

DOI: <https://doi.org/10.51922/1818-426X.2022.1.35>

А. А. Ситник<sup>1</sup>, М. А. Герасименко<sup>1</sup>, А. В. Кочубинский<sup>1</sup>,  
А. В. Белецкий<sup>2</sup>

## НАДМЫШЦЕЛКОВЫЕ ПЕРЕЛОМЫ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ У ДЕТЕЙ

ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии  
и ортопедии»,<sup>1</sup>

Национальная академия наук Беларуси, медицинское отделение,  
Минск, Беларусь<sup>2</sup>

Надмышцелковые переломы плечевой кости у детей являются сложными повреждениями. Необходимы четкая оценка и документирование нейроваскулярного статуса при поступлении ребенка и на этапах лечения. Рентгенологическое обследование позволяет классифицировать повреждение и выбрать соответствующую тактику лечения. Наиболее часто встречаются разгибательные повреждения. При смещенных переломах методом выбора является закрытая репозиция и чрескожная фиксация спицами, выполняемые опытным хирургом в условиях операционной. При отсутствии нарушений кровоснабжения возможна отсрочка лечения на несколько часов до подготовки к работе операционной и опытной хирургической бригады. При иммобилизации конечности следует избегать сгибания в локтевом суставе, так как это может провоцировать сосудистые нарушения. При нарушениях кровообращения конечности показана неотложная репозиция перелома, после которой в 80 % случаев наблюдается восстановление кровотока. При сохраняющихся после репозиции отсутствии пульса на лучевой артерии и признаках нарушения кровоснабжения кисти показана ревизия плечевой артерии.

**Ключевые слова:** надмышцелковые переломы, дети, диагностика, репозиция, фиксация, осложнения.

A. Sitnik, M. Gerasimenko, A. Kochubinski, A. Beletsky

## SUPRACONDYLAR EXTENSION FRACTURES OF THE HUMERUS IN CHILDREN

Supracondylar fractures of the humerus in children are difficult injuries. Thorough assessment and documentation of the neuro-vascular condition of the arm on admission and during the treatment are needed. Radiological evaluation allows to classify the injury and to choose treatment strategy. Extension mechanism is prevailing in these injuries. Displaced fractures require closed reduction and transcuteaneous wire fixation, ideally performed by the senior surgeon. During plaster cast immobilization flexion in the elbow shall be avoided as it may provoke vascular disturbances. When normal blood supply of the limb is maintained, surgical treatment may be delayed until skilled surgical team and other resources are available. In cases with the disturbances of the distal flow urgent reduction of the fracture is indicated, which allows to restore the blood supply in 80 % of cases. When after reduction the absence of pulsation on a. radialis is associated with the pink hand – surgical revision and exploration of humeral artery is indicated.

**Key words:** supracondylar fracture, children, diagnostics, reduction, fixation, complications.

Надмышцелковые переломы плечевой кости у детей являются тяжелыми повреждениями, которые могут приводить к тяжелым осложнениям [15]. Оптимальное лечение данных повреждений до сих пор вызывает

много споров в отношении сроков выполнения репозиции, техники репозиции, оптимальной конфигурации фиксирующих спиц, показаний к открытой репозиции и техники ее выполнения, алгоритмов принятия решений

при сопутствующих сосудистых нарушениях. Целью данной статьи является анализ современных данных по вышеперечисленным вопросам и представление актуальной информации о лечении разгибательных надмыщелковых переломов у детей для практического врача.

### **Эпидемиология**

Надмыщелковые переломы плечевой кости составляют от 55 % до 80 % переломов области локтевого сустава у детей. Они возникают в результате падения с высоты, при активных играх или при занятиях спортом. Частота этих повреждений оценивается в 177 случаев на 100 000 населения в год [12].

Наиболее часто данные повреждения возникают у мальчиков в возрасте от пяти до восьми лет, хотя могут встречаться в любом возрасте. Недоминантная конечность вовлекается в 1,5 раз чаще [3].

### **Патофизиология**

При падении на вытянутую руку локтевой отросток внедряется в ямку локтевого отростка дистального отдела плечевой кости и при продолжении действия сил разгибания служит точкой опоры для разгибательного повреждения. Кость начинает ломаться вследствие натяжения сначала по переднему кортикальному слою, затем линия перелома распространяется дорзально. При достаточной энергии повреждения дорзальный кортикальный слой

также ломается, после чего возникает типичное смещение дистального фрагмента кзади. При этом надкостница задней поверхности плечевой кости может оставаться неповрежденной и удерживать фрагменты. Такой механизм характерен для разгибательных повреждений, которые составляют 97–99 % от всех переломов данной области [3, 15].

Анализ смещения дистального фрагмента важен для репозиции перелома. При смещении в задне-медиальном направлении надкостница обычно разрывается по передней и задне-латеральной поверхности, но остается целой по задне-медиальной поверхности. Поэтому пронация предплечья будет вызывать натяжение сохранившейся надкостницы по задне-медиальной поверхности, способствовать репозиции перелома и предотвращать варусные отклонения дистального фрагмента. Наоборот, при задне-латеральном смещении во время репозиции необходима супинация предплечья, которая будет натягивать сохранный надкостницу задне-латеральной поверхности и способствовать репозиции [13].

