

Аппарат внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова. Оценка клинической эффективности и безопасности (обзор литературы)

Ю.П. Солдатов¹, М.В. Стогов¹, Е.Н. Овчинников¹, А.В. Губин¹, Н.В. Городнова²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия
²Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

Evaluation of clinical efficacy and safety of the Ilizarov apparatus for external fixation (literature review)

Yu.P. Soldatov¹, M.V. Stogov¹, E.N. Ovchinnikov¹, A.V. Gubin¹, N.V. Gorodnova²

¹Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation,
²Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

Цель. Ретроспективный анализ клинической эффективности и безопасности применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова. **Материалы и методы.** Анализ и оценка клинических данных выполнены на основе изучения 107 литературных источников. Для оценки эффективности изучено 4200 клинических случаев, для анализа безопасности – 6274. **Результаты.** Проведенный анализ свидетельствует о высокой клинической эффективности использования аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова (в разных компоновках) в решении широкого спектра практических задач в области травматологии и ортопедии. По итогам проведенного исследования подтверждена высокая клиническая эффективность аппаратного лечения как в среднем (около 95 % положительных исходов), так и по отдельным нозологическим группам пациентов (не ниже 90 % положительных исходов). Оценивая имеющиеся данные безопасности использования аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова (в разных компоновках), можно заключить, что частоту нежелательных событий, зафиксированную по данным проведенного анализа, можно признать приемлемой. Среди всех нежелательных событий, события, классифицированные как нежелательное воздействие изделия, составили 17,03 % (5÷95 % ДИ: 16,11÷17,97 %).

Ключевые слова: аппарат Илизарова, клиническая эффективность и безопасность

Purpose A retrospective analysis of clinical efficacy and safety of using the external fixation apparatus of G.A. Ilizarov's design. **Materials and methods** Analysis and evaluation of clinical data was performed using 107 literary sources. 4.200 clinical cases were studied to evaluate effectiveness, and 6.274 cases to assess safety. **Results** The analysis revealed a high clinical efficacy of using the Ilizarov apparatus for external fixation (various assemblies) in solving a wide range of practical problems in the field of traumatology and orthopedics. According to the results of the study, its high clinical treatment effectiveness was confirmed both on the use of the method in general (about 95 % of positive outcomes), and in specific nosological groups of patients (not lower than 90 % of positive outcomes). After having assessed the available data on the safety in the application of the Ilizarov apparatus for external fixation (various assemblies), we can conclude that the rates of adverse events, recorded in the literature analyzed, can be considered acceptable. Among all those events, the events classified as adverse effects of the product amounted to 17.03 % (5 ÷ 95 % CI: 16.11 ÷ 17.97 %).

Keywords: Ilizarov apparatus, clinical efficacy and safety

ВВЕДЕНИЕ

В практике современной хирургии опорно-двигательной системы применение аппарата внешней фиксации, разработанного Г.А. Илизаровым, позволяет достигать существенных положительных результатов при лечении широкого спектра патологии костно-мышечной системы [1–3]. Разрабатываются и комбинированные методики, позволяющие использовать аппарат Илизарова с другими технологиями лечения пациентов ортопедотравматологического профиля [4–10].

Наряду с накоплением опыта применения аппаратов внешней фиксации выявляется и ряд проблем при их клиническом применении: наличие рисков развития контрактур суставов, сосудистых и неврологических осложнений; формирование «ишемических» регенератов; проблема проникновения инфекционных агентов

по элементам конструкции аппарата внешней фиксации [11–22].

Таким образом, к настоящему времени складывается следующая картина: востребованность аппаратов внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова и их комплектующих для реализации технологий лечения пациентов ортопедотравматологического профиля методом чрескостного остеосинтеза не только сохраняется, но и растет [23, 24].

Поэтому цель настоящей серии работ – объективизировать клинические и организационно-управленческие риски применения аппарата Илизарова. Первая часть исследования посвящена оценке клинической эффективности и безопасности применения аппарата Илизарова в практике травматологии и ортопедии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ клинической эффективности и безопасности проведен на основе литературных данных об опыте применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова.

Стратегия поиска клинических данных. Системный поиск данных о применении аппарата Илизарова проведен по открытым электронным базам данных научной литературы PubMed и eLIBRARY, а также по фондам

Медицинской библиотеки ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России как ведущего мирового учреждения по клиническому применению технологий чрескостного остеосинтеза по Илизарову.

Для поиска клинических данных использовали следующие ключевые слова: «чрескостный остеосинтез», «аппарат», «метод Илизарова», «Илизаров» (в русской и английских версиях).

Для проведения анализа и оценки клинических данных были определены следующие критерии включения и исключения источников в исследование.

Критерии включения:

1) наличие полнотекстовых источников или структурированной, с указанием конкретных количественных данных, аннотации;

2) клинические исследования с указанием того, что пациенты были пролечены с применением методик чрескостного остеосинтеза по Илизарову или с применением метода и/или аппарата Илизарова;

3) в источниках должны присутствовать количественные данные оценки результатов лечения в части его эффективности и безопасности (число положительных/ отрицательных исходов лечения, оценочные шкалы, число осложнений и т.д.), указаны авторы и/или название используемых оценочных шкал и тестов.

Критерии исключения:

1) исследования, в которых технологии чрескостного остеосинтеза используются в комбинации с другими методиками;

2) клинические примеры, пилотные и предварительные исследования;

3) исследования, имеющие признаки «дублирования» (схожий протокол исследования, схожие группы и число пациентов, схожий авторский коллектив и др.). В случае обнаружения «дублирующей» статьи выбирали более поздний по дате публикации источник.

Отдельно были проанализированы научные источники, содержащие данные исследований, в которых сравнивалась эффективность и безопасность клинического применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова с другими методами и технологиями, используемыми в ортопедии и травматологии.

Первичные и вторичные конечные точки для оценки эффективности изделия

Первичные конечные точки (процент пациентов с положительными исходами лечения на момент демонстрации аппарата Илизарова):

- процент костной консолидации;
- процент достижения запланированной величины удлинения;

Перечень литературных источников, включенных в исследование для анализа эффективности и безопасности, с данными первичных и вторичных конечных точек, представлен в списке литературы [25–131].

Данные об эффективности. Все источники были сгруппированы в четыре раздела по объединенным группам патологий в соответствии с основными назначениями аппарата Илизарова, сформулированными самим автором:

- возможность закрытой репозиции и фиксации отломков костей при переломах и ложных суставах;
- оперативное и бескровное удлинение конечностей;

– процент замещения дефекта / устранения деформации;

- процент достигнутого артродеза;
- процент положительных исходов лечения по клинико-функциональным оценочным шкалам.

Вторичные конечные точки (процент пациентов с положительными результатами при отдаленном (больше одного года после демонтажа аппарата) обследовании):

- процент положительных исходов лечения по клинико-функциональным оценочным шкалам;
- процент сохранения достигнутых результатов лечения.

Конечные точки – процент серьезных нежелательных событий и нежелательных событий, отмеченных при эксплуатации изделия.

Определение нежелательных событий и деление их по категориям в настоящем исследовании принято согласно ГОСТ Р ИСО 14155-2014 «Клинические исследования. Надлежащая клиническая практика» (пп. 3.1, 3.2, 3.15, 3.36, 3.37, 3.42).

Для оценки причинно-следственной связи между медицинским изделием и нежелательным событием в данном исследовании использовались следующие градации: связь достоверная, вероятная, возможная, маловероятная или нет связи (Письмо Росздравнадзора от 28.12.2012 N 04И-1310/12 «О порядке проведения мониторинга безопасности медицинских изделий в ходе клинических испытаний»).

До начала исследования было получено письменное одобрение локального этического комитета. Исследование проведено в соответствии с этическими нормами, установленными в Хельсинкской декларации, действующим законодательством и применимыми нормативными требованиями.

Математический анализ ретроспективных данных включал количественный анализ объединенных результатов предшествующих исследований, включающих данные по эффективности и безопасности изделия. Количественные первичные и вторичные критерии оценки эффективности и безопасности обобщены в таблицах изменений и представлены при помощи описательной статистики в виде абсолютных и относительных значений (процент от общего числа), 5÷95-процентный доверительный интервал (5÷95 % ДИ). Недостающие данные отмечены в таблицах как «нет данных» и в общей статистике не учитывались.

РЕЗУЛЬТАТЫ

– устранение деформаций и замещение дефектов длинных трубчатых костей без пересадки костных трансплантатов;

– возможность осуществлять компрессионный артродез крупных суставов или устранять стойкие их контрактуры.

Обобщенные данные показателей эффективности аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова сведены в таблице 1.

Результаты сводного анализа демонстрируют, что на момент окончания лечения (демонтаж аппарата, первичная конечная точка) число положительных ис-

ходов лечения пациентов с патологиями опорно-двигательной системы с применением аппарата Илизарова колебался от 91,43 до 98,75 %, а на момент отдаленного наблюдения (вторичная конечная точка) – от 90,91 до 100 %. Такие колебания связаны с особенностями патологии, при лечении которой был использован аппарат Илизарова.

Суммарные данные об эффективности аппарата Илизарова показали следующие значения:

- всего для анализа и оценки клинических данных было проанализировано 82 источника научной литературы, вошедшие в исследование, согласно заявленным критериям включения и исключения;
- для расчета процента положительных исходов лечения на момент демонтажа аппарата (первичная конечная точка) было проанализировано 4200 случаев;
- зафиксирован 4031 положительный исход лечения (достигнуты костная консолидация, запланированная величина удлинения, замещение дефекта, устранение деформации, артродезирование, значения клинко-функциональных оценочных шкал – на уровне «удовлетворительно» и выше);
- клиническая эффективность аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова на момент демонтажа составила 95,98 % (5÷95 % ДИ: 95,37÷96,55 %);
- для расчета процента положительных исходов лечения на момент отдаленного обследования (вторичная конечная точка) было проанализировано 1644 случаев;
- зафиксировано 1560 положительных исходов лечения (сохранение достигнутой костной консолидации, достигнутой величины удлинения, целостности кости в области дефекта, отсутствие рецидивов деформации, сохранение достигнутого артродеза, значения клинко-функциональных оценочных шкал – на уровне «удовлетворительно» и выше);
- клиническая эффективность аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова в части сохранения достигнутых результатов лечения в отдаленном периоде (более одного года после демонтажа) составила 94,89 % (5÷95 % ДИ: 93,77÷95,90 %).

Для дополнительной оценки эффективности аппарата Илизарова проанализированы источники, в которых сравнивалась эффективность клинического применения аппарата внешней фиксации конструкции

Г.А. Илизарова с другими методами и технологиями, используемыми в ортопедии и травматологии.

Всего обнаружено 12 сравнительных исследований.

В 8 исследованиях показатели эффективности применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова статистически значимо не отличались от сравниваемых методик.

В 4 работах показаны отдельные преимущества применения технологий чрескостного остеосинтеза, осуществляемых с помощью аппарата Илизарова в различных комплектациях. В частности, авторы к преимуществам аппарата Илизарова относят:

- более короткое время пребывания пациентов в стационаре [91];
- более короткое время сращения перелома [94];
- более короткое время потери трудоспособности [81];
- меньшие финансовые затраты на лечение и последующую реабилитацию [128].

Данные о безопасности. Все источники также были сгруппированы в четыре раздела по объединенным группам патологий, в соответствии с основными назначениями:

- возможность закрытой репозиции и фиксации отломков костей при переломах и ложных суставах;
- оперативное и бескровное удлинение конечностей;
- устранение деформаций и замещение дефектов длинных трубчатых костей без пересадки костных трансплантатов;
- возможность осуществлять компрессионный артродез крупных суставов или устранять стойкие их контрактуры.

Обобщенные по группам данные обо всех случаях нежелательных событий, отмеченных во включенных источниках при клиническом применении аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, сведены в таблице 2.

Результаты, представленные в таблице, демонстрируют, что перечень нежелательных событий и частота их встречаемости различаются в зависимости от патологии, при которой применялся аппарат Илизарова.

Суммарные данные обо всех случаях нежелательных событий, отмеченных во включенных источниках при клиническом применении аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, сведены в таблице 3.

