

^{1,2}Макогонов И.В., ^{1,3}Тарасов А.Н.**ПЕРЕЛОМЫ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ У ДЕТЕЙ:
ОБНОВЛЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ О КОНСЕРВАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ**¹ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства
Здравоохранения РФ, 414000, Россия, г. Астрахань, ул. Бакинская, 121;²ГБУЗ АО «Областная детская клиническая больница им. Н.Н. Силищевой», РФ, 414011, Россия,
г. Астрахань, ул. Медиков, 6;³ГБУЗ АО «Городская поликлиника № 3», РФ, 414018, Россия, г. Астрахань,
ул. Адмирала Нахимова, 135

Резюме. Консервативное лечение переломов костей предплечья у детей считается золотым стандартом. В статье проанализированы возможности ремоделирования переломов, сросшихся со смещением, определены возрастные рамки восстановления приемлемой анатомической формы костей предплечья. Отмечено, что наиболее неблагоприятными при консервативном лечении являются переломы дистального отдела лучевой кости. В обзоре рассмотрены возможные осложнения консервативного лечения переломов данной локализации и классифицированы факторы, приводящие к вторичному смещению костных отломков. Определение данных прогностических факторов позволяет выявить пациентов с наибольшим риском повторного смещения и скорректировать тактику лечения.

Ключевые слова: переломы костей предплечья, дети, подростки, консервативное лечение, гипсовая повязка

^{1,2}Makogonov I.V., ^{1,3}Tarasov A.N.**FOREARM BONE FRACTURES IN CHILDREN: UPDATED INFORMATION ON
CONSERVATIVE TREATMENT**¹Astrakhan State Medical University, 121 Bakinskaya St., Astrakhan, Russia, 414000;²Regional Children's Clinical Hospital named after N.N. Silishcheva,
6 Medikov St., Astrakhan, Russia, 414011;³City Polyclinic № 3, 135 Adm. Nakhimova St., Astrakhan, Russia, 414018

Abstract. Conservative treatment of forearm bone fractures in children is considered the gold standard. The article analyses the possibilities of remodeling fractures that have healed with displacement and determines the age limits for restoring an acceptable anatomical shape of the forearm bones. It is noted that fractures of the distal radius are the most unfavorable for conservative treatment. In the review possible complications of conservative treatment of fractures of this localization are considered and factors leading to secondary displacement of bone fragments are classified. Determination of these prognostic factors allows to identify patients with the highest risk of re-displacement and to adjust treatment tactics.

Keywords: forearm bone fractures, children, adolescents, conservative treatment, plaster cast

Консервативное лечение переломов костей предплечья у детей известно с глубокой древности и заключается при необходимости в закрытой репозиции и обязательной фиксации в гипсовой повязке, что считается золотым стандартом в лечении переломов предплечья у детей [1, 2, 3]. Данный метод у детей первых пяти лет жизни является как наиболее безопасным, так и достаточно успешным способом лечения. Это обусловлено большим регенераторным потенциалом и самопроизвольным ремоделированием костей в данном возрасте [4, 5, 6, 7]. С оперативным вмешательством чаще ассоциируется отсутствие приемлемого взаимоотношения костных фрагментов с помощью закрытой репозиции и фиксации в гипсовой повязке.

Цель исследования – анализ современных представлений о консервативном лечении переломов костей предплечья у детей и подростков.

Материал и методы.

Аналізу подлежала информация полных текстов публикаций клинических исследований и обзоров, представленная в открытом доступе за 10 лет. Критерии включения: публикации в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection), «Скопус» (Scopus); PubMed, проведен анализ оригинальных статей в научных журналах, входящих в РИНЦ согласно ключевым словам (переломы костей предплечья, дети, подростки, консервативное лечение, гипсовая повязка). Критерии исключения: публикации из разделов «клинический случай» с единичными наблюдениями.

Результаты.

Обычно переломы, пролеченные с помощью закрытой репозиции и гипсования, заживают без осложнений, с восстановлением нормальной функции конечности [7, 8, 9, 10]. Заживление переломов происходит достаточно быстро, причем в период роста у ребенка присутствует выраженная способность к спонтанной коррекции остаточных осевых деформаций. Тем не менее, полная реконструкция происходит не всегда, особенно это касается детей старше 8–10 летнего возраста.

Существуют разногласия относительно того, какая величина углового сгибания, смещения и вращения составляет приемлемую репозицию. Чем младше ребенок, тем выше его шансы на восстановление анатомической формы кости даже при выраженных деформациях. Пределы допустимых угловых деформаций в настоящее время основываются на немногочисленных ретроспективных исследованиях, отчетах о клинических случаях и экспертных мнениях [11, 12].