Сгибательные повреждения встречаются в 1–3 % случаев. Они обычно возникают при прямом травматическом воздействии на согнутую в локтевом суставе руку. При этом повреждение возникает по заднему кортикальному слою и прогрессирует кпереди, а точкой опоры для репозиции служит сохранный надкостница по передней поверхности [15].

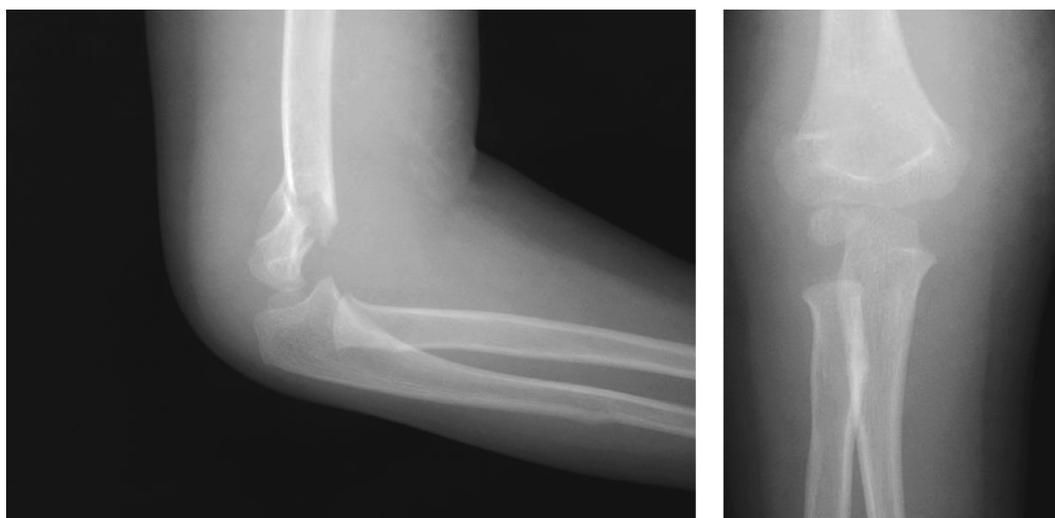


Рисунок 1. Надмыщелковый перелом плечевой кости у ребенка В., 4 года

### Клинический осмотр

Деформация области локтевого сустава при переломах со смещением обычно является признаком, который привлекает основное внимание. Тем не менее необходимо изучение всей конечности для исключения возможных сопутствующих переломов дистального отдела лучевой кости, предплечья или проксимального отдела плечевой кости. Такие сопутствующие переломы не только показывают тяжесть повреждения, но и создают определенные сложности при лечении, а также сопровождаются более высокой частотой сосудисто-нервных повреждений или компартмент-синдрома [11].

При переломах с выраженным смещением обычно наблюдается т. н. S-образная деформация конечности. Однако при переломах с минимальным смещением или при сгибательных повреждениях единственным внешним признаком может быть легкая отечность или экхимоз.

Выраженный экхимоз, отечность мягких тканей или складчатость кожи могут указывать на тяжелую травму. Особое внимание требуется при втяжениях кожи. Этот признак возникает при перфорации проксимальным костным фрагментом плечевой мышцы и на низывании на него глубоких слоев кожи. Поэтому при наличии втяжений кожи следует ожидать значительное смещение фрагментов и повреждение мягких тканей, включая возможное вовлечение плечевой артерии и срединного нерва [17].

Оценка и документация сосудистого статуса обязательны, особенно при переломах со смещением, так как сосудистые нарушения возникают в 10–20 % случаев [8]. Необходимо исследование пульса и кровообращения кисти до и после репозиции перелома.

Неврологическая оценка может быть затруднительной из-за болезненности и взволнованности ребенка. Следует уделить достаточное время и адекватно оценить неврологический статус до выполнения манипуляций. Сначала проверяется чувствительность, так как этот этап не провоцирует никакой боли и по-

могает завоевать доверие ребенка. Чувствительность по зоне срединного нерва оценивается по подушечке указательного пальца, локтевого – по мизинцу, а лучевого по тылу кисти в промежутке между I и II пястными костями. Двигательная функция срединного нерва классически оценивается по активному сгибанию дистальных межфаланговых суставов 1 и 2 пальцев; лучевого нерва – по активному разгибанию 1 пальца; локтевого нерва – по сведению 1 и 5 пальцев кисти. У детей проще оценить моторную функцию нервов в игре «камень-ножницы-бумага», при этом «камень» говорит о функции срединного нерва, «ножницы» – локтевого, «бумага» – лучевого, а «ОК» – переднего межкостного нерва. Невозможность оценки нейроваскулярного статуса следует также документировать для возможных судебных вопросов [15].

Следует также помнить о компартмент-синдроме, особенно при выраженном экхимозе, отечности и/или втягивании кожи.

