

## Метод Илизарова при лечении детей с околосуставными переломами

А.А. Коробейников<sup>1,2</sup>, А.М. Аранович<sup>1</sup>, Д.А. Попков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

<sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение «Курганская областная детская клиническая больница имени Красного Креста», г. Курган, Россия

## Ilizarov method in the treatment of children with periarticular fractures

A.A. Korobeinikov<sup>1,2</sup>, A.M. Aranovich<sup>1</sup>, D.A. Popkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

<sup>2</sup>Kurgan Regional Children's Clinical Hospital named after the Red Cross, Kurgan, Russian Federation

**Введение.** Околосуставные повреждения у детей включают I и II типы переломов по классификации Салтер-Харрис и переломы метафиза. В большинстве случаев консервативное лечение является эффективным методом, однако в ряде случаев методом выбора выступает хирургическое лечение, включая внешнюю фиксацию. **Цель.** Обсуждение принципов применения аппарата Илизарова при лечении детей с околосуставными переломами различных локализаций, преимущества и недостатки. **Материалы и методы.** Представлены принципы и особенности оперативной техники метода Илизарова при лечении детей с околосуставными переломами дистальных отделов плечевой, бедренной, лучевой и большеберцовых костей. **Обсуждение.** Применяемые методы остеосинтеза детских околосуставных переломов подразумевают трансфизарное проведение фиксаторов, что несет потенциальную угрозу ятрогенного повреждения пластинки роста, в отличие от внешней фиксации, при которой чрескостные элементы проводятся, не травмируя зону роста, обеспечивая стабильную фиксацию костных отломков в сочетании с ранним функциональным восстановлением поврежденного сегмента, что является ключевым преимуществом по сравнению с другими методами. **Заключение.** Применение аппарата Илизарова позволяет достигнуть желаемого результата лечения околосуставных переломов у детей и обеспечивает ряд преимуществ перед другими методами хирургического лечения.

**Ключевые слова:** дети, околосуставные переломы, плечо, бедро, голень, лучевая кость, метод Илизарова

**Introduction** Periarticular injuries in children include types I and II fractures according to the Salter-Harris classification and metaphyseal fractures. In most cases, conservative treatment is an effective method, but in some cases, surgical treatment, including external fixation, is the method of choice. **Purpose** Discussion of the principles of using the Ilizarov apparatus in the treatment of children with periarticular fractures of various locations, its advantages and disadvantages. **Materials and methods** We present the principles and features of the Ilizarov surgical techniques for treatment of children with periarticular fractures of the distal humerus, femur, radius and tibia. **Discussion** The methods of osteosynthesis for pediatric periarticular fractures imply transphyseal introduction of fixators that have a potential threat of iatrogenic damage to the growth plate in contrast to external fixation which performance implies that transosseous elements do not injure the growth zone, providing stable fixation of bone fragments in combination with early functional recovery of the damaged segment which is a key advantage over other methods. **Conclusion** The use of the Ilizarov apparatus enables to achieve the desired result in the treatment of pediatric periarticular fractures and has a number of advantages over other methods of surgical treatment.

**Keywords:** children, periarticular fractures, humerus, femur, tibia, radius, Ilizarov method

### ВВЕДЕНИЕ

В литературе понятие околосуставного или юкстартикулярного (ЮАП) перелома у детей является объединяющим и включает I и II типы переломов по классификации Salter-Harris (SH I, II) и переломы метафиза [1–6]. Также в литературе встречается термин "юкта-эпифизарный" и "внесуставной физарный" перелом [3, 7–9]. При данном повреждении линия перелома проходит через пластинку роста в горизонтальной плоскости, вызывая частичное (SH II) или полное (SH I) ее повреждение, при этом герминальная зона физиса остается интактной, что не оказывает негативного влияния на последующий рост кости, в отличие от внутрисуставных переломов (SH III, IV, V). В случаях метафизарных переломов длинных костей у детей, особенно оскольчатых, также возможно повреждение пластинки роста [3, 7, 9].

