

УДК 616.71-018.46-002-089.227.84-036.8

DOI 10.20538/1682-0363-2017-1-6-12

Для цитирования: Аранович А.М., Тушина Н.В., Киреева Е.А., Гофман Ф.Ф. Комплексная оценка лечения пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита методом интрамедуллярного напряженного армирования. *Бюллетень сибирской медицины*. 2017; 16 (1): 6–12

## Комплексная оценка лечения пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита методом интрамедуллярного напряженного армирования

Аранович А.М., Тушина Н.В., Киреева Е.А., Гофман Ф.Ф.

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»  
им. акад. Г.А. Илизарова (РНЦ «ВТО»)  
Россия, 640014, г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6

### РЕЗЮМЕ

**Цель** – оценка опыта лечения пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита с использованием методики интрамедуллярного напряженного армирования (ИМА).

**Материал и методы.** Проанализированы данные лечения 25 пациентов в возрасте 12–17 лет с укорочением плечевой кости после перенесенного гематогенного остеомиелита. Пациенты были разделены на две группы: в группе I для удлинения плеча использовали методику биллокального дистракционного остеосинтеза ( $n = 15$ ); в группе II для удлинения плеча применяли методику биллокального дистракционного остеосинтеза с использованием интрамедуллярного напряженного армирования ( $n = 10$ ). У пациентов группы II методика удлинения плеча имеет небольшие особенности: интрамедуллярные спицы, предварительно изогнутые, через противоположные метафизарные отделы вводят навстречу друг к другу. Изгибы спиц ориентируются с учетом деформаций.

**Результаты.** Применение методики ИМА позволило сократить индекс остеосинтеза в среднем на 4,6 дней/см ( $p < 0,05$ ). При этом длительность сроков восстановления движений в плечевом и локтевом суставах у пациентов обеих групп после лечения значимо не отличалась. При оценке безопасности применения ИМА не выявлено отличий по нежелательным событиям. Изменения биохимических показателей, отмеченных у пациентов группы с ИМА, были типичны для пациентов, которым проводилось удлинение костей конечностей по Илизарову.

**Заключение.** По клиническим данным, а также по данным дополнительных методов исследования значимых противопоказаний в плане безопасности применения ИМА при удлинении плеча у пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита не выявлено.

**Ключевые слова:** дистракционный остеосинтез, интрамедуллярное армирование, укорочение плеча, гематогенный остеомиелит, биохимия крови.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время постоянно увеличивается количество травм верхних конечностей с повреждением ростковых зон у детей, которые приводят к уменьшению продольной величины

сегментов. Причинами укорочения плеча также могут являться гематогенный остеомиелит, перенесенный в младенческом возрасте, акушерский паралич, врожденная аномалия развития верхних конечностей. Доля пациентов с укорочением верхней конечности довольно высока и составляет, по данным К.И. Новикова (2005), А.М. Аранович (2006), 20–57,54% от общего количества

✉ Тушина Наталья Владимировна, e-mail: ntushina76@mail.ru.

ортопедических больных с патологией верхней конечности различной этиологии [1, 2]. Для лечения пациентов данной группы применяют классический вариант дистракционного остеосинтеза. Однако в настоящее время улучшение результатов оперативного удлинения конечностей и сокращение сроков лечения данных пациентов остаются актуальными. В частности, экспериментальными работами показано, что при интрамедуллярном напряженном остеосинтезе противозогнутыми спицами в ходе удлинения у животных происходит стимуляция репаративного остеогенеза, что сокращает сроки перестройки регенерата в органотипическую кость [3]. В клинической практике РНЦ «ВТО» имени акад. Г.А. Илизарова при удлинении костей конечностей для стимуляции репаративного остеогенеза находит свое применение интрамедуллярное армирование (ИМА) кости (патент на изобретение РФ № 2232555) в сочетании с остеосинтезом аппаратом внешней фиксации [4–7]. К настоящему времени в клинике РНЦ «ВТО» имени акад. Г.А. Илизарова накоплен определенный материал, позволяющий провести предварительную сравнительную оценку применения ИМА у пациентов с приобретенными укорочениями костей конечности.

