

Лучевая диагностика и лечебные манипуляции под контролем лучевых методов исследования

Luana Stanescu ■ Ken F. Linnaau ■ Tom Burdicku ■ F.A. Mann

Лучевая визуализация (ЛВ) при травме может рассматриваться применительно к отдельному клиническому случаю, группе пациентов, лечебно-диагностическим учреждениям и обществу в целом. ЛВ может обеспечить быстрое получение всесторонней информации в условиях недостатка клинических данных и таким образом значительно повлиять на план лечения. ЛВ может использоваться при проведении хирургического и минимально инвазивного лечения.

Определенные стратегии ЛВ зависят от многих факторов, некоторые из которых уникальны для определенных клинических условий. Такие факторы включают доступные методы визуализации в условиях реанимационного отделения, аппаратные возможности получения изображений, наличие квалифицированных лаборантов-рентгенологов, опытных диагностов и средств передачи изображений.

Выбор времени получения диагностических изображений зависит от необходимости в этом отдельных пациентов и особенностей местной системы оказания помощи. За исключением применения ЛВ при эндоваскулярном гемостазе, гемодинамически нестабильные пациенты в первую очередь должны получать реанимационные пособия. Для увеличения эффективности оказания помощи критерии отбора пациентов, у которых необходимо использование средств ЛВ должны быть основаны на неотложной потребности в информации, определяющей лечебную тактику. Близкое сотрудничество и четкое взаимодействие между травматологами, медицинскими сестрами и диагностами всегда необходимы, чтобы оптимизировать действия в каждом конкретном случае.

В одной главе невозможно всесторонне отразить интерпретацию диагностических изображений. Поэтому, здесь мы представили общий подход к оценке роли ЛВ в отдельных клинических ситуациях, с указанием преимуществ и недостатков каждого из средств визуализации. Среди посту-

пающих пациентов приблизительно 90% прибывают с уже выполненными снимками. Нередко из-за технических ограничений, включая толщину/интервал КТ-изображений, способ реконструкции и отсутствие направленной обработки диагностические исследования приходится повторять. Поэтому в этой главе мы также приводим показания и описание техники ЛВ.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ: ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА ТУПОЙ ТРАВМЫ

Методы визуализации при травме

При поступлении пострадавшего с тупой травмой, если клинические данные оказываются недостаточными, можно выполнить следующие исследования: обзорный снимок органов грудной клетки (в положении лежа на спине с 10° отклонением центрального оси рентгеновского луча в каудальном направлении), таза (в положении лежа на спине) и шейного отдела позвоночника (в прямой и боковых проекциях) (рис. 16-1).¹ На рентгенограммах грудной клетки и шейного отдела позвоночника может быть оценена целостность дыхательных путей. Могут быть выявлены зоны изменения легочного рисунка связанные с пониженной оксигенацией при ушибах легких, аспирационных пневмониях и ателектазах. Напряженный пневмо- или гемоторакс обычно обнаруживаются при клиническом исследовании в то время как клинически скрытые пневмо- или гемоторакс, как правило, выявляются только при рентгенографии органов грудной клетки в виде «глубокой борозды» и гемотораксного изменения плотности, соответственно. Другие повреждения, такие как разрыв диафрагмы, нестабильность грудной клетки, пневмоперикард, пневмомедиастинум

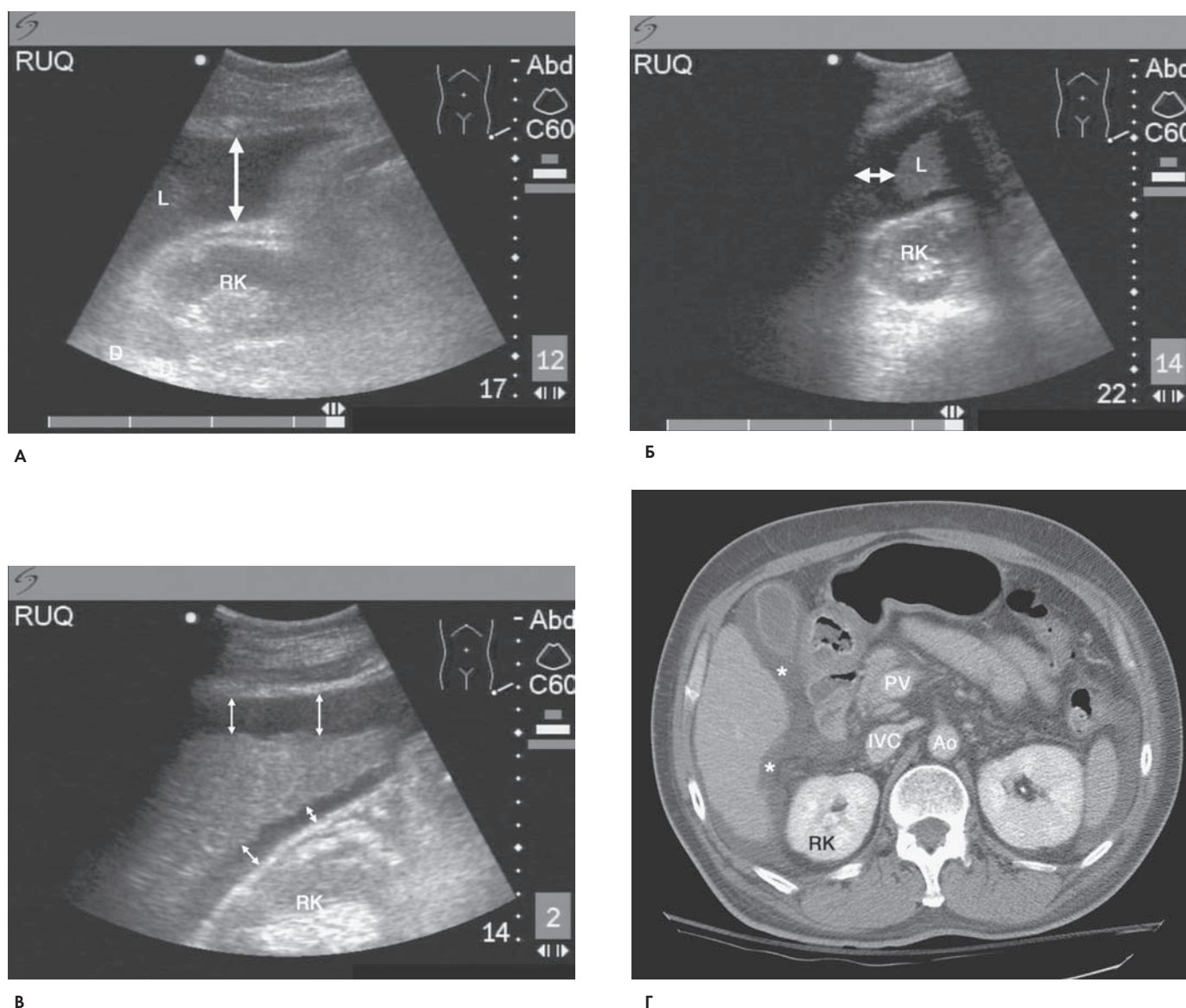


РИСУНОК 16-2. Ультразвуковое исследование при травме: этот 58-летний мужчина, страдающий алкоголизмом, был сбит автомобилем при переходе шоссе. **А** При ультразвуковом исследовании верхнего квадранта брюшной полости глубина сканирования выбрана таким образом, чтобы можно было визуализировать диафрагму (D) и обнаружить внутрибрюшную жидкость (двусторонняя стрелка) (L — печень; RK — правая почка). **Б** Ультразвуковая визуализация неровной поверхности печени с окружающей ее жидкостью (двусторонняя стрелка) (L — печень; RK — правая почка). **В** Ультразвуковая визуализация переднего подпеченочного пространства, бугристого края печени, соответствующего макронодулярному циррозу, а также свободной внутрибрюшной жидкости (двусторонние стрелки). В таких случаях необходимая дифференцировка между гемоперитонеумом и хроническим асцитом может вызвать затруднения; обычно при неосложненном асците в жидкости отсутствуют эхопозитивные включения и взвесь, типичные для гемоперитонеума (RK — правая почка). **Г** Данные, полученные при компьютерной томографии органов брюшной полости, хорошо согласуются с данными ультразвукового исследования. При лапаротомии было доказано, что свободная внутрибрюшная жидкость (звездочки) являлась гемоперитонеумом (PV — воротная вена; IVC — нижняя полая вена с впадающей в нее левой почечной веной; Ao — брюшная аорта с отходящей от нее верхней брыжеечной артерией; RK — правая почка).

и кровоизлияние в средостение также часто диагностируются при рутинном рентгенологическом исследовании. Неустойчивость гемодинамики может быть вызвана забрюшинным кровотечением вследствие разрушения тазового кольца. Биомеханически нестабильные разрушения тазового кольца почти всегда отображаются на рентгенограммах и могут сочетаться с повреждениями мочевого пузыря и уретры. Кроме того, при рентгенографии таза могут быть выявлены вывихи бедра, переломы вертлужной впа-

дины и проксимальной трети бедренной кости. Технически правильная рентгенограмма в боковой проекции на уровне С1–Т1 обеспечивает «обзорное» исследование, достаточное для идентификации большинства нестабильных повреждений шейного отдела позвоночника. Это исследование может дать важную информацию для выбора лучшего способа контроля дыхательных путей и подтвердить, что причиной необъясненной гипотензии является спинальный шок, вызванный переломом шейного отдела позвоночника.

Ультразвуковое исследование при травме

Ультразвуковое исследование входит в состав диагностических мероприятий второго этапа у пострадавших с тупой травмой груди, живота и спины (рис. 16-2; см. главу 17). Это исследование занимает от 2 до 5 минут и направлено на выявление жидкости в полости перикарда и в брюшной полости, начиная от верхних квадратов живота и заканчивая околопузырными областями.² Сканирование целесообразно проводить в двух ортогональных плоскостях (например, продольной и поперечной), при этом небольшие разрывы паренхиматозных органов и забрюшинные гематомы, как правило, не определяются. С помощью ультразвукового исследования может быть выявлено патологическое содержимое в плевральной полости (гемо- и пневмоторакс). Коммерчески доступные, портативные переносные устройства для ультразвукового исследования в реальном времени могут оказать существенную диагностическую помощь при травме.