Юкстаартикулярные переломы – частые повреждения в детском возрасте, связанные с форсированным изгибом и вращением в результате обычных падений и спортивной травмы, а также высокоэнергетической

травмы [7, 9–11]. В большинстве случаев переломы SH I, II и почти все простые неосложненные переломы метафиза лечат с помощью закрытой ручной репозиции и иммобилизации гипсовой повязкой [8, 12–14]. В этих случаях осложнения встречаются редко из-за относительно быстрой консолидации перелома и высокого потенциала ремоделирования растущей кости, особенно у маленьких детей [2, 15–19]. Однако существует ряд показаний для хирургического лечения данных переломов. Vohn и др. [2] утверждают, что околосуставной характер переломов связан с высоким риском развития ранних (вторичное смещение, неправильное сращение, контрактура) и поздних (укорочение конечности, угловая деформация) осложнений. ЮАП часто сочетаются с повреждением кожи, нервов и связок [4, 12, 15, 20–22]. Оскольчатые и/или открытые околосуставные переломы – сложные повреждения, нередко требующие хирургического подхода, способные вызывать определенные трудности для врача в процессе лечения [23, 24]. Целью хирургического лечения всех внесуставных

Коробейников А.А., Аранович А.М., Попков Д.А. Метод Илизарова при лечении детей с околосуставными переломами // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 4. С. 418–423. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-4-418-423

Korobeinikov A.A., Aranovich A.M., Popkov D.A. Ilizarov method in the treatment of children with periarticular fractures. *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 4, pp. 418–423. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-4-418-423

переломов является достижение консолидации кости в анатомически правильном положении с хорошим функциональным исходом, включая раннюю мобилизацию поврежденной конечности и восстановление опороспособности [4–6, 21, 25]. При этом должны быть соблюдены определенные требования, диктуемые детским возрастом: исключение ятрогенного значимого повреждения пластинки роста, адекватная репозиция, минимальная хирургическая агрессия, обеспечение стабильности фиксации даже при оскольчатом характере перелома, раннее восстановления функции поврежденного сегмента и общей активности ребенка. Данные требования несут определенные ограничения для хирурга в выборе метода оперативного лечения. Небольшой раз-

мер одного из костных отломков ограничивает хирурга в выборе фиксатора [18, 19, 26–28]. Все вышеперечисленное ограничивает использование традиционных внутрених фиксаторов [13, 16, 29–33].

Внешняя фиксация дает возможность проведения чрескостных элементов под различными углами, не затрагивая пластинку роста. В аппарате Илизарова классическими чрескостными элементами являются спицы диаметром 1,5–1,8 мм, что позволяет выполнять стабильную фиксацию даже небольших фрагментов [4, 21, 23, 34].

**Цель** данной статьи состоит в том, чтобы обсудить принципы применения аппарата Илизарова при лечении детей с юкстаартикулярными переломами различных локализаций.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

##### Околосуставные переломы дистального конца плечевой кости (надмышцелковые переломы)

Оперативная техника. На первом этапе хирургического вмешательства накладывается скелетное вытяжение на операционном столе за локтевой отросток, необходимо устранить ротационное и угловое смещение костных отломков (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид пациентки с аппаратом на плече и схема монтажа аппарата Илизарова минимальной компоновки

Интраоперационный рентгеновский контроль (С-дуга) обязателен для точного проведения чрескостных элементов. Тонкие спицы можно закрепить на коже в качестве ориентиров по передней и латеральной поверхности плеча на уровне планируемого проведения чрескостных элементов, что позволит уменьшить количество интраоперационных рентгенологических обследований. Убедившись в удовлетворительном положении отломков и корректном расположении спиц-

меток, можно проводить чрескостные элементы. При выборе последних предпочтение отдается спицам диаметром 1,5 и 1,8 мм. Количество опор в аппарате Илизарова зависит, прежде всего, от возраста пациента. У детей дошкольного возраста можно применить «облегченный» вариант аппарата Илизарова, когда используется одна кольцевая опора на уровне проксимального отломка, а чрескостные элементы, проведенные через дистальный отломок, закрепляются на резьбовых стержнях (рис. 1), что позволяет уменьшить вес конструкции и улучшить рентгенологическую визуализацию положения отломков (рис. 2).

У детей школьного возраста и старше требования к стабильности костных отломков выше, и в таких случаях применяется аппарат Илизарова, состоящий из 3-х опор, при этом дистальный отломок фиксируется на полукольцевой или 3/4 кольцевой опоре с открытым сектором по передней поверхности для сохранения объема движений в локтевом суставе в послеоперационном периоде.

При лечении детей с надмышцелковыми переломами метод Илизарова позволяет добиться одномоментной закрытой репозиции, стабильной фиксации костных отломков, даже при оскольчатом характере перелома, обеспечивает раннее функциональное восстановление.

Мы рекомендуем чрескостный остеосинтез по Илизарову у детей с надмышцелковыми переломами в качестве метода выбора при тяжелых открытых и/или оскольчатых переломах, в случаях нерепонируемых переломов или для случаев вторичного смещения после спицевого остеосинтеза.

