

ВЛИЯЕТ ЛИ ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИИ НА ПРОГНОЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ НАДМЫШЕЛКОВЫХ ПЕРЕЛОМОВ ГАРТЛАНДА III ТИПА У ДЕТЕЙ?

© *Х.-Ч. Шон¹, Дж.В. Ким², Х.-К. Шин³, Е. Ким³, С.-Дж. Пак³, Ч.К. Пак³, С. Сонг³, Дж.Х. Пак³*

¹ Медицинский колледж, Национальный университет Чунгбук, Чхонджу, Корея;

² Больница Хеундэ Бек, Университет Инчже, Медицинский колледж, Пусан, Корея;

³ Госпиталь Кангбук Самсунг, Университета Сунгкьонкван, Сеул, Корея

Поступила: 27.03.2019

Одобрена: 27.05.2019

Принята: 06.06.2019

Актуальность. При надмышелковых переломах Гартланда III типа у детей требуется срочная медицинская помощь. На сегодняшний день проведено небольшое количество исследований, посвященных выбору времени проведения операции и оценке клинических результатов лечения.

Цель — определить, как время, прошедшее от момента травмы до операции, влияет на результаты лечения надмышелковых переломов Гартланда III типа у детей.

Методы. В исследуемую группу вошли дети, поступившие в больницу с апреля 2003 по декабрь 2013 г. с надмышелковым перелом плечевой кости Гартланда III типа. Пациенты были разделены на три группы: те, кому медицинская помощь была оказана менее чем через 6 ч после травмы; те, кому медицинская помощь была оказана в период от 6 до 12 ч после травмы; и те, кому медицинская помощь была оказана в период от 12 до 24 ч после травмы. Мы проанализировали, повлияло ли время проведения операции на такие клинические результаты, как сращение перелома, объем движений, периоперационные осложнения и длительность операции.

Результаты. В течение 24 ч всем пациентам была проведена закрытая репозиция с чрескожной фиксацией спицами. В результате исследования была выявлена тенденция к увеличению длительности операции при задержке оперативного лечения, однако статистически незначимая. У пациентов всех трех групп зарегистрирована сходная частота неврологических осложнений. Было зафиксировано 11 (14,7 %) случаев предоперационного неврологического дефицита, но, несмотря на это, все пациенты полностью восстановились после операции. Показатели объема движения в локтевом суставе и сроки сращения перелома так же не отличались во всех группах.

Вывод. При надмышелковых переломах Гартланда III типа у детей операция может быть отложена на срок до 24 ч, что позволяет проводить операции в дневное время, а не в ночные часы, а следовательно, более точно оценить кровообращение, наличие травмы нервов и отека.

Ключевые слова: педиатрия; надмышелки плечевой кости; переломы; время проведения операции.

DOES THE TIMING OF SURGERY AFFECT OUTCOMES OF GARTLAND TYPE III SUPRACONDYLAR FRACTURES IN CHILDREN?

© *H.-C. Shon¹, J.W. Kim², H.-K. Shin³, E. Kim³, S.-J. Park³, J.K. Park³, S. Song³, J.H. Park³*

¹ College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

² Haeundae Paik Hospital, Inje University, College of Medicine, Busan, Korea

³ Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

For citation: *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2019;7(2):25-32

Received: 27.03.2019

Revised: 27.05.2019

Accepted: 06.06.2019

Background. Gartland type III supracondylar fractures in children are treated as emergency. But there are few studies about surgical timing and clinical outcomes.

Aim. To evaluate whether the time interval from injury to surgical treatment affects the treatment outcomes of Gartland type III supracondylar fractures in children.

Methods. The study population comprised all children presenting to our hospital between April 2003 and December 2013, who had Gartland type III supracondylar humerus fracture. Patients were divided into three groups: those who were treated within less than six hours from injury, those who were treated between six and twelve hours, and those who were treated between twelve and twenty four hours after injury. In this retrospective study, we checked whether the timing of surgery affected clinical outcomes such as bone union, range of motion, peri-operative complications, and operation time.

Results. All patients were treated with closed reduction and percutaneous pin fixation within 24 hours. This study showed a trend that the delay in the timing of surgery after traumatic injury increases operation time, however with no statistical differences. The neurological complications were similar in the three groups. There were 11 cases (14.7%) of preoperative neurologic deficit, however every patient recovered postoperatively. There was no difference between the three groups in terms of clinical outcomes such as range of motion of the elbow and bone union.

Conclusion. For Gartland III pediatric supracondylar humerus fractures, operation can be delayed for up to 24 hours, which may allow time for operation during regular hours, rather than late at night, with thorough evaluation of circulation, nerve injury, and swelling.