Таблица 1

Обобщенные данные об эффективности аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова в лечении пациентов с патологией опорно-двигательной системы

Назначение изделия	Число источников	Первичная конечная точка, число положительных исходов/общее число наблюдений; % [5÷95 % – ДИ]	Вторичная конечная точка, число положительных исходов/общее число наблюдений; % [5÷95 % – ДИ]
Закрытая репозиция и фиксация отломков костей при переломах и ложных суставах	31	1029/1112 92,54 % [90,92÷94,01]	720/751 95,87 % [94,33÷97,17]
Оперативное и бескровное удлинения конечностей	9	475/481 98,75 % [97,56÷99,55]	48/48 100 % [98,01÷100]
Устранение деформаций и замещение дефектов длинных трубчатых костей без пересадки костных трансплантатов	35	2335/2397 97,41 % [96,74÷98,01]	762/812 93,84 % [92,08÷95,39]
Компрессионный артродез крупных суставов или устранение стойких контрактур	7	192/210 91,43 % [87,28÷94,83]	30/33 90,91 % [78,93÷98,17]
ВСЕГО:	82	4031/4200 95,98 % [95,37÷96,55]	1560/1644 94,89 % [93,77÷95,90]

Таблица 2

Обобщенные данные о безопасности аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова в лечении пациентов с патологией опорно-двигательной системы

Назначение изделия	Кол-во источников	Нежелательные события (АЕ)	Серьезные нежелательные события (SAE)
Закрытая репозиция и фиксация отломков костей при переломах и ложных суставах	27	Количество наблюдений: 2005, обнаружено 569 (28,38 %) случаев АЕ, из них: • 365 (18,20 %) – ВС; • 94 (4,69 %) – ПМС; • 87 (4,34 %) – КК; • 10 (0,50 %) – ПС; • 9 (0,45 %) – НР; • 4 (0,20 %) – ПСД	Количество наблюдений: 2055*, обнаружено 45 (2,19 %) случаев SAE, из них: • 41 (2,00 %) – остеомиелит; • 3 (0,14 %) – летальный исход; • 1 (0,05 %) – ГН
Оперативное и бескровное удлинения конечностей	15	Количество наблюдений: 1829, обнаружено 697 (38,11 %) случаев АЕ, из них: • 295 (16,13 %) – КК; • 215 (11,76 %) – ВС; • 140 (7,65 %) – НР; • 32 (1,75 %) – ПМС; • 10 (0,55 %) – ВПС; • 4 (0,22 %) – ПС; • 1 (0,05 %) – ПСД	Количество наблюдений: 1829, обнаружено 4 (0,22 %) случая SAE, из них: • 4 (0,22 %) – остеомиелит
Устранение деформаций и замещение дефектов длинных трубчатых костей без пересадки костных трансплантатов	16	Количество наблюдений: 2242, обнаружено 588 (26,23 %) случаев АЕ, из них: • 258 (11,51 %) – ВС; • 152 (6,78 %) – КК; • 111 (4,95 %) – НР; • 31 (1,38 %) – ПМС; • 18 (0,80 %) – ПС; • 11 (0,50 %) – дерматит; • 7 (0,31 %) – ПСД	Количество наблюдений: 2242, обнаружено 15 (0,67 %) случаев SAE, из них: • 14 (0,62 %) – остеомиелит; • 1 (0,05 %) – летальный исход
Компрессионный артродез крупных суставов или устранение стойких контрактур	3	Количество наблюдений: 148, обнаружено 24 (16,22 %) случая АЕ, из них: • 18 (12,16 %) – ВС; • 3 (2,03 %) – ПС; • 2 (1,35 %) – НР; • 1 (0,68 %) – КК	Количество наблюдений: 148, обнаружено 1 (0,68 %) случая SAE, из них: • 1 (0,68 %) – ГН

В таблице приняты следующие обозначения АЕ и SAE: ВПС – вывих, подвывих суставов; ВС – воспаление мягких тканей у спиц; ГН – глубокое нагноение тканей; КК – контрактуры; НР – неврологические расстройства; ПМС – прорезывание мягких тканей вокруг спиц; ПС – переломы спиц/стержней; ПСД – повреждение сосудов; * – разница в числе наблюдений связана с тем, что в части работ имеется анализ только тяжелых осложнений лечения.

Таблица 3

Суммарные данные о числе нежелательных событий и серьезных нежелательных событий, отмеченных в ходе лечения пациентов с патологией опорно-двигательной системы с применением аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова

Нежелательные события (АЕ)	Количество	% от общего числа наблюдений [5÷95 %-ДИ]
воспаление мягких тканей в области проведения спиц	856	13,75 [12,91÷14,62]
контрактуры	535	8,60 [7,92÷9,31]
неврологические расстройства	262	4,21 [3,73÷4,72]
прорезывание мягких тканей около спиц	157	2,52 [2,15÷2,92]
переломы спиц/стержней	35	0,56 [0,39÷0,76]
повреждение сосудов	12	0,19 [0,10÷0,31]
дерматит	11	0,18 [0,09÷0,30]
вывих, подвывих суставов	10	0,16 [0,08÷0,27]
ВСЕГО (количество наблюдений: 6224)	1878	30,17 [29,04÷31,32]
Серьезные нежелательные события (SAE)		
остеомиелит	59	0,94 [0,72÷1,19]
летальный исход	4	0,06 [0,01÷0,14]
глубокое нагноение тканей	2	0,03 [0÷0,09]
ВСЕГО (количество наблюдений: 6274*)	65	1,04 [0,80÷1,31]

* – разница в числе наблюдений связана с тем, что в части работ имеется анализ только тяжелых осложнений лечения.

Анализ нежелательных событий (АЕ). По результатам оценки включенных в исследование литературных источников отмечено, что процент АЕ при применении аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова составил 30,17 % (5÷95 % ДИ: 29,04÷31,32 %). Оценивая степень взаимосвязи перечисленных АЕ с применением аппарата Илизарова лишь связь одного события оценена как «нет связи». Это случаи вывихов и подвывихов суставов, которые развиваются в случаях наруше-

ния режима лечения, пренебрежения требованиями остеосинтеза.

Взаимосвязь остальных случаев с эксплуатацией аппарата оценена нами как достоверная, вероятная и возможная.

Случаи воспаления мягких тканей вокруг спиц, прорезывания мягких тканей спицами, повреждения сосудов, переломы спиц/стержней имеют достоверную связь с применением изделия и квалифицированы как неблагоприятное воздействие изделия (АДЕ). Очевид-

но, что все эти события являются следствием контакта элементов аппарата с тканями и органами организма. Все данные случаи *АЕ* возникают вследствие ошибок эксплуатации аппарата Илизарова (нарушения стерилизационной подготовки, недостаточная обработка деталей после монтажа изделия, несоблюдение личной гигиены и т.д.). Клинический опыт, представленный в изученных источниках, показывает, что все *АЕ* этой группы купируются без демонтажа аппарата практически в 100 % случаев путем применения антибиотиков и/или перепроведения спиц. Всеми авторами проанализированных нами работ отмечается, что данные события на конечный результат лечения никак не влияли. В случае отсутствия лечения воспалительных процессов в тканях, окружающих спицы, согласно обобщенному опыту, возможно утяжеление процесса и переход его в остеомиелит (см. анализ *SAE*).

Случаи дерматита имеют вероятную связь с эксплуатацией изделия, т.к. можно допустить, что причиной данного события могло стать отсутствие надлежащего ухода за кожей пациентов, рецидив или предрасположенность к данному заболеванию.

Развитие контрактур и неврологических расстройств имеет возможную связь с применением изделия, поэтому квалифицировать их как *ADE* не совсем корректно. Клинический опыт показывает, что данные события действительно могут быть следствием повреждения мышц и/или нервов контактирующими с ними деталями изделия. Однако в большинстве своем – это случаи неадекватного клинического сопровождения пациентов при применении аппарата Илизарова (неадекватная фармакотерапия, отсутствие ЛФК, физиотерапии и др.), которые полностью купируются соответствующими процедурами или коррекцией медикаментозного сопровождения. Данные события, когда они купируются до демонтажа аппарата, как показывает обобщенный опыт, также не оказывают влияния на исход лечения.

Таким образом, если исключить из общей статистики *АЕ*, связь которых с эксплуатацией изделия не очевидна (дерматит, контрактуры, неврологические расстройства, вывихи и подвывихи), можно рассчитать *ADE* при эксплуатации аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова: 1060 случаев *ADE* из 6224 наблюдений, что составляет 17,03 % (5÷95 % ДИ: 16,11÷17,97 %).

Анализ серьезных нежелательных событий (*SAE*). По результатам оценки клинических данных отмечено, что показатель *SAE* при применении аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова составил 1,04 % (5÷95 % ДИ: 0,80÷1,31 %).

Проведенный анализ клинических данных свидетельствует о высокой эффективности технологии чрескостного остеосинтеза, реализуемой посредством применения аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, в решении широкого спектра клинических задач в области травматологии и ортопедии. По итогам проведенного исследования подтверждена высокая клиническая эффективность аппаратного лечения как в среднем (около 95 % положительных исходов), так и по отдельным нозологическим группам (не ниже 90 % положительных исходов).

Случаи летального исхода были связаны с сердечнососудистыми заболеваниями (2), с обострением заболеваний печени (1), один случился вследствие острой массивной кровопотери у пациента с огнестрельным ранением. Очевидно, что все перечисленные *SAE* с применением аппарата Илизарова не связаны, т.к. были вызваны обострением сопутствующих заболеваний или обусловлены тяжестью первичной травмы.

Случаи остеомиелита и глубокого нагноения тканей, как показал опыт клинического применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, развиваются в результате отсутствия лечения воспаления мягких тканей в области проведения спиц¹. Следовательно, квалифицировать случаи остеомиелита и глубокого нагноения тканей как серьезное неблагоприятное воздействие изделия (*SADE*) не корректно.

Для дополнительной оценки безопасности аппарата Илизарова проанализированы источники, содержащие данные исследований, в которых сравнивалась безопасность клинического применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова с другими методами и технологиями, используемыми в ортопедии и травматологии.

Всего обнаружено 12 сравнительных исследований.

В 10 исследованиях частота нежелательных событий и остеомиелита при применении аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова статистически значимо не отличалась от сравниваемых методик.

В двух работах обнаружены статистически значимые отличия отдельных показателей безопасности применения технологий чрескостного остеосинтеза, осуществляемых аппаратом Илизарова. В частности, авторы исследования [115] отмечают более низкую частоту развития глубоких инфекций при применении аппарата Илизарова относительно монолатерального фиксатора. В другом исследовании [73] отмечено, что частота удалений элементов аппарата Илизарова достоверно ниже, чем частота удалений внутренних фиксаторов.

Таким образом, анализ безопасности аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова в разных компоновках показал следующие количественные характеристики:

– процент нежелательных событий (*АЕ*): 30,17 (5÷95 % ДИ: 29,04÷31,32 %);

– процент нежелательных воздействий изделия (*ADE*): 17,03 % (5÷95 % ДИ: 16,11÷17,97 %);

– процент серьезных нежелательных событий (*SAE*): 1,04 % (5÷95 % ДИ: 0,80÷1,31 %).

¹ Событие также является нежелательным и ранее квалифицировано как *ADE*.

ОБСУЖДЕНИЕ

Клинические данные показывают, что аппарат внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова позволяет реализовывать заявленные качества – возможность осуществлять репозицию и фиксацию при лечении открытых и закрытых переломов костей, а также создавать компрессионные и дистракционные усилия на костные отломки при различных ортопедических задачах.

Сравнительные исследования демонстрируют, что эффективность лечения пациентов ортопедотравматологического профиля с применением аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова не ниже

других методов, а по отдельным показателям в отдельных клинических группах изделие обладает существенной (статистически значимой) эффективностью, в том числе и в части экономического показателя.

Процент неудовлетворительных исходов лечения с применением аппарата Илизарова по данным анализа доступных источников можно оценить в 4–5 %. Неудовлетворительные результаты связаны с рецидивами патологий, как правило, это тяжелые травмы и инфицированные поражения (в основном остеомиелит и инфицированные переломы), врожденные дефекты и системные аномалии. Учитывая данные обстоятельства, можно считать величину неудовлетворительных результатов лечения пациентов ортопедотравматологического профиля посредством применения аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова допустимой.

Оценивая имеющиеся данные безопасности использования технологии чрескостного остеосинтеза, реализуемой посредством применения аппарата (в разных компоновках) внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, можно заключить, что процент АЕ и SAE, зафиксированный по данным проведенного анализа, можно признать приемлемым по следующим причинам:

- среди всех АЕ процент нежелательного воздей-

ствия изделия (АЕ) составляет 17,03 % (5÷95 % ДИ: 16,11÷17,97 %);

- все отмеченные неблагоприятные события, благодаря длительному опыту применения аппарата Илизарова, являются прогнозируемыми;

- большинство из отмеченных АЕ в случае их своевременного устранения практически не влияют на конечный результат лечения;

- накоплен значительный опыт по профилактике и устранению всех отмеченных АЕ, при этом большинство АЕ купируется без демонтажа аппарата [132, 133];

- процент АЕ снижается с накоплением как индивидуального, так и коллективного опыта применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова [134, 135].