Цель исследования – оценка опыта лечения пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита с использованием методики интрамедуллярного напряженного армирования.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Общая характеристика пациентов.** В исследование включены 25 пациентов в возрасте 12–17 лет с укорочением плечевой кости после перенесенного гематогенного остеомиелита, которым было показано оперативное удлинение, величина укорочения составляла 40–50% от длины сегмента.

Пациенты были разделены на две группы (рандомизация проведена с применением таблиц случайных чисел): в группе I для удлинения плеча использовали методику билокального дистракционного остеосинтеза ( $n = 15$ ); в группе II для удлинения плеча применяли методику билокального дистракционного остеосинтеза с использованием интрамедуллярного напряженного армирования ( $n = 10$ ). У пациентов группы II методика удлинения плеча имеет небольшие особенности: интрамедуллярные спицы, предварительно изогнутые, через противоположные метафизарные отделы вводят навстречу друг к другу. Изгибы спиц ориентируются с учетом деформаций (рис.).

**Клинико-демографическая характеристика** пациентов обследованных групп выглядела следующим образом. В группу I было включено 8 мальчиков и 7 девочек в возрасте ( $14,8 \pm 2,1$ ) года (12–17 лет), средняя величина укорочения составила ( $9,1 \pm 1,4$ ) см (7–11 см). В группу II – 5 мальчиков и 5 девочек в возрасте ( $14,7 \pm 2,1$ ) года (12–17 лет), средняя величина укорочения – ( $8,9 \pm 1,2$ ) см (8–10,5 см).

