

МОДИФИЦИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ОСТЕОСИНТЕЗА ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫМИ ЭЛАСТИЧНЫМИ СТЕРЖНЯМИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДЕТЕЙ С ВНЕСУСТАВНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

Шабанов Д.И.¹, Коробейников А.А.²

¹Курганская областная детская клиническая больница имени Красного Креста,
Курган, e-mail: mitya.schabanov@yandex.ru;

²Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика
Г.А. Илизарова, Курган

Переломы проксимального отдела плечевой кости у детей требуют репозиции и надежной фиксации. Одним из наиболее распространенных методов хирургического лечения стал ретроградный остеосинтез эластичными стержнями. Целью данной работы стало описание и оценка результатов лечения детей модифицированной одностержневой методикой интрамедуллярного остеосинтеза. Проведено проспективное одноцентровое исследование. Хирургическая техника аналогична классической методике, но используется только один стержень, кроме того, применен новый способ обработки конца стержня. В качестве критериев применимости методики оценивались средняя длительность операции и наличие послеоперационных осложнений. Рентгенологический контроль проводился до операции и ежемесячно на амбулаторном этапе. Клинические результаты оценивались по данным об объеме движений в плечевом суставе и по шкале Quick Disabilities of Arm, Shoulder & Hand (QuickDASH). В исследование были включены 39 пациентов со средним возрастом $11,28 \pm 2,78$ года. Срок наблюдения 12 месяцев. Средняя продолжительность операции составила 31 минуту. Во всех случаях репозиция отломков выполнена закрытым путем. Методика с одним интрамедуллярным стержнем обеспечила удовлетворительную репозицию всех переломов. Ни у одного пациента не возникло ранних послеоперационных осложнений. Все переломы консолидировались в обычные сроки, функциональных нарушений выявлено не было. По шкале Quick Disabilities of Arm, Shoulder & Hand получены отличные результаты, объем движений в плечевом суставе был нормальным.

Ключевые слова: дети, эластичный стабильный интрамедуллярный остеосинтез, переломы плечевой кости, титановые эластичные стержни, лечение.

MODIFIED TECHNIQUE OF INTRAMEDULLARY ELASTIC NAILING FOR TREATMENT OF EXTRA-ARTICULAR PROXIMAL HUMERAL FRACTURES IN CHILDREN

Shabanov D.I.¹, Korobeynikov A.A.²

¹Red Cross children`s hospital, Kurgan, e-mail: mitya.schabanov@yandex.ru;

²National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Ortopaedics, Kurgan

Fractures of the proximal humerus in children require reduction and stable fixation. One of the most common surgical treatment methods has become retrograde osteosynthesis with elastic stable intramedullary nails. The aim of this study was to describe and evaluate the outcomes of treating children using a modified single-rod intramedullary osteosynthesis technique. A prospective single-center study was conducted. The surgical technique is analogous to the classical method but utilizes only one rod; additionally, a new method for rod end preparation was applied. Criteria for the applicability of the technique included the mean duration of surgery and the presence of postoperative complications. Radiographic follow-up was performed preoperatively and monthly during the outpatient phase. Clinical outcomes were assessed based on the range of motion in the shoulder joint and the Quick Disabilities of Arm, Shoulder & Hand score. The study included 39 patients with a mean age of 11.28 ± 2.78 years. The follow-up period was 12 months. The mean operative time was 31 minutes. In all cases, fracture reduction was achieved closed. The single intramedullary rod technique provided satisfactory reduction for all fractures. None of the patients experienced early postoperative complications. All fractures healed within the expected time frame, with no functional impairments identified. Excellent results were obtained on the Quick Disabilities of Arm, Shoulder & Hand scale, and the shoulder joint ROM was normal.

Keywords: children, elastic stable intramedullary nailing, humeral fractures, titanium elastic nails, treatment.

Введение

Проблема лечения детей с переломами проксимального отдела плечевой кости обусловлена не только частотой данной локализации повреждений - на нее приходится около 14% всех травм верхней конечности и до 2% всех переломов скелета [1, с. 142-145; 2], но и длительным восстановлением функции руки после лечения, особенно у подростков [3].

Пациенты предъявляют всё более высокие требования к качеству жизни и функциональному результату лечения, что делает особенно важным внедрение современных малоинвазивных хирургических технологий при лечении переломов проксимального отдела плечевой кости у детей. Применение таких методов способствует ранней реабилитации и максимально возможному восстановлению функции верхней конечности [4; 5].