Надежность изделия можно оценить как очень высокую. Так, среди всех случаев АЕ процент переломов спиц/стержней (единственное АЕ, которое можно связать с показателями надежности) составил всего 0,56 % (5÷95 % ДИ: 0,39÷0,76 %). Ни в одном из проанализированных источников нет указания на то, что детали, использованные для комплектации аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова, были не устойчивы к стерилизационной обработке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ и оценка данных применения аппарата внешней фиксации конструкции Г.А. Илизарова позволяет сделать вы-

вод, что его эффективность достаточно высока, а возникающие клинические риски допустимы и вполне устранимы.

ЛИТЕРАТУРА

- Gubin A., Borzunov D., Malkova T. Ilizarov method for bone lengthening and defect management review of contemporary literature // Bull. Hosp. Jt. Dis. (2013). 2016. Vol. 74, No 2. P. 145-154.
- A systematic review and meta-analysis of Ilizarov methods in the treatment of infected nonunion of tibia and femur / P. Yin, Q. Ji, T. Li, J. Li, Z. Li, J. Liu, G. Wang, S. Wang, L. Zhang, Z. Mao, P. Tang // PLoS One. 2015. Vol. 10, No 11. P. e0141973. DOI: 10.1371/journal.pone.0141973.
- Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research // Int. Orthop. 2013. Vol. 37, No 8. P. 1533-1539. DOI: 10.1007/s00264-013-1935-0.
- Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: is it effective? / D. Gulabi, M. Erdem, G.S. Cecen, C.C. Avci, N. Saglam, F. Saglam // Clin. Orthop. Relat. Res. 2014. Vol. 472, No 12. P. 3892-3901. DOI: 10.1007/s11999-014-3640-8.
- Azzam W., El-Sayed M. Ilizarov distraction osteogenesis over the preexisting nail for treatment of nonunited femurs with significant shortening // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2016. Vol. 26, No 3. P. 319-328. DOI: 10.1007/s00590-016-1740-8.
- What's new in limb lengthening and deformity correction / S. Sabharwal, S. Green, J. McCarthy, R.C. Hamdy // J. Bone Joint Surg. Am. 2011. Vol. 93, No 2. P. 213-221. DOI: 10.2106/JBJS.J.01420.
- Sabharwal S., Nelson S.C., Sontich J.K. What's new in limb lengthening and deformity correction // J. Bone Joint Surg. Am. 2015. Vol. 97, No 16. P. 1375-1384. DOI: 10.2106/JBJS.O.00298.
- Current approaches to flexible intramedullary nailing for bone lengthening in children / D. Popkov, P. Lascombes, P. Journeau, A. Popkov // J. Child. Orthop. 2016. Vol. 10, No 6. P. 499-509.
- Tubular open-porous β -tricalcium phosphate polycaprolactone scaffolds as guiding structure for segmental bone defect regeneration in a novel sheep model / A.M. Poblito, H. Schell, A. Petersen, K. Beierlein, C. Kleber, K. Schmidt-Bleek, G.N. Duda // J. Tissue Eng. Regen. Med. 2018. Vol. 12, No 4. P. 897-911. DOI: 10.1002/term.2446.
- Strategies for managing bone defects of the lower extremity / V.D. Polyzois, I.P. Stathopoulos, K. Lampropoulou-Adamidou, E.S. Vasiliadis, J. Vlamis, S.G. Pneumatikos // Clin. Podiatr. Med. Surg. 2014. Vol. 31, No 4. P. 577-584. DOI: 10.1016/j.cpm.2014.06.008.
- Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique // Clin. Orthop. Relat. Res. 1990. No 250. P. 81-104.
- External fixation reconstruction of the residual problems of benign bone tumours / L. Eralp, F.E. Bilen, S.R. Rozbruch, M. Kocaoglu, A.I. Hammoudi // Strategies Trauma Limb Reconstr. 2016. Vol. 11, No 1. P. 37-49. DOI: 10.1007/s11751-016-0244-8.
- Long-term psychosocial functioning after Ilizarov limb lengthening during childhood / J.M. Moraal, A. Elzinga-Plomp, M.J. Jongmans, P.M. Roermund, P.E. Flikweert, R.M. Castelein, G. Sinnema // Acta Orthop. 2009. Vol. 80, No 6. P. 704-710. DOI: 10.3109/17453670903473024.
- Cosmetic lower limb lengthening by Ilizarov apparatus: what are the risks? / K.I. Novikov, K.N. Subramanyam, S.O. Muradisinov, O.S. Novikova, E.S. Kolesnikova // Clin. Orthop. Relat. Res. 2014. Vol. 472, No 11. P. 3549-3556. DOI: 10.1007/s11999-014-3782-8.
- Barker K.L., Lamb S.E., Simpson H.R. Recovery of muscle strength and power after limb-lengthening surgery // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2010. Vol. 91, No 3. P. 384-388. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.11.014.
- Complications and outcome of tibial lengthening using the Ilizarov method with or without a supplementary intramedullary nail: a case-matched comparative study / X.T. Sun, T.R. Easwar, S. Manesh, J.H. Ryu, S.H. Song, S.J. Kim, H.R. Song // J. Bone Joint Surg. Br. 2011. Vol. 93, No 6. P. 782-787. DOI: 10.1302/0301-620X.93B6.25521.
- Does Integrated Fixation Provide Benefit in the Reconstruction of Posttraumatic Tibial Bone Defects? / M. Bernstein, A.T. Fragomen, S. Sabharwal, J. Barclay, S.R. Rozbruch // Clin. Orthop. Relat. Res. 2015. Vol. 473, No 10. P. 3143-3153. DOI: 10.1007/s11999-015-4326-6.
- Ruette P., Lammens J. Humeral lengthening by distraction osteogenesis: a safe procedure? // Acta Orthop. Belg. 2013. Vol. 79, No 6. P. 636-642.
- Hosny G.A. Humeral lengthening and deformity correction // J. Child. Orthop. 2016. Vol. 10, No 6. P. 585-592.
- Jochymek J., Gal P. Evaluation of bone healing in femurs lengthened via the gradual distraction method // Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc. Czech. Repub. 2007. Vol. 151, No 1. P. 137-141.
- Clinical evaluation of patients submitted to osteogenic distraction in the lower limb at a university hospital / F.M. Sampaio, L.P. Marçal, D.G. Dos Reis, A.W. Kasuo, C.E. Fraga, F.B. de Moraes // Rev. Bras. Ortop. 2016. Vol. 51, No 5. P. 521-526. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.08.010.
- Bone lengthening in the pediatric upper extremity / S. Farr, G. Mindler, R. Ganger, W. Girsch // J. Bone Joint Surg. Am. 2016. Vol. 98, No 17. P. 1490-1503. DOI: 10.2106/JBJS.16.00007.
- Activities of a large limb lengthening and reconstruction center in the 21st century / A.V. Gubin, D.Y. Borzunov, T.A. Malkova, N.S. Belokon // J. Limb Lengthen. Reconstr. 2018. Vol. 4. P. 6-10.

24. Contribution of G.A. Ilizarov to bone reconstruction: historical achievements and state of the art / A.V. Gubin, D.Y. Borzunov, L.O. Marchenkova, T.A. Malkova, I.L. Smirnova // *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2016. Vol. 11, No 3. P. 145-152.
25. Ошибки и осложнения при удлинении голени у больных ахондроплазией / А.М. Аранович, Е.В. Диндиберя, О.В. Климов, К.И. Новиков // *Травматология и ортопедия России.* 2005. № 1. С. 36-37.
26. Аранович А.М., Климов О.В., Новиков К.И. Реабилитация пациентов с низким ростом // *Гений ортопедии.* 2011. № 2. С. 20-25.
27. Балаев П.И., Балаев И.И., Борзунов Д.Ю. Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в ортопедической реабилитации больных с первичными опухолями костей голени // *Гений ортопедии.* 2011. № 2. С. 84-90.
28. Балаев П.И., Борзунов Д.Ю. Метод чрескостного остеосинтеза по Илизарову в лечении больных с гигантоклеточными опухолями костей голени // *Забайкальский медицинский вестник.* 2016. № 4. С. 48-53.
29. Анатомо-функциональный подход к лечению больных с врожденной варусной деформацией голеней / О.В. Бейдик, В.Н. Николенко, К.К. Левченко, Т.Н. Лукпанова, И.С. Аристова, Х.М.Ф. Саккалла // *Гений ортопедии.* 2008. № 1. С. 37-40.
30. Бондаренко А.В., Печенин С.А. Аппарат Илизарова в лечении открытых переломов костей голени с дефектом мягких тканей по передне-внутренней поверхности // *Гений ортопедии.* 2003. № 3. С. 43-45.
31. Бондаренко А.В., Печенин С.А. Использование аппарата Илизарова в лечении огнестрельных высокоэнергетических ранений бедра // *Гений ортопедии.* 2004. № 1. С. 123-125.
32. Бондаренко А.В., Смазнев К.В., Печенин С.А. Чрескостный остеосинтез повреждений таза и вертлужной впадины при политравме // *Гений ортопедии.* 2006. № 3. С. 45-51.
33. Борзунов Д.Ю. Замещение дефектов длинных костей полилокальным удлинением отломков // *Травматология и ортопедия России.* 2006. № 4. С. 24-29.
34. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С. Особенности чрескостного остеосинтеза при замещении пострезекционных дефектов трубчатых костей кисти // *Гений ортопедии.* 2009. № 2. С. 34-39.
35. Буравцов П.П., Гореванов Э.А., Мурадисинов С.О. Ошибки, осложнения и их профилактика при оперативном лечении вывиха надколенника // *Гений ортопедии.* 2006. № 2. С. 86-88.
36. Внеочаговый остеосинтез аппаратом Илизарова при переломе костей голени у детей : материалы юбил. Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», посвящ. 100-летию со дня основания Рос. науч.-исслед. ин-та травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена / И.Ф. Гарбуз, Н.Г. Андриеш, В.Г. Мазур, Р.Д. Панасенко // *Травматология и ортопедия России.* 2006. № 2. С. 69.
37. Горбунов Э.В. Методики чрескостного остеосинтеза при лечении больных с закрытыми переломами локтевого отростка // *Гений ортопедии.* 2009. № 4. С. 104-109.
38. Ошибки и осложнения при биллокальном моносегментарном дистракционном остеосинтезе врожденно укороченной голени / Э.А. Гореванов, Д.А. Полков, С.О. Мурадисинов, В.О. Колчев // *Гений ортопедии.* 2003. № 3. С. 33-38.
39. Результаты лечения пациентов с последствиями гематогенного остеомиелита плечевой кости с использованием новых методик чрескостного остеосинтеза / Ф.Ф. Гофман, С.О. Мурадисинов, К.И. Новиков, О.В. Климов // *Гений ортопедии.* 2009. № 1. С. 80-83.
40. Данилкин М.Ю. Удлинение трубчатых костей кисти аппаратом наружной фиксации ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» // *Гений ортопедии.* 2009. № 2. С. 22-27.
41. Анализ результатов лечения переломов плато большеберцовой кости аппаратом Илизарова / А. Джафаров, И. Тан, М. Гюльшен, Ч. Али-Заде // *Гений ортопедии.* 2015. № 1. С. 17-22.
42. Сравнительный анализ ошибок и осложнений при лечении больных с закрытыми переломами костей голени консервативными и оперативными методами в условиях городской больницы и медико-санитарной части / А.Н. Дьячков, Ю.П. Солдатов, С.А. Столбиков, Э.С. Зверев // *Медицинская наука и образование Урала.* 2011. № 2. С. 127-130.
43. Зырянов С.С., Солдатов Ю.П., Зырянов С.Я. Оперативное лечение пациентов с посттравматическим плоскостопием с применением аппарата Илизарова // *Гений ортопедии.* 2011. № 3. С. 38-41.
44. Карасев Е.А. Оперативное лечение больных с закрытыми переломами надколенника с применением артроскопических технологий // *Гений ортопедии.* 2011. № 1. С. 145-151.
45. Чрескостный остеосинтез при лечении остеомиелита длинных костей верхней конечности / Н.М. Ключин, В.И. Шляхов, А.В. Злобин, С.И. Буриашов, Б.Э. Чакушин, Ю.В. Абабков, А.Г. Михайлов // *Гений ортопедии.* 2010. № 4. С. 45-50.
46. Применение аппарата Илизарова в лечении детей с рецидивирующей врожденной косолапостью / В.В. Кожевников, Е.В. Ворончихин, Л.Г. Григоричева, Ж.Н. Радимова // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2016. № 1. С. 5-10.
47. Лапынин А.И., Попова Л.А. Оценка отдаленных результатов лечения больных хроническим остеомиелитом костей нижних конечностей с наличием костных полостей методом управляемого чрескостного остеосинтеза // *Травматология и ортопедия России.* 2011. № 4. С. 53-61.
48. Чрескостный остеосинтез по Илизарову при переломах костей голени и их последствиях : тез. конгр. «Медицина чрезвычайных ситуаций. Современные технологии в травматологии и ортопедии» / А.А. Ларионов, М.Л. Макаров, Н.Г. Одиноченко, Л.Н. Антонова, И.С. Тырнов // *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2016. Спецвыпуск. С. 49-50.
49. Мартель И.И., Дарвин Е.О. Лечение закрытых переломов ключицы различными вариантами остеосинтеза // *Гений ортопедии.* 2011. № 4. С. 5-8.
50. Чрескостный остеосинтез аппаратом Илизарова при повреждениях акромиального кончика ключицы / И.И. Мартель, А.Г. Карасев, С.П. Бойчук, Е.А. Карасев, Х.Т. Бадалов // *Гений ортопедии.* 2013. № 3. С. 5-8.
51. Митрофанов А.И., Борзунов Д.Ю. Результаты лечения пациентов с активными солитарными костными кистами с применением чрескостного остеосинтеза // *Гений ортопедии.* 2010. № 2. С. 55-59.
52. Назаров Ф.Н., Линник С.А. Роль остеосинтеза методом Илизарова при сочетанных и множественных травмах нижних конечностей // *Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения.* 2014. № 2. С. 41-46.
53. Неретин А.С., Иванов Г.П., Данилкин М.Ю. Удлинение костей переднего отдела стопы методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову // *Гений ортопедии.* 2011. № 2. С. 54-59.
54. Удлинение голени в проксимальной трети методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову / К.И. Новиков, Э.С. Колесникова, С.О. Мурадисинов, Г.В. Дьячков, О.С. Новикова, К.А. Дьячков // *Гений ортопедии.* 2014. № 3. С. 19-23.
55. Чрескостный остеосинтез при супинационно-инверсионных переломах дистального суставного отдела костей голени / И.О. Панков, А.Л. Емелин, В.Р. Нигматуллин, Р.З. Салихов // *Практическая медицина.* 2013. Т. 2, № 1-2. С. 114-118.
56. Панков И.О., Рябчиков И.В., Нигматуллин В.Р. Наш опыт лечения пациентов с переломами области коленного сустава // *Современные проблемы науки и образования.* 2012. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7019> (дата обращения: 09.09.2018).
57. Панков И.О., Рябчиков И.В., Нигматуллин В.Р. Чрескостный остеосинтез при переломах и переломо-вывихах таранной кости // *Практическая медицина.* 2012. № 8-2 (64). С. 135-139.
58. Сикилинда В.Д., Алабут А.В., Дубинский А.В. Тактика и анализ результатов лечения больных с костными дефектами // *Кубанский научный медицинский вестник.* 2009. № 2. С. 34-38.
59. Сысенко Ю.М. Особенности чрескостного остеосинтеза по Илизарову при лечении множественных переломов у детей и подростков // *Гений ортопедии.* 2003. № 3. С. 5-9.
60. Сысенко Ю.М., Бунов Д.В. Лечение больных со сложными переломами голеностопного сустава методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову // *Гений ортопедии.* 2003. № 3. С. 29-32.
61. Сысенко Ю.М., Насыров М.З. Травмы эпифизарного росткового хряща дистального отдела голени и их лечение методом чрескостного остеосинтеза // *Гений ортопедии.* 2004. № 1. С. 107-113.
62. Сысенко Ю.М., Смелышев К.Н. Возможности чрескостного остеосинтеза при лечении больных с внутрисуставными переломами дистального эпиметафиза большеберцовой кости // *Гений ортопедии.* 2003. № 2. С. 51-53.
63. Оперативное лечение пациентов с гонартрозом и варусной деформацией коленного сустава с применением аппарата Илизарова / В.И. Тропин, П.П. Буравцов, М.Ю. Бирюкова, А.А. Чертищев, Д.В. Тропин // *Гений ортопедии.* 2016. № 1. С. 70-74.
64. Худжанов А.А. Ближайшие и отдаленные результаты лечения врожденной косолапости у детей с применением аппарата Илизарова // *Гений ортопедии.* 2004. № 4. С. 49-52.
65. Чибиров Г.М., Солдатов Ю.П. Оперативное лечение больных с последствиями травм локтевого сустава с применением аппарата Илизарова // *Современные проблемы науки и образования.* 2015. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7019> (дата обращения: 21.09.2018).
66. Швед С.И., Карасев А.Г. Чрескостный остеосинтез по Илизарову при лечении больных с переломами обоих бедер // *Гений ортопедии.* 2002. № 2. С. 15-18.
67. Лечение больных с множественными переломами костей нижних конечностей методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову / С.И. Швед, А.Г. Карасев, Т.И. Долганова, А.А. Свешников // *Гений ортопедии.* 2006. № 4. С. 75-78.