### Рентгенологическая оценка

Для оценки перелома обычно достаточно стандартных передне-задней и боковой рентгенограмм. Передне-задняя рентгенограмма выполняется в положении легкого разгибания в локтевом суставе, плечо лежит на столе. По передне-задней проекции оценивают направление смещения, наличие варусного или вальгусного отклонения и степень раздробленности перелома.

Особенно важна правильная боковая рентгенограмма, так как большинство классификаций и алгоритмов лечения основываются на степени разгибательного или сгибательного смещения. Она выполняется при сгибании в локтевом суставе на 90° в среднем положении пронации-супинации. Основным анатомическим ориентиром на боковой рентгенограмме является передняя плечевая линия (ППЛ) (рис. 2), которая является продолжением переднего кортикального слоя и в норме пересекает головчатое возвышение в средней его трети. При разгибательных повреждениях она проходит кпереди от нормального распо-

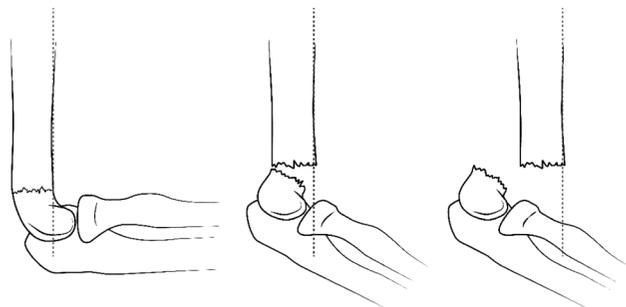


Рисунок 2. Классификация надмыщелковых переломов Gartland [4]. Пунктирном выделена передняя плечевая линия

ложения и может вообще не пересекать головчатое возвышение, а при сгибательных проходит кзади от головчатого возвышения. Кроме того, по боковой рентгенограмме можно оценить целостность заднего кортикального слоя. При переломах без смещения или с минимальным смещением важную роль может играть признак «задней жировой подушки», при наличии которого несмещенные переломы выявлялись в 3/4 случаев [16]. В то же время признак «передней жировой подушки» может наблюдаться в норме и не специфичен для диагностики перелома.

### Классификация

Для описания повреждений наиболее широко используется классификация Gartland [4], основанная на степени смещения дистального фрагмента (рис. 2):

– тип I – несмещенный перелом (до 2 мм), ППЛ все еще проходит через центр головча-

того возвышения. Данные переломы являются стабильными, т. к. надкостница остается неповрежденной;

– тип II – умеренное смещение (>2 мм), ППЛ проходит кпереди от центра головчатого возвышения, дорзально надкостница остается целой и может способствовать репозиции;

– тип III – полное смещение, нестабильный перелом со значительными повреждениями надкостницы и мягких тканей, сопровождается повышенной опасностью нейрососудистых нарушений.

### Лечение

*Gartland тип I.* Лечение осуществляется в шине. Обычно выраженного отека или кровоизлияний не наблюдается, поэтому сгибание в локтевом суставе в пределах 80–90° и среднее между пронацией и супинацией положение предплечья переносятся пациентом легко. Следует избегать сгибания в локтевом суставе более 90°, так как это увеличивает давление в предплечье и может провоцировать нарушения дистального кровообращения. Вторичные смещения редки, однако рекомендуется контрольный снимок в срок 7–10 дней после травмы. Спустя 3 недели после травмы повязка снимается и постепенно возобновляются движения в суставе.

*Gartland тип II.* При данном типе переломов все большую популярность приобретает хирургическое лечение (рис. 3). Консерва-

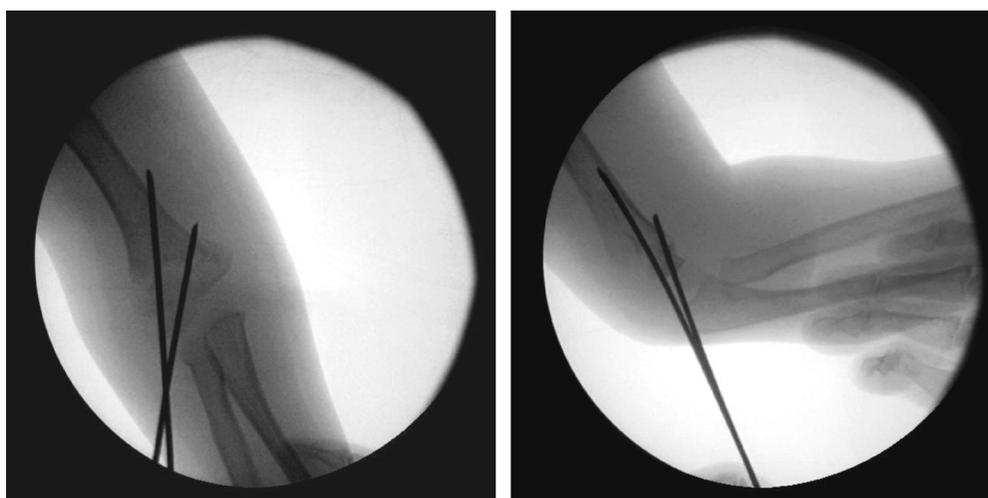


Рисунок 3. Интраоперационные рентгенограммы ребенка В., 4 года после репозиции и фиксации перелома спицами (первичные снимки представлены на рис. 1)

тивное лечение возможно, однако для удержания фрагментов перелома в правильном положении необходимо сгибание в локтевом суставе более 90°, что повышает вероятность развития компартмент-синдрома и нейро-сосудистых осложнений [12, 13].

