



© CC BY Коллектив авторов, 2021
УДК 616.718-001.5-089.22
DOI: 10.24884/1607-4181-2021-28-1-40-51

Е. А. Щепкина^{1,2*}, И. В. Лебедков¹, Л. Н. Соломин^{1,3}, К. Л. Корчагин¹, Ф. К. Сабиров¹,
Д. Г. Парфеев¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р. Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

³ Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УДЛИНЕНИЯ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПО ИЛИЗАРОВУ И «ПОВЕРХ» ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО СТЕРЖНЯ

Поступила в редакцию 08.12.2020 г.; принята к печати 26.04.2021 г.

Резюме

Введение. Методика удлинения костей поверх гвоздя (УПГ) сочетает преимущества чрескостного остеосинтеза и внутренней фиксации.

Цель исследования — сравнить эффективность применения, оценить структуру и частоту осложнений у пациентов, пролеченных по методике УПГ и при удлинении по Илизарову.

Методы и материалы. Проанализированы 55 случаев УПГ бедра и голени и 64 случая удлинения по Илизарову (чрескостный остеосинтез, ЧО). Сравнивали длительность периода внешней фиксации, осложнения и качество жизни пациентов.

Результаты. Период чрескостного остеосинтеза при УПГ был в 4 раза меньше, чем в группе ЧО. При УПГ отмечено 25 (45,5 %) осложнений, в группе ЧО — 54 (84,4 %) осложнения. В обеих группах при удлинении бедренной кости отмечено большее число осложнений. Воспаления в области чрескостных элементов при УПГ бедра отмечались в 2,5 раза реже, чем в группе ЧО. Контрактуры коленного сустава встречались только при ЧО в 11,4 %. Контрактура голеностопного сустава при удлинении голени отмечена с одинаковой частотой. Нарушения процессов консолидации при удлинении бедра отмечены в 2 раза чаще в группе УПГ, при удлинении голени — в 5 раз чаще в группе ЧО. Преждевременное сращение отмечено только при УПГ. Переломов чрескостных элементов было в 2 раза меньше в группе УПГ.

Заключение. Сокращение периода чрескостного остеосинтеза при УПГ коррелирует со снижением осложнений в 2 раза и повышением комфортности лечения. УПГ перспективно для более широкого клинического применения.

Ключевые слова: неравенство длин конечностей, удлинение длинных костей по Илизарову, удлинение поверх гвоздя, комбинированное применение чрескостного и интрамедуллярного блокированного остеосинтеза

Для цитирования: Щепкина Е. А., Лебедков И. В., Соломин Л. Н., Корчагин К. Л., Сабиров Ф. К., Парфеев Д. Г. Сравнительная оценка удлинения длинных костей нижних конечностей по Илизарову и «поверх» интрамедуллярного стержня. *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2021;28(1):40–51. DOI: 10.24884/1607-4181-2021-28-1-40-51.

* Автор для связи: Елена Андреевна Щепкина, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России, 195427, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Байкова, д. 8. E-mail: shchepkina_elena@mail.ru.

Elena A. Shchepkina^{1,2*}, Ivan V. Lebedkov¹, Leonid N. Solomin^{1,3}, Konstantin L. Korchagin¹,
Fani K. Sabirov¹, Dmitriy G. Parfeev¹

¹ Vreden National Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia

² Pavlov University, Saint Petersburg, Russia

³ Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

LOWER LIMBS LENGTHENING OVER THE INTRAMEDULLARY NAIL VERSUS LENGTHENING BY ILIZAROV TECHNIQUE

Received 08.12.2020; accepted 26.04.2021

Summary

Introduction. Lengthening over the nail (LON) combines the advantages of external and internal fixations.

The **objective** was to compare the effectiveness of the application, to assess the structure and frequency of complications in patients treated with lengthening by Ilizarov technique and lengthening over the nail.

Methods and materials. We analyzed 55 LON cases and 64 cases lengthening by Ilizarov technique. The duration of the external fixation period, complications and quality of the patient life were compared.

Results. The external fixation period in LON group was 4 times less than in the Ilizarov technique group. There were 25 complications (45.5 %) in LON group and 54 complications (84.4 %) in the Ilizarov technique group. Femur lengthening was associated with a greater number of complications in both groups. Pin infections were 2.5 times less frequently in the femur LON group. Knee contractures were only in Ilizarov technique group (11.4 %). Ankle joint contracture was noted with the same frequency during tibial lengthening in both groups. Disorders of the consolidation were 2 times more often in the femur LON group and 5 times more often in the tibial lengthening with Ilizarov technique. Premature fusion was observed only in the LON group. There were 2 times less fractures of the half-pins and wires in the LON group.

Conclusions. A reduction of external fixation period in LON group correlates with the 2-fold decrease of complications and an increase of the treatment comfort. LON is promising for wider clinical applications.

Keywords: limb lengths discrepancy, lower limb lengthening by Ilizarov technique, lengthening over the nail, combined use of transosseous and intramedullary blocked osteosynthesis

For citation: Shchepkina E. A., Lebedkov I. V., Solomin L. N., Korchagin K. L., Sabirov F. K., Parfeev D. G. Lower limbs lengthening over the intramedullary nail versus lengthening by Ilizarov technique. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2021;28(1):40–51. (In Russ.). DOI: 10.24884/1607-4181-2021-28-1-40-51.

* **Corresponding author:** Elena A. Shchepkina, Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden, 8, Academician Baykova str., Saint Petersburg, 195427, Russia. E-mail: shchepkina_elena@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Удлинение длинных костей нижних конечностей по Илизарову до настоящего момента остается одним из наиболее часто используемых методов при лечении больных с врожденными и приобретенными укорочениями [1–4]. Преимуществами являются минимальная травматичность, возможность точного дозированного воздействия на костные фрагменты [1–5]. Однако применение чрескостного остеосинтеза при удлинении конечностей до 90 % случаев сопровождается специфическими осложнениями: развитием трансфиксационных контрактур, воспалением мягких тканей в местах проведения чрескостных элементов, переломами чрескостных элементов, вторичными деформациями после демонтажа аппарата [6–10]. Кроме этого, необходимость длительного «ношения» громоздких внешних конструкций снижает качество жизни пациента в процессе лечения [11]. Альтернативой является применение интрамедуллярных дистракторов. Данные методики являются высокочувствительными, а конструкции не сертифицированы на территории Российской Федерации. С точки зрения использования преимуществ как чрескостного остеосинтеза, так и внутренней фиксации, заслуживает внимания методика «удлинение поверх гвоздя» (УПГ) (Lengthening Over the

Nail, LON) с использованием интрамедуллярных блокируемых стержней, разработанная D. Paley в 90-х гг. [12]. А. Т. Fragomen et al. [13] отмечают экономическое преимущество данной методики по сравнению с удлинением интрамедуллярным дистрактором. На современном этапе метод широко применяется в клинической практике и постоянно совершенствуется [14–17]. В том числе экспериментальные и клинические исследования, проводимые в НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена, позволили с помощью экстракостальных фиксаторов [18] решить такую проблему, как заклинивание интрамедуллярного стержня чрескостными элементами; в эксперименте показано, что структура дистракционного регенерата после формирования кортикальных пластинок качественно не отличается от традиционного удлинения по Илизарову [19].

Цель исследования – сравнить эффективность применения, оценить структуру и частоту осложнений у пациентов, пролеченных с применением методики удлинения поверх гвоздя, и у пациентов, в лечении которых использовали классический метод Илизарова.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Дизайн исследования – ретроспективное когортное нерандомизированное.

