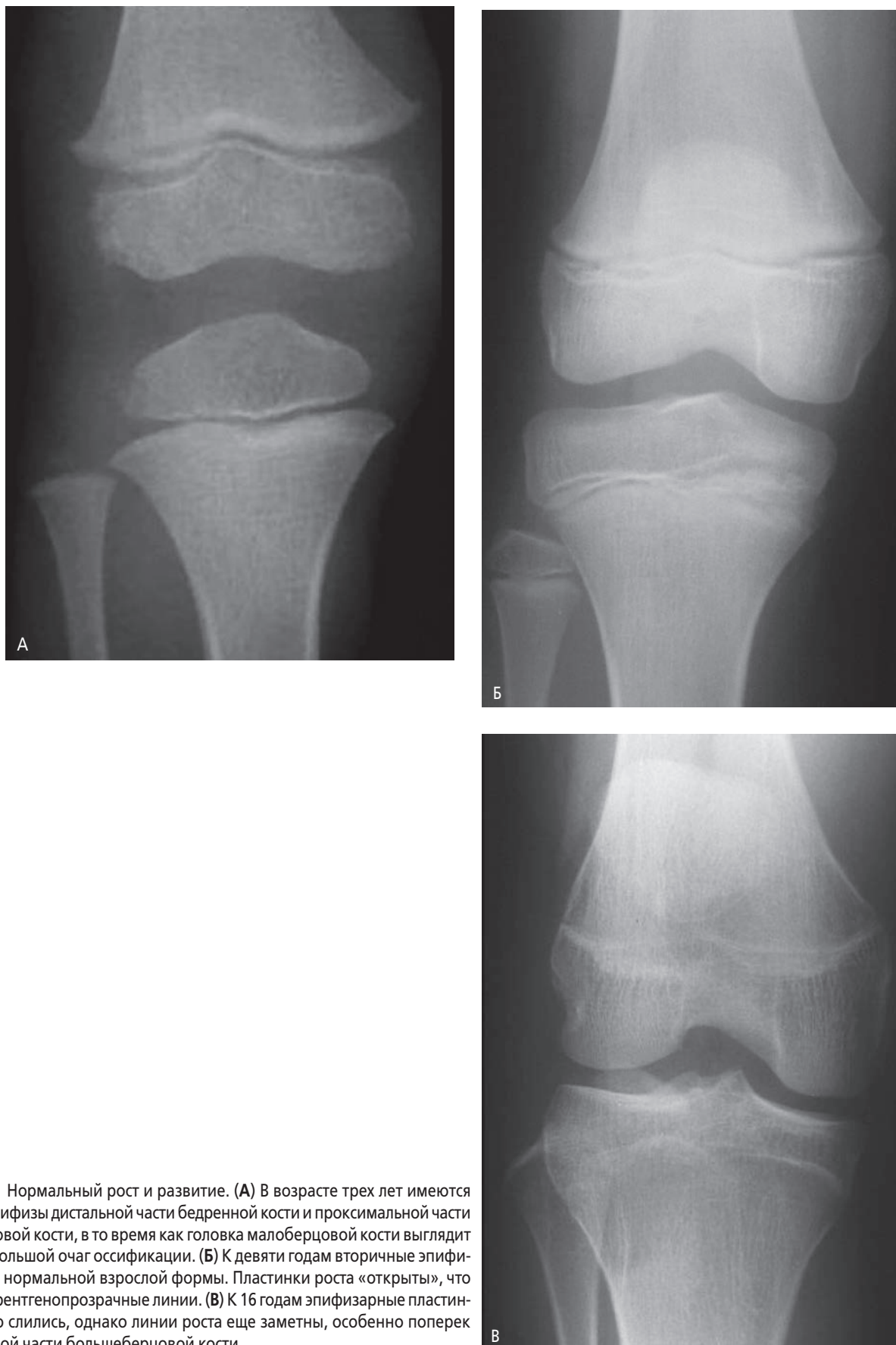
Показания для рентгенологического исследования включают (но не ограничиваются) травму, в том числе предполагаемое физическое насилие; костные изменения, вторичные по отношению к метаболическим нарушениям; системные заболевания или связанные с питанием; новообразования; инфекции; неопластические заболевания кости; артропатии; пред- и послеоперационные исследования и длительное наблюдение; врожденные синдромы и нарушения развития; сосудистые повреждения; оценку мягких тканей; боль; взаимосвязь патологических изменений скелета, выявленных другими методами визуализации.