Способность к ремоделированию диафизарных переломов у детей хуже и менее предсказуема, чем при метафизарных переломах и повреждениях ростковой зоны. Исследования по ремоделированию переломов имеют большое значение для выбора тактики и метода лечения. Основываясь на данных, представленных в литературе как клинические исследования и секционные заключения, личном опыте и анализе собственных наблюдений, С.Т. Price (2010) представляет целесообразным консервативное лечение у пациентов в возрасте до 8 лет и угловым смещением костных отломков до 15°, если перелом находится в средней или дистальной трети, и до 10°, если перелом находится в проксимальной трети диафиза костей предплечья [13]. S.N. Crawford с соавт. (2012) продемонстрировали, что даже переломы дистального метадиафиза лучевой кости со смещением по длине и ширине у детей до 10 лет включительно имеют потенциал ремоделирования в течение одного года без репозиции [14].

Со временем деформации могут ремоделироваться и приводить к восстановлению правильной анатомической формы и нормальному функциональному результату без переживания психологического стресса от перенесенного хирургического вмешательства, не говоря уже о возможных анестезиологических и операционных рисках, которые не следует недооценивать. В частности, К.Т. Jeroense с соавт. (2015) определили, что скорость ремоделирования тем выше, чем больше угол смещения отломков [11].

В. Barvelink с соавт. (2019) провели перспективное одноцентровое когортное исследование, которое показало, что нерепонированные переломы костей предплечья с угловым смещением у детей имеют потенциал для ремоделирования со временем и показывают хороший рентгенологический и функциональный результат в отношении силы захвата и диапазона движений в течение года после травмы. Что касается функционального результата, дольше всего восстанавливаются пронация и сила захвата, которая находится в тесной корреляции со степенью «выравнивания» перелома [15]. Активная ротация предплечья восстанавливается также в течение первого года после перелома, после чего, независимо от ремоделирования, не стоит ожидать каких-либо значительных изменений. Минимальной суммарной ротацией предплечья для выполнения повседневных действий у детей и подростков считается 110° (50° супинация, 65° пронация), в отличие от взрослых (50–60° супинация и 40–50° пронация) [16].

Консервативное лечение переломов малотравматично, так как сохраняет условия для хорошей

васкуляризации в зоне перелома, обеспечивая нормальное течение репаративного процесса, в то время как повреждение целостности кожных покровов приводит к расстройству регионарного лимфо- и кровообращения. Однако техника закрытой ручной репозиции при повреждении обеих костей предплечья является сложной и поэтому не всегда удается достигнуть желаемой репозиции отломков костей, дистракция при закрытой ручной репозиции не позволяет точно дозировать усилия, необходимые для устранения смещения.

Результат консервативного лечения переломов костей предплечья зависит от многих факторов. Это как обстоятельства травмы, так и состояние здоровья пострадавшего ребенка, как характер перелома, так и опыт врача-специалиста. По данным исследования B.S. Alrashedan с соавт. (2018), успешная закрытая репозиция была достигнута в 90,9% случаев переломов средней трети обеих костей предплечья, 78,3% случаев переломов дистальной трети обеих костей, 60% случаев переломов средней трети лучевой кости и 33,3% случаев переломов дистальной трети диафизарных переломов лучевой кости со статистически значимой разницей ($P = 0,02$) [17]. Данное наблюдение свидетельствует, что именно переломы дистального отдела лучевой кости являются неблагоприятными при исключительно консервативной тактике лечения и заслуживают пристального внимания.

В целом, ортопедические осложнения после закрытой репозиции представлены вторичным смещением костных отломков, ротационной контрактурой, замедленным срастанием переломов или их несрастанием. Кроме того, возможными осложнениями консервативного лечения могут быть остеопороз или потеря костной массы, гипотрофия мышц, ограничения функции за счет тугоподвижности в смежных суставах, которые в большей степени выражены у подростков [17, 18].

Также среди осложнений встречается образование пролежней в связи с неудовлетворительным качеством гипса и нарушением техники наложения гипсовой повязки [19]. Имеются сообщения, что сдавление мягких тканей в гипсовой повязке может составлять до 23% случаев, а жалобы на «туго наложенный гипс» являются наиболее распространенной причиной претензий, связанных с гипсованием, достигая 40% [20]. Тщательное и ответственное наложение гипсовой повязки и внимательное наблюдение за пациентами после гипсования являются обязательными для предотвращения таких катастрофических осложнений, как синдром сдавления и контрактура Фолькмана. Плохая техника наложения гипса является решающим фактором и для повторного смещения костных фрагментов, образованных после перелома.

Повторное смещение костных отломков является наиболее часто регистрируемым осложнением, которое может привести к неправильному сращению перелома, вызывая нарушение вращения предплечья. После репозиции перелома потеря коррекции чаще возникает после повреждения диафиза костей предплечья, по сравнению с другими локализациями переломов костей у детей, с частотой от 6 до 29%, что требует повторной репозиции [17, 21, 22, 23, 24].