Таблица 1

Общая характеристика пациентов

Table 1

General characteristics of patients

Показатель	Гр-1 (УПГ)		Гр-2 (ЧО)	
	бедро	голень	бедро	голень
Число случаев удлиннения, n	35	20	35	29
Соотношение по полу М/Ж, n	23/12	16/4	23/12	20/9
Возраст, лет	(35,0±8,0)	(31,8±10,0)	(33,5±9,0)	(32,5±10,3)
Величина укорочения, мм	(66,3 ±31,7)	(45,5±12,6)	(53,4±17,8)	(52,1±21,9)
Величина удлиннения, мм	(42,6±10,2)	(40,0±8,0)	(45,5±9,5)	(42,8±12,0)

Таблица 2

Этиология укорочения

Table 2

Etiology of shortening

Этиология		Гр-1 (УПГ), n		Гр-2 (ЧО), n	
		бедро	голень	бедро	голень
Врожденное		4	9	10	9
Последствия травмы	Всего	28	8	20	18
	В том числе с хроническим остеомиелитом в фазе ремиссии	10	3	3	4
Последствия перенесенного остеомиелита	Гематогенного	2	1	1	—
	Послеоперационного (инфекция после эндопротезирования)	1	2	4	2
Всего		35	20	35	29

В исследование включены пациенты, проходившие лечение в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» за период 2005–2019 гг. (табл. 1). Проанализированы 55 случаев монолокального удлиннения (35 – бедренная кость и 20 – большеберцовая) по методике УПГ, которые составили группу 1 (Гр-1 – УПГ), и 64 случая монолокального удлиннения по Илизарову бедренной (n = 35) и большеберцовой (n = 29) костей, которые составили группу 2 (Гр-2 – ЧО). Группы были сравнимы (p > 0,05) по возрасту, полу и величине удлиннения (табл. 1). Этиология укорочений показана в табл. 2.

Хирургическая техника. При удлинении по Илизарову применяли методику комбинированного чрескостного остеосинтеза с учетом рекомендуемых позиций по проведению чрескостных элементов [20]. После монтажа аппарата внешней фиксации выполняли остеотомию по де Бастияни. Дистракцию начинали на 5-е сутки после операции, в темпе 1 мм в сутки за 4 приема. После формирования 3 см регенерата темп уменьшали до 0,75–0,5 мм в сутки. По окончании удлиннения у 7 пациентов потребовалась коррекция механической оси конечности. При формировании кортикальных пластинок по данным контрольных рентгенограмм на $\frac{3}{4}$ окружности на всем протяжении регенерата аппарат демонтировали после прове-

дения клинической и динамической пробы. Гипсовую иммобилизацию не применяли, на голени использовали съемные тьюра в течение 2 месяцев.

Для УПГ бедренной и большеберцовой костей использовали стандартные интрамедуллярные стержни. Для подготовки канала производили римирирование до диаметра, превышающего диаметр стержня на 2 мм. При УПГ бедренной кости, в зависимости от уровня планируемой остеотомии, применяли антеградный (21 случай) или ретроградный (13 случаев) способ введения стержня. Соответственно введению стержня его блокировали в проксимальном или дистальном отделе. В случае, если на предшествующем этапе лечения при интрамедуллярном остеосинтезе перелома или ложного сустава римирирование было недостаточным, выполняли реостеосинтез. Если канал был подготовлен с учетом планируемого удлиннения (рис. 1, а), удаляли дистальные или проксимальные блокирующие винты. Аппарат внешней фиксации компоновали на основе трех опор, использовали экстракортикальные фиксаторы [18]. На голени во всех случаях применяли антеградный метод введения интрамедуллярного стержня, который блокировали в проксимальном отделе. Аппарат монтировали на основе трех опор, чрескостные элементы проводили тангенциально и ниже стержня. Остеотомию

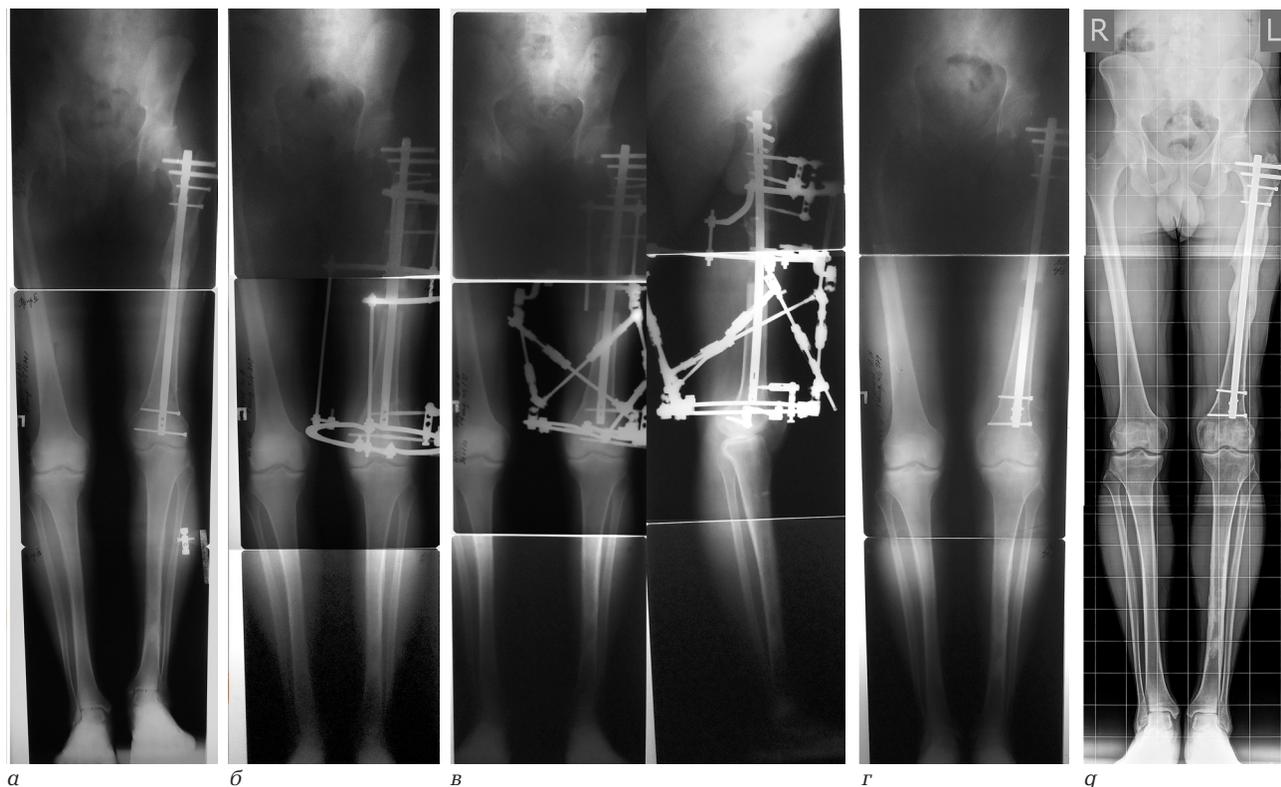


Рис. 1. Рентгенограммы нижних конечностей пациента Ф. в процессе удлинения левой бедренной кости: а – до удлинения, достигнуто сращение на уровне ложного сустава; б – в начале дистракции; в – окончание дистракции с помощью ортопедического гексапода; г – после перехода на внутреннюю фиксацию; г – через 2 года после лечения

Fig. 1. X-ray of the lower extremities of patient F. in the process of lengthening the left femur: а – before lengthening, fusion was achieved at the level of the pseudarthrosis; б – at the beginning of distraction; в – end of distraction using an orthopedic hexapod; г – after conversion to internal fixation; г – 2 years after treatment

выполняли пилой Джигли на стержне, пересекая оставшуюся кортикальную пластинку остеотомом, или по де Бастиани на этапе введения стержня. Дистракцию начинали с 7–10-х суток после операции с темпом 1 мм в сутки за 4 приема (рис. 1, б). По результатам рентген-контроля темп увеличивали до 2–3 мм в сутки за 8 приемов при недостаточном диастазе, что потребовалось у 15 из 35 пациентов. При заклинивании стержня в 1 случае применили ортопедический гексапод (рис. 1, в). По окончании дистракции стержень блокировали по статической схеме, аппарат демонтировали (рис. 1, г). В периоде дистракции и после перехода на внутреннюю фиксацию разрешали дозированную нагрузку при ходьбе, полную – при формировании кортикальных пластинок на $\frac{3}{4}$ окружности регенерата на всем его протяжении (что соответствует условиям демонтажа аппарата в Гр-2). Динамизации стержня не проводили (рис. 1, г).