68. Возможности чрескостного остеосинтеза при лечении больных с приобретенной патологией кисти / В.И. Шевцов, Г.Р. Исмаилов, Т.Е. Козьмина, М.Г. Знаменская, М.Ю. Данилкин // Гений ортопедии. 2002. № 1. С. 19-25.
69. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М. Дефекты костей нижней конечности. Курган : Зауралье, 1996. 504 с.
70. Оценка результатов удлинения нижних конечностей у больных с системными заболеваниями скелета, сопровождающимися патологически низким ростом / А.А. Шукин, А.М. Аранович, А.В. Попков, Д.А. Попков // Гений ортопедии. 2014. № 2. С. 44-51.
71. Ямщиков О.Н., Марков Д.А., Емельянов С.А. Применение чрескостного остеосинтеза аппаратами внешней фиксации при переломах бедренных костей в современных условиях // Саратовский научно-медицинский журнал. 2014. Т. 10, № 4. С. 645-648.
72. Treatment of complex limb deformities in children with the Ilizarov technique / D. Atar, W.B. Lehman, A.D. Grant, A. Strongwater, V. Frankel, V. Golyakhovsky // Orthopedics. 1991. Vol. 14, No 9. P. 961-967.
73. A retrospective analysis of comminuted intra-articular fractures of the tibial plafond: Open reduction and internal fixation versus external Ilizarov fixation / S. Bacon, W.R. Smith, S.J. Morgan, E. Hasenboehler, G. Philips, A. Williams, B.H. Ziran, P.F. Stahel // Injury. 2008. Vol. 39, No 2. P. 196-202. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.003.
74. A holistic perspective of patients' lives post-Ilizarov external fixation / D. Baschera, D. Kingwell, M. Wren, R. Zellweger // ANZ J. Surg. 2014. Vol. 84, No 10. P. 776-780. DOI: 10.1111/ans.12669.
75. Borzunov D.Y., Chevardov A.V. Ilizarov non-free bone plasty for extensive tibial defects // Int. Orthop. 2013. Vol. 37, No 4. P. 709-714. DOI: 10.1007/s00264-013-1799-3.
76. Brinker M.R., O'Connor D.P. Outcomes of tibial nonunion in older adults following treatment using the Ilizarov method // J. Orthop. Trauma. 2007. Vol. 21, No 9. P. 634-642.
77. Knee arthrodesis by the Ilizarov method in the treatment of total knee arthroplasty failure / A.A. Bruno, A. Kirienko, A. Peccati, P. Dupplicato, M. de Donato, E. Arnaldi, N. Portinaro // Knee. 2017. Vol. 24, No 1. P. 91-99. DOI: 10.1016/j.knee.2016.11.002.
78. Calif E., Stein H., Lerner A. The Ilizarov external fixation frame in compression arthrodesis of large, weight bearing joints // Acta Orthop. Belg. 2004. Vol. 70, No 1. P. 51-56.
79. Carmichael K.D., Maxwell S.C., Calhoun J.H. Recurrence rates of burn contracture ankle equinus and other foot deformities in children treated with Ilizarov fixation // J. Pediatr. Orthop. 2005. Vol. 25, No 4. P. 523-528.
80. Lengthening of the humerus using the Ilizarov technique. Description of the method and report of 43 cases / R. Cattaneo, A. Villa, M.A. Catagni, D. Bell // Clin. Orthop. Relat. Res. 1990. No 250. P. 117-124.
81. Management of massive posttraumatic bone defects in the lower limb with the Ilizarov technique / M. Chaddha, D. Gulati, A.P. Singh, A.P. Singh, L. Maini // Acta Orthop. Belg. 2010. Vol. 76, No 6. P. 811-820.
82. Cierny G. 3rd, Zorn K.E. Segmental tibial defects. Comparing conventional and Ilizarov methodologies // Clin. Orthop. Relat. Res. 1994. No 301. P. 118-123.
83. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators / D. Dammerer, K. Kirschbichler, L. Donnan, G. Kaufmann, M. Krismer, R. Biedermann // J. Child. Orthop. 2011. Vol. 5, No 5. P. 343-349.
84. Dujardin J., Lammens J. Treatment of delayed union or non-union of the tibial shaft with partial fibulectomy and an Ilizarov frame // Acta Orthop. Belg. 2007. Vol. 73, No 5. P. 650-654.
85. El-Alfy B.S. Unhappy triad in limb reconstruction: Management by Ilizarov method // World J. Orthop. 2017. Vol. 8, No 1. P. 42-48. DOI: 10.5312/wjo.v8.i1.42.
86. Outcome of Ilizarov ankle arthrodesis / S. Eylon, S. Porat, N. Bor, E.D. Leibner // Foot Ankle Int. 2007. Vol. 28, No 8. P. 873-879.
87. Ilizarov's method: a solution for infected bone loss / K. Fabry, J. Lammens, P. Delhey, J. Stuyck, U.Z. Pellenberg // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 2006. Vol. 16, No 2. P. 103-109. DOI: 10.1007/s00590-005-0052-1.
88. Farmanullah, Khan M.S., Awais S.M. Evaluation of management of tibial non-union defect with Ilizarov fixator // J. Ayub. Med. Coll. Abbottabad. 2007. Vol. 19, No 3. P. 34-36.
89. Complex ankle arthrodesis using the Ilizarov method yields high rate of fusion / A.T. Fragomen, E. Borst, L. Schachter, S. Lyman, S.R. Rozbruch // Clin. Orthop. Relat. Res. 2012. Vol. 470, No 10. P. 2864-2873. DOI: 10.1007/s11999-012-2470-9.
90. Freedman J.A., Watts H., Otsuka N.Y. The Ilizarov method for the treatment of resistant clubfoot: is it an effective solution? // J. Pediatr. Orthop. 2006. Vol. 26, No 4. P. 432-437.
91. Open reduction and internal fixation compared with circular fixator application for bicondylar tibial plateau fractures. Surgical technique / J.A. Hall, M.J. Beuerlein, M.D. McKee; Canadian Orthopaedic Trauma Society // J. Bone Joint Surg. Am. 2009. Vol. 91, No Suppl. 2, Pt. 1. P. 74-88. DOI: 10.2106/JBJS.G.01165.
92. Hosny G., Fadel M. Ilizarov external fixator for open fractures of the tibial shaft // Int. Orthop. 2003. Vol. 27, No 5. P. 303-306.
93. Hosny G.A. Humeral lengthening and deformity correction // J. Child. Orthop. 2016. Vol. 10, No 6. P. 585-592.
94. Treatment of type IIIA open fractures of tibial shaft with Ilizarov external fixator versus unreamed tibial nailing / M. Inan, M. Halici, I. Ayan, M. Tuncel, S. Karaoglu // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2007. Vol. 127, No 8. P. 617-623.
95. Salvage of infected non-union of the tibia with an Ilizarov ring fixator / M.S. Khan, H. Rashid, M. Umer, I. Qadir, K. Hafeez, A. Iqbal // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). 2015. Vol. 23, No 1. P. 52-55.
96. Outcome of Ilizarov fixator in complex non-union of long bones / M.S. Khan, W. Raza, H. Ullah, A.S. Khan, M. Siraj, Z. Askar // J. Pak. Med. Assoc. 2015. Vol. 65, No 11 Suppl. 3. P. S147-S151.
97. Khanfour A.A. Versatility of Ilizarov technique in difficult cases of ankle arthrodesis and review of literature // Foot Ankle Surg. 2013. Vol. 19, No 1. P. 42-47. DOI: 10.1016/j.fas.2012.10.001.
98. Krishnan A., Pamecha C., Patwa J.J. Modified Ilizarov technique for infected nonunion of the femur: the principle of distraction-compression osteogenesis // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). 2006. Vol. 14, No 3. P. 265-272.
99. Kristiansen L.P., Steen H., Reikerås O. No difference in tibial lengthening index by use of Taylor spatial frame or Ilizarov external fixator // Acta Orthop. 2006. Vol. 77, No 5. P. 772-777.
100. Management of childhood chronic tibial osteomyelitis with the Ilizarov method / M. Kucukkaya, Y. Kabukcuoglu, M. Tezer, U. Kuzgun // J. Pediatr. Orthop. 2002. Vol. 22, No 5. P. 632-637.
101. Calcaneal fractures: indirect reduction and external fixation / W.C. McGarvey, M.W. Burris, T.O. Clanton, E.G. Melissinos // Foot Ankle Int. 2006. Vol. 27, No 7. P. 494-499.
102. Ilizarov Treatment Protocols in the Management of Infected Nonunion of the Tibia / M. McNally, J. Ferguson, R. Kugan, D. Stubbs // J. Orthop. Trauma. 2017. Vol. 31, No Suppl. 5. P. S47-S54. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000987.
103. Meleppuram J.J., Ibrahim S. Experience in fixation of infected non-union tibia by Ilizarov technique – a retrospective study of 42 cases // Rev. Bras. Ortop. 2016. Vol. 52, No 6. P. 670-675. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.11.008.
104. Fracture healing following high energy tibial trauma: Ilizarov versus Taylor Spatial Frame / C.U. Menakaya, A.S. Rigby, Y. Hadland, E. Barron, H. Sharma // Ann. R. Coll. Surg. Engl. 2014. Vol. 96, No 2. P. 106-110. DOI: 10.1308/003588414X13824511650335.
105. The results of treatment of bone defects and non-union within the femoral shaft with shortening of femur using Ilizarov method / L. Morasiewicz, W. Orzechowski, M. Kulej, M. Stepniewski // Ortop. Traumatol. Rehabil. 2007. Vol. 9, No 4. P. 366-376.
106. Cosmetic lower limb lengthening by Ilizarov apparatus: what are the risks? / K.I. Novikov, K.N. Subramanyam, S.O. Muradisinov, O.S. Novikova, E.S. Kolesnikova // Clin. Orthop. Relat. Res. 2014. Vol. 472, No 11. P. 3549-3556. DOI: 10.1007/s11999-014-3782-8.
107. The use of circular external fixators in the management of lower limb trauma in Dublin: a single surgeon's 20-year experience / B.J. O'Neill, C.M. Fox, A.P. Molloy, S. O'Hairemhoin, D.P. Moore // Ir. J. Med. Sci. 2016. Vol. 185, No 1. P. 133-138. DOI: 10.1007/s11845-014-1240-y.
108. Oostenbroek H.J., Van Roermund P.M. Arthrodesis of the knee after an infected arthroplasty using the Ilizarov method // J. Bone Joint Surg. Br. 2001. Vol. 83, No 1. P. 50-54.
109. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss / D. Paley, M.A. Catagni, F. Argani, A. Villa, G.B. Benedetti, R. Cattaneo // Clin. Orthop. Relat. Res. 1989. No 241. P. 146-165.
110. Paley D., Maar D.C. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects // J. Orthop. Trauma. 2000. Vol. 14, No 2. P. 76-85.
111. Correction of Lower Limb Deformities Using Ilizarov's Technique / V.P. Pathania, A.K. Sharma, G.R. Joshi, J.T. John // Med. J. Armed Forces India. 2005. Vol. 61, No 4. P. 322-325. DOI: 10.1016/S0377-1237(05)80054-1.
112. Patil S., Montgomery R. Management of complex tibial and femoral nonunion using the Ilizarov technique, and its cost implications // J. Bone Joint Surg. Br. 2006. Vol. 88, No 7. P. 928-932.
113. Treatment of distal tibial fractures with the Ilizarov external fixator – a prospective observational study in 39 consecutive patients / T. Ramos, J. Karlsson, B.I. Eriksson, L. Nistor // BMC Musculoskelet. Disord. 2013. Vol. 14. P. 50. DOI: 10.1186/1471-2474-14-30.
114. Evaluation of tibial condyle fractures treated with Ilizarov fixation, a prospective study / R.S. Reddy, C.Y. Kumar, H.M. Shah, D.K. Golla, D.J.N. Ganesh, P.A. Kumar // J. Clin. Diagn. Res. 2014. Vol. 8, No 11. P. LC05-LC07. DOI: 10.7860/JCDR/2014/9564.5117.

