

# Оглавление

|   |     |
|---|-----|
| Введение .....  | 5   |
| Глава I. Основные принципы цифровой обработки<br>видеоинформации и компьютерного<br>моделирования при лечении переломов<br>костей конечностей ..... | 8   |
| Глава II. Цифровая обработка видеоинформации<br>и моделирование чрескостного остеосинтеза<br>при переломах бедренной кости .....                    | 15  |
| Глава III. Цифровая обработка видеоинформации<br>и моделирование чрескостного остеосинтеза<br>при переломах костей голени .....                     | 43  |
| Глава IV. Цифровая обработка видеоинформации<br>и моделирование чрескостного остеосинтеза<br>при переломах плечевой кости .....                     | 79  |
| Глава V. Цифровая обработка видеоинформации<br>и моделирование чрескостного остеосинтеза<br>при переломах костей предплечья .....                   | 115 |
| Глава VI. Клинико-анатомические и клинические<br>особенности смещения отломков при переломах<br>коротких трубчатых костей конечностей .....         | 144 |
| Глава VII. Клинико-анатомические и клинические<br>особенности смещения отломков при переломах<br>крупных губчатых костей конечностей .....          | 172 |
| Заключение .....  | 193 |
| Библиографический список .....  | 194 |

# Глава I

## Основные принципы цифровой обработки видеоинформации и компьютерного моделирования при лечении переломов костей конечностей

Для проведения цифрового анализа рентгенограмм необходим персональный компьютер, оборудованный средствами ввода и визуализации изображения, а также программное обеспечение, функционирующее в стандартной среде Windows. Для выполнения поставленной задачи мы применяли персональный компьютер с высоким быстродействием (не ниже Pentium-2 и оперативной памятью не менее 64 Mb). Цифровой анализ изображения выполняли в любой из программ векторной графики, разработанной как стандартное приложение операционной среды Windows. Наиболее часто для этих целей использовали графические редакторы Adobe Photoshop 5 - 7, CorelDRAW 4 - 11, 3D MAX и др. Действия по цифровому анализу видеоизображения и компьютерному моделированию остеосинтеза проводили в следующей последовательности. Функцию ввода изображения выполняли с помощью видео- или фотокамеры, подключенной к ПК. Однако ввод изображения с помощью сканера при разрешающей способности последнего не менее 1200 dpi мы считаем более удобным, а главное – более качественным. Сканировали рентгенограммы места пе-

релома в двух проекциях. Калибровку оптической плотности выполняли при сканировании рентгенограмм различных оптических характеристик, а иногда и низкого уровня качества. Этим мы достигали приведение изображения к единому масштабу плотности. Измерения оптических параметров проводили в условных единицах в пределах от 0 (min R плотности) до 256 (max R плотности). Геометрическое масштабирование выполняли с целью задания всем графическим объектам единых метрических характеристик. Единый масштаб анализируемых объектов позволял сравнивать их между собой и получать при этом сопоставимые результаты. Коррекцию яркости и контрастности изображения выполняли при необходимости улучшить качество рентгенограммы или какого-либо выделенного участка. Затем определяли геометрические характеристики объектов. Контрастными метками обозначали проксимальные и дистальные участки отломков, а также все свободно лежащие крупные осколки (рис.1). Каждая метка получала свой геометрический "адрес" на анализируемой "картинке" в системе  $x, y, z$ .

Редактирование изображения проводили с помощью группы инструментов выделения и транслокации. Для этого мы виртуально перемещали каждый отломок с сохранением в памяти каждого эпизода. На экране монитора выполняли все перемещения отломков по устранению их смещения, а именно: дистракцию отломков (рис. 2), устранение медиального и латерального смещений (рис. 3, 4), устранение углового смещения (рис. 5, 6), перемещение отломков кпереди (рис. 7) или кзади (рис. 8), а также снизу – вверх (рис. 9) или сверху – вниз (рис. 10), производилась компрессия латеральная, медиальная (рис. 11) или встречная (рис. 12). Отломки и крупные фрагменты перемещали как изолированно, так и единым блоком с другими фрагментами (рис.13).

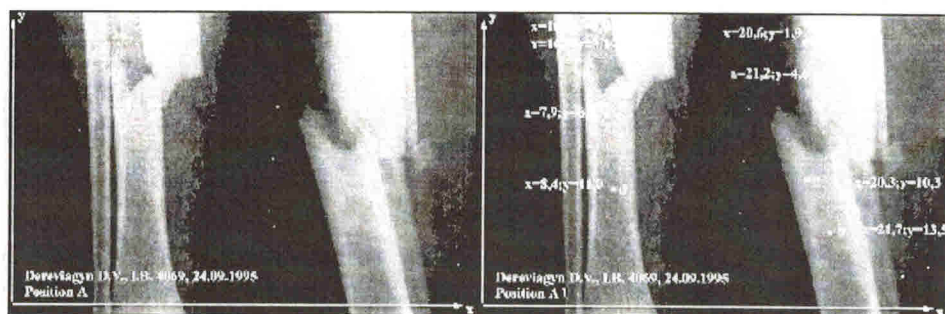


Рис. 1. Измерение геометрических характеристик отломков и назначение геометрического адреса каждой точке