Оценка результатов. При анализе сравнивали между группами длительность периода чрескостного остеосинтеза (ПЧО) и осложнения. Осложнения оценивали с использованием классификация J. Catton [7, 10]. Качество жизни пациентов оценивали с использованием опросника LEFS и SF-36 до операции, через 6 месяцев и 1–2 года после перехода к полной нагрузке для группы УПГ, для группы ЧО – после демонтажа аппарата.

Статистический анализ. Расчеты производили в программах «Microsoft Excel» для Windows и «Statistica 10» для Windows. Использовали методы описательной статистики, представление абсолютных значений и долевые соотношения. Большая часть исследуемых данных не соотносилась с нормальным распределением. Поэтому для обработки этих данных использовали методы непараметрической статистики и экспертного анализа. Сопоставление количественных признаков между группами сравнения выполняли с применением критерия Манна – Уитни. При сравнении зависимых выборок для одной и той же группы пациентов применяли непараметрический критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Гр-1 укорочение устранено полностью в 32 случаях, в 11 сохранялось укорочение до 2 см, которое компенсировалось стельками в обувь, остальным пациентам требовались следующие этапы удлинения конечности. В Гр-2 в 7 случаях пациенты нуждались в дополнительных этапах удлинения, в 5 – сохранялось укорочение до 2 см, в 52 – укорочение устранено полностью. Период дистракции в среднем был незначительно более длительным в Гр-2, но без достоверной разницы ($p > 0,05$). В Гр-1 у 26 из 55 пациентов сразу после

Таблица 3

Величина удлинения, периоды distraction и фиксации

Table 3

Elongation value, periods of distraction and fixation

Показатель	Гр-1 (УПГ)		Гр-2 (ЧО)	
	бедро	голень	бедро	голень
Величина удлинения, см	(42,6±10,2)	(40,0±8,0)	(45,5±9,5)	(42,8±12,0)
Период distraction, дни	(54,9±21,3)	(50,8±14,2)	(62,1±15,9)	(59,6±26,9)
Период фиксации, дни	(16,3±18,0)	(26,4±23,6)	(240,3±125,7)	(279,9±103,2)
Индекс фиксации, дни/см	–	–	(56,0±31,9)	(68,8±27,1)
ПЧО, дни	(79,1±33,4)	(84,4±29,3)	(306,2±134,3)	(339,5±111,0)
ИЧО, дни/см	(17,9±5,6)	(21,7±7,5)	(71,1±33,8)	(80,5±27,4)

окончания distraction было запланировано и выполнено в первые 3 суток блокирование стержня и демонтаж аппарата. У остальных пациентов был вынужденный период фиксации от 5 до 116 дней, что связано с организационными проблемами повторной госпитализации или сопутствующей патологией. В Гр-2 период фиксации для бедренной кости и голени значимых различий не имел. ПЧО в Гр-1 был в 4 раза меньше, чем в Гр-2, как и индекс чрескостного остеосинтеза (ИЧО) (табл. 3).

Осложнения в Гр-1 отмечены у 20 пациентов – 25 осложнений (45,5 %); в Гр-2 у 43 пациентов – 54 осложнения (84,4 %). В обеих группах при удлинении бедренной кости отмечено большее число осложнений, чем при удлинении голени. Так, в Гр-1 при УПГ бедренной кости было 18 (51,4 %) осложнений, тогда как при УПГ голени – 7 (35 %). В Гр-2 – 35 (100 %) и 19 (65,5 %) соответственно. Осложнения категории Caton I, не потребовавшие дополнительных хирургических манипуляций и не отразившиеся на результате лечения, отмечены в Гр-1 в 10 (18,2 %) случаях, в Гр-2 – в 20 (30,3 %) случаях. Осложнения категории Caton II, потребовавшие дополнительных хирургических манипуляций, но не отразившиеся на результате лечения, отмечены в Гр-1 в 15 (27,3 %) случаях, в Гр-2 – в 33 (51,6 %) случаях. Осложнения категории Caton III, при которых даже в результате дополнительных хирургических вмешательств не было достигнуто результата, отмечены в каждой группе в 1 случае. Воспаление в области чрескостных элементов в Гр-2 отмечены в 2,2 раза чаще, чем в Гр-1: 28,1 и 12,7 % соответственно. При этом преимущественно это были осложнения категории Caton I. Преждевременное (раннее) сращение на уровне регенерата отмечено только в Гр-1 в 4 (7,3 %) случаях, при этом только 1 случай относится к удлинению голени. В 3 случаях преждевременного сращения бедренной кости сначала проводилась форсированная distraction. В дальнейшем в 1 случае проведена повторная остеотомия, а в 2 случаях не была достигнута расчетная величина регенерата, и пациенты нуждались в дополнительном этапе удлинения (осложнения категории Caton II). В 1 случае

вместо форсированной distraction была применена distraction при помощи ортопедического гексапода и без дополнительных вмешательств достигнута расчетная величина регенерата (рис. 1, в). Нарушения процессов консолидации в виде гипотрофического регенерата или формирования ложного сустава отмечены в 1,5 раза чаще в Гр-2 (14,1 %), чем в Гр-1 (9,1 %). Контрактуры суставов или подвывихи отмечены в Гр-1 (5,5 %) в 2,5 раза реже, чем в Гр-2 (14,1 %). Характеристика осложнений, в том числе отдельно по удлинению бедренной кости и голени, приведена в табл. 4.

Через 6 месяцев и 1 – 2 года после демонтажа аппарата внешней фиксации в Гр-2 обследованы 50 % пациентов или после перехода к полной нагрузке при ходьбе в Гр-1. Сравнительные данные оценки качества жизни по шкале SF-36 и функционального состояния по шкале LEFS приведены в табл. 5.