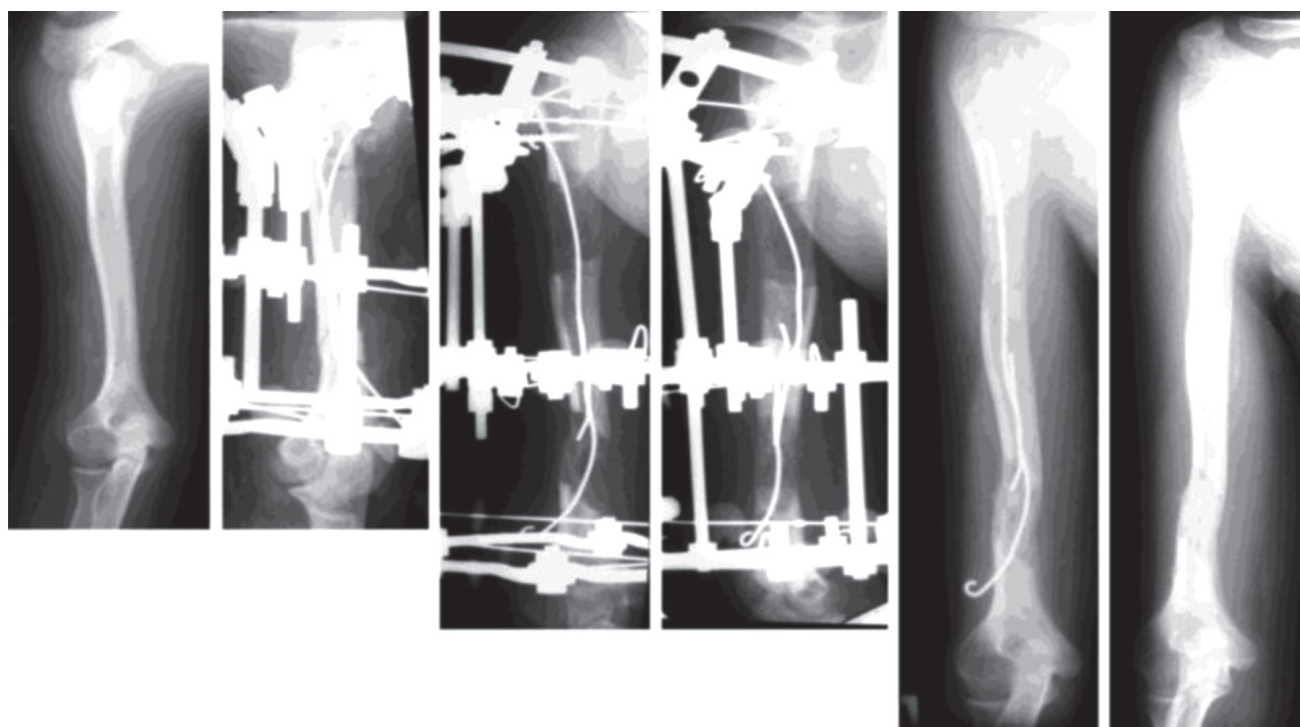


Рисунок. Рентгенограммы плеча при удлинении плечевой кости с использованием интрамедуллярного напряженного армирования

Достоверных различий представленных показателей между сравниваемыми группами не было.

**Оценка эффективности.** Эффективность методики оценивали по следующим показателям: 1) индекс фиксации, равный соотношению длительности фиксации на достигнутую величину удлинения (дней/см); 2) индекс остеосинтеза, равный соотношению длительности стационарного лечения (дистракция + фиксация) на достигнутую величину удлинения (дней/см); 3) функциональное состояние конечностей пациентов; 4) изменения маркеров костного обмена – фосфатазы крови (щелочная (ЩФ) и тартратрезистентная кислая (ТрКФ)) и уровня ионизированного кальция.

**Оценка безопасности.** Безопасность сравниваемых методик оценивали по следующим показателям: 1) число нежелательных событий (аллергия, отеки, воспаление, состояние параоссальных тканей), отмеченных в ходе лечения и на ранних сроках после окончания лечения; 2) биохимические показатели сыворотки крови: общий белок крови, альбумин-глобулиновый коэффициент (А/Г), активность креатинфосфокиназы (КК).

**Методы биохимического анализа.** Концентрацию общего белка, альбумина, общего кальция, а также активность ферментов определяли на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi/ВМ 902 (F. Hoffmann–La Roche Ltd./Roche Diagnostics GmbH, Япония), используя наборы реагентов фирмы Vital Diagnostics (Россия). Альбумин-глобулиновый коэффициент рассчитывали из отношения концентрации альбумина к разнице между концентрациями общего белка и альбумина (альбумин/[общий белок – альбумин]). Концентрацию ионизированного кальция рассчитывали из содержания общего кальция по белку сыворотки [8]. Выбор указанных биохимических тестов для оценки эффективности и безопасности методов лечения ортопедотравматологической патологии основан на результатах ряда работ [9–11].

В качестве референсных величин (значения нормы) для биохимических показателей использовали собственные данные, для чего исследовали сыворотку крови 20 практически здоровых детей в возрасте 12–17 лет.

**Анализ данных.** В таблицах результаты представлены в виде средней арифметической и стандартного отклонения ( $X_i \pm SD$ ). Изучаемые в динамике лечения биохимические показатели сыворотки крови пациентов сравнивали с их дооперационными значениями, при этом для выявления значимости различий использовали непараметрический W-критерий Вилкоксона. Достоверность

межгрупповых различий (две клинические группы и группа здоровых детей) клинических и лабораторных показателей определяли с помощью непараметрического H-критерия Краскела – Уоллиса с последовательным применением Q-критерия Данна [12]. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости  $p < 0,05$ . Обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения пакета анализа данных AtteStat©. Данные от всех пациентов, участвующих в исследовании, включены в статистический анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Оценка эффективности.** Сравнительные данные длительности остеосинтеза в обследованных группах представлены в табл. 1. Обнаружены статистически значимые отличия индекса фиксации и индекса остеосинтеза у пациентов группы II относительно группы I.

