

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 616.717.2-001.5-07:519.24

А. В. Ислентьев, Н. С. Стрелков, В. Д. Шарпарь, В. А. Степанов

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛЕЧЕВОЙ ПОЯС ПРИ ПЕРЕЛОМАХ КЛЮЧИЦЫ

ГОУ ВПО Ижевская государственная медицинская академия

Алексей Владимирович Ислентьев, аспирант, a\_islentieva@mail.ru

*Изучены и математически обоснованы биомеханические процессы при переломах ключицы и разработан способ восстановления физиологической биомеханики плечевого пояса. Для восстановления правильных биофизических взаимоотношений необходимо компенсировать силы, действующие на отломки при переломе, а также линейные и угловые многоплоскостные смещения отломков с последующей фиксацией. С этой целью разработано устройство для репозиции и фиксации при переломах ключицы.*

**Ключевые слова:** динамическое воздействие, плечевой пояс, перелом ключицы, дети

*We studied and mathematically substantiated biochemical processes associated with clavicle fracture. In addition, a method for restoring physiological biomechanics of the thoracic girdle was developed. To restore correct biophysical relationships it was necessary to compensate for the forces acting on the fracture fragments as well as their linear and angular multiplanar displacements with subsequent fixation. To this effect, a device for the reduction and fixation of clavicle fragments was developed.*

**Key words:** dynamic impact, thoracic girdle, clavicular fracture, children

Большое количество переломов ключицы (от 3 до 15%) среди общего количества переломов костей скелета человека [1, 2, 4, 5] с частым смещением отломков (около 20%), высокая частота неудовлетворительных анатомо-функциональных исходов (10–15%) [3, 6, 7] потребовали создания математической модели биомеханических процессов, происходящих в поврежденном плечевом поясе.

Для создания модели нами были измерены направление и величины смещения отломков ключицы и всего плечевого пояса в целом. Данные измерения легли в основу разработанной математической модели, что дало возможность создать устройство с корректно расположенными тягами для контролируемой репозиции и фиксации, позволяющие приложить необходимые усилия для восстановления анатомических взаимоотношений в плечевом поясе.

По нашим данным, переломы ключиц у детей составляют 5,3% от переломов костей у детей, из них 20,6% – переломы ключиц со смещением отломков, 87,8% переломов локализируются в средней трети.

Переломы ключицы со смещением отломков относятся к числу поддающихся консервативному лечению. Вместе с тем при неправильном сращении отломков возникает ряд осложнений, нарушающих анатомию плечевого пояса, влияющих на его развитие и изменяющих его статико-динамический статус. К таким осложнениям относятся неправильно сросшиеся переломы с укорочением длины ключицы, избыточные костные мозоли и ложные суставы.

Вопрос лечения данных травм давно привлекает внимание хирургов. В последнее время в литературе широко освещаются эффективные методы оперативного лечения переломов ключицы [2, 7]. Ни при одном виде травмы не предложено столько способов лечения, как при переломах ключицы со смещением отломков. Остается актуальным лече-

ние переломов ключицы у пациентов при наличии противопоказаний к оперативной коррекции, таких как патология свертывающей системы крови, гнойно-воспалительные заболевания и т. д. Важно, что анатомо-функциональные нарушения имеют негативные косметические последствия. Из консервативных способов, применяемых при лечении переломов ключицы, самым распространенным является лечение с помощью специальных повязок (более 250 видов повязок, шин и аппаратов).

Вследствие анатомо-топографических особенностей ключицы полная репозиция и удержание отломков в правильном положении достигаются далеко не всегда [2].

Биомеханически обоснованный подход к выбору метода репозиции и фиксации уменьшает вероятность осложнений в интра- и постоперационный период.

Таким образом, необходимость проведения исследований по совершенствованию метода консервативного лечения, а также разработка лечебного алгоритма у детей с переломами ключиц остаются весьма актуальными для практического здравоохранения.

Целью работы явилось изучение и математическое обоснование биомеханических процессов при переломах ключицы и разработка способа восстановления физиологической биомеханики плечевого пояса.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить патологические биомеханические процессы в плечевом поясе при переломах ключицы.
2. Выявить возможности восстановления физиологических биомеханических взаимоотношений в поврежденном плечевом поясе.
3. Разработать биомеханически обоснованное устройство динамической коррекции и фиксации при переломах ключицы.