115. Prospective randomised comparison of ring versus rail fixator in infected gap nonunion of tibia treated with distraction osteogenesis / R. Rohilla, J. Wadhvani, A. Devgan, R. Singh, M. Khanna // *Bone Joint J.* 2016. Vol. 98-B, No 10. P. 1399-1405.
116. Correction of juxtaarticular deformities in children using the Ilizarov apparatus / K. Sakurakichi, H. Tsuchiya, T. Kabata, T. Yamashiro, K. Watanabe, K. Tomita // *J. Orthop. Sci.* 2005. Vol. 10, No 4. P. 360-366.
117. Salem K.H., Kinzl L., Schmelz A. Ankle arthrodesis using Ilizarov ring fixators: a review of 22 cases // *Foot Ankle Int.* 2006. Vol. 27, No 10. P. 764-770.
118. Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method / H.R. Song, S.H. Cho, K.H. Koo, S.T. Jeong, Y.J. Park, J.H. Ko // *Int. Orthop.* 1998. Vol. 22, No 5. P. 293-297.
119. Management of paediatric tibial fractures using two types of circular external fixator: Taylor spatial frame and Ilizarov circular fixator / S. Tafazal, S.S. Madan, F. Ali, M. Padman, S. Swift, S. Jones, J.A. Fernandes // *J. Child. Orthop.* 2014. Vol. 8, No 3. P. 273-279. DOI: 10.1007/s11832-014-0583-2.
120. Ilizarov frame fixation without bone graft for atrophic humeral shaft nonunion: 28 patients with a minimum 2-year follow-up / S. Tomić, M. Bumbasirević, A. Lesić, M. Mitković, H.D. Atkinson // *J. Orthop. Trauma.* 2007. Vol. 21, No 8. P. 549-556.
121. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis / K. Tong, Z. Zhong, Y. Peng, C. Lin, S. Cao, Y. Yang, G. Wang // *Injury.* 2017. Vol. 48, No 7. P. 1616-1622. DOI: 10.1016/j.injury.2017.03.042.
122. Ilizarov bone transport as a treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia: a long-term follow-up study / J. Vanderstappen, J. Lammens, P. Berger, A. Laumen // *J. Child. Orthop.* 2015. Vol. 9, No 4. P. 319-324. DOI: 10.1007/s11832-015-0675-7.
123. Vidyadhara S., Rao S.K. Ilizarov treatment of complex tibial pilon fractures // *Int. Orthop.* 2006. Vol. 30, No 2. P. 113-117.
124. Lengthening of the forearm by the Ilizarov technique / A. Villa, D. Paley, M.A. Catagni, D. Bell, R. Cattaneo // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1990. No 250. P. 125-137.
125. Quality of life and complications at the different stages of bone transport for treatment infected nonunion of the tibia / H. Wang, X. Wei, P. Liu, Y.H. Fu, P.F. Wang, Y.X. Cong, B.F. Zhang, Z. Li, J.L. Lei, K. Zhang, Y. Zhuang // *Medicine (Baltimore).* 2017. Vol. 96, No 45. P. e8569. DOI: 10.1097/MD.00000000000008569.
126. Wani N.B., Syed B. Ilizarov ring fixator in the management of infected non-unions of tibia // *SICOT J.* 2015. Vol. 1. P. 22. DOI: 10.1051/sicotj/2015022.
127. Williams M.O. Long-term cost comparison of major limb salvage using the Ilizarov method versus amputation // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1994. No 301. P. 156-158.
128. Ilizarov technique: Bone transport versus bone shortening-lengthening for tibial bone and soft-tissue defects / Y. Wu, Q. Yin, Y. Rui, Z. Sun, S. Gu // *J. Orthop. Sci.* 2017. Vol. 23, No 2. P. 341-345. DOI: 10.1016/j.jos.2017.12.002.
129. A treatment for large defects of the tibia caused by infected nonunion: Ilizarov method with bone segment extension / K. Xu, X. Fu, Y.M. Li, C.G. Wang, Z.J. Li // *Ir. J. Med. Sci.* 2014. Vol. 183, No 3. P. 423-428. DOI: 10.1007/s11845-013-1032-9.
130. A Systematic Review and Meta-Analysis of Ilizarov Methods in the Treatment of Infected Nonunion of Tibia and Femur / P. Yin, Q. Ji, T. Li, J. Li, Z. Li, J. Liu, G. Wang, S. Wang, L. Zhang, Z. Mao, P. Tang // *PLoS One.* 2015. Vol. 10, No 11. P. e0141973. DOI: 10.1371/journal.pone.0141973.
131. Профилактика и устранение возможных осложнений лечебного процесса при остеосинтезе псевдоартрозов и дефектов костей верхней конечности / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев, Ю.П. Солдатов // *Гений ортопедии.* 2003. № 2. С. 103-107.
132. Sella E.J. Prevention and management of complications of the Ilizarov treatment method // *Foot Ankle Spec.* 2008. Vol. 1, No 2. P. 105-107. DOI: 10.1177/1938640008315349.
133. Dahl M.T., Gulli B., Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1994. No 301. P. 10-18.
134. Slomka R. Complications of ring fixators in the foot and ankle // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2001. No 391. P. 115-122.

REFERENCES

1. Gubin A., Borzunov D., Malkova T. Ilizarov method for bone lengthening and defect management review of contemporary literature. *Bull. Hosp. Jt. Dis.*, 2016, vol. 74, no. 2, pp. 145-154.
2. Yin P., Ji Q., Li T., Li J., Li Z., Wang G., Wang S., Zhang L., Mao Z., Tang P. A systematic review and meta-analysis of Ilizarov methods in the treatment of infected nonunion of tibia and femur. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 11, pp. e0141973. DOI: 10.1371/journal.pone.0141973.
3. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *Int. Orthop.*, 2013, vol. 37, no. 8, pp. 1533-1539. DOI: 10.1007/s00264-013-1935-0.
4. Gulabi D., Erdem M., Cecen G.S., Avci C.C., Saglam N., Saglam F. Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: is it effective? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2014, vol. 472, no. 12, pp. 3892-3901. DOI: 10.1007/s11999-014-3640-8.
5. Azzam W., El-Sayed M. Ilizarov distraction osteogenesis over the preexisting nail for treatment of nonunion femurs with significant shortening. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, 2016, vol. 26, no. 3, pp. 319-328. DOI: 10.1007/s00590-016-1740-8.
6. Sabharwal S., Green S., McCarthy J., Hamdy R.C. What's new in limb lengthening and deformity correction. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2011, vol. 93, no. 2, pp. 213-221. DOI: 10.2106/JBJS.J.01420.
7. Sabharwal S., Nelson S.C., Sontich J.K. What's new in limb lengthening and deformity correction. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2015, vol. 97, no. 16, pp. 1375-1384. DOI: 10.2106/JBJS.O.00298.
8. Popkov D., Lascombes P., Journeau P., Popkov A. Current approaches to flexible intramedullary nailing for bone lengthening in children. *J. Child. Orthop.*, 2016, vol. 10, no. 6, pp. 499-509.
9. Pobloth A.M., Schell H., Petersen A., Beierlein K., Kleber C., Schmidt-Bleek K., Duda G.N. Tubular open-porous β -tricalcium phosphate polycaprolactone scaffolds as guiding structure for segmental bone defect regeneration in a novel sheep model. *J. Tissue Eng. Regen. Med.*, 2018, vol. 12, no. 4, pp. 897-911. DOI: 10.1002/term.2446.
10. Polyzois V.D., Stathopoulos I.P., Lampropoulou-Adamidou K., Vasiladias E.S., Vlamis J., Pneumaticos S.G. Strategies for managing bone defects of the lower extremity. *Clin. Podiatr. Med. Surg.*, 2014, vol. 31, no. 4, pp. 577-584. DOI: 10.1016/j.cpm.2014.06.008.
11. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1990, no. 250, pp. 81-104.
12. Erapal L., Bilen F.E., Rozbruch S.R., Kocaoglu M., Hammoudi A.I. External fixation reconstruction of the residual problems of benign bone tumours. *Strategies Trauma Limb Reconstr.*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. 37-49. DOI: 10.1007/s11751-016-0244-8.
13. Moraal J.M., Elzinga-Plomp A., Jongmans M.J., Roermund P.M., Flikweert P.E., Castelein R.M., Sinnema G. Long-term psychosocial functioning after Ilizarov limb lengthening during childhood. *Acta Orthop.*, 2009, vol. 80, no. 6, pp. 704-710. DOI: 10.3109/17453670903473024.
14. Novikov K.I., Subramanyam K.N., Muradinov S.O., Novikova O.S., Kolesnikova E.S. Cosmetic lower limb lengthening by Ilizarov apparatus: what are the risks? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2014, vol. 472, no. 11, pp. 3549-3556. DOI: 10.1007/s11999-014-3782-8.
15. Barker K.L., Lamb S.E., Simpson H.R. Recovery of muscle strength and power after limb-lengthening surgery. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2010, vol. 91, no. 3, pp. 384-388. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.11.014.
16. Sun X.T., Easwar T.R., Manesh S., Ryu J.H., Song S.H., Kim S.J., Song H.R. Complications and outcome of tibial lengthening using the Ilizarov method with or without a supplementary intramedullary nail: a case-matched comparative study. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2011, vol. 93, no. 6, pp. 782-787. DOI: 10.1302/0301-620X.93B6.25521.
17. Bernstein M., Fragomen A.T., Sabharwal S., Barclay J., Rozbruch S.R. Does Integrated Fixation Provide Benefit in the Reconstruction of Posttraumatic Tibial Bone Defects? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2015, vol. 473, no. 10, pp. 3143-3153. DOI: 10.1007/s11999-015-4326-6.
18. Ruethe P., Lammens J. Humeral lengthening by distraction osteogenesis: a safe procedure? *Acta Orthop Belg.*, 2013, vol. 79, no. 6, pp. 636-642.
19. Hosny G.A. Humeral lengthening and deformity correction. *J. Child. Orthop.*, 2016, vol. 10, no. 6, pp. 585-592. DOI: 10.1007/s11832-016-0789-6.
20. Jochymek J., Gal P. Evaluation of bone healing in femurs lengthened via the gradual distraction method. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc. Czech Repub.*, 2007, vol. 151, no. 1, pp. 137-141.
21. Sampaio F.M., Marçal L.P., Dos Reis D.G., Kasuo A.W., Fraga C.E., De Moraes F.B. Clinical evaluation of patients submitted to osteogenic distraction in the lower limb at a university hospital. *Rev. Bras. Ortop.*, 2016, vol. 51, no. 5, pp. 521-526. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.08.010.
22. Farr S., Mindler G., Ganger R., Girscher W. Bone lengthening in the pediatric upper extremity. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2016, vol. 98, no. 17, pp. 1490-1503. DOI: 10.2106/JBJS.16.00007.
23. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A., Belokon N.S. Activities of a large limb lengthening and reconstruction center in the 21st century. *J. Limb Lengthen. Reconstr.*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 6-10. DOI: 10.4103/jllr.jllr_26_17.
24. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Marchenkova L.O., Malkova T.A., Smirnova I.L. Contribution of G.A. Ilizarov to bone reconstruction: historical achievements and state of the art. *Strategies Trauma Limb Reconstr.*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 145-152. DOI: 10.1007/s11751-016-0261-7.
25. Aranovich A.M., Dindiberia E.V., Klimov O.V., Novikov K.I. Oshibki i oslozhnenia pri udlinenii goleni u bolnykh akhondroplaziei [Errors and complications when the leg lengthening in patients with achondroplasia]. *Travmatologiya i Ortopediya Rossii*, 2005, no. 1, pp. 36-37. (in Russian)
26. Aranovich A.M., Klimov O.V., Novikov K.I. Reabilitatsiya patientsov s nizkim rostom [Rehabilitation of low-height patients]. *Geniy Ortopedii*, 2011, no. 2, pp. 20-25. (in Russian)