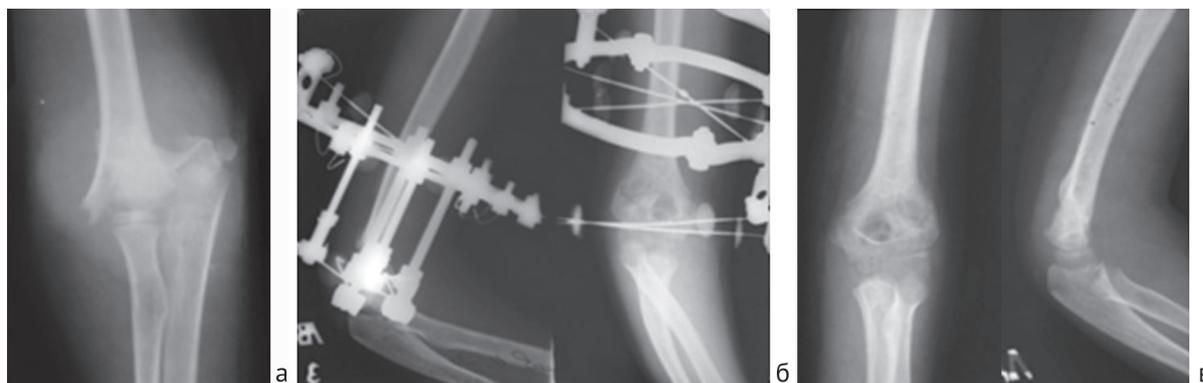


Рис. 2. Закрытый надмышцелковый перелом плечевой кости (Garland III): а – рентгенограмма зоны перелома до операции; б – рентгенограммы, выполненные в двух проекциях после остеосинтеза по Илизарову; в – рентгенограммы, выполненные в двух проекциях после демонтажа аппарата Илизарова

### Околосуставной дистальный перелом лучевой кости

Стандартная хирургическая техника заключается в проведении 2-х спиц через проксимальный отдел локтевой и 1 спицы - через обе кости предплечья. Спицы натягиваются и фиксируются в кольцевой опоре, расположенной перпендикулярно оси предплечья. Дистальная спица проводится через 2-5 пястные кости и закрепляется в полукольцевой опоре. Опоры соединяются резьбовыми стержнями с включением промежуточной опоры, которая располагается на 2-3 см проксимальнее линии перелома (рис. 3). Производится дистракция между дистальным кольцом и дистальным полукольцом для устранения смещения по длине. Обычно, только две спицы проводятся через дистальный отломок лучевой кости: спица с оливой проводится параллельно пластинке роста снаружи-внутри, а консольная спица с оливой проводится в переднезаднем направлении, причем последняя проходит только на толщину кости, не выходя за пределы переднего кортикала. Спицы закрепляются на кольцевой опоре через кронштейны необходимого размера. Окончательная репозиция производится с помощью спицы, проведенной через дистальный отдел проксимального отломка. После рентгенологически подтвержденного удовлетворительного положения отломков дистракционные усилия в контуре аппарата снимаются. Учитывая небольшие размеры дистального отломка, фиксацию лучезапястного сустава продолжают до купирования отека и болевого синдрома, обычно в течение 7-10 суток, после чего спица, проведенная через пястные кости, удаляется, и ребенок приступает к активной разработке лучезапястного сустава. Мы никогда не отмечали трудности с восстановлением движений. Кроме того, техника Илизарова позволяет сохранять функцию у больных с двусторонними дистальными переломами лучевой кости.

Преимущества внешней фиксации при лечении данных повреждений заключаются в раннем функциональном восстановлении поврежденного предплечья без потери стабильности фиксации отломков по сравнению с консервативным методом и спицевым остеосинтезом [4, 27]. Кроме того, спицы, проводимые через эпифиз, не пересекают пластинку роста, исключая ее дополнительное ятрогенное повреждение.

### Околосуставные дистальные переломы бедренной кости

Вытяжением за спицу, проведенную через эпифиз бедренной кости или бугристую большеберцовую кости на операционном столе, устраняются грубые смещения. Интраоперационный рентгеновский контроль (С-дуга) необходим для определения точного положения чрескостных фиксаторов (спицы, стержни Шанца). Компоновка аппарата Илизарова включает 3 опоры. На проксимальной опоре должно быть закреплено как минимум три спицы или 2 стержня Шанца под углом друг к другу. Применение стержней Шанца позволяет установить опору меньшего размера, что более комфортно для пациента. В средней опоре обычно достаточно двух спиц, проведенных с перекрестом на 5-6 см выше линии перелома. Опоры устанавливаются перпендикулярно анатомической оси бедренной кости. Анатомия бедренной кости позволяет провести через эпифиз три спицы (включая спицу для вытяжения). Спицы фиксируются к дистальной кольцевой опоре в натянутом состоянии. Окончательная репозиция производится с применением известных репозиционных приемов с помощью репозиционно-фиксационных спиц в средней опоре или манипулируя кольцевыми опорами (рис. 4). В случаях сопутствующего повреждения мягких тканей области коленного сустава необходимо смонтировать модуль на голени и фиксировать коленный сустав.