Рис. 1. Мышцы плечевого пояса.

*a* – вид спереди; *б* – вид сзади

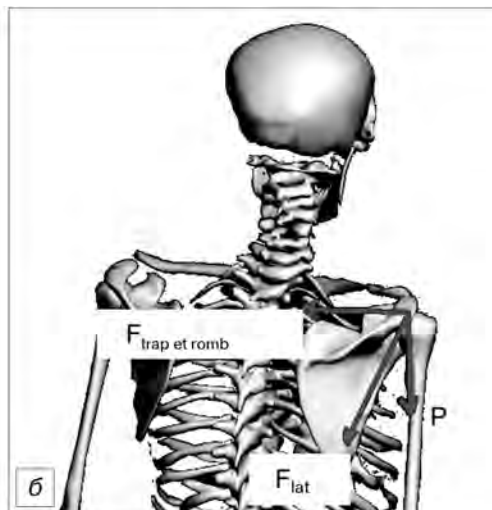
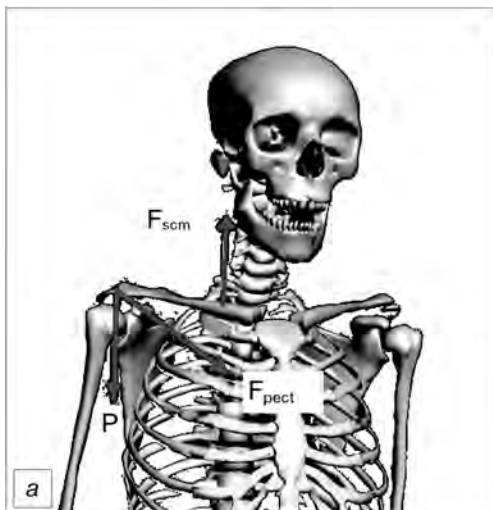


Рис. 2. Основные векторы сил, действующих на ключицу.

*a* – вид спереди: грудино-ключично-сосцевидная мышца;  $F_{\text{pect}}$  – грудные и подключичная мышцы;  $P$  – масса конечности; *б* – вид сзади:  $F_{\text{lat}}$  – широчайшая мышца спины;  $F_{\text{trap et romb}}$  – трапециевидная и ромбовидные мышцы;  $P$  – масса конечности.



Рис. 3. Смещение отломков ключицы при переломе. Пояснения в тексте.

### Материалы и методы

На неповрежденную ключицу действуют силы, определяемые массой конечности и прикрепленными к ней мышцами (рис. 1, 2).

Основные векторы сил обусловлены действием *m. sternoclavomastoideus* ( $F_{\text{scm}}$ ), *m. trapezius et m. romboideus* ( $F_{\text{trap et romb}}$ ), *m. latissimus dorsi* ( $F_{\text{lat}}$ ), *mm. pectorales et m. subclavius* ( $F_{\text{pect}}$ ) и массы конечности ( $P$ ).

В результате перелома ключицы в средней трети отломки смещаются под влиянием вышеперечисленных сил – отломок акромиального конца ключицы смещается каудально, медиально и вентрально (рис. 3).

Для восстановления правильных биофизических взаимоотношений необходимо компенсировать силы, действующие на отломки при переломе, а также линейные и угловые многоплоскостные смещения отломков с последующей фиксацией.

С этой целью разработано устройство для репозиции и фиксации при переломах ключицы (патент на полезную модель № 86443, заявка № 2009114118, приоритет полезной модели 14 апреля 2009 г., зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 10 сентября 2009 г.)

Описание устройства. Устройство для репозиции и фиксации при переломах ключицы содержит жесткий корсет, опирающийся на здоровое надплечье, и элемент фиксации поврежденной конечности, выполненный в виде гильзы, соединенной с корсетом тремя или более регулировочными штангами. Корсет и гильза выполнены из гипоаллергенного полимерного материала. Для унификации устройства составные части состоят из отдельных элементов, смыкающихся посредством затяжных замков (рис. 4, а, на 2-й полосе обложки).