Keywords: pediatrics; humerus supracondyle; fractures; surgical timing.

Актуальность

Надмышцелковые переломы плечевой кости составляют около 50–70 % всех переломов локтевого сустава у детей. Данные переломы встречаются в основном в возрасте от 5 до 7 лет [1, 2]. Перелом дистального отдела плечевой кости возникает под действием изгибающей или разгибающей силы. При чрезмерном разгибании, направленном к заднему дистальному отделу плечевой кости, происходит смещение места перелома. Это явление наблюдается в 95 % случаев переломов [3].

Чаще всего при надмышцелковых переломах плечевой кости у детей используют классификацию Гартланда [4]. Эти переломы разделяют на три типа в зависимости от наличия кортикального повреждения в сагиттальной плоскости и потенциальной степени повреждения. Переломы II и III типов обычно требуют закрытой репозиции и фиксации с помощью спиц, в то время как переломы I типа лечат консервативно с помощью гипсовой фиксации [5].

Среди осложнений при переломах можно выделить сосудисто-нервные повреждения, ограничение объема движений, тугоподвижность суставов, а также варусную и вальгусную деформации конечности [6, 7]. При переломах Гартланда III типа требуется немедленная закрытая репозиция [7]. Тем не менее операции по поводу надмышцелковых переломов плечевой кости у детей часто приходится проводить ночью из-за большого количества плановых операций, экстренных операций или из-за необходимости ожидания для проведения операции на голодный желудок.

Исследователи не могут прийти к единому мнению о том, когда стоит выполнять операции при надмышцелковых переломах плечевой кости у детей [8, 9]. Мы предположили, что такие операции могут быть отложены на срок до 24 ч после травмы и это статистически значимо не повлияет

на клинический исход при отсутствии нервно-сосудистых повреждений. В этом случае можно проводить операции в дневное время, а не выполнять срочные операции ночью. Следовательно, можно более точно оценить кровообращение, повреждение нервов и наличие отека, что позволяет повысить вероятность положительного исхода операции.

Цель данного исследования заключалась в оценке влияния времени проведения операции на клинические исходы при переломах дистального отдела плечевой кости Гартланда III типа у детей.

Материалы и методы

Мы провели ретроспективное одноцентровое описательное когортное исследование (4-й уровень). Истории болезней пациентов, получивших надмышцелковые переломы плечевой кости и прооперированные с апреля 2004 по декабрь 2013 г., были взяты из ортопедической базы данных лечебного учреждения. В исследование были включены пациенты с незрелым скелетом, у которых был диагностирован перелом дистального отдела плечевой кости Гартланда III типа. Из исследования исключали пациентов, которые поступили в больницу после неудачной консервативной терапии, пациенты с переломами Гартланда I и II типов, с открытыми переломами, патологическими переломами костей и пациенты, прекратившие наблюдение менее чем через год после операции. Из 97 отобранных детей с надмышцелковыми переломами плечевой кости согласно вышеописанным критериям в исследуемую группу были включены 75 пациентов — 49 мальчиков и 26 девочек. Средний возраст участников составил 6,0 года. Пациентами были дети в возрасте от 2 до 11 лет.

Операции выполнены одним хирургом. Ни в одном из случаев кровоостанавливающие жгу-

ты не использовали. В ходе операций проводили закрытую репозицию и чрескожную фиксацию спицами под общим наркозом. В случаях неудачной закрытой репозиции или если состояние пациента было неудовлетворительным, выполняли дополнительную репозицию с проведением 2,4 мм спицы Киршнера и манипуляцией ею по типу джойстика (рис. 1). После репозиции для фиксации использовали спицы Киршнера диаметром 1,4 или 1,6 мм. Через 3 недели после операции выполняли контрольные рентгенограммы и с учетом скорости сращения перелома определяли сроки удаления спицы и снятия гипса. После удаления спиц и снятия гипса пациенты возобновили повседневную деятельность с небольшой физической нагрузкой без пассивных занятий лечебной физической культурой. Контрольную рентгенографию проводили через 6 недель, 3, 6 и 12 мес.

Мы проанализировали время от получения травмы до операции, длительность операции, объем движений в локтевом суставе и такие осложнения, как инфекция и деформация. Информация о времени, прошедшем от получения травмы до операции, была предоставлена родителями или опекуном ребенка. Длительность операции определяли как срок от начала до конца операции без учета времени, затраченного на подготовку к операции и проведение анестезии. Объем движений в локтевом суставе измеряли в течение года.