Рис. 3. Закрытый перелом дистального метафиза костей предплечья. Рентгенограммы зоны перелома, выполненные в двух проекциях: а - до операции; б - после остеосинтеза по Илизарову; в - после демонтажа аппарата Илизарова

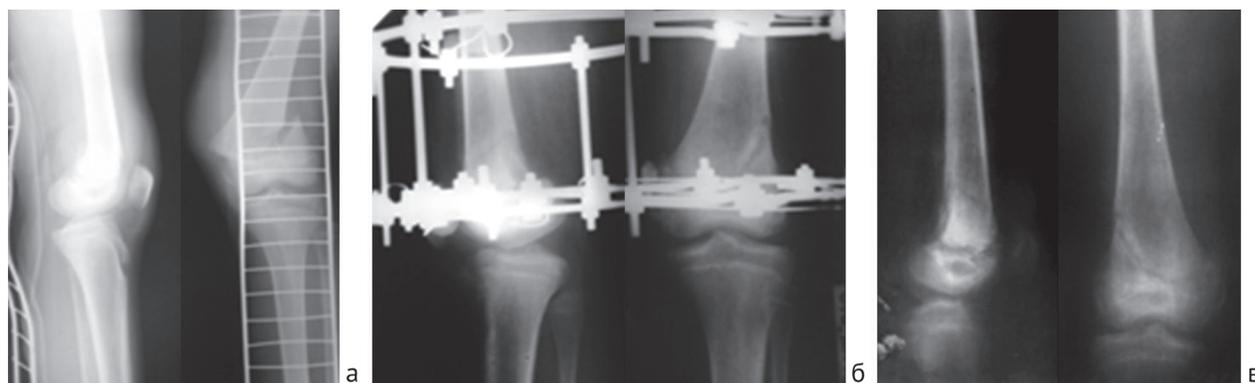


Рис. 4. Закрытый перелом дистального эпиметафиза бедренной кости (SH II). Рентгенограммы, выполненные в двух проекциях: а - до операции; б - после остеосинтеза по Илизарову; в - после демонтажа аппарата Илизарова

### Околосуставные дистальные переломы большеберцовой кости

Как и при переломах дистального отдела бедренной кости, хирургическая техника для дистальных юкстаартикулярных переломов большеберцовой кости подразумевает вытяжение на операционном столе для первичной репозиции. На проксимальном отломке монтируется модуль из двух кольцевых опор.

На уровне каждой опоры проводится не менее двух спиц с перекрестом, которые закрепляются на опорах в натянутом состоянии. Спицы, проходящие через дистальный эпифиз, проводятся строго параллельно пластинке роста, не пересекая последнюю, и закрепляются в дистальной опоре (рис. 5). Репозиция производится с помощью известных репозиционных маневров.

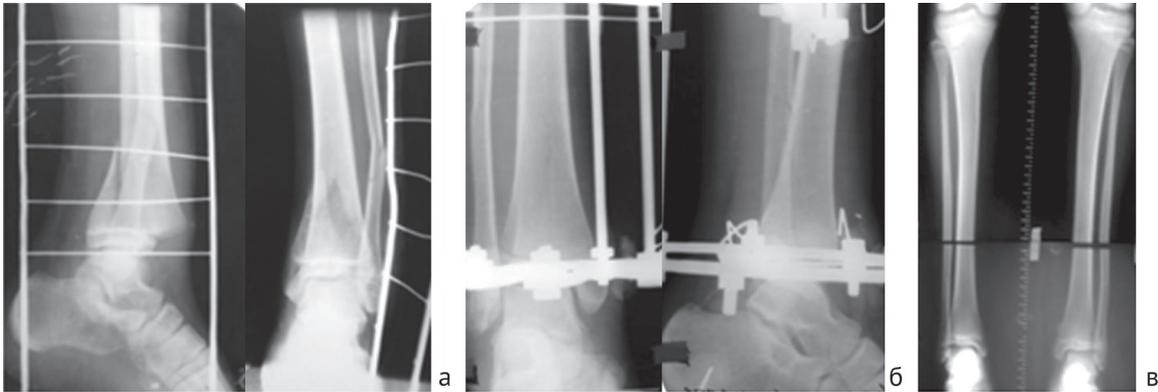


Рис. 5. Закрытый перелом дистального эпиметафиза большеберцовой кости (SH II). Рентгенограммы, выполненные в двух проекциях: а – до операции; б – после остеосинтеза по Илизарову; в – после демонтажа аппарата Илизарова