27. Balaev P.I., Balaev I.I., Borzunov D.Y. Chreskostnyi kompressionno-distraktsionnyi osteosintez po Ilizarovu v ortopedicheskoi reabilitatsii bolnykh s pervichnymi opukholiami kostei goleni [Transosseous compression-distraction osteosynthesis by Ilizarov in orthopaedic rehabilitation of patients with primary tumors of leg bones]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 2, pp. 84-90. (in Russian)
28. Balaev P.I., Borzunov D.Y. Metod chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu v lechenii bolnykh s gigantokletochnymi opukholiami kostei goleni [Transosseous osteosynthesis method according to Ilizarov in treating patients with leg bone giant-cell tumors]. *Zabaikalskii Meditsinskii Vestnik*, 2016, no. 4, pp. 48-53. (in Russian)
29. Beidick O.V., Nikolenko V.N., Levchenko K.K., Loukpanova T.N., Aristova I.S., Sakkalla Kh.M.F. Anatomofunktsionalnyi podkhod k lecheniiu bolnykh s vrozhdennoi varusnoi deformatsiei golenei [An anatomic-and-functional approach to treatment of patients with the congenital varus deformity of the legs]. *Genij Ortopedii*, 2008, no. 1, pp. 37-40. (in Russian)
30. Bondarenko A.V., Pechenin S.A. Apparat Ilizarova v lechenii otkrytykh perelomov kostei goleni s defektom miagkikh tkanei po perednevnutrennei poverkhnosti [The Ilizarov apparatus in treatment of open leg bone fractures with soft-tissue defects along the antero-inferior surface]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 3, pp. 43-45. (in Russian)
31. Bondarenko A.V., Pechenin S.A. Ispolzovanie apparata Ilizarova v lechenii ognestrelnykh vysokoenergeticheskikh ranenii bedra [Use of the Ilizarov fixator for treatment of gunshot high-energy femoral injuries]. *Genij Ortopedii*, 2004, no. 1, pp. 123-125. (in Russian)
32. Bondarenko A.V., Smaznev K.V., Pechenin S.A. Chreskostnyi osteosintez povrezhdenii taza i vertluzhnoi vpadiny pri politravme [Transosseous osteosynthesis for pelvic and acetabular injuries in case of polytrauma]. *Genij Ortopedii*, 2006, no. 3, pp. 45-51. (in Russian)
33. Borzunov D.Y. Zameshchenie defektov dlinnykh kostei poliokalnym udlineniem otlochkov [Filling long bone defects by polylocal fragmental lengthening]. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*, 2006, no. 4, pp. 24-29. (in Russian)
34. Borzunov D.Y., Mokhovikov D.S. Osobennosti chreskostnogo osteosinteza pri zameshchenii postrezeksionnykh defektov trubchatykh kostei kisti [The features of transosseous osteosynthesis for filling the post-resection defects of hand tubular bones]. *Genij Ortopedii*, 2009, no. 2, pp. 34-39. (in Russian)
35. Bouravtsov P.P., Gorevanov E.A., Muradisinov M.S. Oshibki, oslozhneniia i ikh profilaktika pri operativnom lechenii vyvika nadkolennika [Errors, complications and their prevention for the surgical treatment of patellar dislocation]. *Genij Ortopedii*, 2006, no. 2, pp. 86-88. (in Russian)
36. Garbuz I.F., Andrieh N.G., Mazur V.G., Panasenko R.D. Vneochagovyi osteosintez apparatom ilizarova pri perelome kostei goleni u detei [Extrafocal osteosynthesis with the Ilizarov fixator for a leg bone fracture in children]. Materialy iubil. vsenos. nauch.-prakt. konf. «Aktualnye voprosy travmatologii i ortopedii», posviashch. 100-letiiu so dnia osnovaniia ros. nauch.-issled. in-ta travmatologii i ortopedii im. R.R. Vredena [Proc. Jubil. All-Russian Scientific-practical Conference "Current problems of Traumatology and Orthopaedics", devoted to 100th anniversary of the founding Russian Vreden Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedics]. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*, 2006, no. 2, pp. 69. (in Russian)
37. Gorbunov E.V. Metodiki chreskostnogo osteosinteza pri lechenii bolnykh s zakrytymi perelomami loktevoogo otroiska [Transosseous osteosynthesis techniques in management of patients with closed olecranon fractures]. *Genij Ortopedii*, 2009, no. 4, pp. 104-109. (in Russian)
38. Gorevanov E.A., Popkov D.A., Muradisinov S.O., Kolchev V.O. Oshibki i oslozhneniia pri bilokalnom monosegmentarnom distraktsionnom osteosinteze vrozhdennou ukorochnoi goleni [Errors and complications of bifocal monosegmental distraction osteosynthesis for congenitally shortened leg]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 3, pp. 33-38. (in Russian)
39. Gofman F.F., Muradisinov S.O., Novikov K.I., Klimov O.V. Rezultaty lecheniia patsientov s posledstviiami gematogennoy osteomieliti plechevoi kosti s ispolzovaniem novykh metodik chreskostnogo osteosinteza [Treatment results of patients with humeral hematogenous osteomyelitis sequelae using new techniques of transosseous osteosynthesis]. *Genij Ortopedii*, 2009, no. 1, pp. 80-83. (in Russian)
40. Danilkin M.Yu. Udlinenie trubchatykh kostei kisti apparatom naruzhnoi fiksatsii FGU «RNTs «VTO» im. akad. G.A. Ilizarova» [Lengthening of hand tubular bones with the FSI «RISC «RTO» external fixator]. *Genij Ortopedii*, 2009, no. 2, pp. 22-27. (in Russian)
41. Dzhaifarov A., Tan I., Giul'shen M., Ali-Zade Ch. Analiz rezultatov lecheniia perelomov plato bolshebertsovoi kosti apparatom Ilizarova [Analysis of the results of treating tibial plateau fractures with the Ilizarov fixator]. *Genij Ortopedii*, 2015, no. 1, pp. 17-22. (in Russian)
42. Djachkov A.N., Soldatov Yu.P., Stolbikov S.A., Zverev E.S. Sravnitelnyi analiz oshibok i oslozhnenii pri lechenii bolnykh s zakrytymi perelomami kostei goleni konservativnymi i operativnymi metodami v usloviiakh gorodskoi bolnitsy i mediko-sanitarnoi chasti [A comparative analysis of errors and complications when treating patients with closed leg bone fractures using conservative and surgical methods under the conditions of the city hospital and medical unit]. *Meditsinskaiia Nauka i Obrazovanie Urala*, 2011, no. 2, pp. 127-130. (in Russian)
43. Zyrianov S.S., Soldatov Yu.P., Zyrianov S.Ya. Operativnoe lechenie patsientov s posttravmaticheskim ploskostopiem s primeneniem apparata Ilizarova [Surgical treatment of patients with posttraumatic flat foot using the Ilizarov fixator]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 3, pp. 38-41. (in Russian)
44. Karasev E.A. Operativnoe lechenie bolnykh s zakrytymi perelomami nadkolennika s primeneniem artroskopicheskikh tekhnologii [Surgical treatment of patients with closed patellar fractures using arthroscopic technologies]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 1, pp. 145-151. (in Russian)
45. Kliushin N.M., Shliakhov V.I., Zlobin A.V., Burnashov S.I., Chakushin B.E., Ababkov Yu.V., Mikhailov A.G. Chreskostnyi osteosintez pri lechenii osteomieliti dlinnykh kostei verkhnei konechnosti [Transosseous osteosynthesis in treatment of osteomyelitis of upper limb long bones]. *Genij Ortopedii*, 2010, no. 4, pp. 45-50. (in Russian)
46. Kozhevnikov V.V., Voronchikhin E.V., Grigoricheva L.G., Radimova Zh.N. Primenenie apparata Ilizarova v lechenii detei s retsidiviruiushchei vrozhdennoi kosolaposti [The Ilizarov fixator use in the treatment of children with recurrent congenital clubfoot]. *Ortopediia, Travmatologiya i Vostanovitelnaia Khirurgiia Detskogo Vozrasta*, 2016, no. 1, pp. 5-10. (in Russian)
47. Lapynin A.I., Popova L.A. Otsenka otdalennykh rezultatov lecheniia bolnykh khronicheskimi osteomielitami kostei nizhnikh konechnostei s nalichiem kostnykh polostei metodom upravlianiia chreskostnogo osteosinteza [The evaluation of long-term results of treating patients with chronic osteomyelitis of the lower limb bones with presenting bone cavities using the method of controlled transosseous osteosynthesis]. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*, 2011, no. 4, pp. 53-61. (in Russian)
48. Larionov A.A., Makarov M.L., Odinochenko N.G., Antonova L.N., Tynov I.S. Chreskostnyi osteosintez po Ilizarovu pri perelomakh kostei goleni i ikh posledstviakh [Transosseous osteosynthesis according to Ilizarov for leg bone fractures and their consequences]. Tez. kongr. «Meditsina chrezvychainnykh situatsii. Sovremennye tekhnologii v travmatologii i ortopedii» [Proc. Congr. "Emergency Medicine. Current Technologies in Traumatology and Orthopaedics"]. *Kafedra Travmatologii i Ortopedii*, 2016, spetsvypusk, pp. 49-50. (in Russian)
49. Martel' I.I., Darvin E.O. Lechenie zakrytykh perelomov kluchitsy razlichnymi variantami osteosinteza [Treatment of closed clavicular fractures using various osteosynthesis variants]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 4, pp. 5-8. (in Russian)
50. Martel' I.I., Karasev A.G., Boichuk S.P., Karasev E.A., Badalov Kh.T. Chreskostnyi osteosintez apparatom Ilizarova pri povrezhdeniiakh akromialnogo kotsa kluchitsy [Transosseous osteosynthesis with the Ilizarov fixator for injuries of the acromial end of the clavicle]. *Genij Ortopedii*, 2013, no. 3, pp. 5-8. (in Russian)
51. Mitrofanov A.I., Borzunov D.Yu. Rezultaty lecheniia patsientov s aktivnymi solitarnymi kostnymi kistami s primeneniem chreskostnogo osteosinteza [Results of treatment in patients with active solitary bone cysts using transosseous osteosynthesis]. *Genij Ortopedii*, 2010, no. 2, pp. 55-59. (in Russian)
52. Nazarov F.N., Linnik S.A. Rol osteosinteza metodom ilizarova pri sochetannykh i mnozhestvennykh travmakh nizhnikh konechnostei [The role of osteosynthesis by the Ilizarov method for concomitant and multiple injuries of the lower limbs]. *Vestnik Poslediplomnogo Obrazovaniia v Sfere Zdravookhraneniia*, 2014, no. 2, pp. 41-46. (in Russian)
53. Neretin A.S., Ivanov G.P., Danilkin M.Yu. Udlinenie kostei perednego otdela stopy metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu [Lengthening of forefoot bones by transosseous osteosynthesis method according to Ilizarov]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 2, pp. 54-59. (in Russian)
54. Novikov K.I., Kolesnikova E.S., Muradisinov S.O., Dyachkova G.V., Novikova O.S., Diachkov K.A. Udlinenie goleni v proksimalnoi treti metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu [Leg lengthening in the proximal third using transosseous osteosynthesis method according to Ilizarov]. *Genij Ortopedii*, 2014, no. 3, pp. 19-23. (in Russian)
55. Pankov I.O., Emelin A.L., Nigmatullin V.R., Salikhov R.Z. Chreskostnyi osteosintez pri supinatsionno-inversionnykh perelomakh distalnogo sustavnogo otdela kostei goleni [Transosseous osteosynthesis for supination-inversion fractures of the distal articular part of leg bones]. *Prakticheskaiia Meditsina*, 2013, vol. 2, no. 1-2, pp. 114-118. (in Russian)
56. Pankov I.O., Riabchikov I.V., Nigmatullin V.R. Nash opyt lecheniia patsientov s perelomami oblasti kolennogo sustava [Our experience of treating patients with the knee fractures]. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniia*, 2012, no. 5. (in Russian) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7019> (accessed 09.09.2018).
57. Pankov I.O., Riabchikov I.V., Nigmatullin V.R. Chreskostnyi osteosintez pri perelomakh i perelomo-vyvikhakh tarannoi kosti [Transosseous osteosynthesis for fractures and fracture-dislocations of the talus]. *Prakticheskaiia Meditsina*, 2012, no. 8-2 (64), pp. 135-139. (in Russian)
58. Sikilinda V.D., Alabut A.V., Dubinskii A.V. Taktika i analiz rezultatov lecheniia bolnykh s kostnymi defektami [The tactics and analysis of the results of treating patients with bone defects]. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*, 2009, no. 2, pp. 34-38. (in Russian)
59. Sysenko Yu.M. Osobennosti chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu pri lechenii mnozhestvennykh perelomov u detei i podrostkov [Peculiarities of transosseous osteosynthesis according to Ilizarov during the treatment of multiple fractures in children and adolescents]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 3, pp. 5-9. (in Russian)
60. Sysenko Yu.M., Bunov D.V. Lechenie bolnykh so slozhnymi perelomami golenostopnogo sustava metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu [Treatment of patients with compound fractures of the ankle by the transosseous osteosynthesis method according to Ilizarov]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 3, pp. 29-32. (in Russian)