Результаты рентгенографии были независимо оценены двумя опытными хирургами-ортопедами, которые достигли консенсуса. В качестве стандартной оценки репозиции надмыщелковых переломов у детей использовали метод Williamson et al. [10]: вычисляли угол между продольной осью плечевой кости и эпифизарной пластинкой плечевой кости (угол Баумана) по рентгенограмме в передне-задней проекции. Референтное значение угла Баумана — $73 \pm 6^\circ$. Значение определяли по рентгенограммам в передне-задней проекции, сделанным через год после операции. При этом по рентгенограммам регистрировали время сращения. Критерием сращения служило образование костной мозоли по меньшей мере в трех кортикальных слоях.

Пациенты были разделены на три группы в зависимости от времени, прошедшего с момента получения травмы до операции: 6 ч, от 6 до 12 ч и от 12 до 24 ч. Мы сравнили клинические результаты, включая длительность операции, угол Баумана, объем движений в локтевом суставе и рентгенологическое сращение для трех групп.

Результаты для всех групп сравнили с учетом среднего и стандартного отклонения с примени-

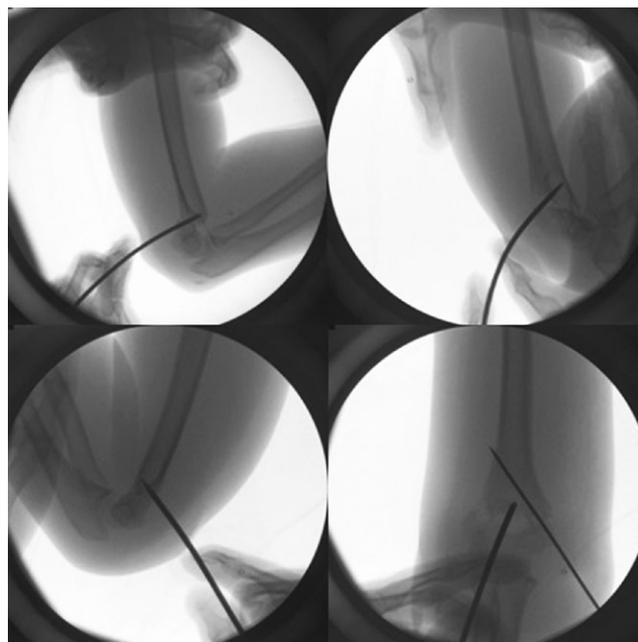


Рис. 1. Метод репозиции (по типу джойстика) с использованием спицы Киршнера 2,4 мм

ем дисперсионного анализа. Для выявления связи между травмой, временем операции и клиническими результатами использовали корреляционный анализ Пирсона. Все статистические анализы были выполнены с помощью программы PASW Statistics 18.0 (IBM Corp., Armonk, NY, US). Значение $p < 0,05$ считали статистически значимым. Данное исследование было рассмотрено и одобрено экспертным советом организации (протокол KBSMC2018-03-002).

Результаты

В 43 случаях переломы произошли на левой руке, в 32 случаях — на правой. Пациенты получили травмы при падении (с кровати или дивана — 43 случая), поскользнувшись (21 случай), во время езды на велосипеде (7 случаев) и прыжков на батуте (4 случая). Двадцать семь переломов случились на детской площадке и 19 — дома.

В 29 случаях дети получили травмы до 16:00, в 45 случаях — после 16:00. Только в одном случае ребенок получил травму в период между полночью и ранним утром (рис. 2). Было зарегистрировано 11 (14,7 %) случаев травмы нерва до операции: 4 случая повреждения лучевого нерва («висячая кисть»), 4 случая повреждения срединного нерва (потеря чувствительности в ладонной поверхности указательного пальца) и 3 случая повреждения переднего межкостного нерва (пациент не мог поднять вверх большой палец). Во всех случаях отмечено восстановление функции нервов к последнему визиту. Повреждения сосудов заре-

Клинические результаты

| Показатели | Группа 1 (n = 18) | Группа 2 (n = 30) | Группа 3 (n = 27) | n |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Длительность операции, мин | 39,4 (±11,1) | 39,3 (±13,5) | 41,1 (±16,2) | 0,868 |
| Объем движений, ° | 129,4 (±1,1) | 128,6 (±1,4) | 129,3 (±1,4) | 0,545 |
| Угол Баумана, ° | 72,4 (±2,2) | 71,9 (±2,0) | 72,4 (±2,0) | 0,606 |
| Время сращения, нед. | 6,6 (±0,9) | 6,5 (±0,8) | 6,7 (±0,9) | 0,340 |