### ОБСУЖДЕНИЕ

В доступной литературе отмечается, что внешняя фиксация детских надмыщелковых переломов показана для III и IV типа, когда применение стандартного чрескожного спицевого остеосинтеза не может обеспечить стабильной фиксации, в случаях развития выраженного отека мягких тканей области локтевого сустава, а также при оскольчатых переломах и переломах с неврологическими или сосудистыми осложнениями [27, 28, 34, 35]. Внешняя фиксация позволяет контролировать состояние мягких тканей в зоне перелома, при необходимости проводить своевременную ревизию [32]. Согласно Gugenheim, показаниями для метода Илизарова являются невозможность достижения адекватной репозиции из-за переднего смещения дистального отломка, длительного интервала с момента травмы, оскольчатого характера перелома [35]. С другой стороны, для большинства переломов I и II типа, когда задний кортикал интактен, рекомендовано консервативное лечение [20, 26]. Чрескожный спицевой остеосинтез и ESIN обеспечивают достаточную стабильность костных отломков в простых переломах III, IV и V типов [20, 28, 29, 31, 37]. По сравнению с чрескожным спицевым остеосинтезом, ESIN позволяет начать ранние движения в локтевом суставе, исключает ятрогенное повреждение нервов и сосудов и может быть применен при значительном отеке и гематоме в области локтевого сустава [29, 31].

По нашему мнению, показаний для внешней фиксации нет в случае простого околосуставного дистального перелома костей предплечья, когда консервативное лечение гарантирует хорошие функциональные и анатомические результаты [15–17, 38]. Однако известно, что дистальные переломы могут быть нестабильными, особенно при оскольчатом характере. Закрытая репозиция и иммобилизация гипсовой повязкой связаны с высоким уровнем вторичного смещения – до 27 % [19]. Chia и др. также отметили высокую вероятность вторичного смещения при консервативном лечении [15].

Ramoutar и др. [37], изучая результаты лечения после спицевого остеосинтеза, отметили высокую частоту осложнений (17 %).

Консервативное лечение [7, 13], винты [39, 40], чрескожный спицевой остеосинтез [40] и антеградный ESIN [29] показаны для лечения неосложненных дистальных юкстаартикулярных переломов бедренной кости. Но уровень ранних и долгосрочных осложнений, согласно данным литературы, относительно высок. Среди них наиболее часто встречаются повреждение связок коленного сустава, компартмент синдром, повреждение нейроваскулярных структур и посттравматический эпифизеодез [21, 22, 41]. Осложнения после дистального эпифизеолиза бедренной кости встречаются в 37–70 % [40]. Остеосинтез по Илизарову может рассматриваться в качестве метода выбора при лечении переломов дистального отдела бедренной кости по следующим причинам: адекватная закрытая одномоментная репозиция, стабильная фиксация, позволяющая раннюю полную осевую нагрузку на поврежденную конечность [12, 21, 39, 42].

При лечении неосложненных внесуставных дистальных переломов большеберцовой кости метод Илизарова, в отличие от общепринятых методов лечения переломов данной локализации, позволяет раннее восстановление опороспособности поврежденной конечности [46, 47]. Данные переломы наиболее часто встречаются у детей старшего возраста и подростков, когда время остаточного роста незначительно, и посттравматическое укорочение или деформация не приведут к значительным нарушениям [7, 43]. Однако у детей школьного возраста преждевременное закрытие эпифизарной пластинки роста приводит к клинически значимой деформации [45]. Özkul и др. наблюдали угловую деформацию, связанную с данным осложнением, в 20–60 % [14]. В настоящее время оптимальное лечение переломов дистального отдела большеберцовой кости SH II не определено [6, 44].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общими показаниями для применения метода Илизарова при лечении детей с переломами являются оскольчатые, осложненные и/или открытые переломы, особенно в дистальных отделах плечевой, лучевой, бедренной и большеберцовой костей.