Ультразвуковое исследование с достаточной точностью позволяет обнаружить внутрибрюшную жидкость объемом более 400 мм (то есть, зависимость от опыта исследователя является очень небольшой; при меньших объемах точность во многом зависит от опыта исследователя).³⁻⁵ Установлено, что изолированные повреждения печени и селезенки с минимальным гемоперитонеумом или без него составляют одну треть от всех повреждений паренхиматозных органов.^{6,7} Изолированные внутрипаренхиматозные повреждения с небольшим (<250 мл) гемоперитонеумом или без него редко требуют эндоваскулярного или хирургического вмешательства (печень <1%, селезенка <5%).⁸ Ложноположительные интерпретации ультразвукового исследования могут быть вызваны неправильными настройками сонографа (интенсивность), эхонегативностью околопочечной жировой клетчатки (которая редко бывает эхонегативна одновременно при продольном и поперечном сканировании), наличием жидкости в петлях кишечника и мочевом пузыре, заполненными жидкостью кистами брюшной полости, а также физиологическими или нетравматическими скоплениями свободной жидкости (асцит). Ультразвуковое исследование является широко доступным, недорогим и атравматичным диагностическим методом, не использующим ионизирующего излучения, что позволяет прибегать к повторным исследованиям по мере их необходимости. У пациентов, поступивших с тяжелым расстройством гемодинамики или геморрагическим шоком, ультразвуковое исследование позволяет в течение нескольких секунд установить, что источник кровотечения находится в брюшной полости. Важным ограничением ультразвукового исследования является его неспособность надежно выявлять изолированные разрывы кишечника и забрюшинные повреждения. Поэтому, у пациентов с тупой травмой и клиническими признаками повреждения кишечника или гематурией (макрогематурия во всех возрастных группах, микрогематурия у лиц моложе 16 лет или старше, но, по крайней мере, с одним эпизодом гипотензии) должен быть выполнен диагностический перитонеальный лаваж (ДПЛ) и компьютерная томография брюшной полости и таза с внутривенным контрастирова-

нием, соответственно. У гемодинамически стабильных пациентов с положительными данными ультразвукового исследования брюшной полости или ДПЛ обычно выполняется компьютерная томография с контрастированием. В недавнем систематическом обзоре было получено заключение, что данные современной литературы не позволяют считать ультразвуковое исследование заменой ДПЛ или компьютерной томографии при тупой травме живота.⁹

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ТУПОЙ ПОЛИТРАВМЕ

Пострадавшим с тупой множественной травмой в нашем учреждении вначале проводятся стандартные исследования, после чего, в зависимости их гемодинамического статуса они направляются в операционную, отделение интенсивной терапии или ангиографии для продолжения реанимации или же остаются в травматологическом отделении для выполнения расширенных диагностических исследований. Пациенты, оставшиеся в травматологическом отделении, проходят ряд рентгенологических исследований. При тяжелой травме эта последовательность состоит из серии компьютерных томографических исследований (например, головы, шеи, органов грудной клетки, брюшной полости и таза). После этого могут быть выполнены обычные рентгенологические исследования конечностей и позвоночного столба. При менее тяжелой травме может быть использована другая последовательность, начинающаяся обычными рентгенологическими исследованиями и дополненная прицельной компьютерной томографией в зависимости от предшествующих диагностических и клинических данных. Могут быть выполнены рентгенологические исследования мозгового и лицевого черепа, мягких тканей шеи, органов грудной клетки и брюшной полости, таза, вертлужной впадины, позвоночного столба и конечностей, а также магнитно-резонансная томография, ангиография, включая контролируемые манипуляции при повреждениях аорты и эмболизации при кровотечениях, вызванных разрушением тазового кольца. Кроме этого, в ряде случаев может потребоваться прицельное исследование длинных костей конечностей и крупных суставов.

Мультidetекторная спиральная компьютерная томография (МСКТ)

Появление мультidetекторных сканеров (компьютерные томографы с мультипластинами, например, двухрядные, 16-ти канальные, 64-х детекторные) изменило роль компьютерной томографии в травматологии.^{10,11} Использование мультidetекторного компьютерного томографа с 16 или большим числом детекторов позволяет получить почти изотропное объемное изображение (то есть, добиться одинаковой разрешающей способности во всех трех плоскостях) за значительно более короткое время сканирования. Изотропный массив улучшает получаемые изображения и позволяет выполнять двух- и трехмерные преобразования. Быстрота мультidetекторного спирального сканиро-

вания и значительное усовершенствование рентгеновских трубок позволяет выполнить сканирование от вершины черепа до седальных бугров менее чем за 90 секунд,^{12,13} с мультипланарными и трехмерными преобразованиями грудной и брюшной аорты, челюстно-лицевого скелета, шейного, грудного и поясничного отдела позвоночника, а также тазовых костей включая вертлужную впадину. Рентгеновский детектор в развертывающихся устройствах компьютерных томографов нового поколения может формировать рентгеновские лучи различной ширины (коллимация) деля их на два или более тонких канала (толщина скана). Например, развертывающееся устройство компьютерного мультidetекторного томографа с восьмью каналами может формировать рентгеновские лучи различной ширины (например, 10 мм, 5 мм и 2,5 мм) или комбинации из восьми потенциальных каналов. С рентгеновской коллимацией луча в 10 мм толщины, толщина восьми каналов одинакового размера составит 1,25 мм. Они могут быть переформированы, чтобы образовать четыре секции, толщина каждой из которых составит 2,5 мм. При 5-миллиметровой коллимации рентгеновского луча толщина восьми каналов одинакового размера составила бы приблизительно 0,63 мм, которые могут быть реконструированы в четыре 1,25-миллиметровых сечения.² Ожидается, что в будущем развертывающиеся устройства смогут одновременно формировать срезы различной толщины (например, 5-миллиметровые пучки для органов брюшной полости и 2,5-миллиметровые сканы для аортографии).

Терминология компьютерной томографии может вводить в заблуждение. Плотность сканирования для мультidetекторных развертывающихся устройств в настоящее время определена всеми производителями, как скорость движения трубки (в миллиметрах в секунду) деленная на рентгеновскую коллимацию луча (HE, толщину луча). Однако для более старых поколений мультidetекторных развертывающихся устройств определение плотности у разных производителей отличалось.

Объем данных полученных при компьютерной томографии может быть преобразован с использованием специальных алгоритмов для получения новой визуальной информации (например, для разделения изображений мягких тканей и костей). Первоначально полученные «срезы» используются при этом как сборные «пластины» различной толщины расположенные с заданным интервалом и перекрытиями (например, 2,5-миллиметровые пучки, посланные с 1,25-миллиметровыми интервалами, имеют 1,25-миллиметровое [50%-ое] перекрытие). Реконструированные данные могут содержать как двухмерные (сагитальные, фронтальные, криволинейные) так и трехмерные (объемные, проекционные по максимальной интенсивности и т. д.) изображения.

Для специальных протоколов исследования, обратитесь к интернет-странице Медицинских протоколов компьютерной томографии Harborview-центра:

<http://depts.washington.edu/hmcrad/Protocols/H-Radiology-Protocols-Index.htm>

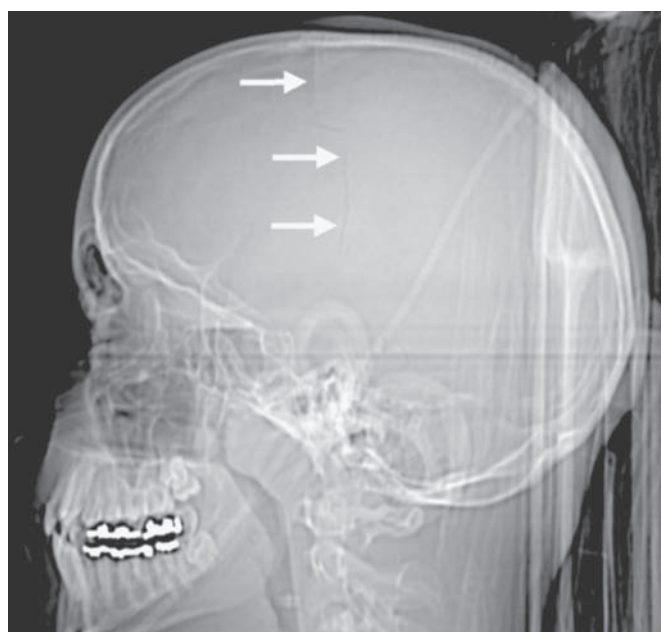
Вопросы безопасности МРТ: <http://mrisafety.com/>

Компьютерная томография черепа

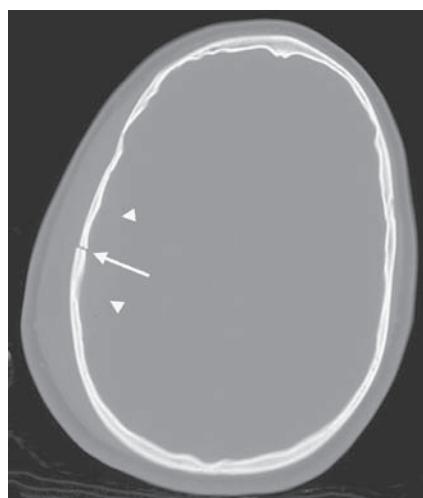
Общие показания. Аксиальная неконтрастная компьютерная томография остается стандартным исследованием у больных с острой черепно-мозговой травмой, и играет важную роль в выборе лечения.^{14,15} Показания для выполнения компьютерной томографии черепа включают объективные данные о закрытом повреждении мозга со снижением уровня сознания, деформацию лицевого черепа, гемотимпанум, а также признаки ликвореи (рис. 16-3–16-5). В недавних исследованиях были определены клинические критерии, позволяющие надежно предсказывать значительные внутричерепные повреждения и таким образом отбирать пациентов для выполнения компьютерной томографии. Значительные внутричерепные повреждения крайне маловероятны при отсутствии, по крайней мере, одного из следующих факторов риска: 1) признаков массивного перелома черепа; 2) изменения настроения и лабильности уровня сознания; 3) неврологического дефицита; 4) продолжающейся рвоты; 5) гематомы скальпа; 6) ненормального поведения или 7) коагулопатии.¹⁶ У взрослых старше 65 лет были выявлены такие же признаки, указывающие на значительные внутричерепные повреждения.¹⁷ В целом, к хирургически важным повреждениям мозга может привести и относительно небольшая травма головы, поэтому проведение компьютерной томографии показано и при «рискованных» механизмах получения травмы. При начальной диагностической оценке пациентов с умеренным травматическим повреждением головного мозга может быть полезной однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ), особенно при нормальных данных рентгеновской компьютерной томографии в сочетании с посттравматической амнезией и потерей сознания.¹⁸

Описание исследования. Для спиральной компьютерной томографии от вершины до основания черепа авторы используют толщину сканирования в 5 мм у взрослых и старших детей и в 1,25 мм у детей младше четырех лет. У детей до четырех лет сканирование достигает основания С2, потому что в этой возрастной группе повреждения верхнего шейного отдела позвоночника особенно распространены. Реконструкция изображений выполнена с использованием алгоритмов для костной и мягкой ткани.