61. Sysenko Y.M., Nasyrov M.Z. Travmy epifizarnogo rostkovogo khriashcha distalnogo otdela goleni i ikh lechenie metodom chreskostnogo osteosinteza [The injuries of the epiphyseal growth cartilage of the distal leg and their treatment by transosseous osteosynthesis technique]. *Genij Ortopedii*, 2004, no. 1, pp. 107-113. (in Russian)
62. Sysenko Y.M., Smelyshev K.N. Vozmozhnosti chreskostnogo osteosinteza pri lechenii bolnykh s vnutristustavnymi perelomami distalnogo epimetafiza bolshebertsovoi kosti [Possibilities of transosseous osteosynthesis use in treatment of patients with intraarticular fractures of the distal tibial epimetafysis]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 2, pp. 51-53. (in Russian)
63. Tropin V.I., Buravtsov P.P., Biriukova M.Iu., Chertishchev A.A., Tropin D.V. Operativnoe lechenie patsientov s gonartrozom i varusnoi deformatsiei kolennogo sustava s primeneniem apparata Ilizarova [Surgical treatment of patients with gonarthrosis and varus deformity of the knee using the Ilizarov fixator]. *Genij Ortopedii*, 2016, no. 1, pp. 70-74. (in Russian)
64. Khoudzhanov A.A. Blizhaishie i otdalennye rezultaty lecheniia vrozhdennoi kosolaposti u detei s primeneniem apparata Ilizarova [The immediate and long-term results of treatment for congenital clubfoot in children using the Ilizarov fixator]. *Genij Ortopedii*, 2004, no. 4, pp. 49-52. (in Russian)
65. Chibirov G.M., Soldatov Y.P. Operativnoe lechenie bolnykh s posledstviiami travm lokteвого sustava s primeneniem apparata Ilizarova [Surgical treatment of patients with the elbow injury consequences using the Ilizarov fixator]. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniia*, 2015, no. 5. (in Russian) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7019> (accessed 21.09.2018).
66. Shved S.I., Karasev A.G. Chreskostnyi osteosintez po Ilizarovu pri lechenii bolnykh s perelomami oboikh beder [Transosseous osteosynthesis according to Ilizarov for treatment of patients with bilateral femoral fractures]. *Genij Ortopedii*, 2002, no. 2, pp. 15-18. (in Russian)
67. Shved S.I., Karasev A.G., Dolganova T.I., Sveshnikov A.A. Lechenie bolnykh s mnozhestvennymi perelomami kostei nizhnikh konechnostei metodom chreskostnogo osteosinteza po Ilizarovu [Treatment of patients with multiple fractures of lower limb bones using the method of transosseous osteosynthesis according to Ilizarov]. *Genij Ortopedii*, 2006, no. 4, pp. 75-78. (in Russian)
68. Shevtsov V.I., Ismailov G.R., Kozmina T.Y., Znamenskaia M.G., Danilkin M.Y. Vozmozhnosti chreskostnogo osteosinteza pri lechenii bolnykh s priobretennoi patologiei kisti [Transosseous osteosynthesis potentials in treatment of patients with the hand acquired pathology]. *Genij Ortopedii*, 2002, no. 1, pp. 19-23. (in Russian)
69. Shevtsov V.I., Makushin V.D., Kuftyrev L.M. Defekty kostei nizhnei konechnosti [Defects of the lower limb bones]. Kurgan, Zaurale, 1996, 504 p. (in Russian)
70. Shchukin A.A., Aranovich A.M., Popkov A.V., Popkov D.A. Otsenka rezultatov udlineniia nizhnikh konechnostei u bolnykh s sistemnymi zabolevaniiami skeleta, soprovozhdaushchimisia patologicheski nizkim rostom [Evaluation of the results of lower limb lengthening in patients with systemic skeletal diseases accompanied by pathologically short stature]. *Genij Ortopedii*, 2014, no. 2, pp. 44-51. (in Russian)
71. Iamshchikov O.N., Markov D.A., Emelianov S.A. Primenenie chreskostnogo osteosinteza apparatami vneshnei fiksatsii pri perelomakh bedrennykh kostei v sovremennykh usloviakh [Current use of transosseous osteosynthesis with external fixators for femoral fractures]. *Saratovskii Nauchno-Meditsinskii Zhurnal*, 2014, vol. 10, no. 4, pp. 645-648. (in Russian)
72. Atar D., Lehman W.B., Grant A.D., Strongwater A., Frankel V., Golyakhovsky V. Treatment of complex limb deformities in children with the Ilizarov technique. *Orthopedics*, 1991, vol. 14, no. 9, pp. 961-967.
73. Bacon S., Smith W.R., Morgan S.J., Hasenboehler E., Phillips G., Williams A., Ziran B.H., Stahel P.F. A retrospective analysis of comminuted intra-articular fractures of the tibial plafond: Open reduction and internal fixation versus external Ilizarov fixation. *Injury*, 2008, vol. 39, no. 2, pp. 196-202. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.003.
74. Baschera D., Kingwell D., Wren M., Zellweger R. A holistic perspective of patients' lives post-Ilizarov external fixation. *ANZ J. Surg.*, 2014, vol. 84, no. 10, pp. 776-780. DOI: 10.1111/ans.12669.
75. Borzunov D.Y., Chevardin A.V. Ilizarov non-free bone plasty for extensive tibial defects. *Int. Orthop.*, 2013, vol. 37, no. 4, pp. 709-714. DOI: 10.1007/s00264-013-1799-3.
76. Brinker M.R., O'Connor D.P. Outcomes of tibial nonunion in older adults following treatment using the Ilizarov method. *J. Orthop. Trauma*, 2007, vol. 21, no. 9, pp. 634-642. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318156c2a2.
77. Bruno A.A., Kirienco A., Peccati A., Dupplicato P., De Donato M., Arnaldi E., Portinaro N. Knee arthrodesis by the Ilizarov method in the treatment of total knee arthroplasty failure. *Knee*, 2017, vol. 24, no. 1, pp. 91-99. DOI: 10.1016/j.knee.2016.11.002.
78. Calif E., Stein H., Lerner A. The Ilizarov external fixation frame in compression arthrodesis of large, weight bearing joints. *Acta Orthop. Belg.*, 2004, vol. 70, no. 1, pp. 51-56.
79. Carmichael K.D., Maxwell S.C., Calhoun J.H. Recurrence rates of burn contracture ankle equinus and other foot deformities in children treated with Ilizarov fixation. *J. Pediatr. Orthop.*, 2005, vol. 25, no. 4, pp. 523-528.
80. Cattaneo R., Villa A., Catagni M.A., Bell D. Lengthening of the humerus using the Ilizarov technique. Description of the method and report of 43 cases. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1990, no. 250, pp. 117-124.
81. Chaddha M., Gulati D., Singh A.P., Singh A.P., Maini L. Management of massive posttraumatic bone defects in the lower limb with the Ilizarov technique. *Acta Orthop. Belg.*, 2010, vol. 76, no. 6, pp. 811-820.
82. Cierny G. 3rd, Zorn K.E. Segmental tibial defects. Comparing conventional and Ilizarov methodologies. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1994, no. 301, pp. 118-123.
83. Dammerer D., Kirschbichler K., Donnan L., Kaufmann G., Krismer M., Biedermann R. Clinical value of the Taylor Spatial Frame: a comparison with the Ilizarov and Orthofix fixators. *J. Child. Orthop.*, 2011, vol. 5, no. 5, pp. 343-349. DOI: 10.1007/s11832-011-0361-3.
84. Dujardin J., Lammens J. Treatment of delayed union or non-union of the tibial shaft with partial fibulectomy and an Ilizarov frame. *Acta Orthop. Belg.*, 2007, vol. 73, no. 5, pp. 630-634.
85. El-Alfy B.S. Unhappy triad in limb reconstruction: Management by Ilizarov method. *World J. Orthop.*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 42-48. DOI: 10.5312/wjo.v8.i1.42.
86. Eylon S., Porat S., Bor N., Leibner E.D. Outcome of Ilizarov ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.*, 2007, vol. 28, no. 8, pp. 873-879. DOI: 10.3113/FAI.2007.0873.
87. Fabry K., Lammens J., Delhey P., Stuyck J., Pellenberg U.Z. Ilizarov's method: a solution for infected bone loss. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, 2006, vol. 16, no. 2, pp. 103-109. DOI: 10.1007/s00590-005-0052-1.
88. Farmanullah, Khan M.S., Awais S.M. Evaluation of management of tibial non-union defect with Ilizarov fixator. *J. Ayub. Med. Coll. Abbottabad.*, 2007, vol. 19, no. 3, pp. 34-36.
89. Fragomen A.T., Borst E., Schachter L., Lyman S., Rozbruch S.R. Complex ankle arthrodesis using the Ilizarov method yields high rate of fusion. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2012, vol. 470, no. 10, pp. 2864-2873. DOI: 10.1007/s11999-012-2470-9.
90. Freedman J.A., Watts H., Otsuka N.Y. The Ilizarov method for the treatment of resistant clubfoot: is it an effective solution? *J. Pediatr. Orthop.*, 2006, vol. 26, no. 4, pp. 432-437. DOI: 10.1097/01.bpo.0000226276.70706.0e.
91. Hall J.A., Beuerlein M.J., McKee M.D.; Canadian Orthopaedic Trauma Society. Open reduction and internal fixation compared with circular fixator application for bicondylar tibial plateau fractures. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2009, vol. 91, no. Suppl. 2, pt. 1, pp. 74-88. DOI: 10.2106/JBJS.G.01165.
92. Hosny G., Fadel M. Ilizarov external fixator for open fractures of the tibial shaft. *Int. Orthop.*, 2003, vol. 27, no. 5, pp. 303-306. DOI: 10.1007/s00264-003-0476-3.
93. Hosny G.A. Humeral lengthening and deformity correction. *J. Child. Orthop.*, 2016, vol. 10, no. 6, pp. 585-592. DOI: 10.1007/s11832-016-0789-6.
94. Inan M., Halici M., Ayan I., Tuncel M., Karaoglu S. Treatment of type IIIA open fractures of tibial shaft with Ilizarov external fixator versus unreamed tibial nailing. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 2007, vol. 127, no. 8, pp. 617-623. DOI: 10.1007/s00402-007-0332-9.
95. Khan M.S., Rashid H., Umer M., Qadir I., Hafeez K., Iqbal A. Salvage of infected non-union of the tibia with an Ilizarov ring fixator. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*, 2015, vol. 23, no. 1, pp. 52-55. DOI: 10.1177/230949901502300112.
96. Khan M.S., Raza W., Ullah H., Khan A.S., Siraj M., Askar Z. Outcome of ilizarov fixator in complex non-union of long bones. *J. Pak. Med. Assoc.*, 2015, vol. 65, no. 11 Suppl. 3, pp. S147-S151.
97. Khanfour A.A. Versatility of Ilizarov technique in difficult cases of ankle arthrodesis and review of literature. *Foot Ankle Surg.*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 42-47. DOI: 10.1016/j.fas.2012.10.001.
98. Krishnan A., Pamecha C., Patwa J.J. Modified Ilizarov technique for infected nonunion of the femur: the principle of distraction-compression osteogenesis. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*, 2006, vol. 14, no. 3, pp. 265-272. DOI: 10.1177/230949900601400307.
99. Kristiansen L.P., Steen H., Reikerås O. No difference in tibial lengthening index by use of Taylor spatial frame or Ilizarov external fixator. *Acta Orthop.*, 2006, vol. 77, no. 5, pp. 772-777. DOI: 10.1080/17453670610012971.
100. Kucukkaya M., Kabukcuoglu Y., Tezer M., Kuzgun U. Management of childhood chronic tibial osteomyelitis with the Ilizarov method. *J. Pediatr. Orthop.*, 2002, vol. 22, no. 5, pp. 632-637.
101. McGarvey W.C., Burris M.W., Clanton T.O., Melissinos E.G. Calcaneal fractures: indirect reduction and external fixation. *Foot Ankle Int.*, 2006, vol. 27, no. 7, pp. 494-499. DOI: 10.1177/107110070602700703.
102. McNally M., Ferguson J., Kugan R., Stubbs D. Ilizarov Treatment Protocols in the Management of Infected Nonunion of the Tibia. *J. Orthop. Trauma*, 2017, vol. 31, no. Suppl. 5, pp. S47-S54. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000987.