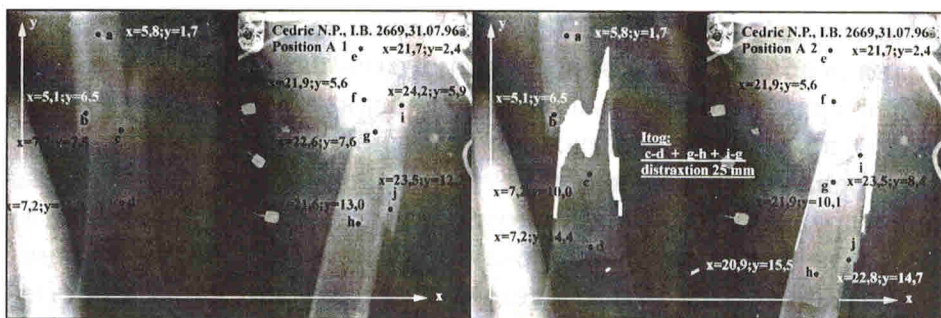


Рис. 2. Дистракция отломков (перемещение т. с-d; g-h; i-j на 25 мм)

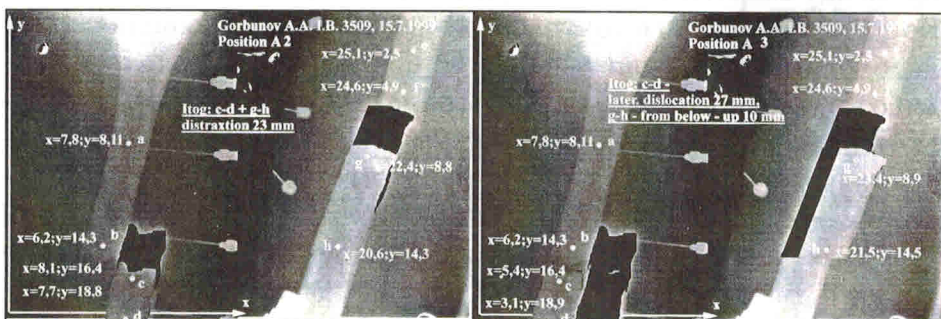


Рис. 3. Латеральное перемещение отломков (перемещение т. с-d – на 27 мм)

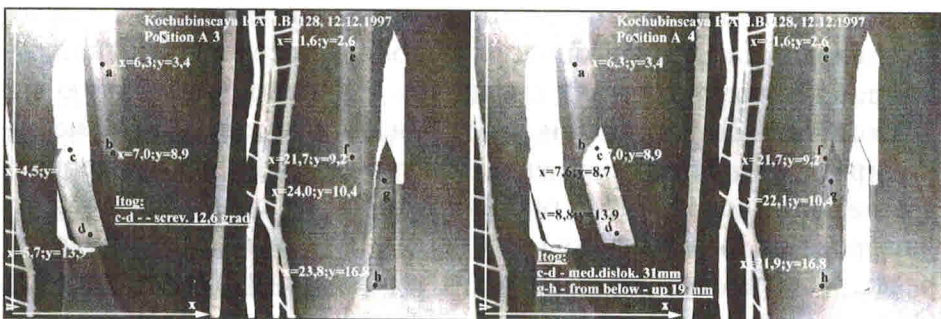


Рис. 4. Медиальное перемещение отломков (перемещение т. с-d на 31 мм)

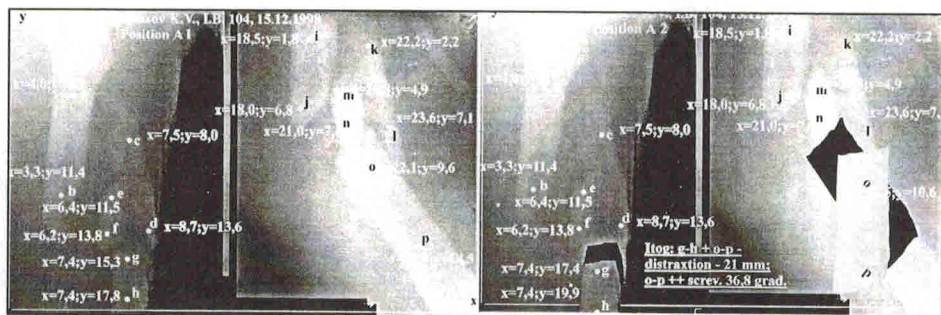


Рис. 5. Устранение углового смещения (перемещение т. о-р по часовой стрелке на 36,8°)

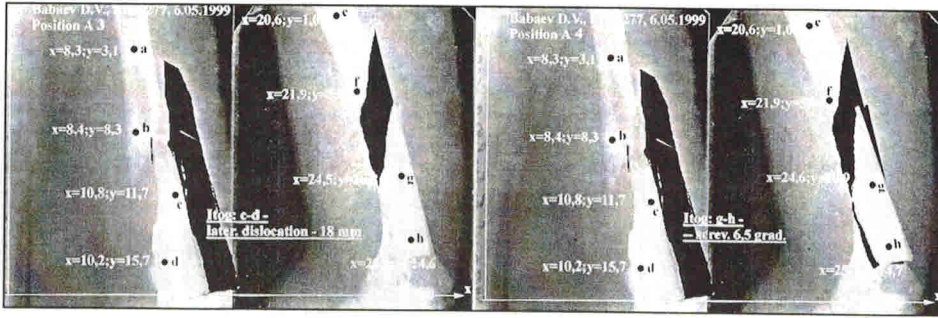


Рис. 6. Устранение углового смещения (перемещение т. g-h против часовой стрелки на 6,5°)