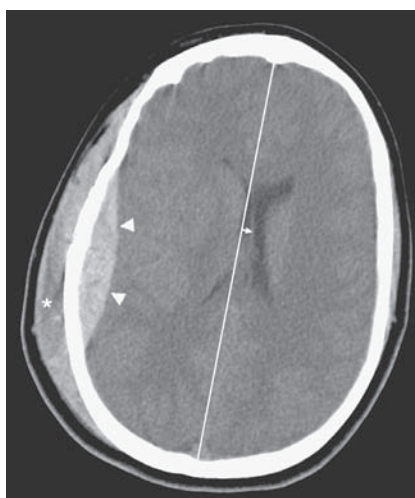
Комментарий. Компьютерная томография является очень чувствительным методом исследования для обнаружения вне- и внутриаксиальных кровотечений и объемного эффекта, а так же для выявления повреждений мягких тканей черепа и околоносовых пазух. Однако у пациентов с диффузным аксональным повреждением, данные компьютерной томографии могут быть нормальными или противоречащими клинической оценке серьезности травмы головного мозга и рентгенографическим данным. Переломы черепа, линия которых лежит в плоскости сканирования, могут выглядеть тонкими, поэтому для планирования компьютерной томографии необходимо располагать полноценными клиническими данными. За исключением судебно-медицинских случаев



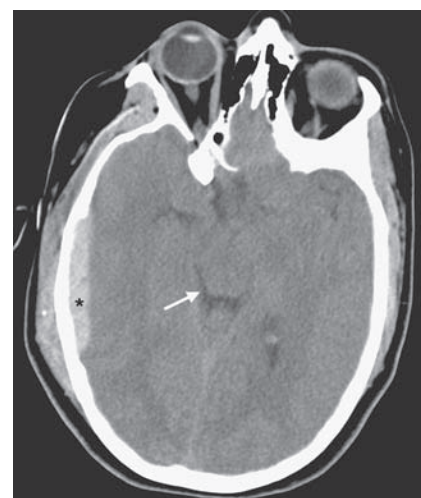
А



Б



В



Г

РИСУНОК 16-3. Эпидуральная гематома. Падение велосипедиста без шлема. **А** На обзорной рентгенограмме черепа в боковой проекции определяется полоска просветления, соответствующая линии перелома (стрелки). **Б** Аксиальная компьютерная томография (КТ): нарушение целостности правой теменной кости с минимальным смещением и подпапневротической гематомой. Перелом отмечен белой стрелкой, а едва различимый край гиперинтенсивной внутричерепной гематомы показан белыми треугольными маркерами. **В** Аксиальная КТ: эпидуральная гематома (стрелки), вызвавшая смещение относительно средней линии (короткая стрелка) и подпапневротическая гематома (звездочка). **Г** Аксиальная КТ: на уровне супраселлярной цистерны определяется эпидуральная гематома (показана черной звездочкой), асимметричное расширение среднечерепной цистерны (стрелка) с угрозой образования крючковидной грыжи (публикуется с разрешения DK Hallam).

неслучайной травмы (жестокое обращение с детьми), обычная рентгенография черепа обычно не проводится.^{19,20}

Компьютерная томография челюстно-лицевого скелета

Общие показания. Показания к исследованию включают деформацию или неустойчивость челюстно-лицевых структур, выявленные при клиническом (физикальном) исследовании; деформацию, помутнение или перелом окологлазничной или околоносовой пазухи определенные

при компьютерной томографии головы, а также клинические признаки ликвореи (рис. 16-6). Выявление таких клинических признаков, как повреждение губ, внутриротовые повреждения, окологлазничные ушибы, подконъюнктивальные кровоизлияния или повреждения носа позволяет с высокой вероятностью предположить наличие у пациента перелома костей лицевого черепа.²¹ Отсутствие помутнения околоносовой или окологлазничной пазухи на КТ в целом исключает хирургически важное повреждение челюстно-лицевого скелета.²²

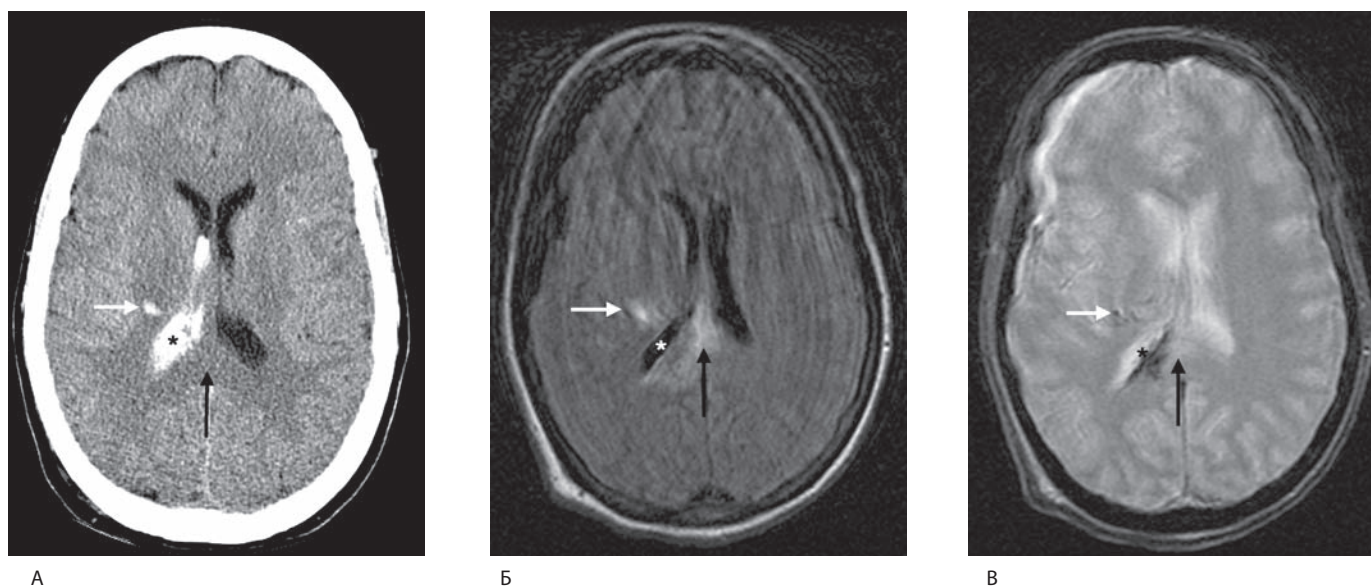


РИСУНОК 16-4. Тупая черепно-мозговая травма: диффузное аксональное повреждение. Падение 48-летней женщины в шлеме с мотоцикла вызвало диффузное аксональное повреждение. **А** Аксиальная компьютерная томография (КТ): на уровне боковых желудочков определяется внутрижелудочковое кровоизлияние (звездочка) и «слеза» кровотечения в задней ножке внутренней капсулы (белая стрелка). Черная стрелка указывает на валик мозолистого тела, который при КТ выглядит неизменным. **Б** Аксиальная магнитно-резонансная томография (МРТ): визуализируются сгусток в правом боковом желудочке (расширенная область низкого сигнала, отмечена звездочкой) и валик мозолистого тела (черная стрелка). **В** МРТ с градиентным усилением: определяется участок низкой интенсивности сигнала в области заднего рога внутренней капсулы (белая стрелка) и в правом боковом желудочке (звездочка). В области валика мозолистого тела определяется зона небольшого увеличения интенсивности сигнала на фоне отека (черная стрелка). В целом, более центральное расположение диффузного аксонального повреждения связано с большей степенью неврологической инвалидности (публикуется с разрешения WA Cohen).

Описание исследования. Изображения могут быть получены непосредственно в аксиальной или фронтальной плоскости, непосредственно в аксиальной или фронтальной плоскости с ортогональным преобразованием, либо путем реконструкции после компьютерной томографии черепа, выполненной с толщиной сканирования от 1,0 до 1,25 мм. При амбулаторных исследованиях стандартным считается исследование в ортогональных плоскостях с толщиной сканирования от 2,5 до 3,0 мм. С развитием спиральной компьютерной томографии, и особенно МСКТ, 1,0–1,25 мм срезы в аксиальной плоскости могут быть преобразованы в другие ортогональные проекции (фронтальную, сагиттальную, косую сагиттальную) или в трехмерный вид без потери качества изображения, что позволяет не проводить дополнительное сканирование в этих плоскостях и, таким образом, уменьшить лучевую нагрузку. Первичные осевые изображения, параллельные к Франкфуртской горизонтальной плоскости, с использованием 1,0–1,25-миллиметрового сканирования от верхней части лобной пазухи до уровня твердого неба и верхнечелюстных альвеол обычно в целях хирургического планирования дополняются сканированием нижней челюсти.^{23,24} Это особенно важно у детей, поскольку переломы мыщелка нижней челюсти при челюстно-лицевых переломах в этой возрастной группе нередко пропускаются.²⁵ Преобразования во фронтальные и сагиттальные плоскости должны быть полностью ортогональны аксиальным изображениям. Преобразования в сагиттальной плоскости могут быть выполнены как относительно фронтальной пло-

скости, так и относительно косой сагиттальной плоскости параллельной ходу зрительного нерва при оценке разрывных переломов дна.²⁶ Изображения, реконструированные с использованием алгоритмов для мягких и костных тканей, должны оцениваться отдельно, в соответствующих режимах визуализации. При выполнении компьютерной томографии с использованием 16-детекторов, например при коллимации 2 см рентгеновского луча, это пространство может быть поделено на 16 каналов 1,25 мм шириной каждый, что позволит при обработке полученного массива данных выделить срезы толщиной 1,25 мм. Этого достаточно для реконструкции изображений челюстно-лицевого скелета и мягких тканей в любых плоскостях без дополнительного облучения пациента.