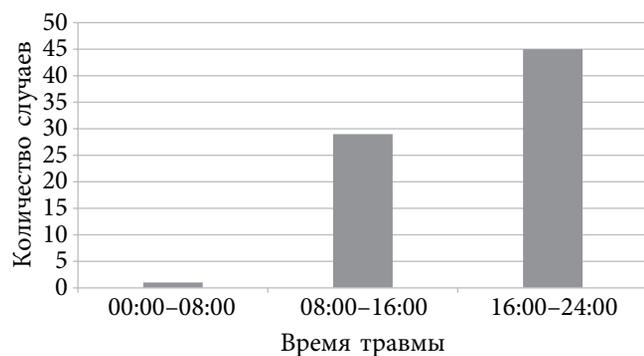


Рис. 2. Распределение времени травмы

гистрировано не было. Средняя длительность операции составила около 40 ± 17 мин. В 58 случаях две спицы были установлены латерально и одна спица — медиально (рис. 3). У всех пациентов наблюдалось первичное сращение переломов без инфекционных осложнений или деформаций.

Все пациенты были прооперированы в течение 24 ч после травмы: в 18 случаях — в течение 6 ч по-

сле травмы (1-я группа), в 30 случаях — в период от 6 до 12 ч (2-я группа) и в 27 случаях — в период от 12 до 24 ч (3-я группа). В 1, 2 и 3-й группах средняя продолжительность операции составила $39,4 \pm 11$; $39,3 \pm 13$ и $41,1 \pm 16$ мин соответственно. Несмотря на то что задержка операции после получения травмы влекла за собой увеличение продолжительности операции, разница в длительности операции во всех трех группах была статистически незначимой ($p > 0,05$) (табл. 1). Корреляционный анализ Пирсона показал, что длительность операции не была связана со временем, прошедшим с момента получения травмы до операции ($p = 0,997$). Средний угол Баумана составил $72,4 \pm 2,2$; $71,9 \pm 2,0$; $72,4 \pm 2,0^\circ$ в 1, 2 и 3-й группах соответственно. Статистически значимых различий выявлено не было ($p > 0,05$). Среднее время рентгенологического сращения кости составило 6,6 недели в 1-й группе, 6,5 недели — во 2-й группе и 6,74 недели — в 3-й группе. Различия между группами были статистически незначимыми.

Обсуждение

Надмыщелковые переломы плечевой кости у детей являются наиболее частыми переломами данной локализации. На их долю приходится около 50–70 % всех переломов локтевого сустава у детей. Среди всех переломов у детей до 7 лет данные травмы составляют 30 % [1, 2, 11–13]. Для таких переломов наиболее часто используют классификацию Гартланда, согласно которой переломы делят на три типа в зависимости от степени кортикальных разрушений и степени смещения в сагиттальной плоскости. Эта классификация была объединена с другой классификацией — классификацией Уилкинса, которая основана на направлении транслокации [14]. Mubarak и Davids подразделили перелом I типа на Ia (без вывиха) и Ib (с вклиниванием медиальной кортикальной пластинки и переразгибанием). Недавно Leitch описал IV тип [15] с разнонаправленной нестабильностью, который, однако, еще не утвержден.

Способ лечения зависит от типа перелома. При надмыщелковых переломах плечевой кости Гартланда I типа накладывают гипсовую повязку или



Рис. 3. Послеоперационные рентгенограммы, показывающие надмыщелковый перелом, зафиксированный с помощью спиц Киршнера

прибегают к вытяжению. При переломах со смещением Гартланда II или III типа обычно применяют закрытую репозицию и фиксацию спицами.

Известно, что при закрытой репозиции прогноз восстановления лучше, чем при открытой [16–18]. Иногда используют штифты или аппараты наружной фиксации, однако наиболее часто выполняют чрескожную фиксацию спицами Киршнера [19, 20]. В случае неудачной закрытой репозиции или неудовлетворительного состояния после репозиции можно провести репозицию с помощью S-образной спицы или кровеостанавливающего зажима типа «москит» через разрез 3–5 мм. Suh et al. [21] сообщают о хороших результатах репозиции, которую хирург осуществляет большим пальцем через минимальный разрез на передней стороне. Parmaksizolgu et al. удалось достичь репозиции с помощью проведения спицы Киршнера и манипуляции ею по типу джойстика [22]. В этом исследовании только в одном случае возникли сложности при проведении закрытой репозиции: потребовалась чрескожная репозиция с помощью 2,4 мм спицы Киршнера. Прогноз восстановления был хорошим во всех группах.