Другим фактором в пользу применения хирургического лечения является низкая способность дистального отдела плечевой кости к ремоделированию: за счет дистального отдела осуществляется всего 20 % роста плечевой кости, и уже после 4-летнего возраста возможности перестройки дистального отдела плечевой кости ограничены. После 8-летнего возраста необходимым считается анатомичное положение фрагментов, что трудно достижимо при консервативном лечении [13].

*Gartland тип III.* Общеизвестно, что при переломах III типа требуется хирургическое лечение. «Золотым стандартом» на сегодняшний день является закрытая репозиция и фиксация спицами.

### Неотложное лечение

При невозможности немедленной репозиции перелома, в условиях приемного отделения необходимо наложить гипсовую шину в положении сгибания в локтевом суставе на 30–40° для уменьшения болевого синдрома, профилактики нейро-вазкулярных осложнений и снижения риска компартмент-синдрома [12, 15]. На период до выполнения окончательного лечения обязателен контроль и документация состояния кровообращения и неврологических функций.

Другим вариантом временной иммобилизации является наложение скелетного вытяжения за локтевой отросток (спица проводится изнутри-наружу). Данный способ не только облегчает контроль кровоснабжения предплечья и кисти, но и позволяет предотвратить развитие посттравматического отека [13].

### *Сроки выполнения репозиции и фиксации*

Надмыщелковые переломы плечевой кости со смещением традиционно рассматривались как хирургическое неотложное состоя-

ние из-за опасения развития нейро-сосудистых осложнений. Кроме того, считалось, что при отсрочке вмешательства закрытая репозиция становится невозможной и необходимой будет открытая репозиция перелома [4].

Однако выполнение вмешательства в ночное время при недостаточном уровне специальной подготовки персонала и ограничениях материально-технического характера потенциально увеличивает риск хирургических осложнений. Большинство современных исследований показало, что отсрочка хирургического лечения не повышает частоту выполнения открытой репозиции и не приводит к увеличению частоты осложнений [1].

Таким образом, показаниями к экстренному хирургическому лечению остаются: сосудистые нарушения, выраженный отек, флоттирующий локтевой сустав, а также возникновение перелома у детей раннего возраста или с неврологическими нарушениями (не могут четко локализовать боль и мониторинг состояния конечности затруднен). В остальных случаях выполнения хирургических вмешательств в ночное время следует избегать.

### *Хирургическая техника – репозиция*

Репозиция перелома может осуществляться закрыто или открыто. Открытая репозиция может сопровождаться повышением частоты инфекционных осложнений и контрактур, поэтому при большинстве закрытых переломов следует стремиться к достижению закрытой репозиции [15].

При разгибательных переломах репозиционный маневр заключается в следующем: сначала применяется тракция по оси. Если шип проксимального фрагмента пальпируется прямо под кожей, следует думать о перфорации этим отломком плечевой мышцы, которая будет препятствовать репозиции перелома. Чтобы устранить интерпозицию применяется маневр «сцеживания»: при легкой тракции передняя группа мышц захватывается между большим и указательным пальцами хирурга и отдавливается дистально в попытке устранить нанизывание проксимального фрагмента на плечевую мышцу. Этот маневр повторяется

не более двух раз, успех оценивается по внезапному смещению кости в правильное положение, иногда со щелчком. После этого устраняются смещения в фронтальной плоскости (варус/вальгус, поперечные смещения), затем с помощью пронации или супинации корректируется ротационное положение фрагментов (см. Рентгенологическая оценка), после чего выполняется сгибание в локтевом суставе и одновременное давление на локтевой отросток с целью коррекции разгибательного смещения. Предплечье удерживается в положении максимального сгибания на время, необходимое для проведения спиц с латеральной поверхности [12].

При недостаточности такого ручного контроля положения дистального фрагмента (переломы с косою линией излома и некоторые переломы III типа) можно провести спицу через дистальный отдел плечевой кости в медиолатеральном направлении и с ее помощью контролировать положение дистального фрагмента [19].

Выполнение открытой репозиции показано при неудаче закрытой (например из-за интерпозиции мышцы, срединного нерва и/или плечевой артерии), а также при сохраняющемся после попытки закрытой репозиции нарушении кровоснабжения кисти. Если при репозиции наблюдается «мягкий блок» следует подозревать интерпозицию нейро-сосудистых образований. В целом открытая репозиция требуется примерно в 8 % случаев надмыщелковых переломов [3].