Комментарий. В то время как компьютерная томография очень точна при выявлении и детализации хирургически важных повреждений, с ее помощью нельзя оценить уровень костной фрагментации, крайне важный в хирургии сложных переломов. Орбитальные и верхнечелюстные переломы должны усиливать подозрение в отношении более сложных комплексных переломов. Несмотря на то, что дополнительная диагностическая ценность трехмерной компьютерной томографии остается небольшой, этот метод следует признать лучшим при отображении сложных повреждений челюстно-лицевых структур, таких как переломы типа Ле Фор, позволяющим получить ценную информацию о пространственных взаимоотношениях, особенно полезных для планирования хирургического лечения.^{27–30}

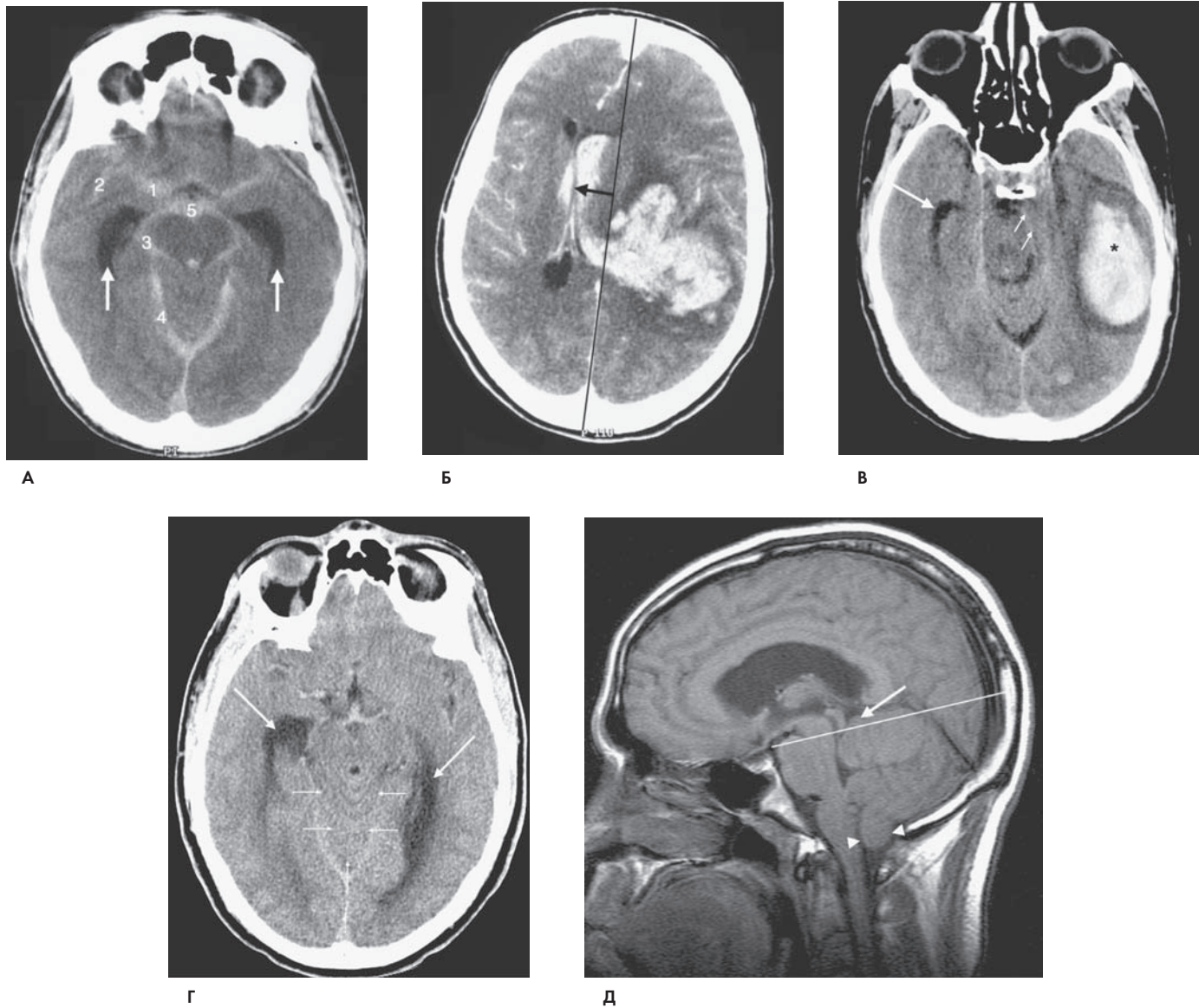


РИСУНОК 16-5. Образование грыжи. **А** Аксиальная компьютерная томография (КТ): на уровне супраселлярной цистерны определяется обширное субарахноидальное кровоизлияние, простирающееся от бокового края супраселлярной цистерны (1) в сильвиеву борозду (2), окружающее ствол мозга и среднемозговую цистерну (3), расположенное вдоль намета мозжечка (4) и межножковой цистерны среднего мозга (5). О сдавлении боковых желудочков свидетельствует дилатация височных рогов (белые стрелки). Ствол мозга сердцевидной формы визуализируется с большей интенсивностью, нижняя часть «сердца» заострена из-за смещения среднего мозга, вызванного восходящим образованием грыжи. **Б** Боковое смещение мозга под большой серповидный отросток. Аксиальная КТ: на уровне боковых желудочков определяется смещение вправо (черная стрелка), которое измеряется расстоянием от третьего желудочка до линии, соединяющей передние и задние части стреловидной пазухи (которые смещаются значительно меньше из-за их фиксации к своду черепа). Обратите внимание на обширное кровоизлияние в левой лобно-затылочной области, распространяющееся на левый желудочек (публикуется с разрешения WA Cohen). **В** Образование грыжи. Аксиальная КТ: на уровне средней черепной ямки определяется большая гематома левой височной области (черная звездочка), а также левая крючковидная грыжа (маленькие белые стрелки). Расширение правого височного рога (большая белая стрелка) с одновременной обструкцией цистерного комплекса (публикуется с разрешения Вахтер АВ). **Г** Одновременное образование восходящей и нисходящей грыжи. 38-летний пациент с задней лейкоэнцефалопатией, вызванной артериальной гипертензией. Аксиальная КТ: на уровне супраселлярной цистерны определяется расширение боковых желудочков и правого височного рога (длинные белые стрелки). Супраселлярная цистерна плохо заметна. На фоне образования восходящей грыжи из задней ямки среднемозговые цистерны не визуализируются. На восходящее образование грыжи также указывает положение червя мозжечка, находящегося в подтенториальном пространстве (маленькие стрелки) (публикуется с разрешения WA Cohen). **Д** Тот же самый пациент, что и на снимке (Г). МРТ: на T1-взвешенном изображении при сагитальном сканировании определяется тонзиллярное грыжевое выпячивание через большое затылочное отверстие (маркеры), а также верхнее грыжевое выпячивание мозжечка и среднего мозга на уровне намета мозжечка (белая стрелка).