Методы транскутанного остеосинтеза спицами и остеосинтез интрамедуллярными эластичными стержнями (Flexible Intramedullary Nailing - FIN) являются наиболее распространенными при лечении закрытых переломов, и оба показывают эффективность [6]. Метод FIN ассоциируется с меньшим количеством осложнений, однако требует более длительного времени операции. Кроме того, у пациентов, которым выполнен стержневой остеосинтез, будет больше кровопотеря и потребуются дополнительная хирургическая сессия для удаления металлоконструкции после достижения консолидации.

Целью исследования было описание модифицированной методики интрамедуллярного остеосинтеза с использованием одного эластичного стержня и оценка результатов лечения у детей.

Материалы и методы исследования

Исследование представляет собой ретроспективное одноцентровое наблюдение, проведенное в травматологическом центре первого уровня на базе Курганской ОДКБ им. Красного Креста. Критерии исключения: пациенты с тяжёлыми повреждениями головного мозга, ангионеврологическими осложнениями переломов, патологическими переломами плечевой кости, а также лица, отказавшиеся от участия в исследовании или при наличии отказа со стороны их законных представителей.

Критерии включения: пациенты, получившие хирургическое лечение моностержневой методикой интрамедуллярного эластичного остеосинтеза. В исследование было включено 39 пациентов, которым в период с сентября 2020 года по декабрь 2023 года проведено оперативное лечение. У всех пациентов собирались данные о возрасте, стороне поражения, механизме травмы, типе перелома согласно классификации PCCF (Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures) [7], сопутствующих повреждениях, неврологическом и сосудистом статусе, возможных осложнениях перелома, длительности пребывания в стационаре, сроке возвращения к

образовательному процессу, времени до удаления металлоконструкции.

Интенсивность боли оценивалась с использованием визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) [8] и определялась по необходимости применения анальгетиков. Положение отломков и фиксирующих конструкций, а также динамика консолидации оценивались по рентгенограммам в двух проекциях - передней и боковой.

Средний возраст пациентов составил $11,28 \pm 2,78$ года, минимальный возраст - 7 лет, максимальный - 15 лет. Среди участников преобладали мальчики ($n=23$). Правая верхняя конечность была поражена в 28 случаях. Наиболее частым механизмом травмы стало бытовое падение с высоты собственного роста.

Все переломы были закрытыми. По классификации АО/ОТА RSCF [7] выделены следующие типы: 11E/1.1 – 9 случаев, 11E/1.2 – 12 случаев, 11M/3.1 – 18 случаев.

Показания к оперативному лечению были следующими: сочетанная травма ($n=3$), вторичное смещение отломков после попытки консервативного лечения ($n=5$). У 31 пациента показания к операции имели относительный характер и были обусловлены желанием родителей избежать длительной гипсовой иммобилизации.

В рамках амбулаторного наблюдения дети наблюдались не реже одного раза в месяц. На каждом приеме проводился клинический контроль процесса сращения: оценивали наличие болезненности при осевой нагрузке, патологической подвижности, а также восстановление функции конечности. Функциональная оценка включала анализ объема активных и пассивных движений в суставах верхней конечности, с акцентом на движения отведения и ротации в плечевом суставе.

Для объективной оценки восстановления функции верхней конечности и степени удовлетворённости результатами лечения использовался опросник QuickDASH [9] - сокращенная версия оригинальной шкалы DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). Эта анкета валидирована для использования у детей в возрасте от 8 до 18 лет.

Рентгенологический контроль включал оценку таких параметров, как отсутствие межотломковой щели, формирование плотной костной мозоли, пересекающей линию перелома, и восстановление целостности кортикального слоя кости.

Диаметр стержня подбирали из расчета не менее 40% и не более 50% диаметра костномозгового канала плечевой кости в наиболее узкой части. Стержень предварительно изгибали С-образно таким образом, чтобы высота изгиба приходилась на середину кости. Уплотненный конец стержня срезался по диагонали на 2-3 миллиметра в наиболее усеченной части посредством кусачек так, чтобы срез проходил под углом $10-20^\circ$ к оси стержня. Сохранение изгиба конца стержня не допускает его заклинивания в костных трабекулах, облегчается проведение стержня по костномозговому каналу за счет скольжения внешнего

радиуса изгиба стержня по внутренней кортикальной пластинке. Заострение конца стержня позволяет облегчить проведение в проксимальный отломок. Такой угол атаки с учетом изгиба стержня позволяет сохранить возможность импактировать стержень вплоть до субхондрального слоя кости без разобщения отломков и формирования диастаза между отломками. Это обеспечивает максимальную стабильность и снижает риск миграции имплантата. Стабильность остеосинтеза подтверждали с помощью рентгеноскопии при ротации плечевой кости.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Statistica 12.0 (StatSoft Inc.) на персональном компьютере. Результаты количественных показателей представлены в виде среднего арифметического (М) с указанием стандартной ошибки среднего ($\pm m$). Для сравнения значений функции конечности в ходе лечения использовали t-критерий для зависимых выборок.