Метод Илизарова, в отличие от других хирургических методов лечения детских переломов, позволяет избежать дополнительного повреждения пластинки роста, поскольку спицы проводятся в параллельной плоскости; выполнить адекватную закрытую одномоментную репозицию костных отломков, что сохра-

няет кровоснабжение поврежденных тканей. Аппарат Илизарова обеспечивает стабильность фиксации отломков даже в случаях оскольчатых переломов и возможность, в случае необходимости, управления положением костных отломков в течение всего процесса лечения. Раннее восстановление функции поврежденного сегмента и общей активности ребенка также выгодно отличает метод Илизарова от других методов. Внеочаговая фиксация может являться методом выбора при острых посттравматических дефектах костной и мягких тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Salter R.B., Harris W.R. Injuries involving the epiphyseal plate // J. Bone Joint Surg. Am. 1963. Vol. 45, No 3. P. 587-622.
2. Bohn W.W., Durbin R.A. Ipsilateral fractures of the femur and tibia in children and adolescents // J. Bone Joint Surg. Am. 1991. Vol. 73, No 3. P. 429-439.
3. Physeal fractures of the distal radius and ulna: long-term prognosis / G. Cannata, F. de Maio, F. Mancini, E. Ippolito // J. Orthop. Trauma. 2003. Vol. 17, No 3. P. 172-179. DOI: 10.1097/00005131-200303000-00002.
4. Augmented external fixation versus percutaneous pinning and casting for unstable fractures of the distal radius – a prospective randomized trial / B.J. Harley, A. Scharfenberger, L.A. Beaupre, N. Jomha, D.W. Weber // J. Hand Surg. Am. 2004. Vol. 29, No 5. P. 815-824. DOI: 10.1016/j.jhsa.2004.05.006.
5. Functional-conservative treatment of extra-articular physeal fractures of the proximal phalanges in children and adolescents / T. Franz, A.R. Jandali, F.J. Jung, F.M. Leclère, U. von Wartburg, U. Hug // Eur. J. Pediatr. Surg. 2013. Vol. 23, No 4. P. 317-321. DOI: 10.1055/s-0033-1333636.
6. What is the best treatment for displaced Salter-Harris II physeal fractures of the distal tibia? / H. Park, D.H. Lee, S.H. Han, S. Kim, N.K. Eom, H.W. Kim // Acta Orthop. 2018. Vol. 89, No 1. P. 108-112. DOI: 10.1080/17453674.2017.1373496.
7. Peterson H.A. Epiphyseal growth plate fractures. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 2007. 914 p. DOI: 10.1007/978-3-540-33802-4.
8. Valverde J.A., Albiñana J., Certucha J.A. Early posttraumatic physeal arrest in distal radius after a compression injury // J. Pediatr. Orthop. B. 1996. Vol. 5, No 1. P. 57-60. DOI: 10.1097/01202412-199605010-00012.
9. Extra-articular fractures of the proximal phalanges of the fingers: a comparison of 2 methods of functional, conservative treatment / T. Franz, U. von Wartburg, S. Schibli-Beer, F.J. Jung, A.R. Jandali, M. Calcagni, U. Hug // J. Hand Surg. Am. 2012. Vol. 37, No 5. P. 889-898. DOI: 10.1016/j.jhsa.2012.02.017.
10. The AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF) / A. Joeris, N. Lutz, A. Blumenthal, T. Slongo, L. Audigé // Acta Orthop. 2017. Vol. 88, No 2. P. 129-132. DOI: 10.1080/17453674.2016.1258533.
11. The AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF) / L. Audigé, T. Slongo, N. Lutz, A. Blumenthal, A. Joeris // Acta Orthop. 2017. Vol. 88, No 2. P. 133-139. DOI: 10.1080/17453674.2016.1258534.
12. Ipsilateral femur and tibia fractures in pediatric patients: a systematic review / J.B. Anari, A.L. Neuwirth, B.D. Horn, K.D. Baldwin // World J. Orthop. 2017. Vol. 8, No 8. P. 638-643. DOI: 10.5312/wjo.v8.i8.638.
13. Karlikowski M., Sułko J. Physeal fractures of the lower leg in children and adolescents: therapeutic results, pitfalls and suggested management protocol based on the experience of the authors and contemporary literature // Adv. Med. Sci. 2018. Vol. 63, No 1. P. 107-111. DOI: 10.1016/j.advms.2017.10.001.
14. Angular deformity development after the distal tibial physeal fractures / B. Özkul, M.S. Saygılı, E. Çetinkaya, F. Arslanoğlu, I.A. Bayhan, B. Demir, A.C. Tekin // Acta Orthop. Belg. 2016. Vol. 82, No 4. P. 814-820.