Большинство авторов, сравнивая УПГ и удлинение по Илизарову костей нижних конечностей, отмечают уменьшение периода чрескостного остеосинтеза при УПГ в 3 – 5 раз, при этом дистальное блокирование стержня производят сразу по окончании удлинения [12, 16, 21 – 24]. Нами отмечено уменьшение периода чрескостного остеосинтеза в 4 раза, несмотря на вынужденный период фиксации. Отмеченная нами частота осложнений – 51,4 % при УПГ бедренной кости, 35 % при УПГ голени, 100 % при применении только ЧО при удлинении бедра и 65,5 % при удлинении голени – несколько ниже данных, приводимых другими авторами. Так, D. Paley et al. [12] при УПГ бедренной кости отмечают 45 (140,6 %) осложнений на 32 случая удлинения по Илизарову. K. Watanabe et al. [25] при удлинении голени отмечают 9 (69,2 %) осложнений в 13 случаях при методике УПГ и 24 (141,2 %) осложнения в 17 случаях при применении только чрескостного остеосинтеза. H. W. Park et al. [26] при УПГ голени указывают на 69 (123,2 %) осложнений в 56 случаях, при удлинении по Илизарову – 82 (256,3 %) осложнения в 32 случаях. Такая разница в показателях осложнений связана, в первую очередь, с неоднозначной трактов-

Таблица 4

Сравнительная характеристика осложнений

Table 4

Comparative characteristics of complications

Показатель	Гр-1 (УПГ)			Гр-2 (ЧО)			
	бедро	голень	всего	бедро	голень	всего	
Число случаев удлиннения, п	35	20	55	35	29	64	
<i>Осложнения по Caton, п (%)</i>							
Воспаление в области ЧЭ	I	5 (14,3)	1 (5)	6 (10,9)	14 (40,0)	1 (3,4)	15 (23,4)
	II	1 (2,9)		1 (1,8)	2 (5,7)	1 (3,4)	3 (4,7)
	III						
	Всего	6 (17,4)	1 (5)	7 (12,7)	16 (45,7)	2 (6,9)	18 (28,1)
Экзема	I					2 (6,9)	2 (3,1)
Перелом или деформация конструкций	I	2 (5,7)		2 (3,6)			
	II	2 (5,7)		2 (3,6)	5 (14,3)	3 (10,3)	8 (12,5)
	III						
	Всего	4 (11,4)		4 (7,3)	5 (14,3)	5 (17,2)	8 (12,5)
Раннее сращение	I						
	II	3 (8,6)	1 (5)	4 (7,3)			
	III						
	Всего	3 (8,6)	1 (5)	4 (7,3)			
Нарушения консолидации	I	2 (5,7)		2 (3,6)		1 (3,4)	1 (1,6)
	II	2 (5,7)	1 (5)	3 (5,5)	2 (5,7)	6 (20,7)	8 (12,5)
	III						
	Всего	4 (11,4)	1 (5)	5 (9,1)	2 (5,7)	7 (24,1)	9 (14,1)
Перелом, деформация, потеря длины регенерата	I					1 (3,4)	1 (1,6)
	II	1 (2,9)		1 (1,8)	4 (11,4)		4 (6,25)
	III						
	Всего	1 (2,9)		1 (1,8)	4 (11,4)	1 (3,4)	5 (7,8)
Глубокая инфекция	I						
	II	1 (2,9)		1 (1,8)	1 (2,9)		1 (1,6)
	III	1 (2,9)		1 (1,8)	1 (2,9)		1 (1,6)
	Всего	2 (5,7)		2 (3,6)	2 (5,7)		2 (3,1)
Подвывих в коленном суставе	I				1 (2,9)		1 (1,6)
	II				1 (2,9)		1 (1,6)
	III						
	Всего				2 (5,7)		2 (3,1)
Контрактура коленного сустава	I						
	II		1 (5)	1 (1,8)	4 (11,4)		4 (6,25)
	III						
Контрактура голено-стопного сустава	I						
	II		2 (10)	2 (2,6)		3 (10,3)	3 (4,7)
	III						
Невропатия	I		1 (5)	1 (1,8)		2 (6,9)	2 (3,1)
Всего осложнений		18 (51,4)	7 (35)	25 (45,5)	35 (100)	19 (65,5)	54 (84,4)

кой воспаления в области чрескостных элементов и контрактур суставов. Существует мнение, что воспаление в области чрескостных элементов присутствует практически в 100% случаев применения

аппарата внешней фиксации [12, 25]. Мы констатировали воспаление в области чрескостного элемента в тех случаях, когда были признаки инфильтрации с появлением отека и покраснения или имело

Таблица 5

Оценка по шкалам LEFS и SF-36

Table 5

Rating on the LEFS and SF-36 scales

SF-36	До удлинения		Через 6 месяцев		Через 1–2 года	
	Гр-1	Гр-2	Гр-1	Гр-2	Гр-1	Гр-2
PF	(55,4±5,3)	(57,0±5,5)	(72,7±3,4)	(70,2±4,6)	(82,3±3,6)	(83,0±4,5)
RF	(36,5±7,0)	(52,2±7,5)	(67,3±4,9)	(65,2±6,6)	(83,7±4,7)	(75,0±6,2)
BP	(61,0±3,9)	(53,3±5,1)	(71,8±3,1)	(65,8±4,6)	(88,8±3,2)	(86,0±4,4)
GH	(61,2±3,7)	(66,1±3,8)	(65,5±2,5)	(68,0±3,5)	(68,5±2,1)	(67,5±4,1)
VT	(62,9±2,1)	(62,2±5,8)	(67,7±1,5)	(71,5±5,4)	(70,8±1,4)	(80,8±4,7)
SF	(75,0±3,9)	(71,9±4,6)	(85,1±2,6)	(87,0±4,4)	(91,8±3,3)	(90,3±3,8)
RE	(75,6±7,2)	(48,4±8,7)	(98,7±1,3)	(78,9±5,3)	(100,0±0,0)	(79,9±5,1)
MH	(63,4±2,4)	(68,3±4,3)	(67,4±1,6)	(78,3±4,5)	(70,5±1,9)	(86,3±3,8)
LEFS – баллы (%)	(49,7±3,4) (62,1±4,3) %	(57,7±2,1) (71,5±2,7) %	(65,7±2,1) (83,4±2,6) %	(53,0±3,6) (66,2±4,5) %	(61,2±2,8) (76,5±3,6) %	(67,5±2,5) (84,4±3,1) %

место гнойное отделяемое. Данное осложнение нами отмечено при методике УПГ бедренной кости в 6 (17,1 %) случаях, при УПГ голени – в 1 (5 %) случае, в группе ЧО при удлинении бедра – в 16 (45,7 %) случаях, при удлинении голени – в 2 (6,9 %). Преимущественно это осложнения Caton I. Другие авторы [15, 27, 28] указывают на 20 % воспалений в области чрескостных элементов при УПГ бедренной кости, преимущественно Caton I; при УПГ голени – от 11,1 до 73,7 % категории Caton I и от 7,7 до 10,5 % Caton II [16, 25–27]. При применении только чрескостного остеосинтеза отмечают от 28,1 до 89,4 % воспалений в области чрескостных элементов категории Caton I и до 17,6 % категории Caton II [16, 25, 26, 29]. Все авторы отмечают больше воспалений в области чрескостных элементов при удлинении по Илизарову. А. Т. Fragoмен et al. [30] отмечают, что число инфекционных осложнений связано преимущественно с длительностью ПЧО, а не с проводимой антибактериальной профилактикой.

В процессе distraction и фиксации в аппарате при удлинении бедра все пациенты отмечают снижение объема движений в коленном суставе, связанное с внешней конструкцией. Таким образом, после демонтажа аппарата необходимо проведение реабилитационного лечения. Так, А. Bhave et al. [31] указывают, что у большинства пациентов объем движений восстанавливается через 4–6 месяцев после демонтажа аппарата, а потеря объема движений от исходного составляет 1 % при методике УПГ и около 5 % при удлинении по Илизарову. Мы оценивали контрактуру как осложнение только в случаях, когда реабилитационное лечение после демонтажа аппарата не позволило восстановить прежний объем движений. Данное осложнение при УПГ бедренной кости нами не отмечено, все пациенты через 4–6 месяцев после демонтажа аппарата восстановили объем движений (рис. 2).