Результаты исследования и их обсуждение

Средний срок между моментом травмы и проведением оперативного лечения составил $31,4 \pm 6,1$ часа. Исключение составили 2 случая, когда остеосинтез был выполнен с отсрочкой, на 8-е сутки после травмы. Это связано с развитием вторичного смещения отломков на фоне консервативной терапии.

Все операции выполнялись с использованием метода ретроградного интрамедуллярного остеосинтеза эластичным стержнем. В качестве фиксаторов применяли титановые стержни 2,0 мм в 4 случаях, 2,5 мм в 9 случаях, 3,0 мм в 21 случае, 3,5 мм в 5 случаях. Во всех случаях репозиция отломков осуществлена закрытым способом. Время хирургической сессии составило $31,0 \pm 9,4$ минуты.

После операции всем пациентам рекомендовали ношение косыночной повязки до купирования болевого синдрома. Длительность болевого синдрома варьировала от 2 до 7 дней. В период иммобилизации проводились занятия пассивной лечебной физкультурой, после снятия повязки переходили к активным упражнениям. Пациенты возобновили посещение образовательных учреждений в сроки от 6 до 14 дней после выписки.

На каждом этапе амбулаторного наблюдения выполнялись контрольные рентгенограммы плечевой кости в двух проекциях. Клиническая консолидация - исчезновение патологической подвижности, боли при пальпации и осевой нагрузке - наблюдалась через 1–2 месяца во всех случаях. Критериями для удаления металлоконструкции являлись: отсутствие линии перелома, восстановление непрерывности кортикальных слоёв кости, полный объём движений в смежных суставах и отсутствие болевого синдрома. Средний срок удаления фиксирующих элементов составил $5,8 \pm 1,2$ месяца.

Функциональные результаты оценивали через 12 месяцев после операции по шкале

J.M. Flynn [6]. Отличные исходы зафиксированы у 37 пациентов (95%). У 2 детей выявлены угловые деформации в диапазоне 5–10°, что расценено как удовлетворительный результат. Категории «неудовлетворительный исход» не наблюдалось.

В связи с валидацией опросника QuickDASH для детей в возрасте от 8 лет, при прохождении опроса исключен 1 ребенок в возрасте 7 лет [9]. Через семь дней после операции получен результат $20,16 \pm 1,98$ балла. После удаления стержня $0,81 \pm 0,28$ балла. Полученные значения после удаления стержней свидетельствуют о минимальных функциональных ограничениях, что соответствует отличным результатам лечения по шкале QuickDASH (табл.).

Результаты опроса ограничения верхней конечности QuickDASH

Срок после операции	7 дней	30 дней	После удаления	р-критерий
Баллы	$20,16 \pm 1,98$	$5,56 \pm 1,98$	$0,81 \pm 0,28$	$p < 0,001$

Парный t-критерий показал значимое снижение баллов QuickDASH после удаления металлоконструкции по сравнению с ранним послеоперационным периодом.

Осложнения в виде раздражения кожного покрова в области введения стержней с развитием бурсита зарегистрированы у 5 пациентов. Эти состояния не потребовали досрочного удаления металлоконструкции и успешно разрешились после планового извлечения фиксатора.

Клинический пример

Пациент Г., мальчик 12 лет, был госпитализирован в стационар ГБУ «ОДКБ им. Красного Креста» с диагнозом: закрытый перелом проксимального метафиза левой плечевой кости со смещением, тип 11-М3.1. Травма получена вследствие насильственной ротации конечности во время занятий борьбой. Первая медицинская помощь оказана в ЦРБ по месту жительства: проведен осмотр хирургом, наложена иммобилизующая гипсовая повязка, выполнена компьютерная томография (рис. 1).



Рис. 1. Компьютерная томография пациента Г. при поступлении. Метафизарный перелом с полным разобщением отломков

Источник: изображение получено в ходе проведения исследования.