15. Complications of pediatric distal radius and forearm fractures / B. Chia, S.H. Kozin, M.J. Herman, S. Safier, J.M. Abzug // Instr. Course Lect. 2015. Vol. 64. P. 499-507.
16. Pediatric distal radius fractures / K. Dua, J.M. Abzug, A. Sesko Bauer, R. Cornwall, T.O. Wyrick // Instr. Course Lect. 2017. Vol. 66. P. 447-460.
17. Otayek S., Ramanoudjame M., Fitoussi F. Les fractures de l'extrémité distale du radius chez l'enfant // Hand Surg. Rehabil. 2016. Vol. 33S. P. S150-S155. DOI: 10.1016/j.hansur.2016.02.013.
18. Outcomes of nonoperative treatment of Salter-Harris II distal radius fractures: a systematic review / M.C. Larsen, K.C. Bohm, A.R. Rizkala, C.M. Ward // Hand (N Y). 2016. Vol. 11, No 1. P. 29-35. DOI: 10.1177/1558944715614861.
19. Predicting redisplacement after manipulation of paediatric distal radius fractures: the importance of cast moulding / R.W. Jordan, D. Westacott, K. Srinivas, G. Shyamalan // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2015. Vol. 25, No 5. P. 841-845. DOI: 10.1007/s00590-015-1627-0.
20. Hill C.E., Cooke S. Common paediatric elbow injuries // Open Orthop. J. 2017. Vol. 11. P. 1380-1393. DOI: 10.2174/1874325001711011380.
21. Javanović V., Vukasinović Z., Seslija I. Complicated distal femoral epiphyseolysis treated by Ilizarov method: case report // Srp. Arh. Celok. Lek. 2010. Vol. 138, No 5-6. P. 367-370. DOI: 10.2298/sarh1006367j.
22. Eid A.M., Hafez M.A. Traumatic injuries of the distal femoral physis. Retrospective study on 151 cases // Injury. 2002. Vol. 33, No 3. P. 251-255. DOI: 10.1016/s0020-1383(01)00109-7.
23. Use of a hybrid external fixator for a severely comminuted juxta-articular fracture of the distal humerus / D.L. Skaggs, J.M. Hale, S. Buggay, R.M. Kay // J. Orthop. Trauma. 1998. Vol. 12, No 6. P. 439-442. DOI: 10.1097/00005131-199808000-00015.
24. Manoj Kumar P.P., Salgotra K.R. Clinico-radiological evaluation of juxta articular fractures and diaphyseal fractures of upper limb managed with locking compression plating // Med. J. Armed Forces India. 2012. Vol. 68, No 3. P. 211-213. DOI: 10.1016/j.mjafi.2012.03.008.
25. Reyes F.A., Latta L.L. Conservative management of difficult phalangeal fractures // Clin. Orthop. Relat. Res. 1987. No 214. P. 23-30.
26. Lagrange J., Rigault P. Fractures supracondyliennes // Rev. Chir. Orthop. 1962. Vol. 48. P. 337-414.
27. Zhao C. Outcomes of different operations for distal forearm fractures in children // Zhonghua Yi Xue Za Zhi. 2015. Vol. 95, No 15. P. 1168-1170. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.15.012.
28. Spiegel P.G., Mast J.W. Internal and external fixation of fractures in children // Orthop. Clin. North Am. 1980. Vol. 11, No 3. P. 405-421.
29. Lascombes P. Flexible intramedullary nailing in children. The Nancy University manual. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
30. Flexible intramedullary nailing in children: nail to medullary canal diameters optimal ratio / P. Lascombes, H. Huber, R. Fay, D. Popkov, T. Haumont, P. Journeau // J. Pediatr. Orthop. 2013. Vol. 33, No 4. P. 403-408. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318285c54d.
31. Fractures supra-condyliennes de l'humérus de l'enfant: traitement par embrochage descendant / J. Prévot, P. Lascombes, J.P. Métaizeau, D. Blanquart // Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 1990. Vol. 76, No 3. P. 191-197.
32. The outcome of early revision of malaligned pediatric supracondylar humerus fractures / O. Or, Y. Weil, N. Simanovsky, A. Panski, V. Goldman, R. Lamdan // Injury. 2015. Vol. 46, No 8. P. 1585-1590. DOI: 10.1016/j.injury.2015.04.022.
33. Eberl R., Weinberg A.M. Posttraumatische Korrekturoperationen am kindlichen Ellenbogen // Unfallchirurg. 2010. Vol. 113, No 2. P. 139-148. DOI: 10.1007/s00113-009-1728-1725.
34. Slongo T. Radial external Fixateur zur geschlossenen Behandlung problematischer suprakondylärer Humerusfrakturen Typ III und IV bei Kindern und Jugendlichen. Eine neue chirurgische Technik // Oper. Orthop. Traumatol. 2014. Vol. 26, No 1. P. 75-96. DOI: 10.1007/s00064-013-0291-y.