#### Доступ

При репозиции надмыщелковых переломов могут применяться передний, задний, медиальный или латеральный хирургические доступы. В последнее время все большую популярность приобретает использование переднего доступа. Он является доступом первого выбора при необходимости ревизии сосудисто-нервного пучка, легко может быть продлен проксимально и/или дистально. Плечевая мышца чаще всего разорвана, что обеспечивает простую репозицию перелома с прямым визуальным контролем [12].

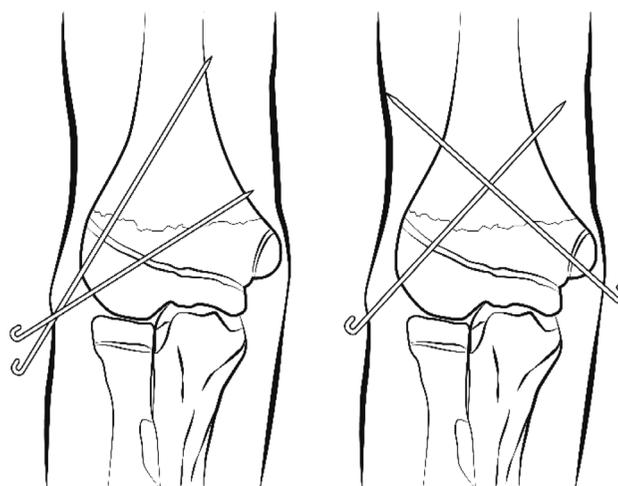


Рисунок 4. Варианты проведения спиц при надмыщелковом переломе плечевой кости

#### Фиксация

Прежде чем приступить к фиксации, необходимо удостовериться в качестве репозиции перелома. Рекомендуется интраоперационно выполнять четыре рентгенологических проекции: передне-заднюю в положении гиперфлексии (Jones), боковую, а также две трех-четвертные в положении внутренней и наружной ротации. Косые проекции показывают репозицию колонн плечевой кости и позволяют лучше оценить ротационные смещения [19].

Фиксация надмыщелковых переломов у детей спицами была впервые предложена Casiano в 1960 году и с тех пор получила широкое распространение. Опубликовано множество печатных работ по сравнению перекрестного проведения спиц с проведением спиц только с латеральной поверхности (рис. 4). С биомеханической точки зрения результаты работ противоречивы: одни авторы описывают большую стабильность при перекрестном проведении спиц, другие не выявляют механических преимуществ. Основной опасностью при перекрестном проведении спиц является повреждение локтевого нерва во время проведения медиальной спицы. Частота повреждения локтевого нерва может достигать 8 % [6]. По данным мета-анализа относительный риск повреждения локтевого нерва при перекрестном проведении спиц повышается в 4,3 раза по сравнению с проведением спиц только из латеральной точки, составляя соответственно

3,4 % против 0,7 % [7, 20]. Lee et al. [7] выявили несколько большую частоту сращений в неправильном положении при латеральном проведении спиц по сравнению с перекрестным (5,9 % против 3,4 %), однако оставляют в приоритете сохранение функции локтевого нерва.

При необходимости проведения спиц с медиальной стороны предложено несколько способов снижения риска повреждения локтевого нерва. Рекомендуется проводить спицу с медиальной стороны только после проведения латеральных спиц и в положении разгибания в локтевом суставе, так как при этом локтевой нерв смещается кзади. При проведении медиальной спицы в положении сгибания  $>90^\circ$  локтевой нерв смещается кпереди, и частота его повреждения составляет от 5,7 % до 17,7 %. Для облегчения локализации костных ориентиров рекомендуется отдавливание отека мягких тканей большим пальцем, и смещение им мягких тканей кзади для защиты нерва. Так как пальпация нерва не является надежным методом, некоторые авторы рекомендуют открытое проведение спицы из небольшого доступа [5].

Важен также диаметр применяемых спиц, при этом в последнее время рекомендуется использование 2,0 мм спиц (а не 1,5 мм), которые обеспечивают большую стабильность как за счет своего размера, так и за счет более надежного прохождения спицей дальнего кортикального слоя (а не скольжения ее в канал) [18].

#### *Послеоперационная иммобилизация*

Важно понимать, что стабильность костных фрагментов в основном обеспечивается спицами. Фиксация спицами должна быть достаточно стабильна для иммобилизации конечности в положении сгибания предплечья около  $60-70^\circ$  для предотвращения невровазкулярных осложнений или компартмент-синдрома. Иммобилизация продолжается в течение 3 недель, после чего спицы удаляются. Проведение каких-либо реабилитационных мероприятий (ЛФК, ФТЛ) у детей после надмышеч-

ковых переломов не имеет смысла. Schmale et al. [14] провели сравнительное рандомизированное контролируемое исследование эффективности таких мероприятий и не обнаружили никаких преимуществ их проведения.