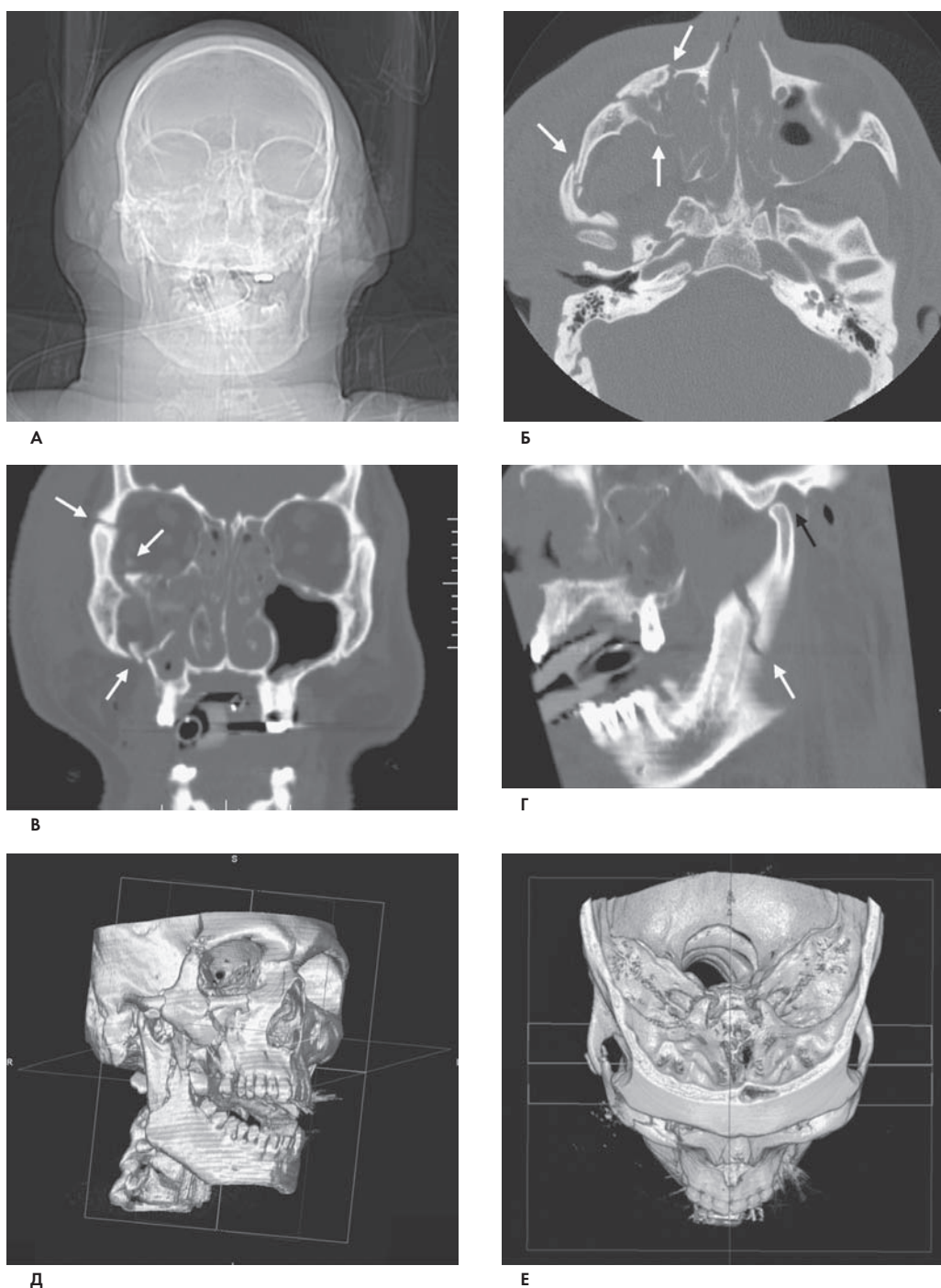


РИСУНОК 16-6. Перелом лицевого скелета: скуло-верхнечелюстной комплексный перелом. Этот 54-летний мужчина перенес удар по лицу при падении с мотоцикла. **А** При сканировании в переднезадней проекции определяется асимметрия объемов глазниц с эллипсовидным расширением правой глазницы. Также определяются снижение четкости изображения дна глазницы, латеральной стенки верхнечелюстной пазухи и помутнение правой верхнечелюстной пазухи. **Б** Аксиальная компьютерная томография (КТ): на изображении, полученном на уровне скуловых дуг, определяется оскольчатый перелом скуловой дуги со смещением (боковая белая стрелка), оскольчатый перелом передней стенки верхней челюсти (передняя стрелка) и заднебоковой стенки верхнечелюстной пазухи с их разрушением (задняя стрелка). Белой звездочкой отмечено основание носолобного отростка верхней челюсти и показан перелом носослезного протока (сразу кзади от отростка). Минимальная внутренняя ротация передней стороны в сочетании с переломом носослезного протока не входят в состав сложного скуло-верхнечелюстного перелома, а представляют собой сложный геминазоэтомидальный орбитальный перелом. **В** Фронтальная КТ: разрыв правого лобно-скулового шва (боковая и верхняя стрелка), разрушение дна глазницы (белая стрелка в надглазничной проекции) и боковой стенки верхней челюсти (нижняя белая стрелка). **Г** Сагиттальная КТ: вертикальный перелом правой ветви нижней челюсти в сочетании с передним подвывихом в височно-нижнечелюстном суставе (белые и черные стрелки, соответственно). **Д** Трехмерная КТ: обзорный вид сложного перелома скуло-верхнечелюстной области и перелома нижней челюсти справа. Важно отметить, что пространственное разрешение после трехмерной реконструкции утрачивается, но пространственное восприятие часто улучшается. **Е** Трехмерная КТ: депрессия правой скуловой дуги с утратой выступа правой скуловой кости («плоская щека»).

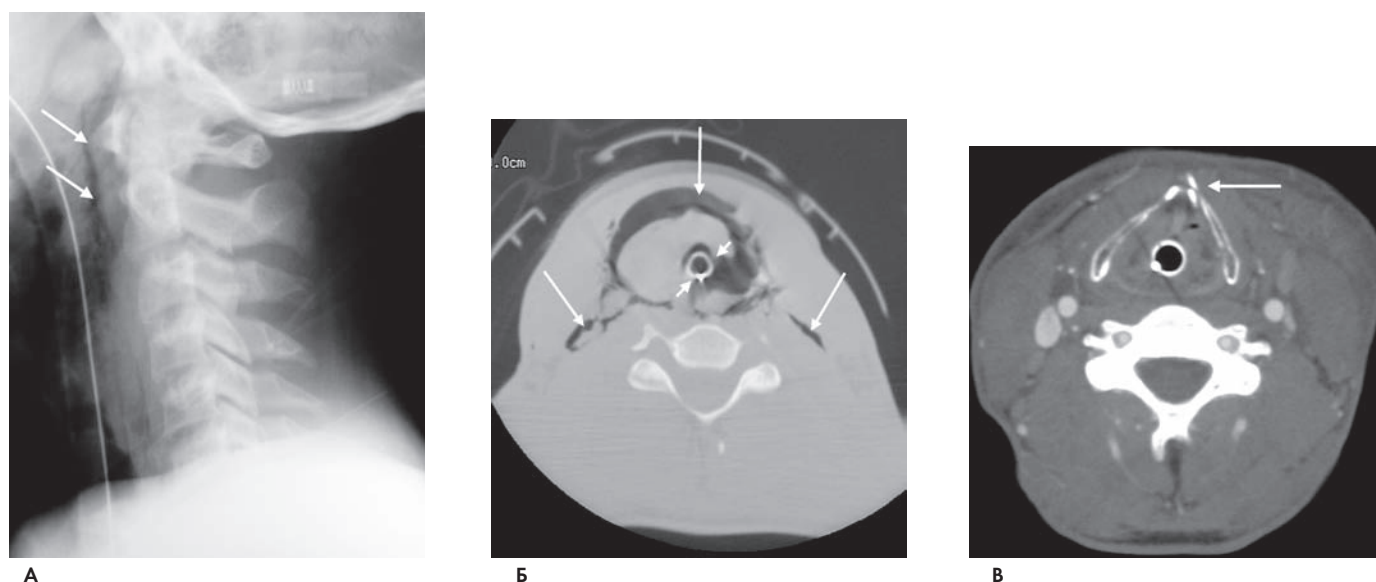


РИСУНОК 16-7. Повреждение мягких тканей шеи. **А** 15-летний мотоциклист получил повреждение бельевой веревкой, которое вызвало рассечение трахеи и пищевода. На боковой проекции шейного отдела позвоночника определяется обширная подкожная эмфизема (белые стрелки). Эндотрахеальная манжета раздулась воздухом до необычно большого размера (диаметр > 3 см), что указывает на повреждение мягких тканей шеи или нарушение целостности дыхательных путей. Наличие шейной или парафарингеальной эмфиземы при отсутствии пневмоторакса может свидетельствовать о повреждении дыхательных путей или пищеварительного тракта. **Б** Аксиальная компьютерная томография (КТ); тот же пациент, что и на снимке (А): определяется разрыв задней и левой стенки шейного отдела трахеи (показано между двумя короткими белыми стрелками). Визуализируется обширная парафарингеальная и шейная эмфизема (длинные стрелки). **В** Аксиальная КТ на уровне щитовидного хряща железы. 27-летний пациент с переломом щитовидного хряща при странгуляции. Белая стрелка указывает на парамедианный перелом хряща щитовидной железы. Переломы щитовидного хряща обычно встречаются в пределах 2 или 3 мм от переднего соединения пластинок щитовидного хряща и, предположительно, вызваны смещением щитовидного хряща вилочкообразной формы к позвоночнику. Осевое смещение фрагментов в результате перелома приводит к сокращению голосовой складки на поврежденной стороне, что проявляется дисфонией и понижением тембра голоса. Обнаружение в зоне повреждения воздуха повреждает перелом хряща.

С другой стороны, аксиальные и двухмерные преобразования лучше всего отображают осложнения со стороны мягких тканей, интерпозицию костных фрагментов, их размеры, а также образование мягкотканых грыж (например, при переломах дна глазницы)^{26,31}

КТ челюстно-лицевой области связана со значительной дозой облучения глазниц, а также мягких тканей шеи и щитовидной железы при сканировании нижнечелюстной области, что важно учитывать, особенно у детей.³²

Повреждения мягких тканей шеи

Общие показания. Клинические данные при тупой травме дыхательно-пищеводного тракта включают в себя подкожную крепитацию, кровохарканье, дисфонию, боль в области шеи, ссадины или гематомы (например, от 3-х точечного ремня безопасности на плече; рис. 16-7 и 16-8). Широкое использование методов лучевой визуализации показало, что повреждения вызванные тупой травмой сонной и позвоночной областей, встречаются гораздо чаще чем предполагалось ранее. Необходимость в визуализации сосудов шеи при тупой травме для выявления повреждений сонных и позвоночных артерий, возникает при: переломах шейного отдела позвоночника (особенно вовлекающих С1-С3, распространяющихся на отверстия поперечных отростков или на большое затылочное отверстие), неврологических дефици-

тах, не объясненных данными, полученными при исследовании головного мозга, синдроме Горнера, распространенных переломах лицевого скелета (типа Ле Форт II и III), переломах основания черепа с распространением на рваное отверстие, а также при повреждениях мягких тканей шеи, достаточных, чтобы вызвать центральную гипоксию.^{33,34}

У пациентов с расширяющейся гематомой шеи, продолжающимся кровотечением из носа, рта или ушей, либо при выслушивании шумов в проекции сосудов шеи у лиц моложе 50 лет должны быть немедленно установлены ангиографические катетеры.³⁵

Селективная артериография и транскраниальная доплерография может помочь в отборе пациентов для эндоваскулярной терапии и прогнозировании высокого риска эмболического инсульта, соответственно.^{33,36} Дуплексная ультразвуковая доплерография имеет недопустимо низкую диагностическую чувствительность при тупой травме сонной и позвоночной областей (38,5%), в то время как мультidetекторная компьютерная томография обладает чувствительностью до 90–100% и позволяет быстро выполнить ангиографию, не задерживая другие диагностические и лечебные мероприятия.³⁷

При отсутствии пневмоторакса выполняются рентгенографические исследования, направленные на выявление признаков повреждения дыхательно-пищеводного тракта, включая парафарингеальную или шейную эмфизему.