Устройство позволяет не только производить иммобилизацию поврежденной конечности, но также осуществлять дозированное динамическое воздействие в процессе репозиции и корректировать положение отломков в период иммобилизации. Устройство исключает рабочую нагрузку в проекции сосудисто-нервного пучка в области подмышечной ямки и плеча, что минимизирует его травматизацию.

Пациенту с переломом ключицы со смещением отломков накладывали жесткий грудной корсет (см. рис. 4, б, на 2-й полосе обложки). Нижний край корсета располагается на уровне гребней подвздошных костей, верхний край – на уровне нижних углов лопаток. Поврежденную конечность от верхней трети плеча до средней трети предплечья фиксировали жесткой гильзой в положении сгибания в локтевом суставе под углом  $90^\circ$  и при наружной ротации плеча  $90^\circ$ , что необходимо для низведения стерильного отломка ключицы посредством растяжения большой грудной мышцы. Корсет и гильзу соединяли с помощью резьбовых штанг, которые устанавливали на шарниры, закрепленные на корсете и на гильзе.

Шарниры устанавливали:

T1 – на медиальной поверхности гильзы в проекции внутреннего надмыщелка плеча (см. рис. 4);

T2 – на медиальной поверхности гильзы в проекции средней трети предплечья на расстоянии  $L_{cl}$  от предыдущего крепления, где  $L_{cl}$  – длина ключицы, определяемая по рентгенограмме в прямой проекции, что необходимо для расчета необходимого усилия;

T3 – на задней поверхности гильзы в верхней трети плеча на уровне подмышечной ямки;

T4 – на передней поверхности гильзы в проекции T3;

C1 – на заднелатеральной поверхности корсета со стороны поврежденной конечности в плоскости поперечных отростков позвонков, спроецированной на корсет на уровне медиального мыщелка плеча;

C2 – на латеральной поверхности корсета со стороны поврежденной конечности на расстоянии  $L_{cl}$  вентрально от предыдущего крепления;

C3 – на задней поверхности корсета в межлопаточной области в проекции остистого отростка ThV;

C4 – на передней поверхности корсета в точке, располагающейся каудально на высоте  $H$  (определяется по формуле 1) и латерально со стороны поврежденной конечности на расстоянии  $Z$  (определяется по формуле 2) от проекции C3.

$$H = h \cdot K_m, \quad (1)$$

где  $h$  – величина смещения акромиального отломка каудально, определяемая по рентгенограмме в прямой проекции;

$$Z = z \cdot K_m, \quad (2)$$

где  $z$  – величина смещения акромиального отломка медиально, определяемая по рентгенограмме в прямой проекции,  $K_m$  – коэффициент мягких тканей, определяемый по формуле:

$$K_m = ИМТ \cdot 0,25, \quad (3)$$

где 0,25 – эмпирический коэффициент; ИМТ – индекс массы тела, определяемый по формуле:

$$ИМТ = \frac{\text{масса тела (кг)}}{\text{рост (м)}^2} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Шарниры на корсете и гильзе соединяются резьбовыми

штангами с регулировочными гайками. Репозицию и фиксацию отломков ключицы выполняли вращением регулировочных гаек с изменением длины штанг для коррекции положения отломков в трех плоскостях.

Штанга C1-T1 обеспечивает элевацию поврежденного надплечья посредством воздействия на локтевой отросток локтевой кости. Оптимальное изменение длины штанги ( $L1$ ) рассчитывается по формуле:

$$L1 = \sqrt{H^2 + Z^2}.$$

Штанга C2-T2 вращением гильзы в сагиттальной плоскости вокруг опорной точки (T1) в области локтевого сустава обеспечивает ретракцию или протрузию поврежденного надплечья. Оптимальная длина ( $L2$ ) данной штанги рассчитывается по формуле:

$$L2 = L1 + \frac{L_{cl}}{L_{fem}} \cdot \sqrt{L_{cl}^2 - (L_{cl} - z)^2}, \quad (6)$$

где  $L_{fem}$  – длина плеча, измеряемая от акромиального конца ключицы до локтевого отростка локтевой кости.

Штанга C3-T3 играет роль фиксатора, позволяя исключить смещение гильзы относительно корсета во фронтальной плоскости. Оптимальная длина штанги ( $L3$ ) рассчитывается по формуле:

$$L3 = Z + R, \quad (7)$$

где  $R$  – расстояние от C3 до края корсета.