Т а б л и ц а 1

| Показатели длительности остеосинтеза у пациентов сравниваемых групп, $X_i \pm SD$ |            |             |
|---|------------|-------------|
| Показатель  | Группа I   | Группа II   |
| Величина удлинения, см  | 9,7 ± 1,5  | 9,2 ± 1,4   |
| Индекс фиксации, дней/см  | 9,6 ± 2,1  | 6,4 ± 1,4*  |
| Индекс остеосинтеза, дней/см  | 16,9 ± 2,8 | 12,3 ± 1,8* |

\*  $p < 0,05$ .

Длительность сроков восстановления движений в плечевом и локтевом суставах до исходного уровня у пациентов обеих групп после лечения значимо не отличалась. К 6-му мес после снятия аппарата у 100% больных обеих групп движения в локтевом суставе определялись в полном объеме. Восстановление исходной амплитуды движений в плечевом суставе отмечалось к 8-му мес после снятия аппарата у 100% пациентов обеих групп.

Изменение маркеров костного и минерального обмена сыворотки крови в динамике лечения пациентов обследованных групп представлено в табл. 2. В сыворотке крови у пациентов группы II отмечалось статистически значимое увеличение активности щелочной фосфатазы относительно дооперационных значений на сроках обследования, причем к концу дистракции выявлены значимые межгрупповые отличия значений активности данного фермента. На этом фоне у пациентов обеих групп (леченных без ИМА и с ИМА) отмечалась тенденция к увеличению активности тартратрезистентной кислой фосфатазы в сыворотке крови. Значимый рост активности ТрКФ у пациентов, пролеченных с примени-

ем ИМА, отмечался на сроке снятия аппарата. Концентрация ионизированного кальция в сыворотке крови пациентов обеих групп статисти-

чески значимо не отличалась как по сравнению с нормой и дооперационными значениями, так и между группами.

Т а б л и ц а 2

| Изменения активности фосфатаз и концентрация ионизированного кальция в сыворотке крови у пациентов с укорочениями плечевой кости после перенесенного гематогенного остеомиелита в динамике оперативного лечения, $X_i \pm SD$ |          |            |             |              |                |             |
|---|----------|------------|-------------|--------------|----------------|-------------|
| Показатель  | ЩФ, Е/л  |            | ТрКФ, Е/л   |              | СаИОН, ммоль/л |             |
|   | Группа I | Группа II  | Группа I    | Группа II    | Группа I       | Группа II   |
| Норма   | 140 ± 26 | 140 ± 26   | 4,80 ± 1,20 | 4,80 ± 1,20  | 1,16 ± 0,08    | 1,16 ± 0,08 |
| До операции   | 151 ± 43 | 145 ± 31   | 6,16 ± 2,29 | 5,89 ± 1,57  | 1,15 ± 0,02    | 1,16 ± 0,04 |
| 14-е сут distraction  | 176 ± 41 | 146 ± 51   | 7,44 ± 1,50 | 6,60 ± 1,13  | 1,19 ± 0,10    | 1,16 ± 0,09 |
| Конец distraction   | 161 ± 46 | 234 ± 31*# | 6,94 ± 1,91 | 6,75 ± 1,06  | 1,22 ± 0,10    | 1,18 ± 0,10 |
| Конец фиксации  | 147 ± 53 | 246 ± 61*  | 5,67 ± 1,30 | 7,25 ± 1,20* | 1,13 ± 0,07    | 1,17 ± 0,09 |

\* значения, статистически значимо отличающиеся от дооперационных значений при  $p < 0,05$ ; # достоверные различия между группами,  $p < 0,05$ .

**Оценка безопасности.** Серьезных нежелательных событий (аллергические реакции, отеки, воспаления) у пациентов обеих групп в ходе лечения не отмечалось.