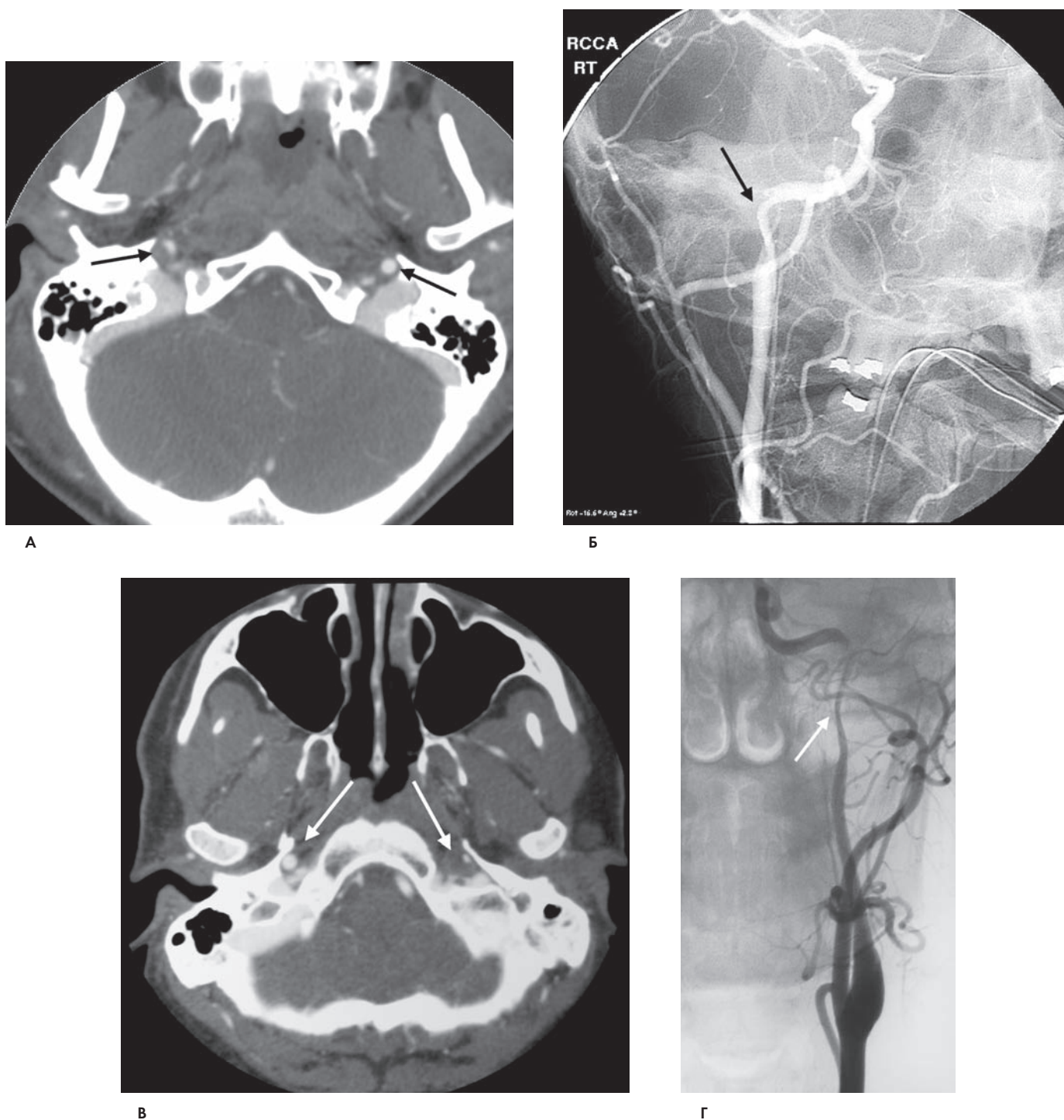


РИСУНОК 16-8. Повреждение сонной артерии. **А** 19-летняя пассажирка при падении с заднего сидения мотоцикла получила повреждения головы и шеи. Аксиальная компьютерная томография (КТ): на ангиограмме определяется асимметрия внутренних сонных артерий (черные стрелки) с признаками повреждения сосудов с правой стороны. Обратите внимание на изменение местоположения мыщелков нижней челюсти вследствие двухстороннего перелома кости (публикуется с разрешения WA Cohen). **Б** Та же пациентка, что и на томограмме (А). На ангиограмме правой внутренней сонной артерии в трансорбитальной косой проекции определяется выраженное сужение просвета сосуда и неровность его контуров (черная стрелка), вызванные травматическим рассечением артерии. **В** 36-летний пациент с рассечением левой сонной артерии. Аксиальная КТ-ангиография на уровне основания черепа выявила асимметрию изображений внутренних сонных артерий (длинные стрелки); с левой стороны в месте повреждения сосуда определяется значительная неровность его контуров с изменением просвета (публикуется с разрешения Baxter AB). **Г** Тот же пациент, что и на томограмме (В). На ангиограмме левой общей сонной артерии в переднезадней проекции определяется веретенообразное сужение внутренней сонной артерии перед ее проникновением в основание черепа (стрелка). Внутрипросветные или экстравазальные тромбы отсутствуют.

В целом, проникающие повреждения I и III зон и шеи лучше всего оцениваются методами лучевой визуализации у гемодинамически стабильных пациентов.

Описание исследования. Неконтрастная мультidetекторная КТ шеи (гортани): аксиальное сканирование от подъязычной кости до вырезки грудины с толщиной среза 2,5 мм и реконструктивным интервалом 1,25 мм. Реконструкция проводится с использованием алгоритмов для мягких и костных тканей. КТ-артериографию шеи до уровня С6 выполняют после болюсного введения 20 мл контрастного вещества с толщиной срезов 5 и 2,5 мм с 50% реконструктивным интервалом. Мультипланарные преобразования по градиенту максимальной интенсивности позволяют получить 1,25 мм срезы с 0,6-миллиметровыми интервалами, а также трехмерные изображения.

Комментарий. Компьютерная томография нередко оказывается наиболее точным методом оценки ларинготрахеальных повреждений, особенно при нарушении привычных анатомических взаимоотношений или обширном кровотечении, затрудняющих выполнение прямой или непрямой эндоскопии. Тщательный поиск открытых повреждений (например, воздуха в сочетании с хрящевыми переломами) обусловлен необходимостью хирургического вмешательства для обработки раны и ушивания разрывов слизистой оболочки. Компьютерная томография может помочь в оценке ларинготрахеальных повреждений, однако ее интерпретация имеет тенденцию к завышению распространенности повреждений по сравнению с эндоскопией или эксплоративным исследованием. Поиск должен начаться в области ямки надгортанника и продолжиться вдоль гортани и трахеи. Чаще всего встречаются повреждения щитовидного хряща. Переломы щитовидного хряща обычно локализуются в пределах 2–3 мм от линии переднего соединения боковых пластинок. Оскольчатые переломы пластинок, как правило, вызваны высокоэнергетическими повреждениями гортани, и часто сочетаются с щито-перстневидным вывихом. Кроме того, компьютерная томография позволяет выявлять подвывихи и вывихи черпаловидного хряща, визуализации которых способствует правильное центрированное положение пациента на столе томографа. Большинство трахеальных повреждений выявляется в задней, перепончатой стенке трахеи и заживает после консервативного лечения (например, помещения интубационной трубки дистальнее уровня повреждения). Эмфизема мягких тканей окружающая трахею указывает на место ее повреждения. Поиски перелома трахеального кольца часто бесплодны, если перелом не смещен. Фронтальные преобразования изображений трахеи могут помочь в выявлении продольного расщепления (вертикальное расхождение отломков между трахеальными кольцами) трахеи, сочетающегося с еще более серьезными повреждениями.

Разрыв пищевода при тупой травме обычно происходит в его проксимальной трети, как правило, в шейной части. Рентгенологически, это проявляется скоплением газа в мягких тканях. Для уточнения диагноза может потребоваться

проведение рентгеноконтрастного исследования или эндоскопии. При выполнении эзофагографии авторы предпочитают вводить контрастное вещество через тонкокишечный зонд, добываясь, таким образом, адекватного растяжения пищевода. Проникающие повреждения мягких тканей шеи, особенно огнестрельные ранения, можно оценить при КТ-артериографии.³⁸ Преимущества эксплоративного исследования при проникающих ранениях ограничены повреждениями II зоны шеи у пациентов с симптомами, не дающими времени на выполнение стандартной диагностической последовательности.

Успехи мультidetекторной компьютерной томографии и телемедицины (создание баз изображений, расширение круга консультантов и экспертов) улучшили диагностическую точность КТ-артериографии по сравнению с цифровой рентгеновской ангиографией при выявлении поврежденных сонных и позвоночных артерий.³⁹ Мультidetекторная компьютерная томография с 16 или более каналами по существу позволяет обнаружить все клинически важные повреждения сонных и позвоночных артерий при адекватном применении метода тонких сечений сразу после быстрого введения внутривенного контрастного вещества.³⁵

Компьютерная томография шейного отдела позвоночника

Общие показания. У взрослых и детей 10 лет и старше установленные правила клинического прогнозирования могут надежно определить тех пострадавших с травмой, у которых при лучевой визуализации шейного отдела позвоночника будут выявлены те или иные изменения. Эти правила описаны в руководствах National Emergency X-Radiography Utilization Study Group (NEXUS) и Canadian Cervical Spine Rule. Другие правила клинического прогнозирования помогают определить, какая методика лучевой визуализации окажется самой рентабельной. Специально для этого Blackmore et al.⁴⁰ создали правило клинического прогнозирования для выявления случаев, в которых для детализации повреждений шейного отдела позвоночника и мягких тканей шеи необходимо выполнение спиральной компьютерной томографии (рис. 16-9–16-12). Применение этого правила предполагает выполнение компьютерной томографии черепа практически каждому пациенту с риском соответствующих повреждений. Любой из трех механизмов повреждения или любой из трех клинических признаков, перечисленных ниже, позволяют отнести пациента в группу риска скрытого повреждения в шейном отделе позвоночника с вероятностью более 5%. Рискованные механизмы повреждения включают высокоскоростную автомобильную аварию (сумма скоростей более 50 км/ч); автомобильную аварию со смертельным исходом на месте происшествия; падение с высоты более 3 м. К клиническим признакам, прогнозирующим высокий риск травмы шейного отдела позвоночника, которые выявляются при первичном обследовании пациента и связаны с механизмом повреждения высокого риска относятся значительное закрытое повреждение мозга (или внутричерепное кровотечение, выявленное при компьютерной томогра-