#### **Осложнения**

##### *Повреждения сосудов*

Примерно в 10–20 % случаев при смещенных надмышечковых переломах отмечаются сосудистые нарушения [8]. Повреждения плечевой артерии могут возникать первично вследствие натяжения, ущемления или перфорации проксимальным фрагментом; а также вторично при репозиционных маневрах или фиксации в положении гиперфлексии [16].

При наличии нарушений кровотока первым действием является скорейшая репозиция перелома. Выполнение ангиографии или УЗИ перед операцией не показано, так как оно приведет лишь к задержке лечения, а зона повреждения артерии может быть только область перелома (при отсутствии других повреждений конечности) [2, 13].

После выполнения закрытой репозиции пульс восстанавливается примерно в 80 % случаев. Частота недостаточного кровоснабжения предплечья после репозиции составляет 0,3 %, отсутствие пульса после закрытой репозиции описывается в 3,2 % случаев. Сочетание отсутствия пульса и нарушений со стороны срединного нерва требует хирургической ревизии [10].

Наилучшим индикатором состояния кровообращения является кисть. Возможны три состояния [12]:

1. Хороший пульс, хорошее кровоснабжение кисти (теплая, розовая, капиллярное наполнение  $<3$  сек).

2. Т. н. «розовая кисть без пульса», когда пульс отсутствует, но в целом кисть хорошо кровоснабжается (теплая, розовая, капиллярное наполнение  $<3$  сек).

3. «Холодная кисть» – пульс не прощупывается, кровоснабжение кисти плохое (бледная, холодная, капиллярное наполнение  $>3$  сек).

В случае «холодной кисти», а также если пульс имелся, но исчез после репозиции перелома показана ревизия артерии.

В случае «розовой кисти без пульса» единого мнения в литературе нет. Многие авторы полагают, что богатое коллатеральное кровоснабжение в области локтевого сустава способно поддерживать достаточный уровень кровоснабжения кисти и предплечья. Однако при этом необходимо тщательное динамическое наблюдение за состоянием кровоснабжения кисти и неврологической симптоматикой [10].

#### *Повреждения нервов*

Повреждения нервов при переломах со смещением наблюдаются в 6,5–19 % случаев. Они могут возникать первично при травме (натяжение, ущемление или разрыв нерва) или после репозиции и фиксации (вторичные повреждения). При задне-медиальном смещении дистального фрагмента во время репозиции опасности подвергается лучевой нерв. При задне-латеральном – срединный нерв и плечевая артерия [12]. Первичные повреждения локтевого нерва нередко возникают при сгибательных переломах, однако гораздо чаще наблюдаются вторичные его повреждения при фиксации перелома спицами с медиальной стороны [13].

В большинстве случаев повреждения нервов представлены нейропраксией, поэтому ревизия нерва показана редко. При возникновении неврита локтевого нерва после проведения спицы с медиальной стороны рекомендуется удалить спицу. При этом Lyons et al. [9] сообщали о полном восстановлении функции нерва в таких случаях во всех их 17 наблюдениях.

#### *Компартмент-синдром*

Компартмент-синдром (КС) может возникать в 0,1–0,3 % случаев. Факторами риска считаются сопутствующий перелом предплечья и иммобилизация при сгибании в локтевом суставе  $>90^\circ$ . Клиническими признаками, говорящими о возможности развития КС,

являются выраженный отек, экхимоз и втяжение кожи костным отломком. Особого внимания требуют дети младшего возраста, а также пациенты с неврологическими нарушениями или сопутствующим повреждением срединного нерва. Диагноз устанавливается в основном клинически [13].

#### *Поздние осложнения*

Поздние осложнения в основном связаны с развитием деформаций в области локтевого сустава вследствие недостаточно точной репозиции перелома или нарушений роста. Чаще всего наблюдаются сращение в положении разгибания дистального отдела плечевой кости и *cubitus varus*. При выраженной деформации и функциональных нарушениях может потребоваться хирургическая коррекция [19].

Надмышечковые переломы плечевой кости у детей являются сложными повреждениями. Необходимы четкая оценка и документирование нейроваскулярного статуса при поступлении ребенка и на этапах лечения. Рентгенологическое обследование позволяет классифицировать повреждение и выбрать соответствующую тактику лечения. При смещенных переломах методом выбора является закрытая репозиция и чрескожная фиксация спицами, выполняемые опытным хирургом. При отсутствии нарушений кровоснабжения возможна отсрочка лечения на несколько часов. При нарушениях кровообращения конечности показана неотложная репозиция перелома, после которой в 80 % случаев наблюдается восстановление кровотока. При отсутствии пульса на лучевой артерии и признаках нарушения кровоснабжения кисти после репозиции показана ревизия плечевой артерии.

#### **Литература**

1. Abbott, M. D., Buchler L., Loder R. T. et al. Gartland type III supracondylar humerus fractures: outcome and complications as related to operative timing and pin configuration // *J Child Orthop.* – 2014. – № 8(6). – P. 473–477.
2. Badkoobehi, H., Choi P. D., Bae D. S., Skaggs D. L. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture // *J. Bone Joint Surg [Am].* – 2015. – Vol. 97-A(11). – P. 937–943.