35. Gugenheim J.J. Jr. The Ilizarov fixator for pediatric and adolescent supracondylar fracture variants // *J. Pediatr. Orthop.* 2000. Vol. 20, No 2. P. 177-182.
36. A comparative study of two percutaneous pinning techniques (lateral vs medial-lateral) for Gartland type III pediatric supracondylar fracture of the humerus / K. Prashant, D. Lakhotia, T.D. Bhattacharyya, A.K. Mahanta, A. Ravooof // *J. Orthop. Traumatol.* 2016. Vol. 17, No 3. P. 223-229. DOI: 10.1007/s10195-016-0410-2.
37. Biomechanical comparison of different external fixator configurations for stabilization of supracondylar humerus fractures in children / L. Hohloch, L. Konstantinidis, F.C. Wagner, P.C. Strohm, N.P. Südkamp, K. Reising // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* 2016. Vol. 32. P. 118-123. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.12.003.
38. The outcomes of displaced paediatric distal radius fractures treated with percutaneous Kirschner wire fixation: a review of 248 cases / D.N. Ramoutar, F.S. Shivji, J.N. Rodrigues, J.B. Hunter // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2015. Vol. 25, No 3. P. 471-476. DOI: 10.1007/s00590-014-1553-6.
39. Wójcik K., Wojciechowski P., Kusz D. Leczenie operacyjne urazowego uszkodzenia dalszej nasady kości udowej typu II wg Saltera-Harrisa // *Chir. Narządów Ruchu Ortop.* Pol. 1998. Vol. 63, No 2. P. 143-149.
40. Oberle M., Bonetta M., Schlickewei W. Operative Therapie der kniegelenknahen Epiphyseolyse // *Oper. Orthop. Traumatol.* 2008. Vol. 20, No 4-5. P. 387-395. DOI: 10.1007/s00064-008-1410-z.
41. Fractures-décollements épiphysaires de type SalterII de l'extrémité distale du fémur chez l'adolescent : nouvelle proposition thérapeutique (étude préliminaire) / G. Edgard-Rosa, F. Launay, Y. Glard, J.M. Guillaume, J.L. Jouve, G. Bollini // *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* 2008. Vol. 94, No 6. P. 546-551. DOI: 10.1016/j.rco.2008.01.007.
42. Treatment of pediatric distal femur fractures by external fixator combined with limited internal fixation / S.W. Wei, Z.Y. Shi, J.Z. Hu, H. Wu // *Zhongguo Gu Shang.* 2016. Vol. 29, No 3. P. 275-278.
43. The normal radiological anteroposterior alignment of the lower limb in children / D. Popkov, P. Lascombes, N. Berte, L. Hetzel, B.R. Baptista, A. Popkov, P. Journeau // *Skeletal Radiol.* 2015. Vol. 44, No 2. P. 197-206. DOI: 10.1007/s00256-014-1953-z.
44. Outcome of distal tibia physeal fractures: a review of cases as related to risk factors / F. D'Angelo, G. Solarino, D. Tanas, A. Zani, P. Cherubino, B. Moretti // *Injury.* 2017. Vol. 48, No Suppl. 3. P. S7-S11. DOI: 10.1016/S0020-1383(17)30650-2.
45. Barmada A., Gaynor T., Mubarak S.J. Premature physeal closure following distal tibia physeal fractures: a new radiographic predictor // *J. Pediatr. Orthop.* 2003. Vol. 23, No 6. P. 733-739. DOI: 10.1097/00004694-200311000-00010.
46. Korobeinikov A., Popkov D. Use of external fixation for juxta-articular fractures in children // *Injury.* 2019. Vol. 50, No Suppl. 1. P. S87-S94. DOI: 10.1016/j.injury.2019.03.043.
47. Сысенко Ю.М., Насыров М.З. Лечение детей с эпи- и остеоэпифизеолизами длинных трубчатых костей методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову // *Гений ортопедии.* 2001. № 4. С. 92-96.

Рукопись поступила 28.06.2021

#### Сведения об авторах:

1. Коробейников Анатолий Анатольевич, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, ГБУ КОДКБ им. Красного Креста, г. Курган, Россия
2. Аранович Анна Майоровна, д. м. н., профессор, ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: aranovich\_anna@mail.ru
3. Попков Дмитрий Арнольдович, д. м. н., профессор РАН, член-корр. Французской Академии медицинских наук, ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: dpopkov@mail.ru

#### Information about the authors:

1. Anatoly A. Korobeinikov, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Kurgan Regional Children's Clinical Hospital named after the Red Cross, Kurgan, Russian Federation
2. Anna M. Aranovich, M.D., Ph.D., Professor, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: aranovich\_anna@mail.ru
3. Dmitry A. Popkov, M.D., Ph.D., Professor of RAS, correspondent member French Academy of Medical Sciences, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: dpopkov@mail.ru