### Основные проекции и данные рентгенологического наблюдения<sup>11–21</sup>

Минимум рекомендуемых проекций включает передне-заднюю и боковую проекции коленного сустава и надколенника и тангенциальную проекцию надколенника. К обычным дополнительным вариантам при рутинной рентгенографии относятся задне-передняя осевая проекция межмыщелковой ямки.



**Рисунок 13-6** Рентгенографические признаки оссификации коленного сустава в разном возрасте от рождения до 18 лет (адаптировано из Meschan,<sup>5</sup> стр. 218).



**Рисунок 13-7** Нормальный рост и развитие. (А) В возрасте трех лет имеются вторичные эпифизы дистальной части бедренной кости и проксимальной части большеберцовой кости, в то время как головка малоберцовой кости выглядит лишь как небольшой очаг оссификации. (Б) К девяти годам вторичные эпифизы достигают нормальной взрослой формы. Пластинки роста «открыты», что показывают рентгенопрозрачные линии. (В) К 16 годам эпифизарные пластинки полностью слились, однако линии роста еще заметны, особенно поперек проксимальной части большеберцовой кости.

# Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава

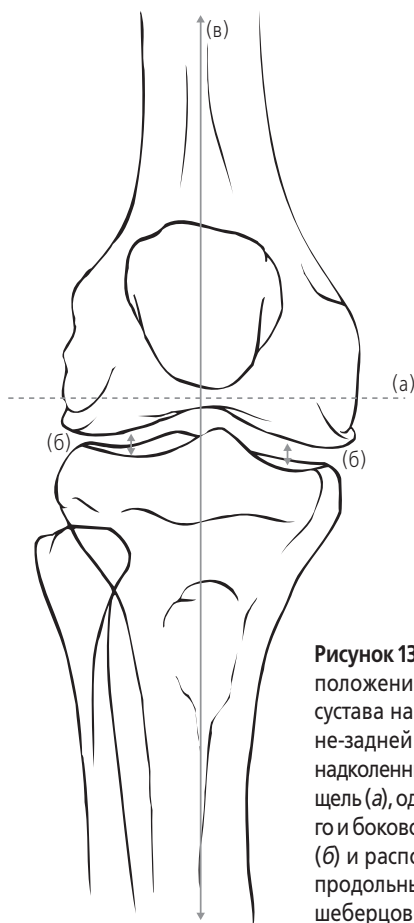
## Передне-задняя проекция

В этой проекции визуализируются дистальный сегмент бедренной кости, проксимальный сегмент большеберцовой кости, бедренно-большеберцовое сочленение и головка малоберцовой кости.

## Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Надколенник накладывается на бедренную кость. Нижний полюс (вершина) надколенника в норме расположен на уровне линии стыка (а, на рисунке 13-8), но без пересечения.
2. В норме бедренно-большеберцовая суставная щель хорошо определяется рентгенографически в срединном и в боковом отделах. В нормальном коленном суставе эти промежутки имеют равную высоту (б, на рисунке 13-8).
3. Суставная поверхность плато большеберцовой кости видна в боковой проекции с визуализацией лишь минимума поверхности.
4. Медиальная половина головки малоберцовой кости закрыта сзади наложением большеберцовой кости.
5. В норме продольные оси бедренной и большеберцовой костей расположены по одной линии (в, на рисунке 13-8).
6. В норме должен быть выражен контраст между костью и мягкой тканью. Трабекулярные маркеры и кортикальные края представлены раздельно.