При применении только ЧО при удлинении бедра контрактура отмечена в 4 (11,4 %) случаях и потребовала дополнительного хирургического вмешательства. Данные других авторов отличаются в большом диапазоне. Так, D. Paley et al. [12] отмечают контрактуры коленного сустава в 2,9 % случаев при УПГ бедренной кости и в 4,3 % при удлинении бедра по Илизарову. Н. J. Kim et al. [32] отмечают до 20 % контрактур коленного сустава при УПГ бедренной кости. Контрактура голеностопного сустава при удлинении голени отмечена нами с одинаковой частотой в обеих группах. По данным различных авторов [26, 27, 32, 33], это осложнение в категории Caton II варьирует от 5,5 до 28,5 % и связано не столько с методом удлинения, сколько с резервом мягких тканей и величиной удлинения. В то же время ряд авторов [15, 25, 26, 34] отмечают контрактуру голеностопного сустава в категории Caton I (от 3 до 72 %), когда проблема была решена консервативными методами. С нашей точки зрения, причисление контрактуры, при которой движения были восстановлены за счет реабилитационных мероприятий, к категории осложнений является спорным. Адлительность реабилитационных мероприятий и восстановление объема движений напрямую связаны с длительностью фиксации в аппарате [35].

Нарушения процессов консолидации отмечены нами чаще в Гр-2 (9, 14,1 %), чем в Гр-1 (5, 9,1 %), при этом при удлинении бедра – чаще в Гр-1, при удлинении голени – чаще в Гр-2. Это соответствует данным других авторов [25, 27, 28, 33, 36]. Мы не отметили разницы в риске глубокой инфекции. В то же время в литературе [28, 33, 37] указывают более высокие риски при УПГ, от 5 до 14 %. Надо отметить, что, выбирая методику УПГ, необходимо скрупулезно оценивать все риски и при любых сомнениях отдать предпочтение удлинению по Илизарову. Невропатии отмечены нами только в

3 случаях (Caton I). В литературе частота данного осложнения варьирует широко — от 3 до 16 % — и представлена всеми категориями по Caton [16, 25, 26, 34]. Профилактика данного осложнения связана преимущественно с контролем темпа дистракции в зависимости от состояния мягких тканей и исходной патологии периферических нервов [38], а не с выбором метода удлинения. Переломы чрескостных элементов характерны для ЧО и зависят от длительности фазы фиксации, их частота может превышать 100 % [26]. Число данных осложнений уменьшается при УПГ, по данным различных авторов, при этом в публикациях разного времени также отмечается снижение этого показателя. Так, L. Kristiansen и H. Steen в 1999 г. [33] указывают на это осложнение у половины пациентов; H. W. Park et al. в 2008 г. [26] — в 39 %; в работах последних лет [16, 28] указывают на снижение данного осложнения при методике УПГ до 5 %, что отражает совершенствование методики по мере внедрения ее в широкую клиническую практику. Мы также отметили снижение числа переломов чрескостных элементов с 12,5 % в группе ЧО до 5,7 % в группе УПГ.

Необходимо отметить, что появляется специфическое осложнение — деформация или перелом блокирующих винтов. Нами это осложнение отмечено в 2 случаях и было связано с превышением рекомендованной нагрузки. Другие авторы [27, 37] также отмечают это осложнение в связи с нарушением режима нагрузки. Но четких рекомендаций по дозированию нагрузки на настоящий момент нет. Некоторые хирурги рекомендуют полную нагрузку в первые 2 недели после перехода на внутреннюю фиксацию [39], хотя во многом это определяется схемой блокирования стержня и требует дополнительных исследований. Особое внимание следует обратить на такое осложнение, как преждевременное сращение в области регенерата. Частоту этого осложнения при методике УПГ разные авторы указывают от 8,9 до 14,3 %, преимущественно Caton II [12, 26, 27]. Отмечают случаи, когда при заклинивании стержня не удалось продолжить дистракцию [27]. При удлинении по Илизарову данное осложнение также отмечают от 8,6 до 12,5 % [12, 25, 26]. Это связано с более поздним началом дистракции или конфликтом с тангенциально проведенными чрескостными элементами [40]. Нами не отмечено преждевременного сращения в группе удлинения по Илизарову, но во всех случаях дистракция начиналась с 5-х суток послеоперационного периода. В группе УПГ из 4 случаев преждевременного сращения 3 случая отмечены при УПГ бедренной кости (8,7 %), что ниже основных литературных данных. Применение экстракортикальных фиксаторов уменьшает риск заклинивания околочрескостных элементов [18], но не решает всех проблем. Изгиб бедренной кости в сагиттальной плоскости создает дополни-



Рис. 2. Функция коленного сустава пациента Ф. (УПГ, бедро) через 4 месяца после демонтажа аппарата: а — разгибание; б — сгибание

Fig. 2. Function of the knee joint of patient F. (femur LON) 4 months after removing external fixation device: а — extension; б — flexion

тельные условия для заклинивания стержня при выполнении дистракции на прямых соединительных стержнях. В большинстве случаев это позволило достичь расчетной длины регенерата, но в 3 случаях при преждевременном сращении требовалась повторная остеотомия. Решением проблемы может быть применение ортопедического гексапода при УПГ бедренной кости, который позволит менять направление дистракции в процессе удлинения (рис. 1, в).