Исследователи все еще не обладают достаточной информацией об осложнениях [23–31] и не знают, насколько безопасны те или иные методы фиксации. Ведутся споры и по поводу количества спиц [32–34]. Спица большого диаметра может повредить локтевой нерв и стать причиной инфекции в зоне ее прохождения. Тем не менее Srikumaran et al. сообщают об отсутствии взаимосвязи между диаметром спицы и осложнениями [35]. В большинстве случаев используют спицы Киршнера диаметром 1,4 или 1,6 мм. В дополнение к латерально расположенным спицам мы устанавливали спицы медиально для лучшей фиксации. Применение одновременно латеральной и медиальной фиксации спицами позволяет достичь лучшей ротационной стабильности, чем в случае с применением одной лишь медиальной фиксации. Однако как медиально, так и латерально установленные спицы могут вызвать ятрогенное повреждение локтевого нерва, поэтому при проведении спицы медиально следует соблюдать осторожность [36, 37]. В данном исследовании всем пациентам были выполнены закрытая репозиция и чрескожная фиксация с помощью спиц под общим наркозом. В большинстве случаев были установлены две спицы латерально и одна спица медиально (спицы Киршнера 1,4 или 1,6 мм).

Согласно одному исследованию недостаточная квалификация хирурга может приводить к осложнению примерно в 17 % случаев [38]. Эти осложнения могут включать повреждение сосудов

и нервов, инфекцию, ишемическую контрактуру Фолькмана, варусную деформацию, контрактуру сустава и оссифицирующий миозит. Используя разнообразные методы лечения, исследователи пытались свести к минимуму риск осложнений [5], среди которых наиболее распространенным является варусная деформация. Она возникает не вследствие нарушения роста после травмы, а из-за неправильной репозиции или ее потери [39–42]. Большинство варусных деформаций образуются в результате наклона мышечков, медиальной ротационной и разгибательной деформации. Такие деформации необратимы. Хотя в большинстве случаев они приводят только к внешней деформации конечности, может также наблюдаться мышечная слабость или произойти перелом латерального мышечка. Если разгибательная деформация не будет скорректирована, это может стать причиной ограничения сгибания и переразгибания. Для того чтобы свести к минимуму риск возникновения варусной деформации после операции, необходимо сохранять фиксацию после прочной и правильной репозиции до сращения кости. В этом исследовании средние углы Баумана, измеренные в последнем годовом периоде наблюдения, составили $72,4 \pm 2,2^\circ$ в 1-й группе, $71,8 \pm 2,0^\circ$ во 2-й и $72,4 \pm 2,0^\circ$ в 3-й группе. Во всех трех группах размеры углов были удовлетворительными, без варусной деформации, при которой может потребоваться корригирующая остеотомия. Объем движений в локтевом суставе, измеренный во время последнего визита через год, был в пределах нормы (для 1-й группы — $129,4 \pm 1,1^\circ$; для 2-й группы — $128,6 \pm 1,4^\circ$; для 3-й группы — $129,3 \pm 1,4^\circ$). Значимых ($p > 0,05$) различий в объеме движений в локтевом суставе в группах выявлено не было.

В ходе метаанализа лечения надмышечковых переломов у детей, проведенного Babal et al. [36], было показано, что при экстензионном типе неврологические повреждения отмечаются примерно в 12,7 % случаев, в то время как при флексионном типе перелома — примерно в 16,6 % случаев. При экстензионном типе наиболее часто встречаются повреждения переднего межкостного нерва, при флексионном типе — повреждения локтевого нерва. В этом исследовании повреждение нервов было выявлено в 11 случаях. Все были вылечены без осложнений.

Согласно недавним исследованиям при закрытом переломе Гартланда III типа без нервно-сосудистых повреждений пациент имеет хороший прогноз, если операция проводилась в плановом, а не в экстренном порядке [43]. Carmichel et al. [43] отметили, что в большинстве случаев подобных переломов пациенты не нуждаются в экстренной

операции. Некоторые ретроспективные исследования показали, что клинический результат при срочной операции и операции по истечении 12 ч с момента травмы был одинаков [8, 9]. Однако Ramachandran et al. [44] сообщили, что частота возникновения компартмент-синдрома в случаях, когда операция при травматических повреждениях осуществлялась спустя 22 ч после травмы, была значительно выше по сравнению с теми случаями, когда с момента травмы прошло менее 22 ч. Согласно исследованию пациенты с изолированными переломами Гартланда III типа, оперированные через 12 ч после травмы, имели плохой прогноз [45]. По данным Walmsley и et al. [46], при оказании медицинской помощи через 8 ч после травмы вероятность благоприятного исхода открытой репозиции повышалась. В исследовании Yildirim et al. [47] в 190 случаях проведения операции по поводу надмыщелковых переломов Гартланда III типа через 32 ч после травмы пациенты намного чаще нуждались в открытой репозиции и операция занимала больше времени, чем в тех случаях, когда медицинская помощь была оказана в течение 32 ч после травмы. В случае задержки операции по поводу травмы длительность операции увеличивалась [47]. Другими словами, чем раньше была выполнена операция, тем меньше времени она занимала и тем быстрее проходило восстановление. В результате этого исследования было установлено, что, хотя существует тенденция к увеличению продолжительности операции при задержке с ее выполнением после травмы, статистически значимое различие в продолжительности операции, если операция проводилась в течение 24 ч после травмы, отсутствует.