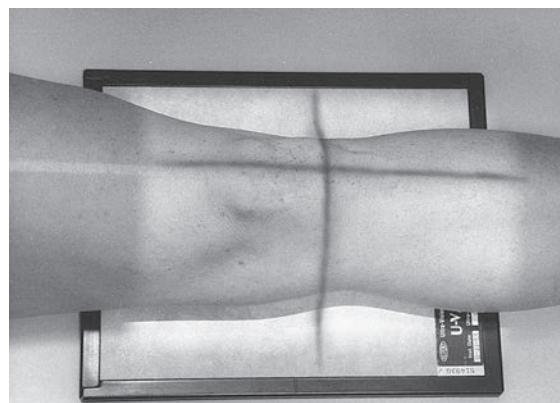


**Рисунок 13-8** Пространственное расположение нормального коленного сустава на рентгенограмме в передне-задней проекции: нижний полюс надколенника не пересекает суставную щель (а), одинаковая высота срединного и бокового суставного пространства (б) и расположение по одной линии продольных осей бедренной и большеберцовой костей (в).

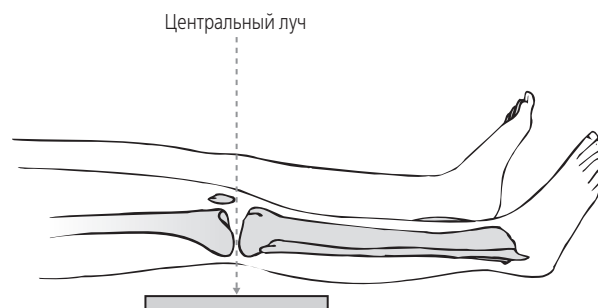
## Основные проекции

- Передне-задняя
- Боковая
- Задне-передняя осевая «туннельная» проекция межмыщелковой ямки
- Тангенциальная проекция надколенно-бедренного сустава

## Укладка для рентгенологического исследования



**Рисунок 13-9** Положение пациента для передне-задней проекции коленного сустава.



**Рисунок 13-10** Центральный луч направлен снизу к дистальному полюсу надколенника, проходя через бедренно-большеберцовое суставное пространство.

## Что мы видим?

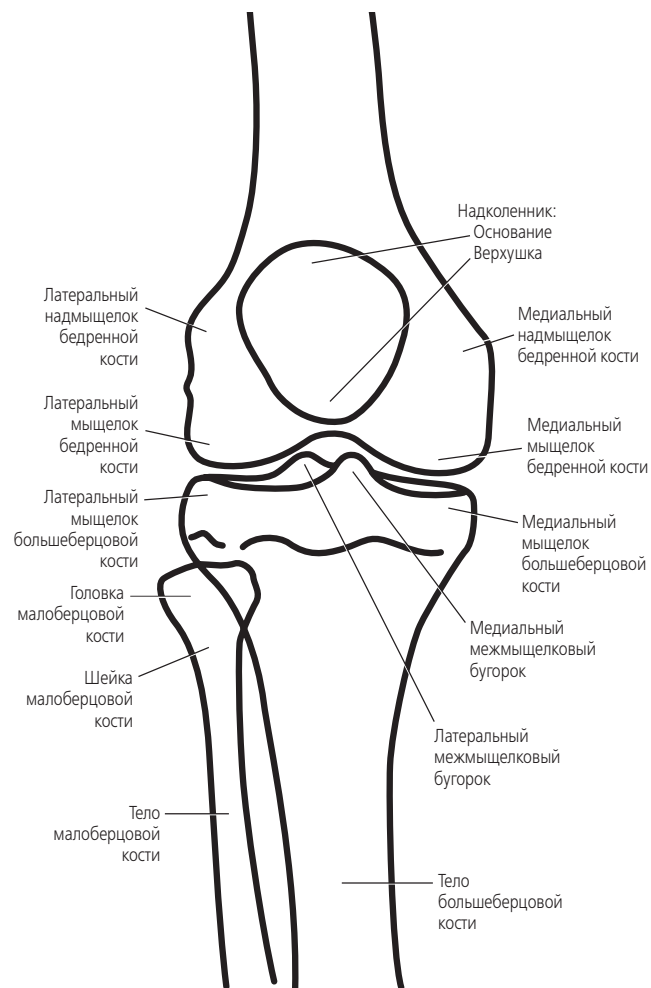
Посмотрите на рентгенограмму (рис. 13-11) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 13-12. Сравните также с трехмерным КТ-изображением колена (рис. 13-13). Можно определить:

- Дистальную часть бедренной кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки)
- Проксимальную часть большеберцовой кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки и межмыщелковое возвышение)
- Бедренно-большеберцовое суставное пространство (сравните высоту в срединном отделе с боковым отделом)
- Надколенник
- Проксимальная часть малоберцовой кости (идентифицируются головка, шейка и тело).