Кроме снижения частоты осложнений, при методике УПГ в сравнении с ЧО большинство авторов отмечают повышение комфортности лечения для пациента [12, 22, 26, 28]. Косвенно это подтверждается более высокими в Гр-1 показателями шкал SF-36 «Психическое здоровье (MH)» и «Эмоциональное функционирование (RE)» на сроке 6 месяцев и 1–2 года после перехода к полной нагрузке по сравнению с Гр-2 — ЧО ($p < 0,05$). Но показатель «Эмоциональное функционирование (RE)» в группе ЧО был значимо ниже и до удлинения конечности ($p < 0,05$), в то же время в группе УПГ исходно был значимо ниже показатель «Ролевое (физическое) функционирование (RF)» ($p < 0,05$). Показатель «Жизненная активность (VT)» на сроке 1–2 года также значимо отличался от группы ЧО ($p < 0,05$), на сроке 6 месяцев значимых отличий не выявлено ($p > 0,05$). При этом показатели физического функционирования по шкалам SF-36 и LEFS значимых отличий в группах не имели ($p > 0,05$), как и показатели интенсивности боли и общего состояния здоровья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сокращение периода чрескостного остеосинтеза при методике УПГ благоприятно сказывается на снижении характерных для чрескостного остеосинтеза осложнений — воспаление в области чрескостных элементов, перелом чрескостных элементов, формирование контрактур смежных суставов. При УПГ не наблюдается переломов или деформации регенерата, суммарно число осложнений снижается в 2 раза. Особого внимания заслуживает проблема заклинивания стержня при УПГ бедренной кости с последующим преждевременным сращением. Применение экстракорткальных фиксаторов и увеличение темпа distraction снижает частоту данных осложнений, но не решает проблему принципиально. В предотвращении заклинивания стержня и преждевременного сращения перспективно применение ортопедического гексапода. Повышение комфортности лечения и, соответственно, качества жизни пациента вместе со снижением частоты осложнений делает методику УПГ перспективной для более широкого применения в клинической практике.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колчев О. В., Борзунов Д. Ю. Устранение врожденно-го укорочения нижней конечности (историческая справка) // Гений ортопедии. — Т. 2010, № 1. — С. 40–146.
2. Goldstein R. Y., Jordan C. J., McLaurin T. M. et al. The evolution of the Ilizarov technique: Part 2: the principles of distraction osteosynthesis // Bull. Hosp. Jt. Dis. 2013. — Vol. 71, № 1. — P. 96–103.
3. Birch J. G. A brief history of limb lengthening // J. Pediatr. Orthop 2017. — Vol. 37. — P. 1–8. Doi: 10.1097/BPO.0000000000001021.
4. Артемьев А. А., Грицюк А. А., Нелин Н. И. и др. Клинико-рентгенологические особенности формирования distractionного регенерата при удлинении голени по Илизарову // Кафедра травматологии и ортопедии. — 2018. — Т. 3, № 33. — С. 5–9. Doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.3.5-9.
5. Свешников А. А. Перспектива развития метода чрескостного остеосинтеза по Г.А. Илизарову в травматологии и ортопедии // Фундамент. исслед. — 2012. — № 12. — С. 173–180.
6. Hosny G. A. Limb lengthening history, evolution, complications and current concepts // J. Orthop. Traumatol. — 2020. — Vol. 21, № 1. — P. 3. Doi: 10.1186/s10195-019-0541-3.
7. Lascombes P., Popkov D., Huber H. et al. Classification of complications after progressive long bone lengthening: proposal for a new classification // Orthop. Traumatol. Surg. Res. — 2012. — Vol. 98, № 6. — P. 629–637. Doi: 10.1016/j.otsr.2012.05.010.
8. Соломин Л. Н., Green S. A. Ошибки и осложнения при внешней фиксации // Основы чрескостного остеосинтеза. Т. 3 / под ред. Л. Н. Соломина. — М.: БИНОМ, 2015. — С. 1441–1455.
9. Сидоренко В. А., Зубрицкий В. Ф., Земляной А. Б. и др. Основные принципы профилактики гнойных осложнений, связанных с использованием внешнего остеосинтеза на голени // Мед. вестн. МВД. — 2014. — № 6. — С. 73.
10. Vargas Barreto B., Caton J., Merabet Z. et al. Complications of Ilizarov leg lengthening: a comparative study between patients with leg length discrepancy and short stature // Int. Orthop. — 2007. — Vol. 31, № 5. — P. 587–591. Doi: 10.1007/s00264-006-0236-2.
11. Показатели физического и психического здоровья больных при оперативном удлинении конечности / В. А. Щуров, А. В. Попков, И. К. Новиков, С. О. Мурадисинов // Нац. ассоциация ученых. — 2017. — Т. 6, № 33. — С. 17–20.
12. Paley D., Herzenberg J. E., Paremian G. et al. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening // J. Bone Joint. Surg. [Am]. — 1997. — № 79-A. — P. 1464–1480. Doi: 10.2106/00004623-199710000-00003.
13. Fragomen A. T., Kurtz A. M., Barclay J. R. et al. A Comparison of Femoral Lengthening Methods Favor the Magnetic Internal Lengthening Nail When Compared with Lengthening Over a Nail // HSSJ. — 2018. — Vol. 14, № 2. — P. 166–176. Doi: 10.1007/s11420-017-9596-y.
14. Xu W. G. Comparison of intramedullary nail versus conventional Ilizarov method for lower limb lengthening: a systematic review and meta-analysis // Orthop Surg. — 2017. — Vol. 9, № 2. — P. 159–166. Doi: 10.1111/os.12330.
15. Pitfalls of lengthening over an intramedullary nail in tibia: a consecutive case series / S. J. Kim, A. Mandar, S. H. Song, H. R. Song // Arch. Orthop. Trauma Surg. — 2012. — № 132. — P. 185–191. Doi: 10.1007/s00402-011-1411-5.
16. Burghardt R. D., Manzotti A., Bhave A. et al. Tibial lengthening over intramedullary nails a matched case comparison with Ilizarov tibial lengthening // Bone Joint Res. — 2016. — № 5. — P. 1–10. Doi: 10.1302/2046-3758.51.2000577.
17. Sheridan G. A., Fragomen A. T., Rozbruch S. R. Integrated Limb Lengthening Is Superior to Classical Limb Lengthening: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature // J. Am. Acad. Orthop. Surg. Glob. Res. Rev. — 2020. — Vol. 4, № 6. — P. e20.00054. Doi: 10.5435/JAAOS-Global-D-20-00054.
18. Соломин Л. Н., Сабиров Ф. К. Осложнения, связанные с применением экстракорткальных фиксаторов при комбинированном и последовательном использовании чрескостного остеосинтеза и внутренней фиксации бедренной кости // Травматология и ортопедия России. — 2015. — Т. 4, № 78. — С. 103–110. Doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-103-110.
19. Щепкина Е. А., Лебедев И. В., Нетьлько Г. И. и др. Distractionный остеогенез при комбинированном и последовательном применении чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза: экспериментальное исследова-

ние // Травматология и ортопедия России. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 19–36. Doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-19-36.

20. Соломин Л. Н. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза // Основы чрескостного остеосинтеза. Т. 1 / под ред. Л. Н. Соломина. – М.: БИНОМ, 2014. – С. 45–55.

21. Chaudhary M. Limb lengthening over a nail can safely reduce the duration of external fixation // Indian J. Orthop. – 2008. – Vol. 42, № 3. – P. 323–329. Doi: 10.4103/0019-5413.41857.

22. EL-Husseini T. F., Ghaly N. A. M., Mahran M. A et al. Comparison between lengthening over nail and conventional Ilizarov lengthening: a prospective randomized clinical study // Strat. Traum. Limb. Recon. 2013. – № 8. – P. 97–101. Doi: 10.1007/s11751-013-0163-x.

23. Свешников П. Г., Жиленко В. Ю., Медведчиков А. Е. и др. Комбинированный остеосинтез в лечении пациентов с посттравматическими деформациями, укорочениями и дефект-псевдоартрозами бедренной кости // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – P. 169.

24. Fernandes H. P., Barronovo D. G., Rodrigues F. L. et al. Femur lengthening with monoplanar external fixator associated with locked intramedullary nail // Rev. Bras. Ortop. – 2016. – Vol. 52, № 1. – P. 82–86. Doi: 10.1016/j.rboe.2016.03.007.

25. Watanabe K., Tsuchiya H., Sakurakichi K. et al. Tibial lengthening over an intramedullary nail // J. Orthop. Sci. – 2005. – № 10. – P. 480–485. Doi: 10.1007/s00776-005-0939-z.

26. Park H. W., Yang K. H., Lee K. S. et al. Tibial lengthening over an intramedullary nail with use of the Ilizarov external fixator for idiopathic short stature // J. Bone Joint. Surg. Am. – 2008. – № 90. – P. 1970–1978. Doi: 10.2106/JBJS.G.00897.

27. Kocaoglu M., Eralp L., Kilicoglu O. et al. Complications encountered during lengthening over an intramedullary nail // J. Bone Joint. Surg. – 2004. – № 86-A(11). – P. 2406–2411. Doi: 10.2106/00004623-200411000-00007.

28. Farsetti P., De Maio F., Potenza V. et al. Lower limb lengthening over an intramedullary nail: a long-term follow-up study of 28 cases // J. Orthop. Traumatol. – 2019. – Vol. 20, № 1. – P. 30. Doi: 10.1186/s10195-019-0538-y.

29. Kazmers N. H., Fragomen A. T., Rozbruch S. R. Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature // Strat. Traum. Limb. Recon. – 2016. – Vol. 11, № 2. – P. 75–85. Doi: 10.1007/s11751-016-0256-4.

30. Fragomen A. T., Miller A. O., Brause B. D. et al. Prophylactic Postoperative Antibiotics May Not Reduce Pin Site Infections After External Fixation // HSSJ. – 2017. – Vol. 13, № 2. – P. 165–170. Doi: 10.1007/s11420-016-9539-z.

31. Bhave A., Shabtai L., Woelber E. et al. Muscle strength and knee range of motion after femoral lengthening 2- to 5-year follow-up // Acta Orthopaedica. – 2017. – Vol. 88, № 2. – P. 179–184. Doi: 10.1080/17453674.2016.1262678.