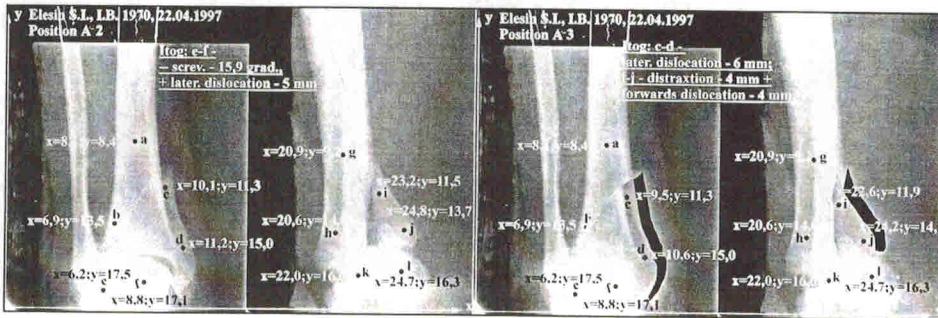


Рис. 7. Перемещение отломка кпереди (т. i-j – перемещение на 4 мм)

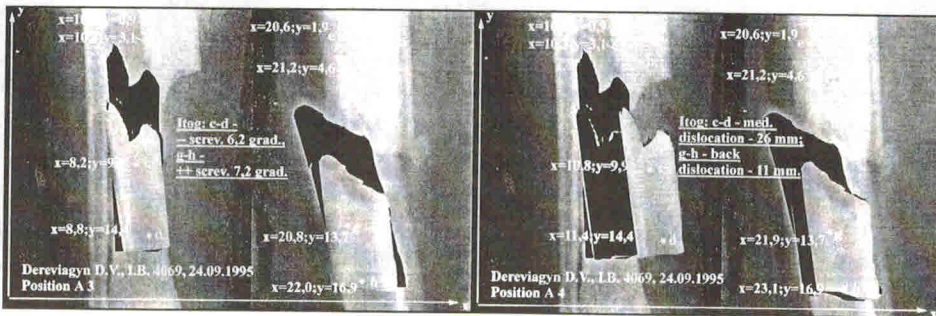


Рис. 8. Перемещение отломка кзади (т. g-h – перемещение на 11 мм)

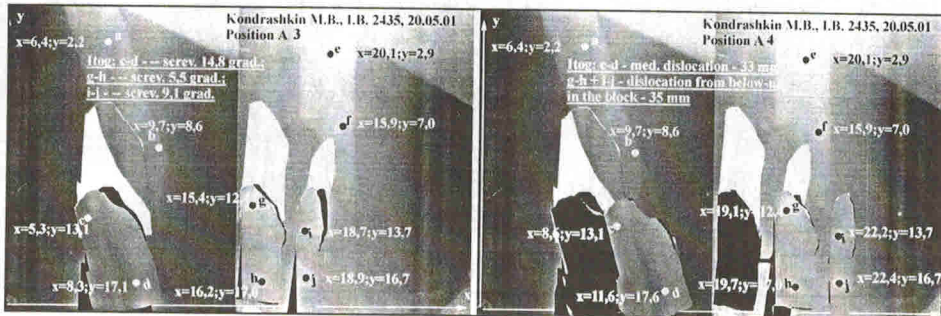


Рис. 9. Перемещение отломка снизу вверх (т. g-h+i-j – вверх на 35 мм)

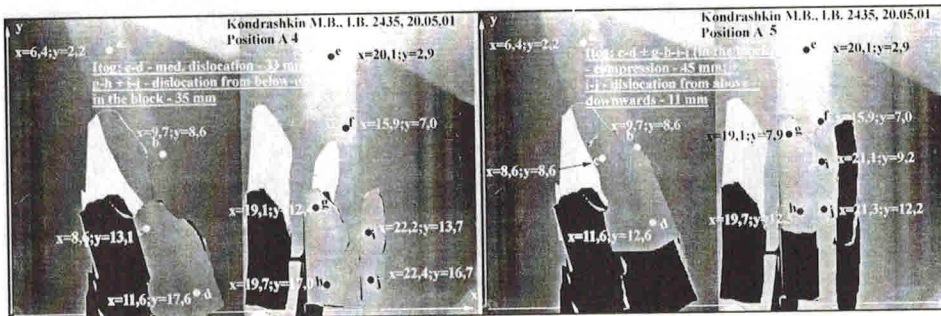


Рис. 10. Перемещение отломка сверху вниз (т. i-j – перемещение на 11 мм)

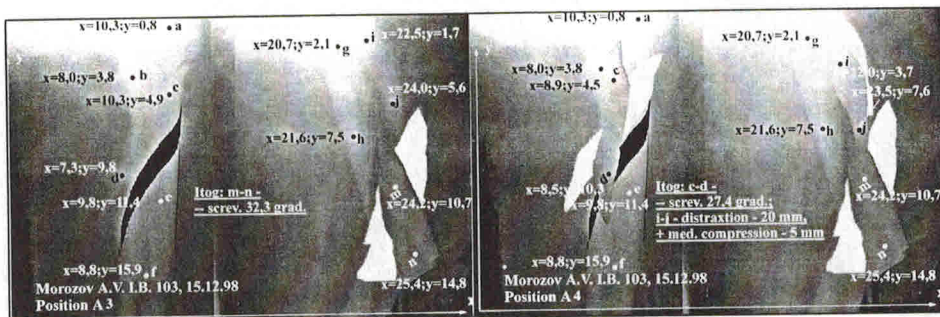


Рис. 11. Компрессия отломков медиальная (т. I-j – перемещение на 5 мм)