L. Kong с соавт. (2020) предположили, что критерии консервативного лечения различаются в каждом исследовании, и, таким образом, популяции этих исследований неоднородны. Включение различных пациентов с различными факторами риска может привести к разнице в показателях повторного смещения [25]. Считается, что наиболее важным благоприятным прогностическим фактором при консервативном лечении переломов костей предплечья является идеальная анатомическая репозиция [26].

Потеря репозиции безусловно может быть связана с характером перелома. Так R. Wang с соавт. (2022) считают, что при переломах дистального отдела лучевой кости эта проблема часто возникает из-за ограниченной контактной поверхности перелома [27]. Однако для простых типов переломов основными факторами риска повторного смещения, по-видимому, являются модифицируемые факторы, а именно – неадекватная репозиция, плохое наложение гипса или качество используемого материала.

Факторы, приводящие к вторичному смещению костных отломков, можно условно классифицировать на три группы:

1. Факторы, связанные с переломом: степень исходного смещения отломков, величина угловой

деформации, локализация и характер перелома (поперечный, косой или винтообразный), расстояние от эпифиза, изолированный перелом одной кости или сопутствующий перелом обеих костей предплечья [28].

2. Факторы, связанные с хирургом-травматологом: адекватность первоначальной закрытой ручной репозиции, техника наложения гипсовой повязки, качество гипса [28, 29].

3. Факторы, связанные с пациентом: возраст, комплаентность, физическое состояние – гипотрофия мышц, неконтролируемое разрешение отека мягких тканей во время ношения гипса.

Первоначальное смещение является определяющим фактором, который может привести к повторному смещению. Переломы у детей старшего возраста имеют тенденцию к повторному смещению в большей степени, чем у детей младшего возраста, а у пациентов с повторным смещением больше, чем у тех, у кого были стабильные переломы. Факторы риска повторного смещения являются предметом споров и их трудно спрогнозировать и определить у каждого конкретного пациента [8], что возможно из-за многофакторности, и при анализе должны быть приняты во внимание все возможные компоненты.

Кроме того, неанатомическая репозиция при первой манипуляции, чрезмерное ладонное сгибание кисти, сопутствующий перелом локтевой кости на том же уровне, что и перелом лучевой кости, недостаточный опыт травматолога, качество гипса и характер анестезии считаются распространенными факторами риска потери репозиции при консервативном лечении. Среди основных обнаруженных детерминант – остаточное смещение после первоначальной репозиции и первоначальное полное смещение отломков лучевой кости. Сопутствующий перелом лучевой и локтевой костей многие специалисты считают одним из факторов риска [28]. Однако данный вопрос о том, связан ли сопутствующий перелом дистальной части локтевой кости с более высоким риском повторного смещения перелома дистального отдела лучевой кости, является спорным.

Определение прогностических факторов повторного смещения может помочь хирургам выявить пациентов с наибольшим риском повторного смещения и скорректировать свое наблюдение и последующую тактику. Причина повторного смещения после репозиции, вероятно, является многофакторной. Пациенты с сопутствующим переломом локтевой кости, начальным смещением $\geq 50\%$ и 3-точечным индексом $\geq 0,40$ имеют более высокий риск развития данного осложнения [25].

В общем, факторов, которые могут способствовать потере репозиции переломов костей предплечья у детей, много, и различные исследования, предпринятые для определения их роли, не смогли дать убедительных результатов [22, 30, 31].

Проведение рентгенологического контроля через неделю после травмы является общепринятым, что связано с утилизацией гематомы, разрешением травматического отека мягких тканей и возможным вторичным смещением костных отломков с потерей коррекции после закрытой репозиции перелома. Однако в половине случаев повторное смещение было выявлено позднее 1 недели от первоначального обследования, что может указывать на несоблюдение указаний лечащего врача. В то же время есть сообщения, что повторное смещение костных отломков обычно происходит в течение первых 14 дней [32]. Так, L. Kong с соавт. (2020) наблюдали повторное смещение после закрытой репозиции и иммобилизации гипсом в 25,2% случаев, причем 22 повторных смещения у 31 пациента произошли в течение 1 недели после лечения, 8 развились между 1 и 2 неделями, и только одно отмечено через 2 недели [25].

В современной литературе имеются многочисленные доказательства того, что консервативное лечение большинства переломов костей предплечья дает удовлетворительные долгосрочные косметические и функциональные результаты [2]. К примеру, В. Barvelink с соавт. (2020) продемонстрировали хорошие рентгенологические и функциональные результаты у детей с переломами костей предплечья, пролеченных в гипсовой повязке в среднем в течение 28 дней, при последующем наблюдении в течение одного года [15].