Штанга C4-T4 осуществляет ретракцию надплечья, оптимальное изменение длины штанги рассчитывается по формуле:

$$L4 = \sqrt{(C3C4/2)^2 + L3^2}, \quad (8)$$

где C3C4 – расстояние между шарнирами C3 и C4.

Перед наложением устройства на контралатеральной конечности измеряли:

– суммарную силу мышц и массу конечности по вертикальной оси: здоровую верхнюю конечность отводили вверх в сторону до горизонтального уровня ( $90^\circ$ ), динамометром измеряли силу, прилагаемую для приведения верхней конечности во фронтальной плоскости ( $F_b$ );

– силу большой и малой грудных мышц, способствующих протрузии надплечья: здоровую верхнюю конечность отводили вверх в сторону до горизонтального уровня ( $90^\circ$ ), динамометром измеряли силу, прилагаемую для приведения верхней конечности в горизонтальной плоскости ( $F_r$ ).

Полученные данные использовали при создании оптимальных усилий на регулировочных штангах. В частности, оптимальное усилие  $F1$  на штанге C1-T1 рассчитывали по формуле:

$$F1 = F_b \cdot 0,8, \quad (9)$$

где 0,8 – эмпирический коэффициент.

Усилие  $F4$  на штанге C4-T4 рассчитывали по формуле:

$$F4 = F_r / \sqrt{2}. \quad (10)$$

При вращении регулировочных гаек на штангах использовали динамометрический ключ для создания расчетных усилий в соответствии с математической моделью восстановления правильных анатомических взаимоотношений в поврежденном плечевом поясе.

Необходимое усилие на ключе  $F_k$  рассчитывали по формуле:

$$F_k = F/2\pi R/q, \quad (11)$$

где  $F$  – расчетное усилие на штанге,  $R$  – длина рычага динамометрического ключа,  $q$  – шаг резьбы регулировочной гайки.

### Клинический пример

Пациент Н., 10 лет, поступил в клинику с диагнозом закрытого поперечного перелома средней трети правой ключицы со смещением отломков через 3 ч после травмы. Под анестезией места перелома по Белеру 1% раствором новокаина

наложено устройство для репозиции и фиксации, на поврежденной конечности измерены: суммарная сила мышц и масса конечности, произведена репозиция под динамическим ультразвуковым контролем. Согласно разработанному алгоритму контроля места перелома, УЗИ выполняли на 3, 7, 14-е сутки. При проведении ультразвукового контроля на 3-и сутки в связи с появлением вторичного смещения отломков была проведена работа с тягами для устранения смещения. В процессе динамического наблюдения с использованием УЗИ на 7-е сутки и в последующем вторичного смещения отломков не наблюдалось. Период иммобилизации в устройстве составил 14 дней, в дальнейшем ребенок переведен в восьмиобразную гипсовую повязку на 10 дней. Достигнута полная консолидация отломков, сохранена длина ключицы, функция правой верхней конечности восстановлена через 7 дней после окончания иммобилизации. Представляем рентгенограммы и ультрасонограммы пациента Н. 10 лет на этапах лечения (рис. 5–7, на 2-й полосе обложки).

## Выводы

1. Изучение патологических процессов в плечевом поясе при переломах ключицы, приводящих к нарушению нормальной биомеханики, позволило создать математическую модель, с помощью которой возможно рассчитать правильное приложение сил и компенсацию угловых и линейных смещений.

2. Разработанное устройство, реализующее математическую модель, обеспечивает дозированное контролируемое векторное воздействие на поврежденный плечевой пояс, способствует репозиции отломков ключицы с последующей фиксацией.

3. В процессе лечения пациентов с переломами ключицы устройство имеет возможность динамического изменения параметров (силы, направления и величины векторов) биомеханической системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов Н. В., Грязнухин Э. Г. Травматологическая и ортопедическая помощь в поликлинике: Руководство для врачей. – СПб., 1994.
2. Ненашев Д. В. // Амбулаторная хирургия. Стационарзамещающие технологии. – СПб., 2004. – № 1–2. – С. 82–84.
3. Пичхадзе И. М., Мацакян А. М., Кузьменков К. А. и др. // Вестн. травматол. и ортопед. – 2009. – № 2. – С. 15–21.
4. Редько М. Р. Лечение ложных суставов и несросшихся переломов ключицы методом ЧКДО: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Хабаровск, 1995. – С. 23–25.
5. Ромакина Н. А. Хирургическое лечение пациентов с переломами ключицы аппаратом внешней фиксации стержневого типа: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Самара, 2005. – С. 13–14.
6. Славко К. М. // Гений ортопедии – 2001. – № 3. – С. 34–36.
7. Jubel A., Andermahr J., Weishaar G. et al. // Unfallchirurg. – 2005. – Vol. 108, № 7. – P. 544–550.