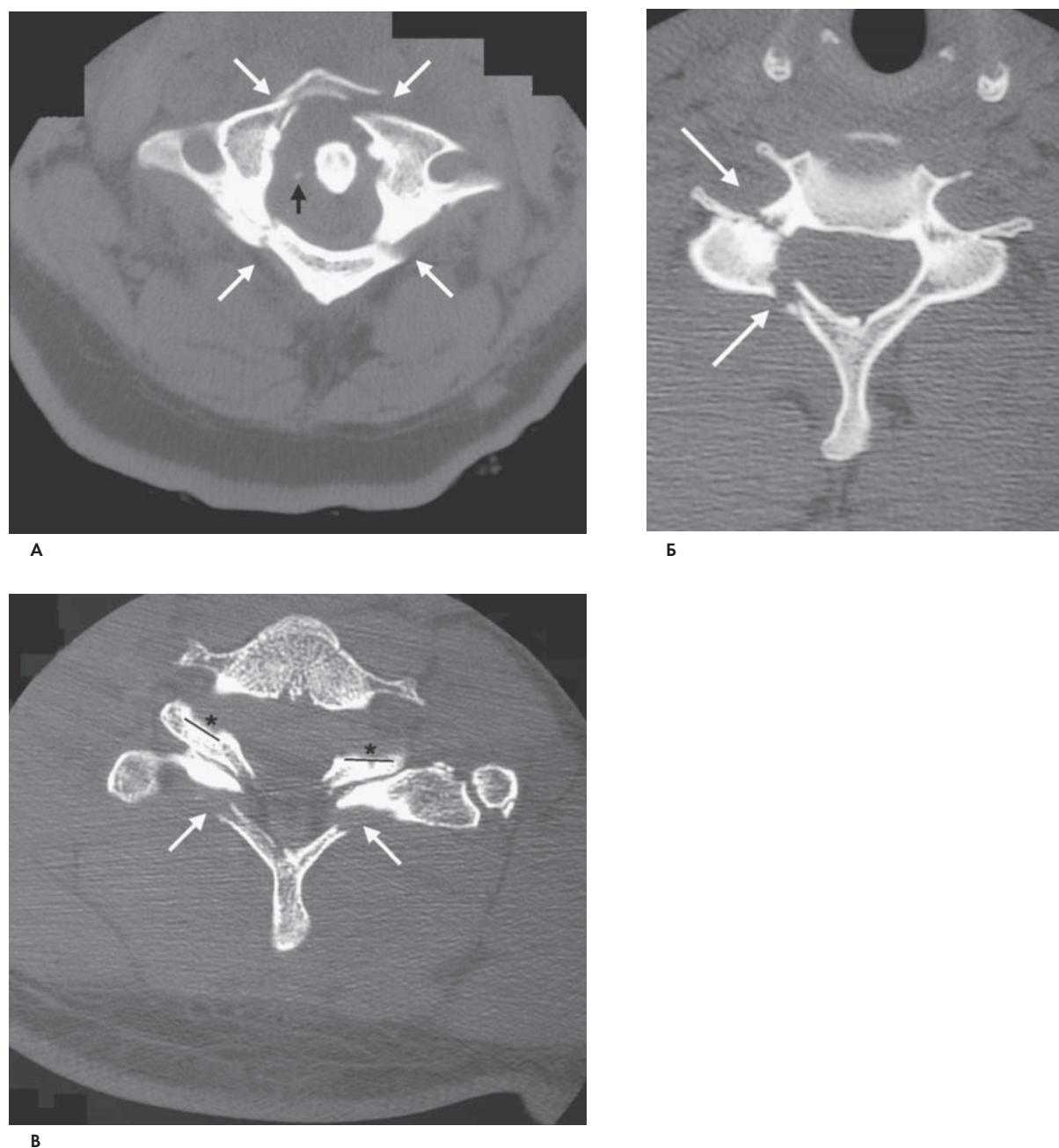


РИСУНОК 16-9. Шейный отдел позвоночника, аксиальная компьютерная томография (КТ); примеры патологических изменений. **А** Аксиальная КТ С1. Белые стрелки указывают на четыре линии перелома Джефферсона со смещением переднего бугорка на левой стороне. Обратите внимание на увеличение расстояния между передней поверхностью зубовидного отростка и передним бугорком в сочетании с разрывом поперечной связки первого шейного позвонка. Черной стрелкой отмечен небольшой перелом зубовидного отростка (разрыв правой крыловидной связки). **Б** Аксиальная КТ: педикулярно-ламинарный перелом С5–С6. Белыми стрелками отмечена ножка и пластинчатая порция перелома боковой массы. Обратите внимание на смещение костного отломка, более выраженное со стороны пластинчатой порции перелома (публикуется с разрешения С.С. Blackmore). **В** Аксиальная КТ С7–Т1. Двусторонний вывих в дугоотростчатом суставе с двусторонним переломом С7 (белые стрелки). Звездочками обозначены нижние суставные отростки С7. Верхние суставные отростки находятся сразу же позади вместе с их искривленными суставными поверхностями, ориентированными в заднелатеральном направлении, что лучше видно с правой стороны (публикуется с разрешения W.A. Cohen).

фии черепа) острые неврологические дефициты, связанные с шейным отделом позвоночника (острая миелопатия или радикулопатия); перелом таза или множественные переломы конечностей. Hanson et al.⁴¹ показали, что правила клинического прогнозирования перспективны и применили их

для распределения пострадавших с тупой травмой на группу высокого риска (12% распространенность острых повреждений шейного отдела позвоночника) и группу низкого риска (распространенность повреждений шейного отдела позвоночника 0,2%). Для младенцев (младше года) и детей

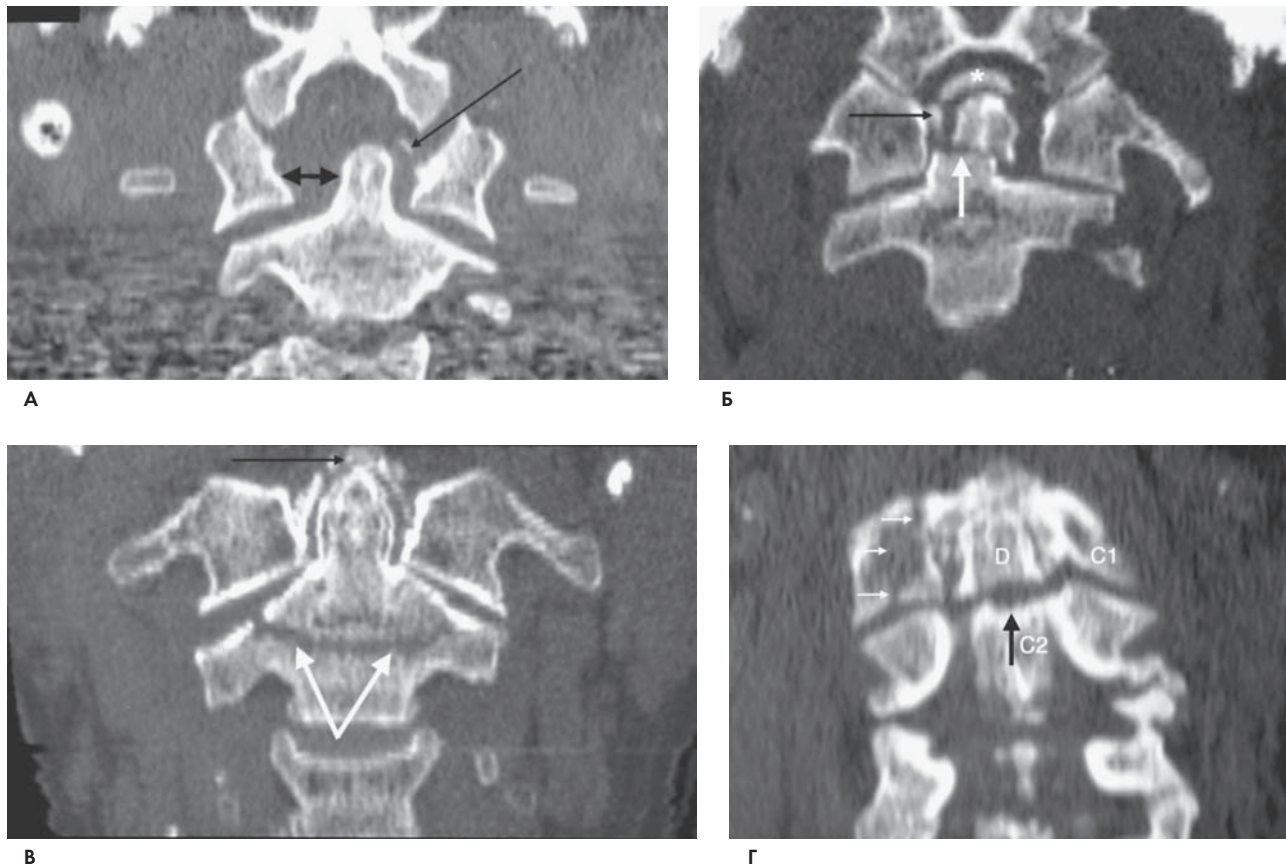
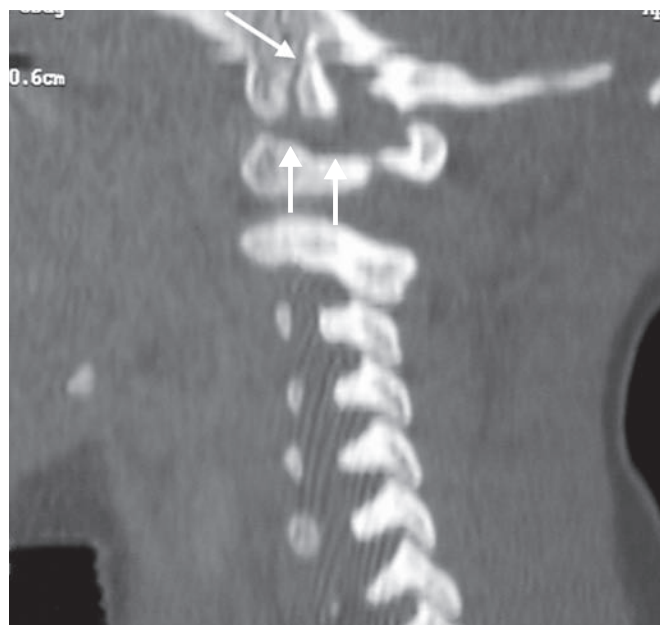


РИСУНОК 16-10. Фронтальная реконструкция аксиальной компьютерной томографии (КТ): верхний шейный отдел позвоночника. **А** На КТ краниоцервикального соединения определяется патологическое расширение правого бокового атланто-аксиального интервала (двусторонняя стрелка), увеличение расстояния между затылочным мыщелком С1 и боковой массой, а также костный фрагмент в виде чешуйки, образовавшийся в результате перелома 1-го типа зубовидного отростка (длинная стрелка). Эти изменения являются разновидностью атланто-окципитального разобщения. **Б** Фронтальное преобразование аксиальной КТ, выполненной с 1-миллиметровым интервалом области краниоцервикального соединения: определяются два перелома зубовидного отростка (белая стрелка). Черная стрелка указывает на бугорок С1, к которому крепится поперечная связка первого шейного позвонка. Звездочкой отмечен остеофит у верхнего края С1 в передней части атланто-осевого сустава. **В** Фронтальная реконструкция обзорной КТ шейного отдела позвоночника: пациент, получивший высокоэнергетическую травму (толщина сканирования 2,5 мм); определяются три перелома зубовидного отростка (белые стрелки) с максимальным смещением отломков. Черная стрелка указывает на остеофит у верхнего края бугорка С1 переднего атланто-осевого сустава. **Г** Фронтальная реконструкция обзорной КТ шейного отдела позвоночника в области краниоцервикального соединения. Черная стрелка указывает на перелом 2-го типа зубовидного отростка. Белые стрелки указывают на перелом боковой массы С1 справа. При внутрисуставных переломах С1 целостность поперечной связки нарушается значительно реже, чем при переломах Джефферсона, которые обычно являются или внесуставными или минимально внутрисуставными.