3. Cheng, J. C., Lam T. P., Maffulli N. Epidemiological features of supracondylar fractures of the humerus in Chinese children // *J. Pediatr Orthop B.* – 2001. – № 10(1). – P. 63–67.

4. Gartland, J. J. Management of supracondylar fractures of the humerus in children // *Surg Gynecol Obstet.* – 1959. – Vol. 109(2). – P. 145–154.

5. Gordon, J. E., Patton C. M., Luhmann S. J., Bassett G. S., Schoenecker P. L. Fracture stability after pinning of displaced supracondylar distal humerus fractures in children // *J Pediatr Orthop.* – 2001. – Vol. 21(3). – P. 313–318.

6. Kocher, M. S., Kasser J. R., Waters P. M. et al. Lateral entry compared with medial and lateral entry pin fixation for completely displaced supracondylar humeral fractures in children: a randomized clinical trial // *J Bone Joint Surg Am.* – 2007. – Vol. 89. – P. 706–712. 10.2106/JBJS.F.00379

7. Lee, K. M., Chung C. Y., Gwon D. K. et al. Medial and lateral crossed pinning versus lateral pinning for supracondylar fractures of the humerus in children: decision analysis // *J Pediatr Orthop.* – 2012. – Vol. 32(2). – P. 131–138.

8. Louahem, D., Cottalorda J. Acute ischemia and pink pulseless hand in 68 of 404 Gartland type III supracondylar humeral fractures in children: urgent management and therapeutic consensus // *Injury.* – 2016. – Vol. 47(4). – P. 848–852.

9. Lyons, J. P., Ashley E., Hoffer M. M. Ulnar nerve palsies after percutaneous crosspinning of supracondylar fractures in children's elbows // *J. Pediatr. Orthop.* – 1998. – Vol. 18(1). – P. 43–45.

10. Mangat, K. S., Martin A. G., Bache C. E. The “pulseless pink” hand after supracondylar fracture of the humerus in children: the predictive value of nerve palsy // *J Bone Joint Surg [Br].* – 2009. – Vol. 91-B(11). – P. 1521–1525.

11. Muchow, R. D., Riccio A. I., Garg S., Ho C. A., Wimberly R. L. Neurological and vascular injury associated with supracondylar humerus fractures and ipsilateral forearm fractures in children // *J Pediatr Orthop.* – 2015. – Vol. 35(2). – P. 121–125.

12. Mulpuri, K., Hosalkar H., Howard A. AAOS clinical practice guideline: the treatment of pediatric supracondylar humerus fractures // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2012. – Vol. 20(5). – P. 328–330.

13. Omid, R., Choi P. D., Skaggs D. L. Supracondylar humeral fractures in children // *J Bone Joint Surg [Am].* – 2008. – Vol. 90-A(5). – P. 1121–1132.

14. Schmale, G. A., Mazor S., Mercer L. D., Bompadre V. Lack of benefit of physical therapy on function following supracondylar humeral fracture: a randomized controlled trial // *J Bone Joint Surg [Am].* – 2014. – Vol. 96-A(11). – P. 944–950.

15. Shenoy, P. M., Islam A., Puri R. Current Management of Paediatric Supracondylar Fractures of the Humerus // *Cureus.* – 2020. – Vol. 15, № 12(5). – P. e8137. –

doi: 10.7759/cureus.8137. PMID: 32550057; PMCID: PMC7294900

16. Skaggs, D. L., Hale J. M., Bassett J., Kaminsky C., Kay R. M., Tolo V. T. Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement // *J Bone Joint Surg Am.* – 2001. – Vol. 83(5). – P. 735–40. PMID: 11379744

17. Smuin, D. M., Hennrikus W. L. The effect of the pucker sign on outcomes of type III extension supracondylar fractures in children // *J Pediatr Orthop.* – 2017. – Vol. 37(4). – P. e229–e232.

18. Srikumaran, U., Tan E. W., Belkoff S. M. et al. Enhanced biomechanical stiffness with large pins in the operative treatment of pediatric supracondylar humerus fractures // *J Pediatr Orthop.* – 2012. – Vol. 32. – P. 201–205. 10.1097/BPO.0b013e31824536c8

19. Vaquero-Picado, A., González-Morán G., Moraleda L. Management of supracondylar fractures of the humerus in children // *EFORT Open Rev.* – 2018. – Vol. 1, № 3(10). – P. 526–540. doi: 10.1302/2058-5241.3.170049. PMID: 30662761; PMCID: PMC6335593

20. Woratanarat, P., Angsanuntsukh C., Rattanasiri S. et al. Meta-analysis of pinning in supracondylar fracture of the humerus in children // *J. Orthop Trauma.* – 2012. – Vol. 26(1). – P. 48–53.

## References

1. Abbott, M. D., Buchler L., Loder R. T. et al. Gartland type III supracondylar humerus fractures: outcome and complications as related to operative timing and pin configuration // *J Child Orthop.* – 2014. – № 8(6). – P. 473–477.