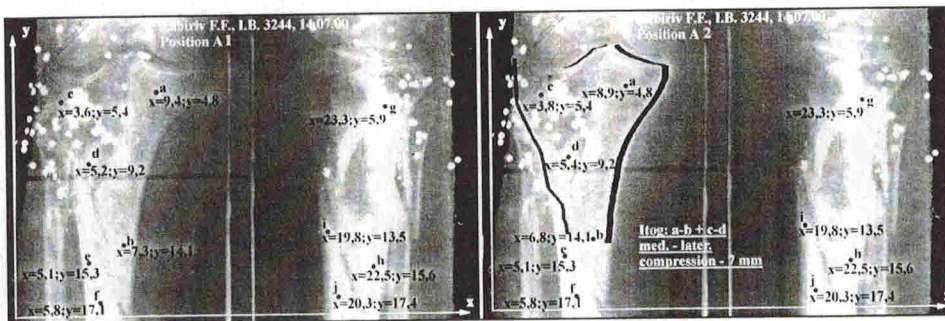


Рис. 12. Компрессия отломков встречная (т. a-b + c-d – встречная компрессия на 7 мм)

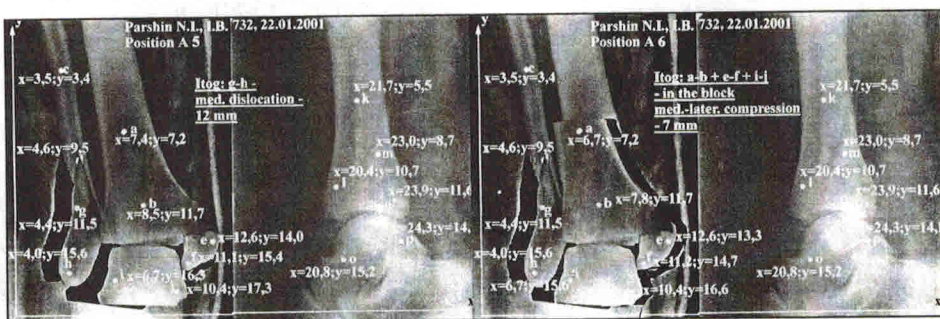


Рис. 13. Компрессия отломков встречная единым блоком (т. a-b + e-f + I-j – встречная компрессия на 7 мм)

При необходимости ротационного перемещения отломков или осколков его выполняли в редакторах с возможностью трехмерного видеоизображения и его трансформации (CorelDRAW 11, 3D MAX). Для этого оцифрованное видеоизображение места перелома трансформировалось из графического редактора двухмерной графики в трехмерный редактор. По имеющимся параметрам вручную строили трехмерное изображение места перелома (рис. 14).

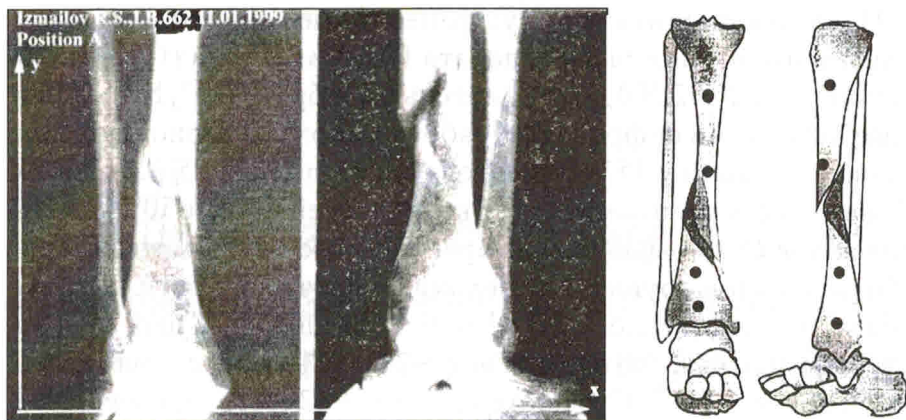


Рис. 14. Трансформация видеоизображения перелома кости из двухмерного в трехмерное измерение

Используя возможности перемещения отломков в трех плоскостях, устраняли ротационное смещение по- или против часовой стрелки (рис. 15). В окончательном варианте получали новое многослойное изображение места перелома. Изменение координат

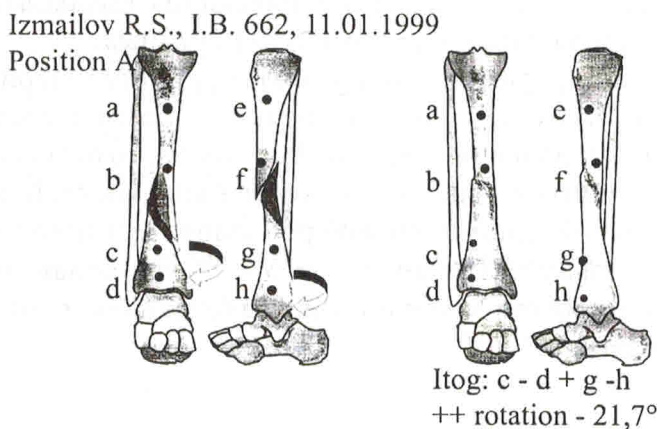


Рис. 15. Устранение ротационного смещения отломков (перемещение т.с - d + g-h по часовой стрелке на 21,7°)

нат каждой точки при перемещениях (в миллиметрах и градусах) фиксировали в памяти. Таким образом, мы добивались максимально точной виртуальной репозиции отломков костей и составляли реальный план предстоящей операции. После выполнения операции и осуществления контрольных рентгенограмм при не устраненных смещениях отломков и необходимости дополнительной коррекции виртуальную репозицию проводили аналогичным образом, но уже с учетом фиксации в аппарате.

После составления плана устранения смещения отломков его реализовывали с помощью аппарата Г.А. Илизарова (Патент РФ № 2199151 от 20.02.2003 // Бюллетень "Изобретения", № 5, 2003). Также выполняли цифровую обработку и компьютерное моделирование операции у 157 пациентов, что составило 25,6% от всех лечившихся с переломами костей конечностей и более 50% от всех лечившихся с помощью метода чрескостного остеосинтеза. Среди больных этой группы с переломами плечевой кости было 12 человек, что составило 2,0% от всех лечившихся, с переломами костей предплечья, соответственно – 29 (4,7%), с переломами бедренной кости – 21 (3,4%), костей голени – 62 (10,1%), ключицы – 13 (2,1%), надколенника – 5 (0,8%), костей кисти – 5 (0,8%) и костей стопы – 10 (1,6%).