Гипсовая повязка выше локтя исторически используется для иммобилизации локтевого сустава, чтобы нейтрализовать действующие силы мышц, которые берут начало выше локтя, и предотвратить повторное смещение костных фрагментов [33]. При этом гипсовая повязка формируется с помощью

переднего и заднего давления, приложенного в проекции межкостной мембраны. Медиальное и латеральное формование над мышцами плечевой кости предотвращает соскальзывание гипсовой повязки. G.R. Webb с соавт. (2006) сообщили, что не было никакой разницы в результатах между короткими и длинными гипсовыми повязками после 8 месяцев наблюдения при переломах дистального отдела костей предплечья. Поскольку при наложении гипсовой повязки выше локтя у детей нарушается ряд повседневных действий, врачи должны стремиться иммобилизовать переломы дистального конца предплечья, когда это возможно, в гипсе без блокирования локтевого сустава [34], что подтверждает и ряд других публикаций [35, 36]. В свою очередь, хорошо сформированная короткая гипсовая повязка на руку может уменьшить супинацию и пронационное движение запястья, тем самым уменьшая возможность повторного смещения костных отломков при переломах дистального отдела костей предплечья [37].

Скованность в локтевом или кистевом суставах часто возникает после снятия гипса. Обычно это проходит само по себе через несколько недель, и лишь в редких случаях для восстановления подвижности требуется квалифицированная реабилитация. Поскольку кости остаются хрупкими после снятия гипса, пациенту необходимо рекомендовать ограничение нагрузок, избегать занятий спортом и физкультурой в течение 4–6 недель, чтобы предотвратить повторный перелом кости. В литературе не предлагается различий в протоколах реабилитации в зависимости от метода проведенного лечения.

Неопределенность прогнозирования стабильности перелома и потенциала ремоделирования при переломах предплечья затрудняет принятие взвешенного решения между консервативным и хирургическим лечением.

При неправильном сращении переломов диафиза обеих костей предплечья около 60% детей имеют ограничение движений, и риск нарушения функции увеличивается с возрастом из-за снижения потенциала ремоделирования. Это объясняет менее предсказуемые результаты у подростков старшего возраста, которым часто требуется более агрессивное лечение. По данным А.П. Скворцова с соавт. (2023), неудовлетворительные исходы при консервативном лечении нестабильных диафизарных переломов костей предплечья составляют более 40%, а длительность периода нетрудоспособности достигает 7–8 мес. [38].

Заключение.

Таким образом, следует отметить, что анализ данных, имеющихся в литературе, показывает, что консервативное лечение является весьма распространенным, безопасным и успешным вариантом лечения переломов предплечья у детей в возрасте до 10 лет.

Для детей старшего возраста адекватная начальная репозиция перелома преимущественно дистального метадиафиза лучевой кости имеет решающее значение при консервативной тактике лечения. При отсутствии правильной анатомической репозиции следует предпочесть хирургическую коррекцию перелома, поскольку возможная повторная операция по поводу неправильного сращения может иметь более высокий риск осложнений и не принести успеха из-за плохой пластичности. Пластичность зависит как от возраста ребенка, так и от места перелома: чем старше ребенок и чем проксимальнее располагается перелом, тем хуже пластичность, а следовательно и сомнительнее результат консервативного лечения.

Сведения о вкладе авторов.

Макогонов И.В. – 50% (разработка концепции и дизайна исследования, сбор данных, интерпретация данных, анализ литературы по теме исследования, написание текста статьи, утверждение окончательного текста статьи).

Тарасов А.Н. – 50% (разработка концепции и дизайна исследования, анализ литературы по теме исследования, написание текста статьи, научное редактирование, утверждение окончательного текста статьи).

Сведения о финансировании и конфликте интересов.

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о соответствии статьи научной специальности:

3.1.8 – «Травматология и ортопедия».

Список литературы:

1. Виссарионов С.В., Большаков Г.А. Лечение детей с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости (обзор литературы). Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2024. 12 (2). 259–270. <https://doi.org/10.17816/PTORS626703>.
2. Mehlman C.T., Wall E.J. Diaphyseal radius and ulna fractures. In: Flynn J.M., Skaggs D.L., Waters P.M., eds. Rockwood & Wilkins' Fractures in Children. Eighth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015. 413–472.
3. Grahm P., Sinikumpu J.-J., Nietosvaara Y. et al. Casting versus flexible intramedullary nailing in displaced forearm shaft fractures in children aged 7-12 years: a study protocol for a randomised controlled trial. BMJ open. 2021. 11 (8). e048248. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048248>.
4. Немсадзе В.П., Шастин Н.П. Переломы костей предплечья у детей. Москва: Гео, 2009. 320.
5. Akar D., Köroğlu C., Erkus S., et al. Conservative follow-up of severely displaced distal radial metaphyseal fractures in children. Cureus. 2018. 10 (9). e3259. <https://doi.org/10.7759/cureus.3259>.
6. Ömeroğlu H. Basic principles of fracture treatment in children. Eklem Hastalik Cerrahisi. 2018. 29 (1). 52-57. <https://doi.org/10.5606/ehc.2018.58165>.
7. Syurahbil A.H., Munajat I., Mohd E.F., et al. Displaced physeal and metaphyseal fractures of distal radius in children. Can wire fixation achieve better outcome at skeletal maturity than cast alone? Malaysian orthopaedic journal. 2020. 14 (2). 28–38. <https://doi.org/10.5704/MOJ.2007.008>.
8. Seeley M.A., Fabricant P.D., Lawrence J.T.R. Teaching the basics: development and validation of a distal radius reduction and casting model. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2017. 475 (9). 2298–2305. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5336-3>.
9. Laaksonen T., Puhakka J., Kosola J. et al. Most surgeons still prefer to reduce overriding distal radius fractures in children. Acta Orthopaedica. 2021. 92(2). 235–239. <https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1854502>.
10. Marson B.A., Ng J.W.G., Craxford S. et al. Treatment of completely displaced distal radial fractures with a straight plaster or manipulation under anaesthesia. The Journal of Bone & Joint Surgery. 2021. 103-B (5). 902–907. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1740.R1>.
11. Jeroense K.T.V., America T., Witbreuk M.M.E.H., van der Sluijs J.A. Malunion of distal radius fractures in children. Acta Orthopaedica. 2015. 86 (2). 233–237. <https://doi.org/10.3109/17453674.2014.981781>.
12. Van der Sluijs J.A., Bron J.L. Malunion of the distal radius in children: accurate prediction of the expected remodeling. Journal of Children's Orthopaedics. 2016. 10 (3). 235–240. <https://doi.org/10.1007/s11832-016-0741-9>.
13. Price C.T. Acceptable alignment of forearm fractures in children: Open reduction indications. Journal of pediatric orthopaedics. 2010. 30. S82–S84. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181bbf1b4>.
14. Crawford S.N., Lee L.S.K., Izuka B.H. Closed treatment of overriding distal radial fractures without reduction in children. The journal of bone and joint surgery (Am.). 2012. 94 (3). 246–252. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00163>.
15. Barvelink B., Ploegmakers J.J.W., Harsevoort A.G.J. et al. The evolution of hand function during remodelling in nonreduced angulated paediatric forearm fractures: a prospective cohort study. Journal of pediatric orthopaedics B. 2020. 29 (2). 172–178. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000700>.
16. Valone L.C., Waites C., Tartarilla A.B. et al. Functional elbow range of motion in children and adolescents. Journal of pediatric orthopaedics. 2020. 40 (6). 304–309. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001467>.
17. Alrashedan B.S., Jawadi A.H., Alsayegh S.O. et al. Outcome of diaphyseal pediatric forearm fractures following non-surgical treatment in a Level I Trauma Center. International journal of health sciences (Qassim). 2018. 12 (5). 60–65.