2. Badkoobehi, H., Choi P. D., Bae D. S., Skaggs D. L. Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture // *J Bone Joint Surg [Am].* – 2015. – Vol. 97-A(11). – P. 937–943.

3. Cheng, J. C., Lam T. P., Maffulli N. Epidemiological features of supracondylar fractures of the humerus in Chinese children // *J. Pediatr Orthop B.* – 2001. – № 10(1). – P. 63–67.

4. Gartland, J. J. Management of supracondylar fractures of the humerus in children // *Surg Gynecol Obstet.* – 1959. – Vol. 109(2). – P. 145–154.

5. Gordon, J. E., Patton C. M., Luhmann S. J., Bassett G. S., Schoenecker P. L. Fracture stability after pinning of displaced supracondylar distal humerus fractures in children // *J. Pediatr Orthop.* – 2001. – Vol. 21(3). – P. 313–318.

6. Kocher, M. S., Kasser J. R., Waters P. M. et al. Lateral entry compared with medial and lateral entry pin fixation for completely displaced supracondylar humeral fractures in children: a randomized clinical trial // *J Bone Joint Surg Am.* – 2007. – Vol. 89. – P. 706–712. 10.2106/JBJS.F.00379

7. Lee, K. M., Chung C. Y., Gwon D. K. et al. Medial and lateral crossed pinning versus lateral pinning

for supracondylar fractures of the humerus in children: decision analysis // *J. Pediatr Orthop.* – 2012. – Vol. 32(2). – P. 131–138.

8. *Louahem, D., Cottalorda J.* Acute ischemia and pink pulseless hand in 68 of 404 Gartland type III supracondylar humeral fractures in children: urgent management and therapeutic consensus // *Injury.* – 2016. – Vol. 47(4). – P. 848–852.

9. *Lyons, J. P., Ashley E., Hoffer M. M.* Ulnar nerve palsies after percutaneous crosspinning of supracondylar fractures in children's elbows // *J Pediatr Orthop.* – 1998. – № 18(1). – P. 43–45.

10. *Mangat, K. S., Martin A. G., Bache C. E.* The “pulseless pink” hand after supracondylar fracture of the humerus in children: the predictive value of nerve palsy // *J Bone Joint Surg [Br].* – 2009. – Vol. 91-B(11). – P. 1521–1525.

11. *Muchow, R. D., Riccio A. I., Garg S., Ho C. A., Wimberly R. L.* Neurological and vascular injury associated with supracondylar humerus fractures and ipsilateral forearm fractures in children // *J Pediatr Orthop.* – 2015. – Vol. 35(2). – P. 121–125.

12. *Mulpuri, K., Hosalkar H., Howard A.* AAOS clinical practice guideline: the treatment of pediatric supracondylar humerus fractures // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2012. – Vol. 20(5). – P. 328–330.

13. *Omid, R., Choi P. D., Skaggs D. L.* Supracondylar humeral fractures in children // *J Bone Joint Surg [Am].* – 2008. – Vol. 90-A(5). – P. 1121–1132.

14. *Schmale, G. A., Mazor S., Mercer L. D., Bompadre V.* Lack of benefit of physical therapy on function following supracondylar humeral fracture: a randomized controlled

trial // *J Bone Joint Surg [Am].* – 2014. – Vol. 96-A(11). – P. 944–950.

15. *Shenoy, P. M., Islam A., Puri R.* Current Management of Paediatric Supracondylar Fractures of the Humerus // *Cureus.* – 2020. – Vol. 15, № 12(5). – P. e8137. doi: 10.7759/cureus.8137. PMID: 32550057; PMCID: PMC7294900

16. *Skaggs, D. L., Hale J. M., Bassett J., Kaminsky C., Kay R. M., Tolo V. T.* Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement // *J Bone Joint Surg Am.* – 2001. – Vol. 83(5). – P. 735–40. PMID: 11379744

17. *Smuin, D. M., Hennrikus W. L.* The effect of the pucker sign on outcomes of type III extension supracondylar fractures in children // *J Pediatr Orthop.* – 2017. – Vol. 37(4). – P. e229–e232.

18. *Srikumaran, U., Tan E. W., Belkoff S. M. et al.* Enhanced biomechanical stiffness with large pins in the operative treatment of pediatric supracondylar humerus fractures // *J Pediatr Orthop.* – 2012. – Vol. 32. – P. 201–205. doi: 10.1097/BPO.0b013e31824536c8

19. *Vaquero-Picado, A., González-Morán G., Moraleda L.* Management of supracondylar fractures of the humerus in children // *EFORT Open Rev.* – 2018. – Vol. 1, № 3(10). – P. 526–540. doi: 10.1302/2058-5241.3.170049. PMID: 30662761; PMCID: PMC6335593

20. *Woratanarat, P., Angsanuntsukh C., Rattanasiri S. et al.* Meta-analysis of pinning in supracondylar fracture of the humerus in children // *J Orthop Trauma.* – 2012. – Vol. 26(1). – P. 48–53.

Поступила 12.10.2021 г.