Операция выполнена на 5-е сутки под ингаляционным наркозом. После достижения анатомически точного положения отломков выполнен закрытый интрамедуллярный остеосинтез плечевой кости гибким титановым стержнем. Общая продолжительность операции составила 35 минут. В раннем послеоперационном периоде осложнений не отмечено. Рентгенологический контроль на 2-е сутки после операции подтвердил корректное положение отломков и установленного имплантата (рис. 2).

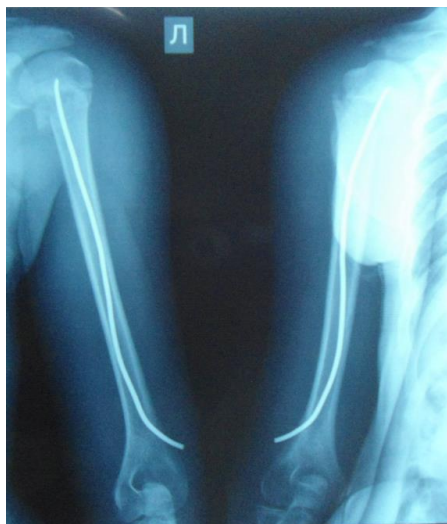


Рис. 2. Рентгенограммы пациента Г. на 2-е сутки после остеосинтеза. Выполнен ретроградный моностержневой остеосинтез

Источник: изображение получено в ходе проведения исследования.

Болевой синдром купирован к 5-му дню после операции. Пациент вернулся к самостоятельному обслуживанию на 9-е сутки после остеосинтеза. Общий срок госпитализации составил 9 суток. Плановое удаление металлоконструкции выполнено через 5 месяцев после операции (рис. 3).



Рис. 3. Рентгенограммы пациента Г. после удаления стержня. Ремоделирование проксимального отдела плечевой кости

Источник: изображение получено в ходе проведения исследования.

На сегодняшний день значительная часть ортопедов отдает предпочтение консервативному лечению при лечении детей с переломами проксимального отдела плечевой кости. Высокий потенциал ремоделирования этой зоны позволяет допускать значительное остаточное смещение отломков [10]. Однако, несмотря на популярность и эффективность консервативного подхода, у пациентов старшего возраста и при сложных переломах он сопряжен с рисками: вторичное смещение, необходимость длительной иммобилизации и трудности в соблюдении режима ограничений [11]. Растущие требования к качеству жизни, потребность в быстрой реабилитации и стремление избежать иммобилизации способствуют увеличению числа сторонников оперативного лечения [12].

Для стабилизации переломов проксимального отдела плечевой кости у детей применяют накостный остеосинтез, наружные фиксаторы, чрескожный остеосинтез или эластичный интрамедуллярный остеосинтез [13; 14].

Накостный остеосинтез требует широкого обнажения зоны вмешательства, имеется риск повреждения лучевого нерва, нарушения периостального и эндостального кровоснабжения, низкого эстетического результата вследствие обширного рубца [15]. Основными недостатками чрескостного остеосинтеза являются необходимость постоянного квалифицированного врачебного мониторинга на протяжении всего периода фиксации аппаратом, формирование рубцово-спаечного канала по ходу спицы, спицевого остеомиелита [16].

Наиболее популярными методами остаются транскутанный остеосинтез спицами

Киршнера и интрамедуллярный остеосинтез, демонстрирующие сопоставимую эффективность и хорошие клинические результаты. Спицы Киршнера устанавливаются перкутанно, однако требуют послеоперационной иммобилизации, могут вызывать раздражение мягких тканей и имеют риск миграции [17]. При выраженных смещениях предпочтение отдается интрамедуллярному стержневому остеосинтезу благодаря высокой функциональной эффективности, низкой частоте осложнений и возможности ранней нагрузки, хотя этот метод имеет свои ограничения: увеличенное время операции, большую кровопотерю и необходимость удаления фиксирующих элементов [18].

В представленной серии наблюдений у пациентов, прооперированных по расширенным показаниям, достигнуты преимущественно отличные и хорошие результаты, характеризующиеся полным анатомическим и функциональным восстановлением верхней конечности. Восстановление самостоятельности и начало активного использования прооперированной конечности происходило к концу первого месяца после операции, эти результаты согласуются с данными других авторов [19]. Все дети вернулись к обучению в образовательных учреждениях в течение 4 недель. В данном исследовании не было выявлено осложнений, повлиявших на исход заболевания.