103. Meleppuram J.J., Ibrahim S. Experience in fixation of infected non-union tibia by Ilizarov technique – a retrospective study of 42 cases. *Rev. Bras. Ortop.*, 2016, vol. 52, no. 6, pp. 670-675. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.11.008.
104. Menakaya C.U., Rigby A.S., Hadland Y., Barron E., Sharma H. Fracture healing following high energy tibial trauma: Ilizarov versus Taylor Spatial Frame. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, 2014, vol. 96, no. 2, pp. 106-110. DOI: 10.1308/003588414X13824511650335.
105. Morasiewicz L., Orzechowski W., Kulej M., Stepniowski M. The results of treatment of bone defects and K.I. non-union within the femoral shaft with shortening of femur using Ilizarov method. *Ortop. Traumatol. Rehabil.*, 2007, vol. 9, no. 4, pp. 366-376.
106. Novikov, K.N. Subramanyam, S.O. Muradisinov, O.S. Novikova, E.S. Kolesnikova. Cosmetic lower limb lengthening by Ilizarov apparatus: what are the risks? *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2014, vol. 472, no. 11, pp. 3549-3556. DOI: 10.1007/s11999-014-3782-8.
107. O'Neill B.J., Fox C.M., Molloy A.P., O'Eireamhoin S., Moore D.P. The use of circular external fixators in the management of lower limb trauma in Dublin: a single surgeon's 20-year experience. *Ir. J. Med. Sci.*, 2016, vol. 185, no. 1, pp. 133-138. DOI: 10.1007/s11845-014-1240-y.
108. Oostenbroek H.J., van Roermund P.M. Arthrodesis of the knee after an infected arthroplasty using the Ilizarov method. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2001, vol. 83, no. 1, pp. 50-54.
109. Paley D., Catagni M.A., Argnani F., Villa A., Benedetti G.B., Cattaneo R. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1989, no. 241, pp. 146-165.
110. Paley D., Maar D.C. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J. Orthop. Trauma*, 2000, Vol. 14, no. 2, pp. 76-85.
111. Pathania V.P., Sharma A.K., Joshi G.R., John J.T. Correction of Lower Limb Deformities Using Ilizarov's Technique. *Med. J. Armed Forces India*, 2005, vol. 61, no. 4, pp. 322-325. DOI: 10.1016/S0377-1237(05)80054-1.
112. Patil S., Montgomery R. Management of complex tibial and femoral nonunion using the Ilizarov technique, and its cost implications. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 2006, vol. 88, no. 7, pp. 928-932. DOI: 10.1302/0301-620X.88B7.17639.
113. Ramos T., Karlsson J., Eriksson B.I., Nistor L. Treatment of distal tibial fractures with the Ilizarov external fixator – a prospective observational study in 39 consecutive patients. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2013, vol. 14, pp. 30. DOI: 10.1186/1471-2474-14-30.
114. Evaluation of tibial condyle fractures treated with Ilizarov fixation, a prospective study / R.S. Reddy, C.Y. Kumar, H.M. Shah, D.K. Golla, D.J.N. Ganesh, P.A. Kumar. *J. Clin. Diagn. Res.*, 2014, vol. 8, no. 11, pp. LC05-LC07. DOI: 10.7860/JCDR/2014/9564.5117.
115. Rohilla R., Wadhvani J., Devgan A., Singh R., Khanna M. Prospective randomised comparison of ring versus rail fixator in infected gap nonunion of tibia treated with distraction osteogenesis. *Bone Joint J.*, 2016, vol. 98-B, no. 10, pp. 1399-1405. DOI: 10.1302/0301-620X.98B10.37946.
116. Sakurakichi K., Tsuchiya H., Kabata T., Yamashiro T., Watanabe K., Tomita K. Correction of juxtaarticular deformities in children using the Ilizarov apparatus. *J. Orthop. Sci.*, 2005, vol. 10, no. 4, pp. 360-366.
117. Salem K.H., Kinzl L., Schmelz A. Ankle arthrodesis using Ilizarov ring fixators: a review of 22 cases. *Foot Ankle Int.*, 2006, vol. 27, no. 10, pp. 764-770.
118. Song H.R., Cho S.H., Koo K.H., Jeong S.T., Park Y.J., Ko J.H. Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method. *Int. Orthop.*, 1998, vol. 22, no. 5, pp. 293-297.
119. Tafazzal S., Madan S.S., Ali F., Padman M., Swift S., Jones S., Fernandes J.A. Management of paediatric tibial fractures using two types of circular external fixator: Taylor spatial frame and Ilizarov circular fixator. *J. Child. Orthop.*, 2014, vol. 8, no. 3, pp. 273-279. DOI: 10.1007/s11832-014-0583-2.
120. Tomić S., Bumbasirević M., Lesić A., Mitković M., Atkinson H.D. Ilizarov frame fixation without bone graft for atrophic humeral shaft nonunion: 28 patients with a minimum 2-year follow-up. *J. Orthop. Trauma*, 2007, vol. 21, no. 8, pp. 549-556.
121. Tong K., Zhong Z., Peng Y., Lin C., Cao S., Yang Y., Wang G. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis. *Injury*, 2017, vol. 48, no. 7, pp. 1616-1622. DOI: 10.1016/j.injury.2017.03.042.
122. Vanderstappen J., Lammens J., Berger P., Laumen A. Ilizarov bone transport as a treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia: a long-term follow-up study. *J. Child. Orthop.*, 2015, vol. 9, no. 4, pp. 319-324. DOI: 10.1007/s11832-015-0675-7.
123. Vidyadhara S., Rao S.K. Ilizarov treatment of complex tibial pilon fractures. *Int. Orthop.*, 2006, vol. 30, no. 2, pp. 113-117.
124. Villa A., Paley D., Catagni M.A., Bell D., Cattaneo R. Lengthening of the forearm by the Ilizarov technique. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1990, no. 250, pp. 125-137.
125. Wang H., Wei X., Liu P., Fu Y.H., Wang P.F., Cong Y.X., Zhang B.F., Li Z., Lei J.L., Zhang K., Zhuang Y. Quality of life and complications at the different stages of bone transport for treatment infected nonunion of the tibia. *Medicine (Baltimore)*, 2017, vol. 96, no. 45, pp. e8569. DOI: 10.1097/MD.00000000000008569.
126. Wani N.B., Syed B. Ilizarov ring fixator in the management of infected non-unions of tibia. *SICOT J.*, 2015, vol. 1, pp. 22. DOI: 10.1051/sicotj/2015022.
127. Williams M.O. Long-term cost comparison of major limb salvage using the Ilizarov method versus amputation. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1994, no. 301, pp. 156-158.
128. Wu Y., Yin Q., Rui Y., Sun Z., Gu S. Ilizarov technique: Bone transport versus bone shortening-lengthening for tibial bone and soft-tissue defects. *J. Orthop. Sci.*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 341-345. DOI: 10.1016/j.jos.2017.12.002.
129. Xu K., Fu X., Li Y.M., Wang C.G., Li Z.J. A treatment for large defects of the tibia caused by infected nonunion: Ilizarov method with bone segment extension. *Ir. J. Med. Sci.*, 2014, vol. 183, no. 3, pp. 423-428. DOI: 10.1007/s11845-013-1032-9.
130. Yin P., Ji Q., Li T., Li J., Li Z., Liu J., Wang G., Wang S., Zhang L., Mao Z., Tang P. A Systematic Review and Meta-Analysis of Ilizarov Methods in the Treatment of Infected Nonunion of Tibia and Femur. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 11, pp. e0141973. DOI: 10.1371/journal.pone.0141973.
131. Shevtsov V.I., Makushin V.D., Kufyrev L.M., Soldatov Iu.P. Profilaktika i ustranenie vozmozhnykh oslozhnenii lechebnogo protsessa pri osteosinteze psevdartrozov i defektov kostei verkhnei konechnosti [Prevention and elimination of possible complications in treatment by osteosynthesis of pseudarthroses and defects of the upper limb bones]. *Genij Ortopedii*, 2003, no. 2, pp. 103-107. (in Russian)
132. Sella E.J. Prevention and management of complications of the Ilizarov treatment method. *Foot Ankle Spec.*, 2008, vol. 1, no. 2, pp. 105-107. DOI: 10.1177/1938640008315349.
133. Dahl M.T., Gulli B., Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 1994, no. 301, pp. 10-18.
134. Slomka R. Complications of ring fixators in the foot and ankle. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2001, no. 391, pp. 115-122.

Рукопись поступила 15.10.2018

Сведения об авторах:

1. Солдатов Юрий Петрович, д. м. н., профессор, ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия
2. Стогов Максим Валерьевич, д. б. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: stogo_off@list.ru
3. Овчинников Евгений Николаевич, к. б. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия
4. Губин Александр Вадимович, д. м. н., ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: shugul19@gubin.spb.ru
5. Городнова Наталья Васильевна, д. э. н., профессор, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия, Email: n.v.gorodnova@urfu.ru

Information about the authors:

1. Yuri P. Soldatov, M.D., Ph.D., Professor, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
2. Maksim V. Stogov, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: stogo_off@list.ru
3. Evgeny N. Ovchinnikov, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation
4. Alexander V. Gubin, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russian Federation, Email: shugul19@gubin.spb.ru
5. Natalia V. Gorodnova, Ph.D. of Economic Sciences, professor, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation, Email: n.v.gorodnova@urfu.ru