32. Kim H. J., Fragomen A. T., Reinhardt K. et al. Lengthening of the Femur Over an Existing Intramedullary Nail // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2011. – Vol. 25, № 11. – P. 681–684. Doi: 10.1097/bot.0b013e3181f92d6e.

33. Kristiansen L. P., Steen H. Lengthening of the tibia over an intramedullary nail, using the Ilizarov external fixator. Major complications and slow consolidation in 9 lengthenings // Acta Orthop. Scan. – 1999. – Vol. 70, № 3. – P. 271–274. Doi: 10.3109/17453679908997806.

34. Kim H., Lee S. K., Kim J. K. et al. Tibial lengthening using a reamed type intramedullary nail and an Ilizarov external fixator // Int. Orthopaedics. – 2009. – № 3. – P. 835–841. Doi: 10.1007/s00264-008-0550-y.

35. Щуров В. А., Горбачева Л. Ю., Колчева О. В. и др. Влияние длительности периода фиксации на уровень восстановления сократительной способности мышц // Травматология и ортопедия России. – 2006. – Т. 4, № 42. – С. 34–37.

36. Jain S., Harwood P. Does the use of an intramedullary nail alter the duration of external fixation and rate of consolidation in tibial lengthening procedures? A systematic review // Strategies Trauma Limb. Reconstr. – 2012. – Vol. 7, № 3. – P. 113–121. Doi: 10.1007/s11751-012-0144-5.

37. Song H. R., Oh C. W., Mattoo R. et al. Femoral lengthening over an intramedullary nail using the external fixator: risk of infection and knee problems in 22 patients with a follow-up of 2 years or more // Acta Orthop. – 2005. – Vol. 76, № 2. – P. 245–252. Doi: 10.1080/00016470510030652.

38. Ерохин А. Н., Сайфутдинов М. С. Профилактика гипертракционных нейропатий у больных при чрескостном дистракционном остеосинтезе // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2013. – № 7. – С. 52–54.

39. Шаповалов В. М., Хоминец В. В., Михайлов С. В. и др. Комбинированный способ восстановления длины бедра и голени при лечении больных с последствиями травм и дефектами развития // Гений ортопедии. – 2010. – № 1. – С. 116–121. Doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102.

40. Boutsiadis A., Iosifidou E., Nikolaos X. et al. Lengthening Over an Existing Intramedullary Nail In Cases of Post-traumatic Femoral Shortening. Technical Note. Case Series Study // Open Orthop. J. – 2016. – № 10. – P. 12–18. Doi: 10.2174/1874325001610010012.

REFERENCES

1. Kolchev O. V., Borzunov D. Yu. Elimination of congenital lower limb shortening (historical information) // Genij ortopedii. 2010;(1):140–146. (In Russ.).

2. Goldstein R. Y., Jordan C. J., McLaurin T. M., Grant A. The evolution of the Ilizarov technique: Part 2: the principles of distraction osteosynthesis // Bull Hosp Jt Dis. 2013; 71(1):96–103.

3. Birch J. G. A brief history of limb lengthening // J Pediatr Orthop. 2017;(37):1–8. Doi: 10.1097/BPO.0000000000001021.

4. Artemiev A. A., Gricyuk A. A., Nelin N. I., Solovyev Yu. S., Abrosimov M. N., Pletnev V. V. Clinical and radiological features of regenerate formation in cases of tibial lengthening by Ilizarov method // Department of traumatology and orthopedics. 2018; 3(33):5–9. (In Russ.). Doi: 10.17238/issn2226-2016.2018.3.5-9.

5. Sveshnikov A. A. Vision Čreskostnogo Osteosynthesis Method on G.A. Ilizarov in Traumatology and Orthopedy // Fundamental research. 2012;(12):173–180. (In Russ.).

6. Hosny G. A. Limb lengthening history, evolution, complications and current concepts // J Orthop Traumatol. 2020; 21(1):3. Doi: 10.1186/s10195-019-0541-3.

7. Lascombes P., Popkov D., Huber H., Haumont T., Journeau P. Classification of complications after progressive long bone lengthening: proposal for a new classification // Orthop Traumatol Surg Res. 2012;98(6):629–637. Doi: 10.1016/j.otsr.2012.05.010.

8. Solomin L. N., Green S. A. Errors and complications with external fixation // Fundamentals of transosseous osteosynthesis. Vol. 3 / eds by Leonid N. Solomin. Moscow, BINOM, 2015:1441–1455. (In Russ.).

9. Sidorenko V. A., Zubritskiy V. F., Zemlianoy A. B., Ivashkin A. N., Bitdayev Z. M., Kozlov Yu. A., Nakhayev V. V., Podkosov O. D., Chariyev M. T. Basic principles of prevention of suppurative complications associated with application of shin external osteosynthesis // Medicinskij vestnik MVD. 2014;(6):73. (In Russ.).