В 19 случаях (8,9%) во время операции нам не удалось достигнуть удовлетворительной репозиции отломков костей несмотря на проведенные цифровую обработку видеоинформации и компьютерное моделирование остеосинтеза. Этим больным выполнены цифровая обработка послеоперационных рентгенограмм и компьютерное моделирование остеосинтеза. Последующую репозицию осуществляли уже с учетом фиксации отломков в аппарате Г.А. Илизарова. Прооперировано 711 больных.

Таким образом, применяя цифровую обработку видеоинформации, снятую с предоперационных рентгенограмм, и составляя реальный план выполнения операции чрескостного остеосинтеза при лечении больных с переломами костей конечностей, мы добились достаточной одномоментной репозиции отломков в аппарате Г.А. Илизарова у 91,1% пациентов. У 8,9% пострадавших полноценная репозиция отломков получена в ближайшем послеоперационном периоде.



## Глава II

# Цифровая обработка видеoinформации и моделирование черескостного остеосинтеза при переломах бедренной кости

### Клинико-анатомические особенности моделирования черескостного остеосинтеза при переломах бедренной кости

Топографическая анатомия ягодичной области и бедра имеет ряд существенных особенностей, влияющих на варианты смещения отломков бедренной кости в различных сегментах. В первую очередь, к ним относится наличие нескольких мощных мышечно-фасциальных групп значительной протяженности и различной функциональной направленности, а также крупные сосудисто-нервные пучки, проходящие здесь.

В ягодичной области мышцы лежат тремя массивными слоями, которые крепятся к костям таза, крестца, поясничным позвонкам, капсуле тазобедренного сустава, большому и малому вертелам и частично к подвертельной области бедренной кости. Поверхностный слой представляет большая ягодичная мышца (*m.gluteus maximus*). Средний слой состоит из средней ягодичной мышцы (*m.gluteus medius*), грушевидной (*m.piriformis*), верхней близнецовой (*m.gemellus superior*), внутренней запирающей

(*m.obturatorius internus*) и квадратной мышцы бедра (*m.quadratus femoris*). Глубокий слой представляют малая ягодичная (*m.gluteus minimus*) и наружная запирающая мышцы (*m.obturatorius externus*). Под большой ягодичной мышцей находятся большое седалищное (*foramen ishiadicum majus*) и малое седалищное отверстия (*foramen ishiadicum minus*). Первое образовано за счет большой седалищной вырезки седалищной кости (*incisura ishiadica major*) и крестцово-остистой связки (*lig.sacrospinale*). Через него проходят седалищный нерв (*n.ischiadicus*), нижний ягодичный сосудисто-нервный (*a.v.n. gluteae inferiores*) и половой сосудисто-нервный пучки (*a.v.pudendae internae, n.pudendus*), а также задний кожный нерв бедра (*n.cutaneus femoris posterior*). Малое седалищное отверстие образовано за счет малой седалищной вырезки седалищной кости (*incisura ishiadicum minus*) и двух связок: крестцово-остистой (*lig.sacrospinale*) и крестцово-бугорной (*lig.sacro tuberale*). Через него из таза выходит половой сосудисто-нервный пучок (*a.v.pudendae interna, n.pudendae*).

На бедре различают три крупных мышечно-фасциальных группы, которые покрыты прочной собственной фасцией бедра (*fascia lata*): передняя (разгибатели), задняя (сгибатели) и медиальная (приводящие мышцы). Каждая из этих групп разделена на поверхностный и глубокие слои. Поверхностный слой передней группы составляют мышца-напрягатель широкой фасции (*m.tensor fasciae latae*), пояснично-подвздошная (*m.iliopsoas*) и портняжная мышцы (*m.sartorius*). Глубокий слой передней группы представлен четырехглавой мышцей бедра (*m.quadriceps femoris*), состоящей из прямой (*m.rectus femoris*), латеральной, промежуточной и медиальной мышц (*mm.vastus lateralis, intermedius et medialis*). Мышцы передней группы бедра начинаются в основном от костей таза, плотно облегают бедренную кость со всех сторон на большом протяжении, а сухожилие прямой мышцы фиксировано к верхнему полюсу надколенника. Медиальная группа мышц бедра начинается от лонной и седалищной костей и прикрепляется к медиальной губе шероховатой линии бедренной кости (*labium mediale lineae asperae*). Она представлена гребенчатой (*m.pectineus*), нежной (*m.gracilis*), длинной приводящей (*m.adductor longus*), короткой приводящей (*m.adductor brevis*), малой приводящей (*m.adductor minimus*) и большой приводящей мышцами (*m.adductor magnus*). В задней области бедра расположены три мышцы, разгибающие бедро и сгибающие голень. Это двухглавая мышца бедра (*m.biceps femoris*), полусухожильная

(*m. semitendinosus*) и полупоперечная мышцы (*m. semimembranosus*). Мышцы задней группы начинаются от седалищной и задних отделов подвздошной кости, частично – от проксимальной части бедренной кости и прикрепляются по задней поверхности проксимального метаэпифиза бедренной и дистального метаэпифиза большеберцовой костей.

Основными сосудисто-нервными образованиями бедра, имеющими практическое значение при переломах бедренной кости, являются бедренный нерв (*n.femoralis*), бедренная артерия и вена (*a. et v.femoralis*), глубокая артерия бедра (*a.profunda femoris*) и седалищный нерв (*n.ischiadicus*).