Поступила 05.04.11

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 616.613-007.63-053.3-073.432.1

М. В. Левитская, Л. Б. Меновщикова, Н. В. Голоденко, А. И. Гуревич, О. Г. Мокрушина, Е. В. Юдина, В. С. Шумихин

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ У МЛАДЕНЦЕВ С АНТЕНАТАЛЬНО ВЫЯВЛЕННОЙ ПИЕЛОЭКТАЗИЕЙ

Кафедра детской хирургии (зав. – проф. А. В. Гераськин) ГОУ ВПО РГМУ Росздрава, детская городская клиническая больница № 13 им. Н. Ф. Филатова (главный врач – канд. мед. наук К. В. Константинов)

Марина Владимировна Левитская, канд. мед. наук, врач отделения хирургии новорожденных и недоношенных детей, 8-916-543-96-41

*Улучшение антенатальной диагностики различных вариантов обструктивных уропатий потребовало разработки новых диагностических протоколов в постнатальном периоде. На основании анализа клинического наблюдения за 1256 новорожденными и детьми раннего возраста был разработан диагностический протокол, в основу которого положен размер коллекторной системы почек и мочеточников (с помощью УЗИ), оценка почечной паренхимы (с помощью доплерографии почечных сосудов и радиоизотопной ренографии) и наличие/отсутствие инфекционных осложнений. Полученные результаты сопоставлялись с результатами антенатальных протоколов, что позволило предложить новую схему этапного ведения новорожденных и детей раннего возраста с обструктивными уропатиями. Разработанная схема позволит практическому врачу своевременно определиться с тактикой ведения этой категории больных.*

**Ключевые слова:** антенатальная ультразвуковая диагностика, постнатальный диагностический алгоритм, обструктивные уропатии, новорожденный

*New diagnostic protocols for the postnatal period need to be developed to improve antenatal diagnostics of different variants of obstructive uropathies. We proposed such protocol based on the analysis of clinical observations of 1256 newborn and young children. The protocol envisages ultrasonic measurement of collecting systems of the kidneys and ureters, characteristic of renal parenchyma (by dopplerography of renal vessels and radioisotope renography), detection of infectious complications if any. The results were compared with those of antenatal protocols and used to develop a new scheme for the staged treatment of newborn and young children with obstructive uropathies. The new scheme may be helpful for the choice of the strategy for the management of this pathology.*

**Key words:** antenatal ultrasound diagnostics, postnatal diagnostic algorithm, obstructive uropathy, newborn infants

Количество детей раннего возраста с обструктивными уропатиями, из которых наиболее часто выявляется гидронефроз (ГН), неуклонно растет. Пороки развития мочевыделительной системы (МВС) пред-

ставляют собой одно из наиболее распространенных патологических состояний и регистрируются у 5–14% новорожденных [2, 5, 8]. Их частота встречаемости составляет 6–8 случаев на 1000 новорожденных [6].