По данным дополнительных методов обследования существенных различий между ис-

следуемыми группами не выявлено. Так, активность КК-маркера повреждения скелетных мышц статистически значимо относительно дооперационных значений у пациентов обеих групп не изменялась на всех сроках наблюдения (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

| Активность креатинкиназы, концентрация общего белка и альбумин-глобулиновый коэффициент сыворотки крови у пациентов с укорочениями плечевой кости после перенесенного гематогенного остеомиелита в динамике оперативного лечения, $X_i \pm SD$ |          |           |                  |           |              |              |
|--|----------|-----------|------------------|-----------|--------------|--------------|
| Показатель   | КК, Е/л  |           | Общий белок, г/л |           | А/Г          |              |
|  | Группа I | Группа II | Группа I         | Группа II | Группа I     | Группа II    |
| Норма  | 78 ± 7   | 78 ± 7    | 74 ± 3           | 74 ± 3    | 1,53 ± 0,15  | 1,53 ± 0,15  |
| До операции  | 62 ± 12  | 62 ± 12   | 75 ± 5           | 76 ± 5    | 1,51 ± 0,13  | 1,49 ± 0,13  |
| 14-е сут distraction   | 71 ± 10  | 70 ± 13   | 68 ± 7           | 75 ± 4    | 1,17 ± 0,12* | 1,27 ± 0,11* |
| Конец distraction  | 82 ± 31  | 50 ± 5    | 64 ± 3*          | 67 ± 4*   | 1,16 ± 0,09* | 1,14 ± 0,19* |
| Конец фиксации   | 68 ± 25  | 66 ± 21   | 74 ± 5           | 79 ± 4    | 1,25 ± 0,20* | 1,20 ± 0,18* |

\* значения, статистически значимо отличающиеся от дооперационных значений при  $p < 0,05$ .

Концентрация общего белка в сыворотке крови обследованных пациентов обеих групп к концу этапа distraction была значимо ниже дооперационного уровня. С прекращением distraction усилий на этапе фиксации концентрация общего белка в крови пациентов возвращалась к дооперационным значениям. Коэффициент А/Г был ниже дооперационного уровня у пациентов обеих групп на всех сроках обследования. При этом анализ показал, что если на этапе distraction уменьшение коэффициента А/Г происходило из-за снижения концентрации альбумина и роста уровня глобулинов, то в конце фиксации – только из-за снижения альбумина.

Результаты проведенного исследования показали, что удлинение плечевой кости с применением ИМА позволило снизить длительность остеосинтеза у пациентов с приобретенным укорочением плечевой кости. Однако при этом более раннего восстановления функции суставов опе-

рированного сегмента в группе с применением ИМА не отмечалось. Изменения биохимических показателей костного и минерального обмена свидетельствовали о том, что использование ИМА у пациентов при удлинении плечевой кости в большей степени, чем у пациентов, пролеченных без использования ИМА, активировало остеорепаративные процессы, которые реализовались благодаря активации остеосинтетических процессов, нежели за счет снижения остеорезорбтивной активности без нарушений кальциевого баланса.

При оценке безопасности не выявлено отличий по нежелательным событиям в группе пациентов с ИМА. Наблюдаемые изменения биохимических показателей сыворотки крови не связаны с применением ИМА. Так, аналогичные изменения активности КК отмечаются и при оперативном восстановлении длины конечности у пациентов с посттравматическими укорочениями костей нижней конечности [13], а гипопро-



теинемия, рост уровня глобулинов, переходящие в устойчивую диспротеинемию, вполне типичны для пациентов, которым проводится удлинение костей конечностей по Илизарову [14, 15]. Тем не менее наблюдаемые изменения белкового обмена могут являться одним из факторов, лимитирующих продолжительность distraction. Поэтому с увеличением длительности distraction необходимость контроля и коррекции гипопропротеинемии возрастает.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет отметить, что применение методики интрамедуллярного напряженного армирования позволило сократить индекс остеосинтеза в среднем на 4,6 дней/см, что, однако, не влияло на более раннее восстановление функциональной активности в суставах. По клиническим данным, а также по данным дополнительных методов исследования, значимых противопоказаний в плане безопасности применения ИМА при удлинении плеча у пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита не выявлено.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

## СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Перед включением в исследование от каждого пациента и их законных представителей было получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Исследование было одобрено локальным комитетом по этике при ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, протокол № 3 (16), дата заседания 2 сентября 2010 года.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аранович А.М., Климов О.В., Диндиберя Е.В. Анатомо-функциональное состояние верхней конечности у больных ахондроплазией в отдаленные после удлинения плеча сроки // *Гений ортопедии*. 2006; 1: 31–33.
2. Новиков К.И., Дьячкова Г.В., Климов О.В. Рациональный способ удлинения плеча у больных ахондроплазией // *Гений ортопедии*. 2005; 2: 38–41.
3. Попков Д.А., Кононович Н.А., Мингазов Э.Р., Шутов Р.Б., Барбье Д. Интрамедуллярный эластичный трансфизарный остеосинтез большеберцовой кости и его влияние на рост сегмента // *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2015; 4 (70): 441–449.
4. Попков А.В., Аранович А.М., Новиков К.И., Мингазов Э.Р., Попков Д.А. Удлинение голени у детей комбинированной методикой с применением высокодобротной круглосуточной distraction // *Гений ортопедии*. 2016; 2: 51–56. doi: 10.18019/1028-4427-2016-2-51-56.
5. Попков А.В., Попков Д.А., Гребенюк Е.Б., Мурадисинов С.О. Удлинение предплечья с напряженным интрамедуллярным армированием // *Гений ортопедии*. 2007; 1: 85–89.
6. Barbier D., Neretin A., Journeau P., Popkov D. Gradual Metatarsal Lengthening by External Fixation: A New Classification of Complications and a Stable Technique to Minimize Severe Complications // *Foot Ankle Int*. 2015; 36 (11): 1369–1377. doi: 10.1177/1071100715593373.
7. Lascombes P. Embrochage centromédullaire élastique stable en traumatologie orthopédique. Données actuelles. Cahier d'Enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française, 2001: 275–300.
8. Справочник по лабораторным методам исследования / под ред. Л.А. Даниловой. СПб: Питер, 2003: 736.
9. Кузнецова Л.С., Лунева С.Н., Ковинька М.А., Стогов М.В. Использование интегральных показателей в травматологии и ортопедии // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2002; 10: 18.
10. Стогов М.В. Оценка метаболического статуса организма при скелетной травме // *Гений ортопедии*. 2009; 3: 103–106.
11. Стогов М.В., Кузнецова Л.С., Лунева С.Н., С.А. Ерофеев. Особенности энергетического метаболизма скелетных мышц собак в условиях удлинения голени по Илизарову // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2002; 6: 176–179.
12. Гланц С. Медико-биологическая статистика / пер. с англ. М.: Практика, 1998: 459.
13. Ковинька М.А., Стогов М.В., Тушина Н.В., Гофман Ф.Ф. Динамика биохимических показателей сыворотки крови у пациентов с посттравматическими укорочениями костей конечности в процессе лечения методом Илизарова // *Гений ортопедии*. 2011; 4: 35–38.
14. Аранович А.М., Лунева С.Н., Ткачук Е.А., Ковинька М.А., Тушина Н.В., Шутов Р.Б. Мониторинг биохимических показателей сыворотки крови у детей с врожденными укорочениями нижних конечностей при оперативном удлинении // *Гений ортопедии*. 2010; 4: 80–83.
15. Новиков К.И., Стогов М.В., Мурадисинов С.О., Колесникова Э.С., Киреева Е.А. Изменение биохимических показателей сыворотки крови при удлинении голени в проксимальной трети методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову // *Гений ортопедии*. 2015; 1: 40–42. doi: 10.18019/1028-4427-2015-1-40-42.

Поступила в редакцию 21.09.2016

Утверждена к печати 19.12.2016

**Аранович Анна Майоровна**, д-р мед. наук, профессор, зав. травматолого-ортопедическим отделением № 17, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова», г. Курган, Россия.

**Тушина Наталья Владимировна**, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории биохимии, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова», г. Курган, Россия.

**Киреева Елена Анатольевна**, канд. биол. наук, ст. научный сотрудник лаборатории биохимии, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова», г. Курган, Россия.