18. Pogorelić Z., Vodopić T., Jukić M., et al. Elastic stable intramedullary nailing for treatment of pediatric femoral fractures; a 15-year single centre experience. *Bulletin of Emergency And Trauma*. 2019. 7 (2). 169–175. <https://doi.org/10.29252/beat-070213>.
19. Halanski M., Nemeth B.A., Noonan K.J. Cast and splint immobilization, remodeling and special issues of Children's fractures. In: Flynn J.M., Skaggs D.L., Waters P.M., editors *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children*. 8th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015. 57–94.
20. A'Court J., Yassa R., Charalambous C.P. Litigation related to casting in orthopaedics-an analysis of claims against the National health service in England. *Injury*. 2017. 48. 1405–1407. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.04.037>.
21. Sinikumpu J-J, Serlo W. The shaft fractures of the radius and ulna in children: current concepts. *Journal of pediatric orthopaedics B*. 2015. 24 (3). 200–206. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000162>.
22. Asadollahi S., Ooi K.S., Hau R.C. Distal radial fractures in children: risk factors for redisplacement following closed reductions. *Journal of pediatric orthopaedics*. 2015. 35. 224–228. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000239>.
23. Alvachian Fernandes H.J., Saad E.A., dos Reis F.B. Osteosynthesis with intramedullary nails in children. *Revista brasileira de ortopedia (Sao Paulo)*. 2015. 44 (5). 380–385. [https://doi.org/10.1016/S2255-4971\(15\)30266-4](https://doi.org/10.1016/S2255-4971(15)30266-4).
24. Ramoutar D.N., Shivji F.S., Rodrigues J.N., et al. The outcomes of displaced paediatric distal radius fractures treated with percutaneous Kirschner wire fixation: a review of 248 cases. *European journal of orthopaedic surgery and traumatology*. 2015. 25 (3). 471–476. <https://doi.org/10.1007/s00590-014-1553-6>.
25. Kong L., Lu J., Zhou Y., et al. Incidence and risk factors for redisplacement after closed reduction and instant rigid cast immobilization for paediatric distal radius fractures: a case control study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2020. 15 (1). 140. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01672-z>.
26. Asadollahi S., Pourali M., Heidari K. Predictive factors for re-displacement in diaphyseal forearm fractures in children – role of radiographic indices. *Acta Orthopaedica*. 2017. 88 (1). 101–108. <https://doi.org/10.1080/17453674.2016.1255784>.
27. Wang R., Wu L., Wang Y. et al. Limited open reduction and transepiphyseal intramedullary Kirschner wire fixation for treatment of irreducible distal radius diaphyseal metaphyseal junction fracture in older children. *Frontiers in Pediatrics*. 2022. 10. article 871044. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.871044>.
28. Jordan R.W., Westacott D., Srinivas K., et al. Predicting redisplacement after manipulation of paediatric distal radius fractures: the importance of cast moulding. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015. 25 (5). 841–845. <https://doi.org/10.1007/s00590-015-1627-0>.
29. Turgut A., Erkuş S., Koca A. et al. Analysis of the factors causing tight cast syndrome after closed reduction and casting of pediatric distal radius fractures. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2018. 52 (5). 329–333. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2018.07.001>.
30. Auer R.T., Mazzone P., Robinson L., et al. Childhood obesity increases the risk of failure in the treatment of distal forearm fractures. *Journal of pediatric orthopaedics*. 2016. 36 (8). e86–e88. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000649>.
31. Arora R., Mishra P., Aggarwal A.N., et al. Factors responsible for redisplacement of pediatric forearm fractures treated by closed reduction and cast: role of casting indices and three point index. *Indian Journal of Orthopaedics Surgery*. 2018. 52 (5). 536–547. https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_382_17.
32. Sengab A., Krijnen P., Schipper I.B. Displaced distal radius fractures in children, cast alone vs additional K-wire fixation: a meta-analysis. *European journal of trauma and emergency surgery*. 2019. 45 (6). 1003–1011. <https://doi.org/10.1007/s00068-018-1011-y>.
33. Handoll H.H., Elliott J., Iheozor-Ejiofor Z., et al. Interventions for treating wrist fractures in children. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. 2018. 12 (12). Cd012470. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012470.pub2>.
34. Webb G.R., Galpin R.D., Armstrong D.G. Comparison of short and long arm plaster casts for displaced fractures in the distal third of the forearm in children. *The journal of bone and joint surgery (Am.)*. 2006.

88 (1). 9–17. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00131>.

35. Bohm E.R., Bubbar V., Hing K.Y., et al. Above and below-the-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. A randomized controlled trial. The journal of bone and joint surgery (Am.). 2006. 88 (1). 1–8. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00320>.
36. Paneru S.R., Rijal R., Shrestha B.P. et al. Randomized controlled trial comparing above- and below-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. Journal of children's orthopaedics. 2010. 4 (3). 233–237. <https://doi.org/10.1007/s11832-010-0250-1>.
37. Caruso G., Caldari E., Sturla F.D. et al. Management of pediatric forearm fractures: what is the best therapeutic choice? A narrative review of the literature. Musculoskeletal Surgery. 2021. 105 (3). 225–234. <https://doi.org/10.1007/s12306-020-00684-6>.
38. Скворцов А.П., Хабибьянов Р.Я., Малеев М.В. Биомеханические аспекты лечения нестабильных переломов костей предплечья у детей. Annali d'Italia. 2023. 43. 46-53. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7969690>.

References:

1. Vissarionov S.V., Bol'shakov G.A. Lecheniye detey s perelomami distal'nogo metaepifiza luchevoy kosti (obzor literatury). Ortopediya, travmatologiya i vosstanovitel'naya khirurgiya detskogo vozrasta. 2024; 12, 2: 259-270. <https://doi.org/10.17816/PTORS626703>. in Russian.
2. Mehlman C.T., Wall E.J. Diaphyseal radius and ulna fractures. In: Flynn J.M., Skaggs D.L., Waters P.M., eds. Rockwood & Wilkins' Fractures in Children. Eighth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015: 413–472.
3. Grahm P., Sinikumpu J., Nietosvaara Y. et al. Casting versus flexible intramedullary nailing in displaced forearm shaft fractures in children aged 7–12 years: a study protocol for a randomised controlled trial. BMJ Open. 2021;11:e048248. doi: 10.1136/bmjopen-2020-048248.
4. Nemsadze V.P., Shastin N.P. Perelomy kostey predplech'ya u detey. Moskva: Geo, 2009: 320. in Russian.
5. Akar D., Koroğlu C., Erkus S. , et al. Conservative Follow-up of Severely Displaced Distal Radial Metaphyseal Fractures in Children. Cureus 2018 Sep 05;10(9): e3259. doi:10.7759/cureus.3259.
6. Ömeroğlu H. Basic principles of fracture treatment in children. Eklemler Hastalıkları Cerrahisi. 2018 Apr;29(1):52-7. doi: 10.5606/ehc.2018.58165.
7. Syurabkil A.H., Munajat I., Mohd E.F., et al. Displaced Physeal and Metaphyseal Fractures of Distal Radius in Children. Can Wire Fixation Achieve Better Outcome at Skeletal Maturity than Cast Alone? Malays Orthop J. 2020 Jul;14(2):28-38. doi: 10.5704/MOJ.2007.008.
8. Seeley M.A., Fabricant P.D., Lawrence J.T.R. Teaching the Basics: Development and Validation of a Distal Radius Reduction and Casting Model. Clin Orthop Relat Res. 2017 Sep;475(9):2298-2305. doi: 10.1007/s11999-017-5336-3.
9. Laaksonen T., Puhakka J., Kosola J. et al. Most surgeons still prefer to reduce overriding distal radius fractures in children. Acta Orthop. 2021 Apr;92(2):235-239. doi: 10.1080/17453674.2020.1854502.
10. Marson B.A., Ng J.W.G., Craxford S. et al. Treatment of completely displaced distal radial fractures with a straight plaster or manipulation under anaesthesia. Bone Joint J. 2021 May;103-B(5):902-907. doi: 10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1740.R1.
11. Jeroense K.T., America T., Witbreuk M.M., et al. Malunion of distal radius fractures in children. Acta Orthop. 2015 Apr;86(2):233-7. doi: 10.3109/17453674.2014.981781.
12. van der Sluijs J.A., Bron J.L. Malunion of the distal radius in children: accurate prediction of the expected remodeling. J Child Orthop. 2016 Jun;10(3):235-40. doi: 10.1007/s11832-016-0741-9.
13. Price C.T. Acceptable alignment of forearm fractures in children: Open reduction indications. J Pediatr Orthop. 2010; 30: S82–S84. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181bbf1b4>.
14. Crawford S.N., Lee L.S., Izuka B.H. Closed treatment of overriding distal radial fractures without reduction in children. J Bone Joint Surg Am. 2012 Feb 1;94(3):246-52. doi: 10.2106/JBJS.K.00163.
15. Barvelink B., Ploegmakers J.J.W., Harsevoort A.G.J. et al. The evolution of hand function during remodelling in nonreduced angulated paediatric forearm fractures: a prospective cohort study. J Pediatr