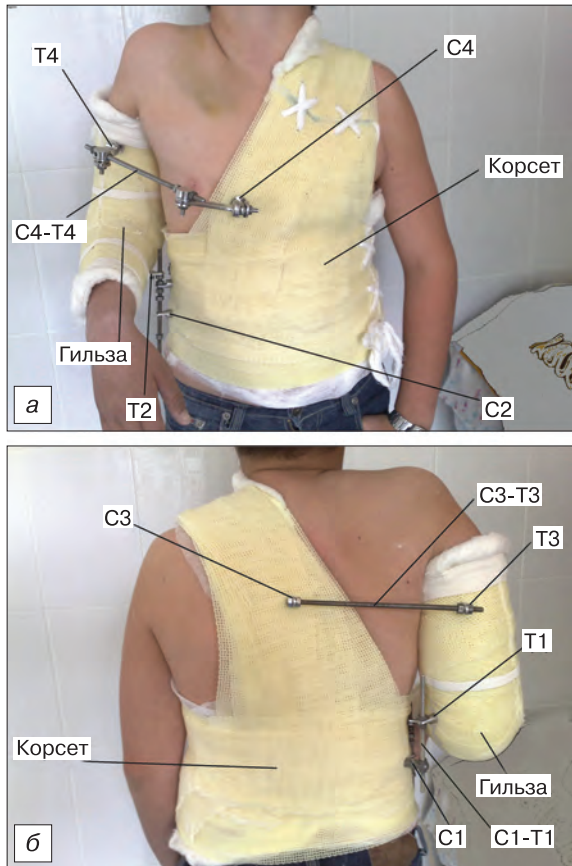


Рис. 4. Пациент в устройстве для репозиции и фиксации. *а* – вид спереди: T2, T4 – шарниры, установленные на гильзе; C1–T1, C4–T4 – регулировочная штанга, C2, C4 – шарниры, установленные на корсете; *б* – вид сзади: T1, T3 – шарниры, установленные на гильзе; C1–T1, C3–T3 – регулировочные штанги, C1, C3 – шарниры, установленные на корсете.



Рис. 5. Рентгенограмма пациента Н., 10 лет, при поступлении.

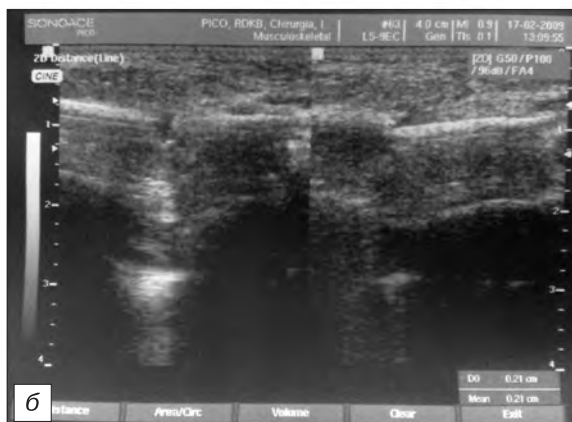
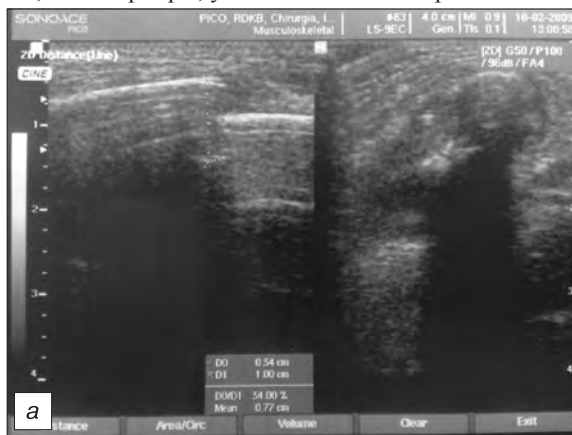


Рис. 6. Ультрасонограммы места перелома у пациента Н., 10 лет. *а* – в процессе репозиции; *б* – в момент сопоставления отломков ключицы.

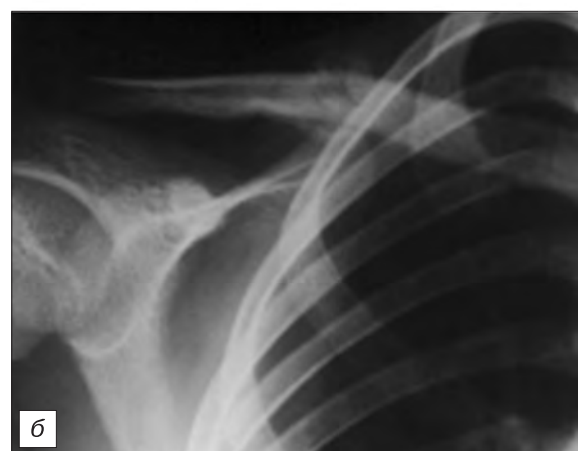


Рис. 7. Рентгенограммы пациента Н., 10 лет. *а* – после репозиции; *б* – в конце лечения.