Одно из ограничений этого исследования заключалось в том, что во всех случаях лечение было оказано в течение 24 ч после травмы и состояло в закрытой репозиции и фиксации отломков с помощью спиц, поэтому мы не анализировали осложнения после операций, выполненных через 24 ч после травмы. Другим ограничением было то, что наше исследование было ретроспективным и проводилось на относительно небольшом количестве пациентов, вследствие чего для подтверждения представленных результатов потребуются дополнительные крупномасштабные проспективные исследования.

Тем не менее важно, что была выявлена взаимосвязь между сроками операции после травмы и ее клиническими результатами. При этом в случае проведения лечения в течение 24 ч после травмы отсутствует статистически значимая разница между временем осуществления и продолжительностью операции по поводу полученной

травмы. Так как в большинстве случаев пациенты получают травмы во второй половине дня, операции чаще всего выполняют ночью или ранним утром из-за необходимости проводить операции на голодный желудок. При отсутствии нервно-сосудистых осложнений, требующих немедленного лечения и срочного хирургического вмешательства, операции можно осуществлять в течение 24 ч после травмы, то есть в дневное время, а не поздно ночью или рано утром.

Заключение

В случае выполнения операции по поводу надмыщелковых переломов плечевой кости Гартланда III типа без нервно-сосудистых повреждений в течение 24 ч после травмы не обнаружено взаимосвязи между временем проведения операции и ее клиническим исходом. С учетом полученных результатов мы настоятельно рекомендуем проводить операции в дневное время в течение 24 ч после травмы со всеми необходимыми обследованиями, включая оценку кровообращения, анализ возможных травм нервов и наличие отеков.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Отсутствует.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Этическая экспертиза. Родители всех пациентов добровольно подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию медицинских данных детей. Протокол экспертного совета организации — KBSMC2018-03-002.

Вклад авторов

Х.-Ч. Шон — проведение операций, формулировка цели, составление плана и выводы.

Дж.Х. Пак, Дж.В. Ким, Х.-К. Шин, Е. Ким и С.-Дж. Пак — обзор литературы, сбор и анализ данных, написание текста.

Ч.К. Пак, С. Сонг — анализ данных, консультация по структуре статьи и литературный обзор.

Литература

1. Scherl SA, Schmidt AH. Pediatric trauma: getting through the night. *Instr Course Lect.* 2010;59:455-463.
2. Cheng JC, Shen WY. Limb fracture pattern in different pediatric age groups: a study of 3,350 children. *J Orthop Trauma.* 1993;7(1):15-22.
3. John AH. Tachdjian's pediatric orthopaedics. 4th ed. Philadelphia: Saunders; 2008.
4. Gartland JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet.* 1959;109(2):145-154.

5. Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(5):1121-1132. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01354>.
6. Henderson ER, Egol KA, van Bosse HJ, et al. Calculation of rotational deformity in pediatric supracondylar humerus fractures. *Skeletal Radiol.* 2007;36(3):229-235. <https://doi.org/10.1007/s00256-006-0211-4>.
7. Cheng JC, Lam TP, Shen WY. Closed reduction and percutaneous pinning for type III displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *J Orthop Trauma.* 1995;9(6):511-515.
8. Gupta N, Kay RM, Leitch K, et al. Effect of surgical delay on perioperative complications and need for open reduction in supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2004;245-248. <https://doi.org/10.1097/00004694-200405000-00001>.
9. Leet AI, Frisancho J, Ebramzadeh E. Delayed treatment of type 3 supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2002;22(2):203-207. <https://doi.org/10.1097/00004694-200203000-00014>.
10. Williamson DM, Coates CJ, Miller RK, Cole WG. Normal characteristics of the Baumann (humerocapitellar) angle: an aid in assessment of supracondylar fractures. *J Pediatr Orthop.* 1992;12(5):636-639.
11. de las Heras J, Duran D, de la Cerda J, et al. Supracondylar fractures of the humerus in children. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;(432):57-64. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000155373.03565.78>.
12. Farnsworth CL, Silva PD, Mubarak SJ. Etiology of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(1):38-42. <https://doi.org/10.1097/00004694-199801000-00008>.
13. Hanlon CR, Estes WL. Fractures in childhood — A statistical analysis. *Am J Surg.* 1954;87(3):312-323. [https://doi.org/10.1016/s0002-9610\(54\)90128-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9610(54)90128-2).
14. Wilkins KE. Fractures and dislocations of the elbow region. In: *Fractures in Children.* Ed. by C.A. Rockwood, K.E. Wilkins, R.E. King. Philadelphia: JP Lippincott; 1984. P. 363-575.
15. Leitch KK, Kay RM, Femino JD, et al. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children. A modified Gartland type-IV fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(5):980-985. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02956>.
16. Aktekin CN, Toprak A, Ozturk AM, et al. Open reduction via posterior triceps sparing approach in comparison with closed treatment of posteromedial displaced Gartland type III supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop B.* 2008;17(4):171-178. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e3283046530>.
17. Kazimoglu C, Cetin M, Sener M, et al. Operative management of type III extension supracondylar fractures in children. *Int Orthop.* 2009;33(4):1089-1094. <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0605-0>.
18. Turhan E, Aksoy C, Ege A, et al. Sagittal plane analysis of the open and closed methods in children with displaced supracondylar fractures of the humerus (a radiological study). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(7):739-744. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0523-4>.
19. Lacher M, Schaeffer K, Boehm R, Dietz HG. The treatment of supracondylar humeral fractures with elastic stable intramedullary nailing (ESIN) in children. *J Pediatr Orthop.* 2011;31(1):33-38. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181ff64c0>.
20. Slongo T, Schmid T, Wilkins K, Joeris A. Lateral external fixation – a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(8):1690-1697. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.00528>.
21. Suh SW, Oh CW, Shingade VU, et al. Minimally invasive surgical techniques for irreducible supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop.* 2005;76(6):862-866. <https://doi.org/10.1080/17453670510045507>.
22. Parmaksizoglu AS, Ozkaya U, Bilgili F, et al. Closed reduction of the pediatric supracondylar humerus fractures: the “joystick” method. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009;129(9):1225-1231. <https://doi.org/10.1007/s00402-008-0790-8>.
23. France J, Strong M. Deformity and function in supracondylar fractures of the humerus in children variously treated by closed reduction and splinting, traction, and percutaneous pinning. *J Pediatr Orthop.* 1992;12(4):494-498.
24. Topping RE, Blanco JS, Davis TJ. Clinical evaluation of crossed-pin versus lateral-pin fixation in displaced supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop.* 1995;15(4):435-439.
25. Skaggs DL, Hale JM, Bassett J, et al. Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(5):735-740.
26. Skaggs DL, Cluck MW, Mostofi A, et al. Lateral-entry pin fixation in the management of supracondylar fractures in children. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(4):702-707.
27. Zions LE, McKellop HA, Hathaway R. Torsional strength of pin configurations used to fix supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1994;76(2):253-256. <https://doi.org/10.2106/00004623-199402000-00013>.
28. Onwuanyi ON, Nwobi DG. Evaluation of the stability of pin configuration in K-wire fixation of displaced supracondylar fractures in children. *Int Surg.* 1998;83(3):271-274.
29. Davis RT, Gorczyca JT, Pugh K. Supracondylar humerus fractures in children. Comparison of operative treatment methods. *Clin Orthop Relat Res.* 2000(376):49-55.
30. Lee SS, Mahar AT, Miesen D, et al. Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. *J Pediatr Orthop.* 2002;22(4):440-443. <https://doi.org/10.1097/00004694-200207000-00005>.
31. Green DW, Widmann RF, Frank JS, Gardner MJ. Low incidence of ulnar nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique. *J Orthop Trauma.* 2005;19(3):158-163. <https://doi.org/10.1097/00005131-200503000-00002>.
32. Gordon JE, Patton CM, Luhmann SJ, et al. Fracture stability after pinning of displaced supracondylar distal humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(3):313-318. <https://doi.org/10.1097/00004694-200105000-00010>.
33. Zenios M, Ramachandran M, Milne B, et al. Intraoperative stability testing of lateral-entry pin fixation of pediatric supracondylar humeral fractures. *J Pediatr Orthop.* 2007;27(6):695-702. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318142566f>.
34. Sankar WN, Hebel NM, Skaggs DL, Flynn JM. Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: causes and prevention. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):713-717. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00076>.