- Orthop B. 2020 Mar;29(2):172-178. doi: 10.1097/BPB.0000000000000700.
16. Valone L.C., Waites C., Tartarilla A.B. et al. Functional Elbow Range of Motion in Children and Adolescents. *J Pediatr Orthop*. 2020 Jul;40(6):304-309. doi: 10.1097/BPO.0000000000001467.
 17. Alrashedan B.S., Jawadi A.H., Alsayegh S.O. et al. Outcome of diaphyseal pediatric forearm fractures following non-surgical treatment in a Level I Trauma Center. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2018 Sep-Oct;12(5):60-65.
 18. Pogorelić Z., Vodopić T., Jukić M., et al. Elastic Stable Intramedullary Nailing for Treatment of Pediatric Femoral Fractures; A 15-Year Single Centre Experience. *Bull Emerg Trauma*. 2019 Apr;7(2):169-175. doi: 10.29252/beat-070213.
 19. Halanski M., Nemeth B.A., Noonan K.J. Cast and splint immobilization, remodeling and special issues of Children's fractures. In: Flynn J.M., Skaggs D.L., Waters P.M., editors *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children*. 8 th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015: 57–94.
 20. A'Court J., Yassa R., Charalambous C.P. Litigation related to casting in Orthopaedics-An analysis of claims against the National Health Service in England. *Injury*. 2017 Jul;48(7):1405-1407. doi: 10.1016/j.injury.2017.04.037.
 21. Sinikumpu J.J., Serlo W. The shaft fractures of the radius and ulna in children: current concepts. *J Pediatr Orthop B*. 2015 May;24(3):200-6. doi: 10.1097/BPB.0000000000000162.
 22. Asadollahi S., Ooi K.S., Hau R.C. Distal radial fractures in children: risk factors for redisplacement following closed reduction. *J Pediatr Orthop*. 2015 Apr-May;35(3):224-8. doi: 10.1097/BPO.0000000000000239.
 23. Alvachian Fernandes H.J., Saad E.A., Reis F.B. Osteosynthesis with intramedullary nails in children. *Rev Bras Ortop*. 2015 Dec 8;44(5):380-5. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30266-4.
 24. Ramoutar D.N., Shivji F.S., Rodrigues J.N., Hunter J.B. The outcomes of displaced paediatric distal radius fractures treated with percutaneous Kirschner wire fixation: a review of 248 cases. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015 Apr;25(3):471-6. doi: 10.1007/s00590-014-1553-6.
 25. Kong L., Lu J., Zhou Y., et al. Incidence and risk factors for redisplacement after closed reduction and instant rigid cast immobilization for paediatric distal radius fractures: a case control study. *J Orthop Surg Res*. 2020 Apr 9;15(1):140. doi: 10.1186/s13018-020-01672-z.
 26. Asadollahi S., Pourali M., Heidari K. Predictive factors for re-displacement in diaphyseal forearm fractures in children-role of radiographic indices. *Acta Orthop*. 2017 Feb;88(1):101-108. doi: 10.1080/17453674.2016.1255784.
 27. Wang R., Wu L., Wang Y. et al. Limited Open Reduction and Transepiphyseal Intramedullary Kirschner Wire Fixation for Treatment of Irreducible Distal Radius Diaphyseal Metaphyseal Junction Fracture in Older Children. *Front Pediatr*. 2022 Apr 13;10:871044. doi: 10.3389/fped.2022.871044.
 28. Jordan R.W., Westacott D., Srinivas K., et al. Predicting redisplacement after manipulation of paediatric distal radius fractures: the importance of cast moulding. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015 Jul;25(5):841-5. doi: 10.1007/s00590-015-1627-0.
 29. Turgut A., Erkuş S., Koca A. et al. Analysis of the factors causing tight cast syndrome after closed reduction and casting of pediatric distal radius fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2018 Sep;52(5):329-333. doi: 10.1016/j.aott.2018.07.001.
 30. Auer R.T., Mazzone P., Robinson L., et al. Childhood Obesity Increases the Risk of Failure in the Treatment of Distal Forearm Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2016 Dec;36(8):e86-e88. doi: 10.1097/BPO.0000000000000649.
 31. Arora R., Mishra P., Aggarwal A.N., et al. Factors Responsible for Redisplacement of Pediatric Forearm Fractures Treated by Closed Reduction and Cast: Role of casting indices and three point index. *Indian J Orthop*. 2018 Sep-Oct;52(5):536-547. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho_382_17.
 32. Sengab A., Krijnen P., Schipper I.B.. Displaced distal radius fractures in children, cast alone vs additional K-wire fixation: a meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2019 Dec;45(6):1003-1011. doi: 10.1007/s00068-018-1011-y.
 33. Handoll H.H., Elliott J., Iheozor-Ejiofor Z., et al. Interventions for treating wrist fractures in children.

Cochrane Database Syst Rev. 2018 Dec 19;12(12):CD012470. doi: 10.1002/14651858.CD012470.pub2.

34. Webb G.R., Galpin R.D., Armstrong D.G. Comparison of short and long arm plaster casts for displaced fractures in the distal third of the forearm in children. J Bone Joint Surg Am. 2006 Jan;88(1):9-17. doi: 10.2106/JBJS.E.00131.
35. Bohm E.R., Bubbar V., Yong Hing K., et al. Above and below-the-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. A randomized controlled trial. J Bone Joint Surg Am. 2006 Jan;88(1):1-8. doi: 10.2106/JBJS.E.00320.
36. Paneru S.R., Rijal R., Shrestha B.P. et al. Randomized controlled trial comparing above- and below-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. J Child Orthop. 2010 Jun;4(3):233-7. doi: 10.1007/s11832-010-0250-1.
37. Caruso G., Caldari E., Sturla F.D. et al. Management of pediatric forearm fractures: what is the best therapeutic choice? A narrative review of the literature. Musculoskelet Surg. 2021 Dec;105(3):225-234. doi: 10.1007/s12306-020-00684-6.
38. Skvortsov A.P., Khabib'yanov R.Y., Maleyev M.V. Biomekhanicheskiye aspekty lecheniya nestabil'nykh perelomov kostey predplech'ya u detey. Annali d'Italia. 2023; 43: 46-53. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7969690>. in Russian.

Информация об авторах:

1. **Макогонов Игорь Владимирович**, врач травматолог-ортопед, аспирант кафедры травматологии и ортопедии, e-mail: Beaproh@mail.ru.
2. **Тарасов Алексей Николаевич**, д.м.н., доцент, профессор кафедры травматологии и ортопедии, врач детский травматолог-ортопед, e-mail: tarasov_an@mail.ru, SPIN-код: 3525-0374, AuthorID: 238605.

Author information:

1. **Makogonov I.V.**, Traumatologist-orthopedist, Postgraduate Student of the Department of Traumatology and Orthopedics, e-mail: Beaproh@mail.ru.
2. **Tarasov A.N.**, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, children's traumatologist-orthopedist, e-mail: tarasov_an@mail.ru, SPIN-code: 3525-0374, AuthorID: 238605.

Информация.

Дата опубликования – 24.06.2025