Для сокращения операционного времени предложена одностержневая методика интрамедуллярного остеосинтеза. Первые данные о её эффективности представлены Y. Chee и соавторами [20] на выборке из 11 пациентов. E. Samara в исследовании на 19 пациентах отметила стабильную фиксацию и отсутствие серьёзных осложнений при использовании одного ретроградного стержня [21]. Методика рекомендована для подростков старше 11 лет с ограниченным потенциалом ремоделирования. Полученные в ходе этой работы результаты на расширенной группе подтверждают её эффективность.

Отказ от использования второго стержня для предотвращения ротации проксимального сегмента обоснован потенциалом ремоделирования и адаптивными возможностями плечевого сустава, многоплоскостная подвижность которого нивелирует риски биомеханических нарушений [22].

Заключение

Проведённое исследование подтвердило клиническую эффективность хирургического подхода к лечению проксимальных переломов плечевой кости у детей, основанного на применении одного интрамедуллярного эластичного стержня. У всех участников исследования было зафиксировано рентгенологическое сращение перелома, сопровождающееся восстановлением полного объёма движений в плечевом суставе без болевого синдрома после удаления металлоконструкции.

Основные преимущества одностержневой методики остеосинтеза включают

сокращение времени операции, снижение материальных затрат, упрощение этапов установки и извлечения имплантата, а также отсутствие необходимости в длительной иммобилизации. Высокий уровень удовлетворённости результатами лечения зафиксирован как среди пациентов, так и среди их родителей, что подчёркивает целесообразность применения данной методики в клинической практике.

Список литературы

1. Соломянник И.А., Загородний Н.В., Родионова С.С., Дорохин А.И., Коньшина А.В., Горбатюк Д.С., Коршунова А.Н., Самарина М.Н., Муртазин Т.М., Писарева О.Б., Губин А.В., Рябых С.О. Травматизм, ортопедическая заболеваемость, организация травматолого-ортопедической помощи в Российской Федерации в 2020 году / под ред. С. П. Миронова. М.: Минздрав России, ФГБУ «ЦИТО им. Н. Н. Приорова», 2022. 513 с. URL <https://www.cito-priorov.ru/science/ezhegodnyy-statisticheskiy-sbornik-travmatizm-ortopedicheskaya-zabolevaemost-organizatsiya-travmatol/2020/> (дата обращения 21.07.2025).
2. Daag J.S., Marsell R., Wolf O., Hailer Y.D. Epidemiology of proximal and diaphyseal humeral fractures in children: an observational study from the Swedish Fracture Register // BMC Musculoskeletal Disorders. 2022. Vol. 23. № 1. P. 96. DOI: 10.1186/s12891-022-05042-0.
3. Baker C., Larson N., Shaughnessy W., Stans A., Milbrandt T. Rate of Complications and Subsequent Shoulder Complaints for Non-operatively Managed Pediatric Proximal Humerus Fractures // Front. Surg. 2020. Vol. 7. Art. 48. DOI: 10.3389/fsurg.2020.00048.
4. Kelly D.M. Flexible Intramedullary Nailing of Pediatric Humeral Fractures: Indications, Techniques, and Tips // J Pediatr Orthop. 2016. Vol. 36. Suppl. 1. P. S49-S55. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000755.
5. Gomez R.W., McHugh R.C., Shukla D., Greenhill D.A. Flexible Intramedullary Nail Placement in Pediatric Humerus Fractures // JBJS Essent Surg Tech. 2024. Vol. 14. № 4. Art. e23.00071. DOI: 10.2106/JBJS.ST.23.00071.
6. Flynn J.M., Hresko T., Reynolds R.A. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications // Journal of Pediatric Orthopaedics. 2001. Vol. 21. № 1. P. 4–8. DOI: 10.1097/00004694-200101000-00003.
7. AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF) // Journal of Orthopaedic Trauma. 2018. Vol. 32. Suppl. 1. P. S117-S140. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001065.
8. Морозов А.М., Жуков С.В., Беляк М.А., Минакова Ю.Е., Протченко И.Г. О возможности оценивания болевого синдрома при помощи наиболее валидизированных шкал

боли (обзор литературы) // ВНМТ. 2020. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vozhnosti-otsenivaniya-bolevogo-sindroma-pri-pomoschi-naibolee-validizirovannyh-shkal-boli-obzor-literatury> (дата обращения: 21.07.2025).