Бедренный нерв выходит на бедро через мышечную лауну у медиального края подвздошно-поясничной мышцы, сразу под его фасцией под паховой складкой. В области бедренного треугольника он веерообразно разделяется на более мелкие ветви (*rr.cutanei anteriores et rr.musculares*), которые в практическом плане менее значимы.

Бедренные сосуды выходят на бедро через мышечную лауну (артерия снаружи, а вена кнутри) в общем фасциальном влагалище. В бедренном треугольнике бедренная артерия идет снаружи внутрь и спереди назад, а бедренная вена – снаружи артерии, а затем – позади нее. Здесь же от задненаружной поверхности бедренной артерии ответвляется глубокая артерия бедра. Она проходит во внутреннем фасциальном ложе бедра между сухожилиями длинной и большой приводящих мышц в непосредственной близости от бедренной кости. В средней трети бедра бедренные артерия и вена расположены по внутреннему краю портняжной мышцы (*m.sartorius*), а в нижней трети бедра – под ней.

Седалищный нерв (*n.ischiadicus*) – самый крупный нерв нижних конечностей. Он выходит из большого седалищного отверстия и направляется по задней поверхности бедра до подколенной ямки. В ягодичной области он лежит достаточно поверхностно, затем уходит вглубь, под длинную головку двуглавой мышцы бедра, а с середины бедра проходит в щели между длинной головкой двуглавой мышцы и полупоперечной мышцей. В нижней части бедра нерв разделяется на большеберцовый (*n.tibialis*) и общий малоберцовый (*n.peroneus communis*).

Принято разделять повреждения бедренной кости на переломы в проксимальном сегменте, диафизарные переломы и переломы дистального метаэпифиза. В каждом сегменте смещение отломков происходит в соответствии с вектором приложения и

силой травмирующего агента, а также в зависимости от анатомо-функциональных особенностей мышечно-связочного аппарата. Все переломы бедренной кости сопровождаются укорочением конечности. Это связано с тем, что длинные мышцы, начинающиеся на костях таза и прикрепляющиеся на голени, тянут дистальный отломок бедра вместе с голенью и стопой кверху, при этом стопа зачастую оказывается ротирована кнаружи.

#### *А. Переломы в проксимальном отделе бедренной кости*

Медиальные (внутричужавные) переломы шейки бедренной кости разделяются на субкапитальные (рис. 16), трансцервикальные и базисцервикальные (рис. 17). Кроме того, у детей встречаются субкапитальные эпифизеолиты – отделение головки от шейки бедра, от ничтожного, едва заметного, неполного (до 1/3 диаметра) до соскальзывания головки и полного ее отделения от шейки по эпифизарной линии. Переломы шейки бедренной кости могут быть абдукционными (вальгусные), когда шеечно-диафизарный угол  $\geq N$  (рис. 18), и аддукционными (варусные), когда шеечно-диафизарный угол  $\leq N$  (рис. 19).

За счет действия отводящих мышц бедра, в частности средней ягодичной, малой ягодичной и квадратной мышц (*m.gluteus medius*, *m.gluteus minimus*, *m.quadratus femoris*), которые крепятся к *trochanter major femoris*, проксимальный отломок смещается кверху и кзади, тогда как дистальный отломок за счет силы тяжести ротируется кнаружи. Характерным для таких переломов является то, что вся конечность (вместе со стопой) ротирована кнаружи.

Латеральные (внечужавные или вертельные) переломы подразделяются на межвертельные – линия перелома проходит вблизи межвертельной гребешковой линии; чрезвертельные – линия перелома образуется в области массива вертелов (рис. 20). Латеральные переломы могут быть вколоченными и невколоченными, со смещением и без смещения, с отломом и без отлома большого и малого вертелов. При латеральных переломах шейки бедренной кости, за счет сокращения отводящих мышц бедра, в частности средней ягодичной, малой ягодичной и квадратной мышц бедра, которые крепятся к *trochanter major femoris*, проксимальный отломок смещается кверху и кзади, тогда как дистальный отломок, за счет действия позвоночно-поясничной мышцы, которая прикрепляется к *trochanter minor femoris*, смещается кверху и кпереди.

Смещение отломков при переломах проксимального отдела бедренной кости определяется в основном направлением и силой