младше 9 лет не существует никакого утвержденного правила. В общем, у пациентов с более серьезными повреждениями (ISS > 25) риск повреждения шейного отдела позвоночника увеличивается.

Обычные рентгенограммы отображают по существу все клинически важные переломы и вывихи у пациентов в возрасте младше 9 лет. В этой возрастной группе компьютерная томография не приносит пользы ни в скрининге шейного отдела позвоночника, ни в поиске еще не выявленных повреждений, вызывающих неврологический дефицит.^{42,43} Компьютерная томография не должна использоваться как средство определения плана лечения и его последовательности у пациентов с уже выявленными костными повреждениями.

Описание исследования. Аксиальные срезы толщиной от 1,25 до 3,0 мм должны быть получены от основания черепа до тела Т4. В зависимости от типа сканера (например, одноканальный или многоканальный спиральный) время сканирования от уровня Т4 до основания черепа с учетом интервала необходимого для охлаждения рентгеновской трубки перед сканированием туловища, может быть различным. Мультидетекторные компьютерные томографы с четырьмя или более датчиками не столь восприимчивы к перегреванию трубки и могут выполнять сканирование в больших диапазонах. Для получения парасагитальных и фронтальных изображений аксиальные изображения обычно реконструируются в пределах половины толщины среза. Для мультипланарных преобразований обычно



А



Б



В

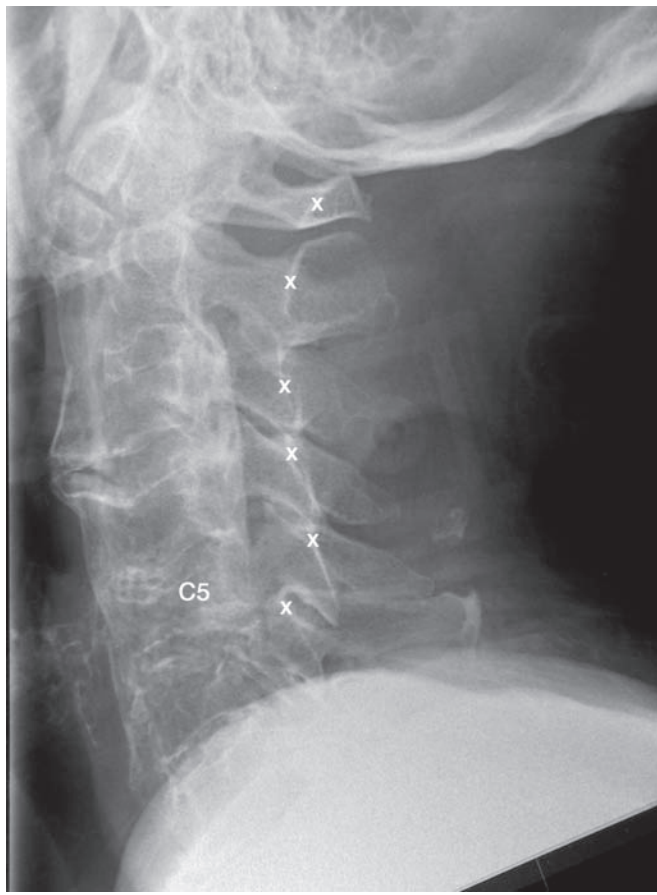


Г

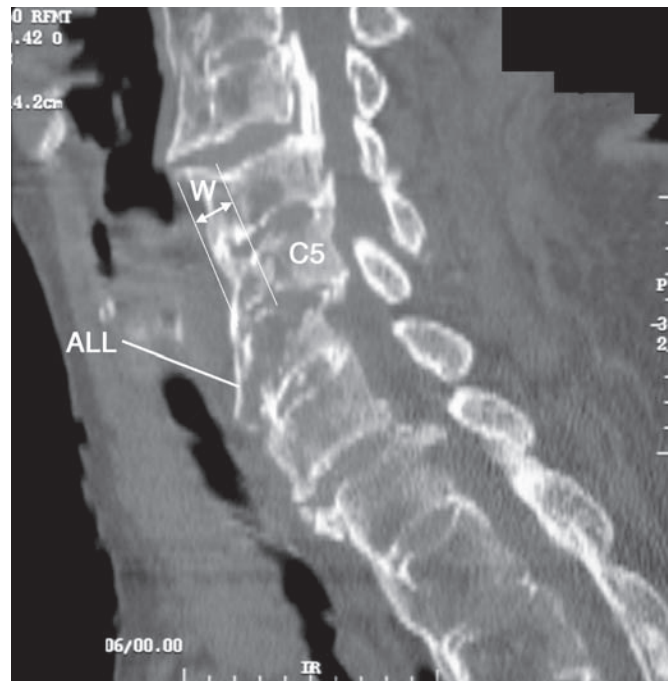
РИСУНОК 16-11. Верхний шейный отдел позвоночника, сагиттальная реконструкция компьютерной томографии (КТ). **А** Левая парасагиттальная проекция. Трехлетний ребенок, попавший под колесо трейлера. Стрелки указывают на верхнюю суставную поверхность боковой массы С1 с передним подвывихом в суставе. Длинная белая стрелка указывает на вертикально и фронтально ориентированный перелом затылочного мыщелка. **Б** Срединная сагиттальная проекция: каплеобразный перелом С2 вследствие переразгибания шеи (белые стрелки) у 20-летнего пациента. **В** Срединная сагиттальная проекция: определяется сочетание переднего подвывиха С2 относительно С3 (белая стрелка) с задним смещением пластинки С2 относительно линии С1–С3 как проявление перелома С2 вследствие переразгибания. **Г** Срединная сагиттальная проекция: определяется расхождение костных отломков при 2-м типе перелома зубовидного отростка (двусторонняя стрелка). Расхождение более 3 мм обычно указывает на разрыв передних и задних продольных связок.

используют последовательные срезы толщиной 2,5–3,0 мм, применяя алгоритмы для костной или мягкой ткани (примечание: в медицинском центре Harborview мы используем алгоритм для костной ткани с высокой разрешающей способностью). Так как спиральная КТ позволяет получить большее количество аксиальных изображений, обзорные исследования могут быть существенно облегчены при по-

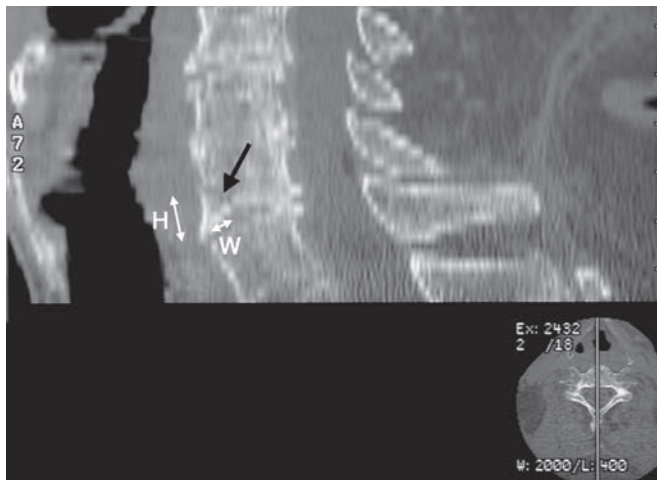
мощи специальных систем архивирования и передачи изображений, входящих в программное обеспечение автоматизированных рабочих мест. Кроме того, использование автоматизированных средств обработки и разметки изображений облегчает точное определение уровня сканирования позвоночника. Фронтальные срезы могут быть получены разными способами: с использованием применяемой



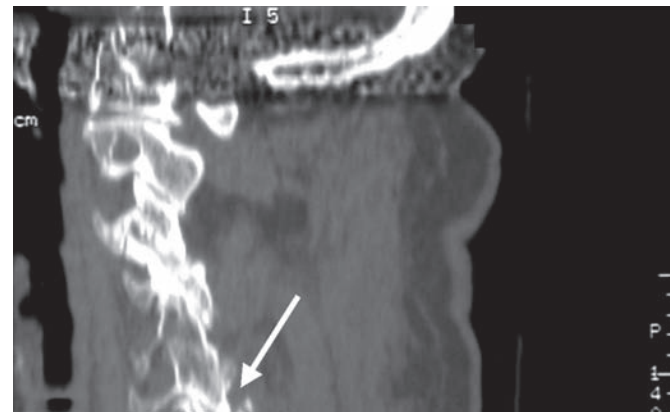
А



Б



В



Г

РИСУНОК 16-12. Нижний шейный отдел позвоночника, сагиттальная реконструкция компьютерной томографии (КТ). **А** Падение 84-летней женщины вызвало перерастяжение C5. В боковой проекции шейного отдела позвоночника видны признаки распространенного спондилеза, но никакие очевидные переломы тел позвонков не определяются. Однако в месте, обозначенном белым X-маркером, заметен задний спондилолистез C5 относительно C6. Тщательное внимание к взаиморасположению отростков, особенно в пожилом возрасте, помогает в обнаружении подобных транслокаций. **Б** Та же пациентка, что и на томограмме (А). Срединная сагиттальная проекция: определяется сложный перелом C6 с сужением спинномозгового канала на уровне тел C6–C5. Разрыв остеофицированной передней

продольной связки, наблюдаемый при диффузном идиопатическом гиперостозе скелета, чрезвычайно непостоянен. Расположение передних остеофитов отмечено буквой «W», оно довольно типично для диффузного идиопатического гиперостоза скелета. **В** Срединная сагиттальная проекция: каплеобразный перелом C6 у 79-летнего пациента, вызванный чрезмерным сгибанием. Механистическая классификация этих переломов основана на отношении высоты оторванного фрагмента к его ширине (H и W). Каплеобразный перелом (черная стрелка) с отрывом переднего нижнего угла тела C6. В этом случае H больше, чем W вследствие чрезмерного сгибания. В нижнем шейном отделе позвоночника повреждения, возникающие при перерастяжении, как правило, приводят к появлению костных фрагментов, отделяющихся от передне-нижнего или передне-верхнего угла, ширина которых больше, чем их высота. Обратите внимание, что это отношение для C2 является другим, и здесь, как правило, высота костных фрагментов больше их ширины, что объясняется специфической формой передне-нижнего угла C2. **Г** Парасагиттальная проекция КТ: определяется косой угловой перелом через боковую массу C7, с передним и нижним смещением боковой массы C6 относительно нижнего шейного отдела позвоночника (белая стрелка).