9. Kämpfä N., Hulkkonen S., Grahñ P., Laaksonen T., Repo J. The construct validity and internal consistency of QuickDASH in pediatric patients with upper extremity fractures // *Acta Orthop*. 2024. Vol. 95. P. 192-199. DOI: 10.2340/17453674.2024.40181.

10. De Cort B.A., Ten Duis K., Govaert G.A. M., IJpma F.F. A. Proximale humerusfracturen bij kinderen [Переломы проксимального отдела плечевой кости у детей] // *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. 2021. Vol. 165. Art. D5420. URL: https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/216679405/d5420_0.pdf (дата обращения: 21.07.2025).

11. Song H.R., Song M.H. Operative Versus Nonoperative Management of Pediatric Proximal Humerus Fractures: A Meta-Analysis and Systematic Review // *Clin Orthop Surg*. 2023. Vol. 15. № 6. P. 1022–1028. DOI: 10.4055/cios23077.

12. Chaus G.W., Carry P.M., Pishkenari A.K., Hadley-Miller N. Operative versus nonoperative treatment of displaced proximal humeral physeal fractures: a matched cohort // *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2015. Vol. 35. № 3. P. 234–239. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000265.

13. Fernandez F.F., Eberhardt O., Langendörfer M., Wirth T. Treatment of severely displaced proximal humeral fractures in children with retrograde elastic stable intramedullary nailing // *Injury*. 2008. Vol. 39. № 12. P. 1453–1459. DOI: 10.1016/j.injury.2008.04.001.

14. Wang Y., Wang Q., Yao W., Zhao J., Zhao X., He M. Kirschner wire versus external fixation in the treatment of proximal humeral fractures in older children and adolescents: a comparative study // *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023. Vol. 24. Art. 899. DOI: 10.1186/s12891-023-07037-x.

15. Pretell-Mazzini J., Zafra-Jimenez J.A., Rodriguez Martin J. Clinical application of locked plating system in children. An orthopaedic view // *Int Orthop*. 2010. Vol. 34. № 7. P.931-938. DOI: 10.1007/s00264-010-0960-5.

16. Тюляев Н.В., Воронцова Т.Н., Соломин Л.Н., Скоморошко П.В. История развития и современное состояние проблемы лечения травм конечностей методом чрескостного остеосинтеза // *Травматология и ортопедия России*. 2011. № 2 (60). С. 179–190. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-i-sovremennoe-sostoyanie-problemy-lecheniya-travm-konechnostey-metodom-chreskostnogo-osteosinteza> (дата обращения: 08.07.2025).

17. Swarup I., Hughes M.S., Bram J.T., Horn B.D., Ganley T.J. Percutaneous Pinning of Pediatric Proximal Humeral Fractures // *JBJS Essential Surgical Techniques*. 2019. Vol. 9. № 4. Art. e33. DOI: 10.2106/JBJS.ST.19.00002.

18. Liu S., Zhang Y., Cao J., Fu S., Peng A. Bone cemented K-wire fixation versus elastic stable

- intramedullary nailing fixation of paediatric proximal humerus fractures: A prospective cohort study // *Medicine (Baltimore)*. 2023. Vol. 102. № 6. P. e32959. DOI: 10.1097/MD.00000000000032959 **(6)**.
19. Pogorelić Z., Kadić S., Milunović K.P. Flexible intramedullary nailing for treatment of proximal humeral and humeral shaft fractures in children: a retrospective series of 118 cases // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2017. Vol. 103. № 5. P. 765–770. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.02.007.
20. Chee Y., Agorastides I., Garg N., Bass A., Bruce C. Treatment of severely displaced proximal humeral fractures in children with elastic stable intramedullary nailing // *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2006. Vol. 15. № 1. P. 45–50. DOI: 10.1097/01202412-200601000-00010.
21. Samara E., Tschopp B., Kwiatkowski B., Vardar E., Lutz N., Zambelli P. Y. A Single Retrograde Intramedullary Nail Technique for Treatment of Displaced Proximal Humeral Fractures in Children: Case Series and Review of the Literature // *JB & JS Open Access*. 2021. Vol. 6. № 1. Art. e20.00119. DOI: 10.2106/JBJS.OA.20.00119.
22. Bourgain M., Hybois S., Thoreux P., Rouillon O., Rouch P., Sauret C. Effect of shoulder model complexity in upper-body kinematics analysis of the golf swing // *Journal of Biomechanics*. 2018. Vol. 75. P. 154–158. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.04.025.