**Гофман Федор Федорович**, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 17, Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, г. Курган, Россия.

(✉) Тушина Наталья Владимировна, e-mail: ntushina76@mail.ru.

УДК 616.71-018.46-002-089.227.84-036.8

DOI 10.20538/1682-0363-2017-1-6-12

For citation: Aranovich A.M., Tushina N.V., Kireeva E.A., Gofman F.F. Assessment of experience of treatment of patients with consequent osteomyelitis using the technique of intramedullary stressed reinforcement. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2017; 16 (1): 6-12

## Assessment of experience of treatment of patients with consequences osteomyelitis using the technique of intramedullary stressed reinforcement

Aranovich A.M., Tushina N.V., Kireeva E.A., Gofman F.F.

*Russian Ilizarov Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopaedics"*  
6, M. Ulianova Str., Kurgan, 640014, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim.** Evaluation of the experience of treatment of patients with consequences of hematogenous osteomyelitis using the technique of intramedullary reinforcement.

**Materials and methods.** The data treatment of 25 patients aged 12 to 17 years with a shortening of the humerus after hematogenous osteomyelitis. Patients were divided into two groups: the first ( $n = 15$ ) – to extend the shoulder technique was used bifocal distraction osteosynthesis; the second ( $n = 10$ ) – to extend the shoulder technique used bifocal distraction osteosynthesis using intramedullary reinforcement (IMR).

**Results.** Applying the methodology IMR reduced the fixation index by an average of 4,6 days/cm ( $p < 0,05$ ). Long term recovery movement in the shoulder and elbow joints of patients in both groups after the treatment was not significantly different. In assessing the safety of the IMA revealed no differences in adverse events. Changes of biochemical parameters marked in patients with IMA group, were typical of patients undergoing limb lengthening by Ilizarov.

**Conclusion.** According to clinical data, as well as according to other research methods, contraindications in terms of the safety of the IMR with the humerus lengthening in patients with consequences of osteomyelitis is not revealed.

**Key words:** distraction osteosynthesis, intramedullary reinforcement, shoulder shortening, biochemistry of blood, hematogenous osteomyelitis.

### REFERENCES

1. Aranovich A.M., Klimov O.V., Dindiberya E.V. Anatomico-funktsional'noye sostoyaniye verkhney konechnosti u bol'nykh akhondroplaziyey v otdalennyye posle udlineniya plecha sroki [The anatomic-and-functional condition of the upper limb in patients with achondroplasia in the long-term periods after humeral lengthening] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2006; 1: 31–33 (in Russian).
2. Novikov K.I., Dyachkova G.V., Klimov O.V. Ratsional'nyy sposob udlineniya plecha u bol'nykh akhondroplaziyey [The best way of humeral lengthening in patients with achondroplasia] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2005; 2: 38–41 (in Russian).