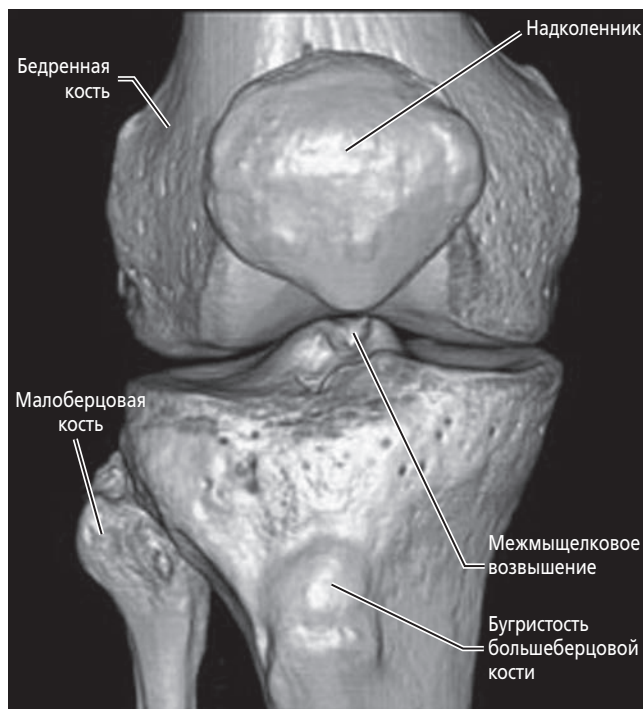




**Рисунок 13-11** Рентгенограмма коленного сустава в передне-задней проекции.



**Рисунок 13-12** Скалькированный чертеж рентгенограммы передне-задней проекции правого коленного сустава.



**Рисунок 13-13** Трехмерная КТ коленного сустава (снимок <http://www.medcyclopaedia.com> by GE Healthcare).

# Рутинная рентгенологическая оценка коленного сустава

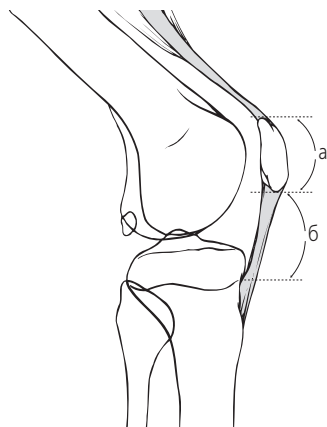
## Боковая проекция

В этой проекции визуализируется в профиль надколенно-бедренный сустав, наднадколенниковая сумка, сухожилие четырехглавой мышцы и сухожилие надколенника. Обычно пациент лежит на боку на исследуемой стороне.

## Анализ рентгенологической картины

Наиболее важными результатами являются:

1. Для стандартной проекции колено сгибается примерно под углом  $20^\circ$ .
2. Пучок направляется через колено в медиально-латеральном направлении; таким образом часть головки малоберцовой кости скрывается за большеберцовой костью.
3. При истинно латеральном положении мыщелки бедренной кости почти полностью накладываются один на другой. Тем не менее, увеличение медиального мыщелка может стать причиной того, что его линейное изображение будет расположено несколько ниже латерального мыщелка.
4. Медиальный и латеральный мыщелки большеберцовой кости также накладываются один на другой. Межмышечковое возвышение отбрасывает тень выше плато большеберцовой кости и частично совмещается с мыщелками бедренной кости.
5. Исследуют соотношение надколенника с бедренной костью. Аномально высокое положение надколенника определяется как *patella alta*. Аномально нижнее положение определяется как *patella baja*.
6. Определяют соотношение длины надколенника (измеряется от основания до вершины, а, на рисунке 13-14) с длиной связки надколенника (измеряется от места прикрепления у вершины надколенника до бугристости большеберцовой кости, б, на рисунке 13-14). В норме они почти равны, разница не должна превышать 20%. Увеличение более чем на 20% указывает на патологическое положение надколенника.



**Рисунок 13-14** Пространственное расположение надколенника при рентгенографии. В норме длина надколенника (а) равна длине связки надколенника (б) с отклонением не более 20%.