10. Vargas Barreto B., Caton J., Merabet Z., Panisset J.C., Pracros J.P. Complications of Ilizarov leg lengthening: a comparative study between patients with leg length discrepancy and short stature // *Int Orthop*. 2007;31(5):587–591. Doi: 10.1007/s00264-006-0236-2.
11. Schurov V. A., Popkov A. V., Novikov I. K., Muradisinov S. O. Indicators of physical and mental health patients during operative lengthening of the limb // *National Association of Scientists*. 2017;6 (33):17–20. (In Russ.).
12. Paley D., Herzenberg J.E., Paremian G., Bhave A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening // *J Bone Joint Surg [Am]*. 1997;(79-A):1464–1480. Doi: 10.2106/0004623-199710000-00003.
13. Fragomen A. T., Kurtz A. M., Barclay J. R., Nguyen J., Rozbruch S. R. A Comparison of Femoral Lengthening Methods Favor the Magnetic Internal Lengthening Nail When Compared with Lengthening Over a Nail // *HSSJ*. 2018;14(2):166–176. Doi: 10.1007/s11420-017-9596-y.
14. Xu W. G. Comparison of intramedullary nail versus conventional Ilizarov method for lower limb lengthening: a systematic review and meta-analysis // *Orthop Surg*. 2017;9(2):159–166. Doi: 10.1111/os.12330.
15. Kim S. J., Mandar A., Song S. H., Song H. R. Pitfalls of lengthening over an intramedullary nail in tibia: a consecutive case series // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2012;(132):185–191. Doi: 10.1007/s00402-011-1411-5.
16. Burghardt R. D., Manzotti A., Bhave A., Paley D., Herzenberg J. E. Tibial lengthening over intramedullary nails a matched case comparison with Ilizarov tibial lengthening // *Bone Joint Res*. 2016;(5):1–10. Doi: 10.1302/2046-3758.51.2000577.
17. Sheridan G. A., Fragomen A. T., Rozbruch S. R. Integrated Limb Lengthening Is Superior to Classical Limb Lengthening: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature // *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2020;4(6):e20.00054. Doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-20-00054.
18. Solomin L. N., Sabirov F. K. Complications after use of extracortical clamp device in combined and consecutive external and internal fixation of femoral bone // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015;4(78):103–110. (In Russ.). Doi: 10.21823/2311-2905-2015-0-4-103-110.
19. Shchepkina E. A., Lebedkov I. V., Netylko G. I., Solomin L. N., Anisimova L. O., Trushnikov V. V., Sushkov I. V. Distraction Osteogenesis in the Combined and Sequential Use of Transosseous and Intramedullary Osteosynthesis: Experimental Study // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(1):19–36. (In Russ.). Doi: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-19-36.
20. Solomin L. N. Method of Unified Designation of External Fixation // *Fundamentals of transosseous osteosynthesis*. Vol. 1 / eds by L. N. Solomin. Moscow, BINOM; 2014: 45–55. (In Russ.).
21. Chaudhary M. Limb lengthening over a nail can safely reduce the duration of external fixation // *Indian J Orthop*. 2008;42(3):323–329. Doi: 10.4103/0019-5413.41857.
22. EL-Husseini T. F., Ghaly N. A. M., Mahran M. A., Al Kersh M. A., Emara K. M. Comparison between lengthening over nail and conventional Ilizarov lengthening: a prospective randomized clinical study // *Strat Traum Limb Recon*. 2013;(8):97–101. Doi: 10.1007/s11751-013-0163-x.
23. Sveshnikov P. G., Zhilenko V. Y., Medvedchikov A. E., Burov E. V., Esin D. Y. Combined osteosynthesis in the treatment of patients with post-traumatic deformities, shortening and defect-pseudoarthroses of the femur // *Modern problems of science and education*. 2017;(5):169. (In Russ.).
24. Fernandes H. P., Barronovo D. G., Rodrigues F. L., Hono M. Femur lengthening with monoplanar external fixator associated with locked intramedullary nail // *Rev Bras Ortop*. 2016;52(1):82–86. Doi: 10.1016/j.rboe.2016.03.007.
25. Watanabe K., Tsuchiya H., Sakurakichi K., Yamamoto N., Kabata T., Tomita K. Tibial lengthening over an intramedullary nail // *J Orthop Sci*. 2005;(10):480–485. Doi: 10.1007/s00776-005-0939-z.
26. Park H. W., Yang K. H., Lee K. S., Joo S. Y., Kwak Y. H., Kim H. W. Tibial lengthening over an intramedullary nail with use of the Ilizarov external fixator for idiopathic short stature // *J Bone Joint Surg Am*. 2008;(90):1970–1978. Doi: 10.2106/JBJS.G.00897.
27. Kocaoglu M., Eralp L., Kilicoglu O., Burc H., Cakmak M. Complications encountered during lengthening over an intramedullary nail // *J Bone Joint Surg*. 2004;86-A(11):2406–2411. Doi: 10.2106/00004623-200411000-00007.
28. Farsetti P., De Maio F., Potenza V., Efremov K., Marsiolo M., Caterini A., Ippolito E. Lower limb lengthening over an intramedullary nail: a long-term follow-up study of 28 cases // *J Orthop Traumatol*. 2019;20(1):30. Doi: 10.1186/s10195-019-0538-y.
29. Kazmers N. H., Fragomen A. T., Rozbruch S. R. Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature // *Strat Traum Limb Recon*. 2016;11(2):75–85. Doi: 10.1007/s11751-016-0256-4.
30. Fragomen A. T., Miller A. O., Brause B. D., Goldman V., Rozbruch S. R. Prophylactic Postoperative Antibiotics May Not Reduce Pin Site Infections After External Fixation // *HSSJ*. 2017;13(2):165–170. Doi: 10.1007/s11420-016-9539-z.
31. Bhave A., Shabtai L., Woelber E., Apelyan A., Paley D., Herzenberg J. E. Muscle strength and knee range of motion after femoral lengthening 2- to 5-year follow-up // *Acta Orthopaedica*. 2017; 88 (2):179–184. Doi: 10.1080/17453674.2016.1262678.
32. Kim H. J., Fragomen A. T., Reinhardt K., Hutson J. J., Rozbruch S. R. Lengthening of the Femur Over an Existing Intramedullary Nail // *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2011;25(11): 681–684. Doi: 10.1097/bot.0b013e3181f92d6e.
33. Kristiansen L. P., Steen H. Lengthening of the tibia over an intramedullary nail, using the Ilizarov external fixator. Major complications and slow consolidation in 9 lengthenings // *Acta Orthop Scan*. 1999; 70(3):271–274. Doi: 10.3109/17453679908997806.
34. Kim H., Lee S. K., Kim J. K., Ahn J. H., Choy W. S., Kim Y. I., Koo J. Y. Tibial lengthening using a reamed type intramedullary nail and an Ilizarov external fixator // *International Orthopaedics*. 2009;(3):835–841. Doi: 10.1007/s00264-008-0550-y.
35. Shchurov V. A., Gorbacheva L. Iu., Kolcheva O. V., Nikolaichuk E. V., Shchurov I. V. Influence of the duration of the fixation period on the level of restoration of muscle contractility // *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2006;4(42):34–37. (In Russ.).
36. Jain S., Harwood P. Does the use of an intramedullary nail alter the duration of external fixation and rate of consolidation in tibial lengthening procedures? A systematic review // *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2012;7(3):113–121. Doi: 10.1007/s11751-012-0144-5.
37. Song H. R., Oh C. W., Mattoo R., Park B. C., Kim S. J., Park I. H., Jeon I. H., Ihn J. C. Femoral lengthening over an intramedullary nail using the external fixator: risk of infection and knee problems in 22 patients with a follow-up of 2 years or more // *Acta Orthop*. 2005;76(2):245–252. Doi: 10.1080/00016470510030652.
38. Erokhin A. N., Saifutdinov M. S. Prevention of hyperrtraction neuropathies after transosseous osteosynthesis // *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2013;(7):52–54. (In Russ.).

39. Shapovalov V. M., Khominets V. V., Mikhailov S. V., Shakun D. A., Kapilevich B. Ya. A combined technique of femur and leg length recovery in treatment of patients with trauma consequences and developmental defects // *Genij ortopedii*. 2010;(1):116–121. Doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-95-102. (In Russ.).

40. Boutsiadis A., Iosifidou E., Nikolaos X., Hatzokos I. Lengthening Over an Existing Intramedullary Nail In Cases of Post-traumatic Femoral Shortening. Technical Note. Case Series Study // *Open Orthop J*. 2016;(10):12–18. Doi: 10.2174/1874325001610010012.

Информация об авторах

Щепкина Елена Андреевна, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник научного отделения лечения травм и их последствий, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), доцент кафедры травматологии и ортопедии и кафедры общей врачебной практики (семейной медицины), Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-6132-0305; **Лебедков Иван Валерьевич**, врач – травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 1, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0003-1484-5971; **Соломин Леонид Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник научного отделения лечения травм и их последствий, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), профессор кафедры общей хирургии, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0003-3705-3280; **Корчагин Константин Леонидович**, врач – травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 7, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8354-1950; **Сабиров Фаниль Камилжанович**, доцент кафедры травматологии и ортопедии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-0307-0771; **Парфеев Дмитрий Геннадьевич**, кандидат медицинских наук, зав. травматолого-ортопедическим отделением № 1, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р. Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8199-7161.

Information about authors

Shchepkina Elena A., Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor, Senior Research Fellow at the Scientific Department of the Treatment of Injuries and Their Consequences, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics and the Department of General Medical Practice (Family Medicine), Pavlov University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-6132-0305; **Lebedkov Ivan V.**, Orthopedic Traumatologist of the Traumatology and Orthopedic Department № 1, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0003-1484-5971; **Solomin Leonid N.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Leading Research Fellow at the Scientific Department of the Treatment of Injuries and Their Consequences, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), Professor at the Department of General Surgery, St Petersburg University (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0003-3705-3280; **Korchagin Konstantin L.**, Cand. of Sci. (Med.), Orthopedic Traumatologist of the Traumatology and Orthopedic Department № 7, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-8354-1950; **Sabirov Fanil K.**, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-0307-0771; **Parfeev Dmitry G.**, Cand. of Sci. (Med.), Head of the Traumatology and Orthopedic Department № 1, Vreden' National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-8199-7161.