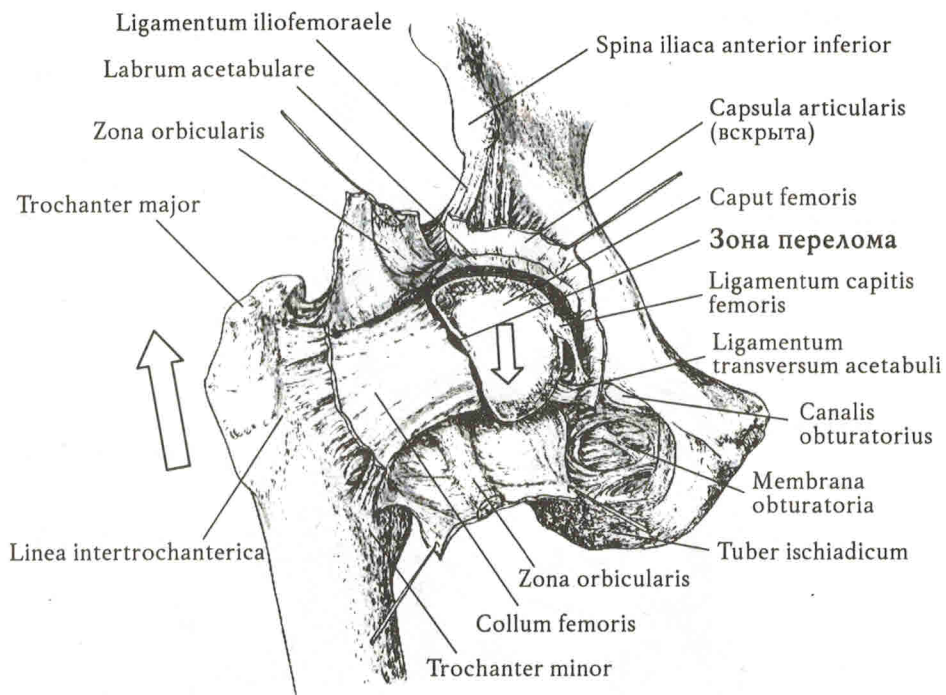


Рис. 16. Медиальный (субкапитальный) перелом шейки бедренной кости

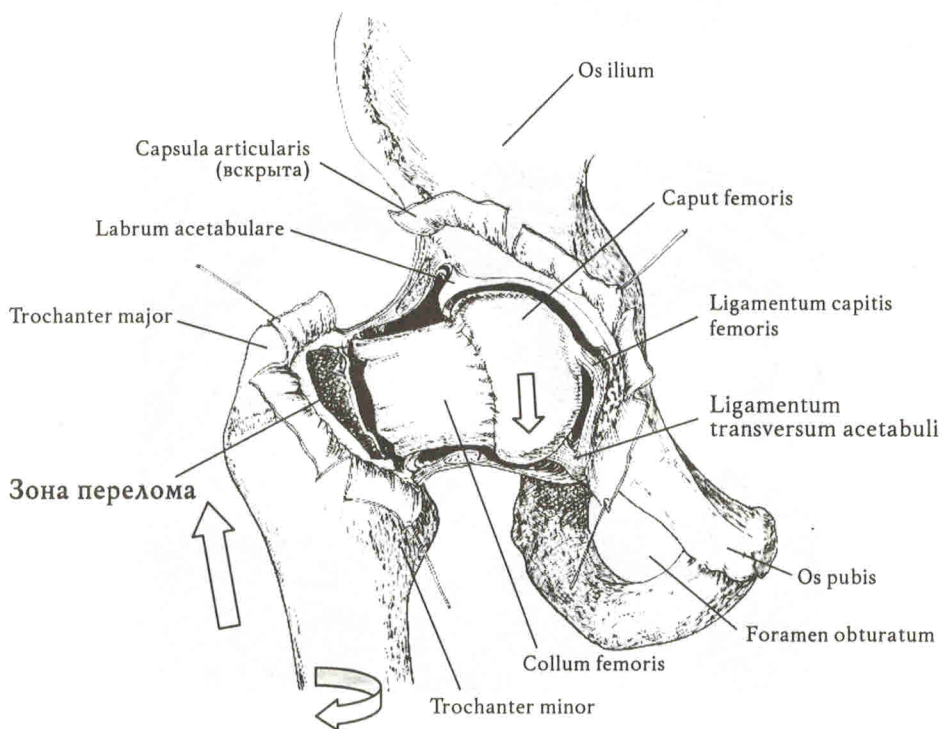


Рис. 17. Медиальный (базисцервикальный) перелом шейки бедренной кости

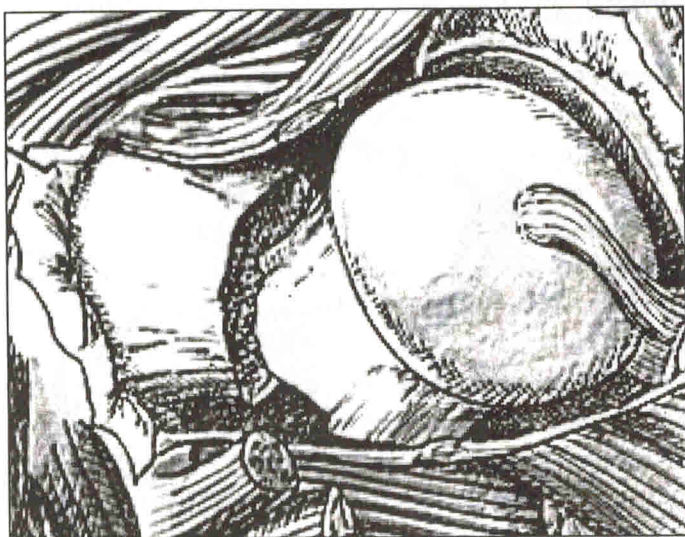
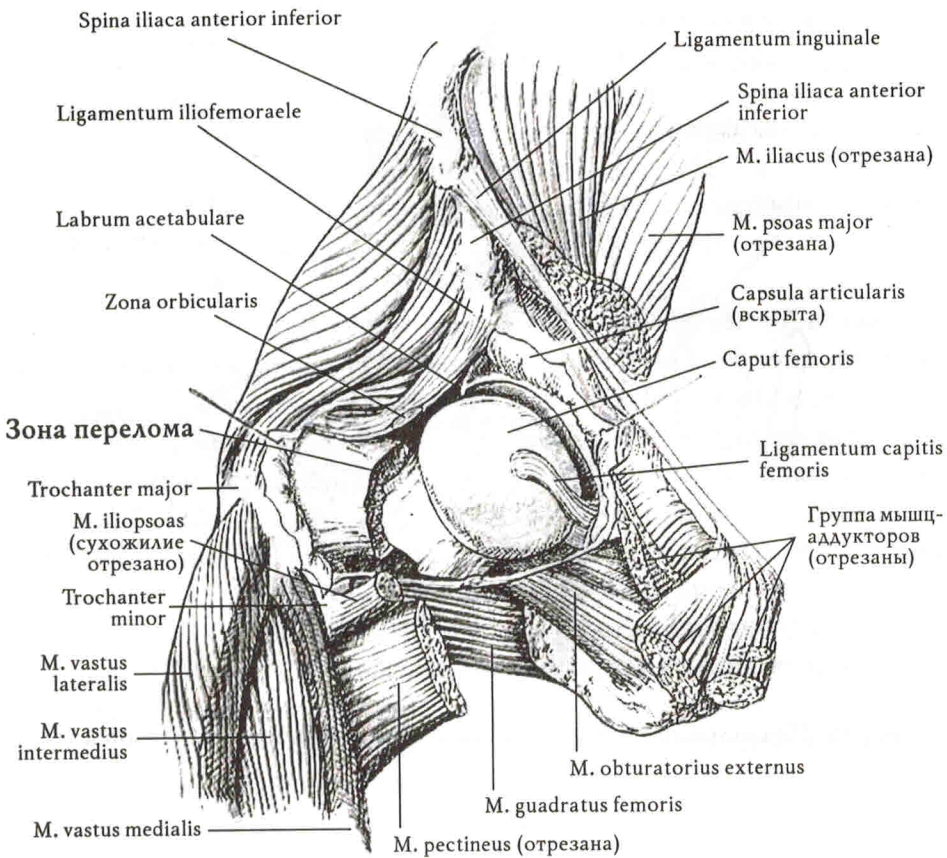