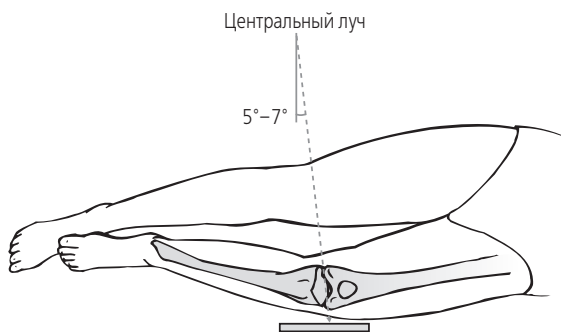
## Основные проекции

- Передне-задняя
- Боковая
- Задне-передняя осевая «туннельная» проекция межмышечковой ямки
- Тангенциальная проекция надколенно-бедренного сустава

## Укладка для рентгенологического исследования



**Рисунок 13-15** Положение пациента при рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции.



**Рисунок 13-16** Центральный луч направляется на коленный сустав с наклоном  $5-7^\circ$  краниально. Такое небольшое отклонение предотвращает возможность скрытия суставной щели из-за увеличения изображения медиального мыщелка бедренной кости.

7. В норме должен быть выражен контраст между костью и мягкими тканями. Трабекулярные маркеры и кортикальные края представлены раздельно.
8. В норме наднадколенниковая сумка выглядит как тонкая рентгенопрозрачная полоска чуть позади сухожилия четырехглавой мышцы. При выпоте сумка растягивается и дает изображение овальной плотности при наличии повреждения сустава.
9. Фабелла, небольшая сесамовидная кость, расположенная в задней суставной капсуле у места прикрепления латеральной головки икроножной мышцы, встречается примерно у 18% людей. Она выглядит как небольшая овальная плотность в задних мягких тканях. Патологические состояния, такие как выпот в сустав или артрит, могут смещать фавеллу.

### Что мы видим?

Посмотрите на рентгенограмму (рис. 13-16) и попытайтесь определить лучевую анатомию. Нанесите на кальку контуры структур и сравните результат с приведенным на рисунке 13-17. Сверьте костную анатомию на рентгенограмме и МРТ в режиме T1 (рис. 13-19). Можно определить:

- Дистальную часть бедренной кости (идентифицируются медиальный и латеральный мыщелки)
- Проксимальную часть большеберцовой кости (бугристость большеберцовой кости, суставная поверхность и межмыщелковое возвышение)
- Проксимальную часть малоберцовой кости (головку, шейку и тело)
- Надколенник (измерить и сравнить длину надколенника и длину связки надколенника).



Рисунок 13-17 Боковая проекция коленного сустава.



Рисунок 13-18 Скалькированный чертеж рентгенограммы боковой проекции коленного сустава.

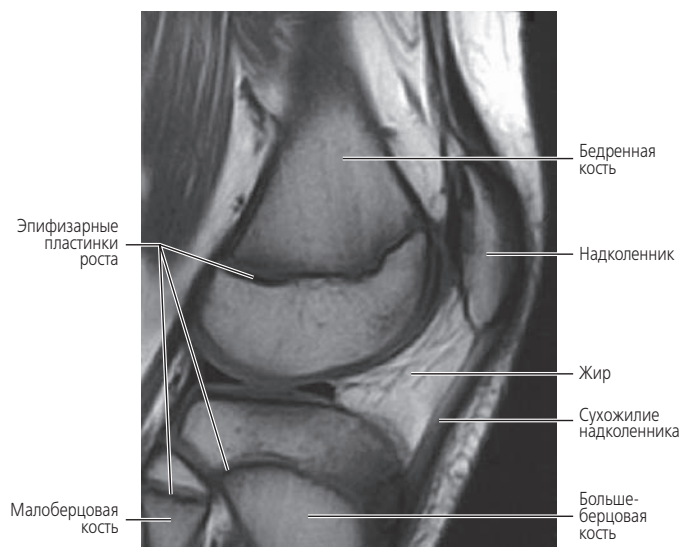


Рисунок 13-19 Сагиттальная проекция коленного сустава на МРТ в режиме T1.