3. Popkov D.A., Kononovich N.A., Mingazov Je.R., Shutov R.B., Barb'e D. Intramedullarnyj jelasticznyj transfizarnyj osteosintez bol'shebercovoj kosti i ego vlijanie na rost segmenta [Intramedullary Elastic Transphyseal Tibial Osteosynthesis and Its Effect on Segmental Growth] // *Vestnik Rossijskoj Akademii Meditsinskikh Nauk – Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2015; 4 (70): 441–449 (in Russian).
4. Popkov A.V., Aranovich A.M., Novikov K.I., Mingazov Je.R., Popkov D.A. Udlinenie goleni u detej kombinirovannoj metodikoj s primeneniem vysokodrobnoj kruglosutochnoj distrakcii [Leg lengthening in children by the combined technique using high-divisional round-the-clock distraction] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2016; 2: 51–56 (in Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2016-2-51-56.
5. Popkov A.V., Popkov D.A., Grebenyuk E.B., Muradisinov S.O. Udlineniye predplech'ya s napryazhennym intramedullarnym armirovaniyem [Forearm lengthening with stressed intramedullary reinforcement] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2007; 1: 85–89 (in Russian).
6. Barbier D, Neretin A, Journeau P, Popkov D. Gradual Metatarsal Lengthening by External Fixation: A New Classification of Complications and a Stable Technique to Minimize Severe Complications // *Foot Ankle Int*. 2015; 36 (11): 1369–77. doi: 10.1177/1071100715593373.
7. Lascombes P. Embrochage centromédullaire élastique stable en traumatologie orthopédique. Données actuelles. Cahier d'Enseignement de la SOFCOT. Paris : Expansion Scientifique Française. 2001; 275–300.
8. Spravochnik po laboratornym metodam issledovaniya [Handbook of laboratory methods]. Pod red. L.A. Danilovoy. SPb., 2003; 736 (in Russian).
9. Kuznetsova L.S., Luneva S.N., Kovinka M.A., Stogov M.V. Ispol'zovaniye integral'nykh pokazateley v travmatologii i ortopedii [The use of integrated indicators in traumatology and orthopedics] // *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika – Russian clinical laboratory diagnostic*. 2002; 10: 18 (in Russian).
10. Stogov M.V. Otsenka metabolicheskogo statusa organizma pri skeletnoy travme [The assessment of organism metabolic state for skeletal trauma] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2009; 3: 103–106 (in Russian).
11. Stogov M.V., Kuznetsova L.S., Luneva S.N., Erofeev S.A. Osobennosti energeticheskogo metabolizma skeletnykh myshts sobak v usloviyakh udlineniya goleni po Ilizarovu [Energy metabolism in skeletal muscles of dogs with leg lengthening by the Ilizarov method] // *Byulleten' VSNTS SO RAMN*. 2002; 6: 176–179 (in Russian).
12. Glantz S. Mediko-biologicheskaja statistika [Primer of Biostatistics]. M.: Praktika, 1998; 459 (in Russian).
13. Kovinka M.A., Stogov M.V., Tushina N.V., Gofman F.F. Dinamika biokhimicheskikh pokazateley syvorotki krovi u patsiyentov s posttravmaticheskimi ukorocheniyami kostey konechnosti v protsesse lecheniya metodom Ilizirova [Dynamics of blood serum biochemical values in patients with limb bone posttraumatic shortenings in the process of treatment according to Ilizarov] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2011; 4: 35–38 (in Russian).
14. Aranovich A.M., Luneva S.N., Tkachuk E.A., Kovinka M.A., Tushina N.V., Shutov R.B. Monitoring biokhimicheskikh pokazateley syvorotki krovi u detey s vrozhdennymi ukorocheniyami nizhnikh konechnostey pri operativnom udlinenii [Monitoring of blood serum biochemical values in children with congenital shortenings of lower limbs for surgical lengthening] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2010; 4: 80–83 (in Russian).
15. Novikov K.I., Stogov M.V., Muradisinov S.O., Kolesnikova E.S., Kireeva E.A. Izmeneniye biokhimicheskikh pokazateley syvorotki krovi pri udlinenii goleni v proksimal'noy treti metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu [The change in blood serum biochemical parameters for leg proximal third lengthening by transosseous osteosynthesis method according to Ilizarov] // *Genij ortopedii – Genius of Orthopaedics*. 2015; 1: 40–42 (in Russian). doi: 10.18019/1028-4427-2015-1-40-42

Received September 21.2016

Accepted December 19.2016

**Aranovich Anna M.**, DM, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics N 17, Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics”, Kurgan, Russian Federation.

**Tushina Natal'ya V.**, PhD, Researcher of the Laboratory of Biochemistry, Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics”, Kurgan, Russian Federation.

**Kireeva Elena A.**, PhD, Senior Researcher of the Laboratory of Biochemistry, Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics”, Kurgan, Russian Federation.

**Gofman Fedor F.**, Doctor-orthopedist, Department of Traumatology and Orthopaedics N 17, Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics”, Kurgan, Russian Federation.

(✉) Tushina Natal'ya V., e-mail: ntushina76@mail.ru.