Рис. 18. Абдукционный перелом шейки бедренной кости

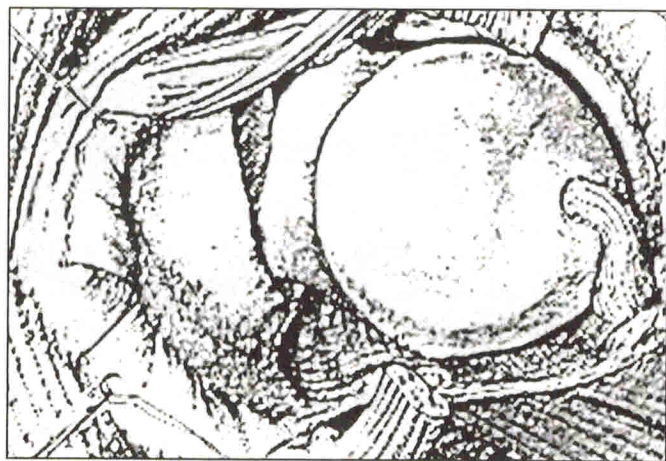
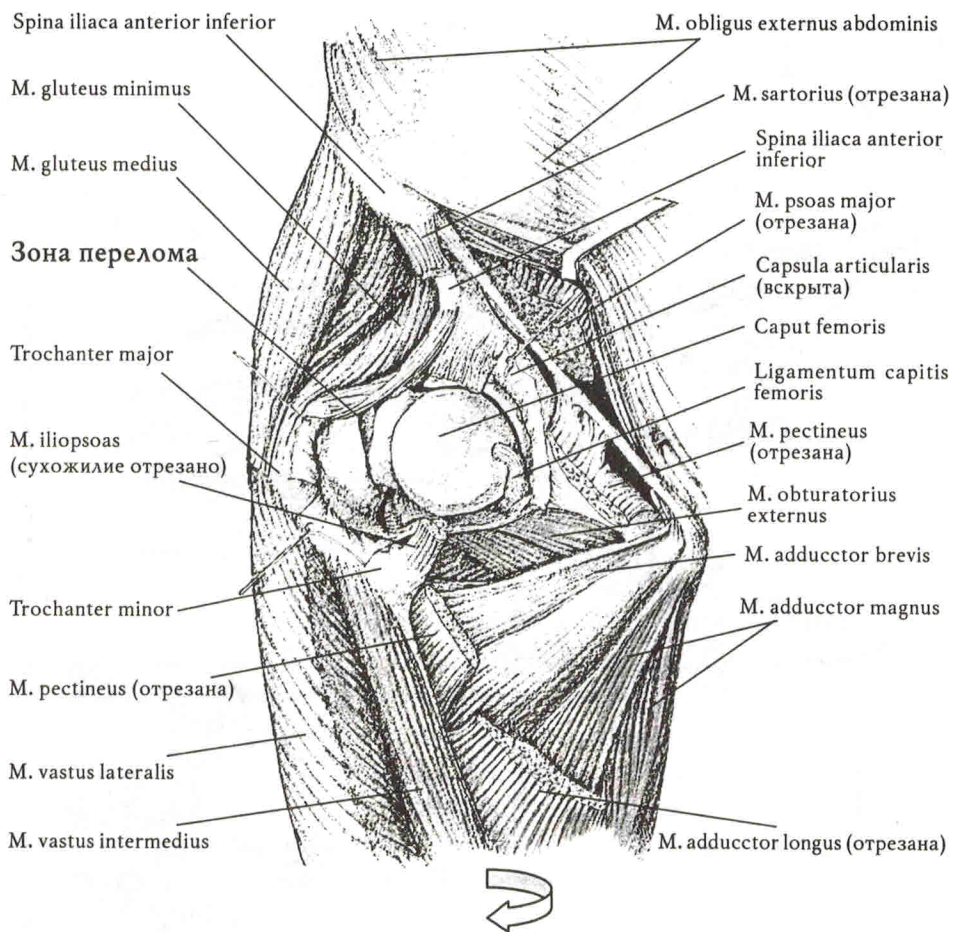


Рис. 19. Аддукционный перелом шейки бедренной кости