35. Srikumaran U, Tan EW, Erkula G, et al. Pin size influences sagittal alignment in percutaneously pinned pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):792-798. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181f6d3af>.
36. Babal JC, Mehlman CT, Klein G. Nerve injuries associated with pediatric supracondylar humeral fractures: a meta-analysis. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(3):253-263. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181d213a6>.
37. Slobogean BL, Jackman H, Tennant S, et al. Iatrogenic ulnar nerve injury after the surgical treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus: number needed to harm, a systematic review. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(5):430-436. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181e00c0d>.
38. Padman M, Warwick AM, Fernandes JA, et al. Closed reduction and stabilization of supracondylar fractures of the humerus in children: the crucial factor of surgical experience. *J Pediatr Orthop B*. 2010;19(4):298-303. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328333ab18>.
39. McKee M. Progressive cubitus varus due to a bony physeal bar in a four year old girl following supracondylar fracture: A case report. *J Orthop Trauma*. 2006;20(5):372. <https://doi.org/10.1097/00005131-200605000-00014>.
40. Theruvil B, Kapoor V, Fairhurst J, Taylor GR. Progressive cubitus varus due to a bony physeal bar in a 4-year-old girl following a supracondylar fracture. *J Orthop Trauma*. 2005;19(9):669-672. <https://doi.org/10.1097/01.bot.0000153447.83199.d2>.
41. Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL. Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years' experience with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56(2):263-272.
42. Smith L. Deformity following supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. 1965;47(8):1668.
43. Carmichael KD, Joyner K. Quality of reduction versus timing of surgical intervention for pediatric supracondylar humerus fractures. *Orthopedics*. 2006;29(7):628-632. <https://doi.org/10.3928/01477447-20060701-13>.
44. Ramachandran M, Skaggs DL, Crawford HA, et al. Delaying treatment of supracondylar fractures in children: has the pendulum swung too far? *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90(9):1228-1233. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B9.20728>.
45. Loizou CL, Simillis C, Hutchinson JR. A systematic review of early versus delayed treatment for type III supracondylar humeral fractures in children. *Injury*. 2009;40(3):245-248. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.07.031>.
46. Walmsley PJ, Kelly MB, Robb JE, et al. Delay increases the need for open reduction of type-III supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(4):528-530. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B4.17491>.
47. Yildirim AO, Unal VS, Oken OF, et al. Timing of surgical treatment for type III supracondylar humerus fractures in pediatric patients. *J Child Orthop*. 2009;3(4):265-269. <https://doi.org/10.1007/s11832-009-0189-2>.

Сведения об авторах

Хён-Чул Шон — профессор, кафедра ортопедической хирургии, Медицинский колледж, Национальный университет Чунгбук, Чхонджу, Корея. E-mail: hyunchuls@chungbuk.ac.kr.

Джи Ван Ким — профессор, кафедра ортопедической хирургии, больница Хеундэ Бек, Университет Инчже, Медицинский колледж, Пусан, Корея. E-mail: bakpaker@hanmail.net.

Хун-Кью Шин — профессор, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. E-mail: coolhkshin@naver.com.

Евгений Ким — профессор, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. E-mail: eugeneos@naver.com.

Се-Чин Пак — профессор, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. E-mail: qortn97@naver.com.

Чон Куен Пак — врач, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. E-mail: kingkingpjk@naver.com.

Сынчхул Сонг — врач, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. <https://orcid.org/0000-0002-1841-6683>. E-mail: s3g1s3g1@gmail.com.

Джай Хён Пак — профессор, кафедра ортопедической хирургии, госпиталь Кангбук Самсунг, Университет Сунгкьюнкван, Сеул, Корея. <https://orcid.org/0000-0001-9735-4291>. E-mail: wonnypia@hanmail.net. **Автор, ответственный за переписку.**

Hyun-Chul Shon — MD, PhD, Professor, Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea. E-mail: hyunchuls@chungbuk.ac.kr.

Ji Wan Kim — MD, PhD, Professor, Department of Orthopaedic Surgery, Haeundae Paik Hospital, Inje University, College of Medicine, Busan, Republic of Korea. E-mail: bakpaker@hanmail.net.

Hun-Kyu Shin — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: coolhkshin@naver.com.

Eugene Kim — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: eugeneos@naver.com.

Se-Jin Park — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: qortn97@naver.com.

Jong Kuen Park — MD, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: kingkingpjk@naver.com.

Seungcheol Song — MD, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. <https://orcid.org/0000-0002-1841-6683>. E-mail: s3g1s3g1@gmail.com.

Jai Hyung Park — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. <https://orcid.org/0000-0001-9735-4291>. E-mail: wonnypia@hanmail.net. **Author for correspondence.**