

Научная статья

УДК [616.718.5/.6-007.24-089.227.84:004.9]-089.168

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-3-287-296>

Сравнительный анализ коррекции многовершинных деформаций костей голени при помощи различных методик использования ортопедических гексаподов

Е.С. Головёнкин✉, Л.Н. Соломин

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Евгений Сергеевич Головёнкин, golovenkin_1996@mail.ru

Аннотация

Введение. Методика коррекции многовершинных деформаций с использованием нескольких ортопедических гексаподов может быть принята как стандартная. При этом требуется выполнение нескольких расчётов в компьютерной программе и изменения длин 12–18 страт. «Пружинная» техника была разработана с целью устранения этих недостатков.

Цель работы — сравнить результаты лечения пациентов, которым коррекцию многовершинных деформаций костей голени выполняли при помощи стандартной и «пружинной» техник.

Материалы и методы. Использовали данные пациентов Гр.-1 (стандартная техника) и Гр.-2 («пружинная» техника), каждая из которых включала 17 пациентов (18 сегментов). Сравнивали точность коррекции, длительность периодов коррекции и фиксации. У пациентов, нуждавшихся в удлинении, дополнительно выполняли сравнение индексов фиксации и остеосинтеза. Качество жизни и функцию сегмента оценивали при помощи опросника LEFS.

Результаты. При сравнении каждого из исследуемых параметров статистически значимой разницы между группами не выявлено. При сравнении показателей LEFS до установки аппарата внешней фиксации (АВФ) и через 2–3 мес. после его демонтажа статистически значимая разница имела у пациентов внутри как первой, так и второй групп.

Обсуждение. Точность коррекции в каждой из групп составила 94,4 %, что, наряду с отсутствием значимого различия в длительности лечения и данных опросника LEFS, говорит о равной клинической эффективности методик. При анализе данных опросника отмечено, что лечение с использованием различных модификаций кольцевых АВФ одинаково дискомфортно для пациентов. При этом необходимость только одного расчета в компьютерной программе вместо двух-трех, возможность менять длины шести страт вместо 12–18, а также более простой монтаж и менее громоздкая компоновка аппарата при наличии малого (менее 10–12 см) расстояния между опорами являются преимуществами «пружинной» техники.

Заключение. На основе анализа используемых для оценки критериев выявлено, что «пружинная» техника при коррекции многовершинных деформаций костей голени также эффективна, как и стандартная. Преимущества «пружинной» техники связаны с большим удобством ее использования как для врача, так и для пациента.

Ключевые слова: многовершинные деформации, коррекция деформаций, постепенная коррекция, ортопедический гексапод, Орто-СУВ, «пружинная» техника, точность коррекции, функциональные результаты

Для цитирования: Головёнкин Е.С., Соломин Л.Н. Сравнительный анализ коррекции многовершинных деформаций костей голени при помощи различных методик использования ортопедических гексаподов. *Гений ортопедии*. 2025;31(3):287-296. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-3-287-296.



Comparative analysis of the lower leg multiapical deformity correction by various methods of orthopedic hexapods usage

E.S. Golovenkin✉, L.N. Solomin

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

Corresponding author: Evgeniy S. Golovenkin, golovenkin_1996@mail.ru

Abstract

Introduction The technique of multiapical deformity correction with orthopaedic hexapods can be accepted as "standard." This requires several software calculations and lengths changes in the 12–18 struts. The "spring" technique was designed to address these disadvantages.

Purpose To analyze the treatment results of patients with lower leg multiapical deformities corrected by "standard" and "spring" techniques

Methods The data of patient group 1 (standard technique, $n = 17$) and patient group 2 (spring technique, $n = 17$), were used. Correction accuracy, duration of correction, and fixation periods were compared. In patients requiring lengthening, fixation and osteosynthesis indices were additionally analyzed. Quality of life and segment function were assessed using the LEFS questionnaire.

Results There was no statistically significant difference between the groups when comparing each of the parameters studied. When comparing LEFS parameters before external fixation (EF) and 2–3 months after frame removal, a statistically significant difference was observed in patients within each of the first and second groups.

Discussion The correction accuracy in each group was 94.4 %, which, along with the absence of a significant difference in the duration of treatment and data from the LEFS questionnaire, indicates equal clinical effectiveness of both methods. It was noted that treatment with various modifications of circular external fixators is equally uncomfortable for patients. At the same time, the need for only one calculation in a hexapod software instead of 2–3, the ability to change the length of 6 struts instead of 12–18, as well as simpler assembly and less cumbersome construct if there is small (less than 10–12 cm) distance between the rings are advantages of a "spring" technique.

Conclusion Based on the analysis of the criteria used for evaluation, it can be concluded that the "spring" technique for correcting lower leg multiapical deformities is as effective as the "standard" technique. The advantages of the "spring" technique are associated with the greater convenience of its use: both for the orthopedic surgeon and the patient.

Keywords: multiapical deformities, multi-planar deformities, multi-level deformities, lower leg deformities, deformity correction, gradual correction, orthopaedic hexapod, Ortho-SUV frame, «spring» technique, correction accuracy, functional results

For citation: Golovenkin ES, Solomin LN. Comparative analysis of the lower leg multiapical deformity correction by various methods of orthopedic hexapods usage. *Genij Ortopedii*. 2025;31(3):287-296. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-3-287-296.

ВВЕДЕНИЕ

Для коррекции деформаций, в том числе многовершинных, в последние десятилетия активно применяются ортопедические гексаподы. Их главным преимуществом является возможность одноэтапной коррекции всех компонентов деформации [1–5]. Методикой коррекции многовершинных деформаций, которая может быть принята как стандартная, является одновременное устранение деформации на уровнях всех вершин при помощи нескольких ортопедических гексаподов, то есть их количество равно числу вершин деформации [2, 6–12] (рис. 1, а). Планировать коррекцию при этом достаточно сложно, особенно если промежуточный фрагмент нелинеен, или на одном из уровней необходимо использовать второе правило остеотомий. В таком случае использование анатомической оси промежуточного фрагмента неприемлемо и для успешной реализации коррекции необходима так называемая назначенная ось (assigned axis). Кроме этого, ортопед должен выполнить несколько (по количеству гексаподов) изолированных расчётов в компьютерной программе, а при коррекции изменять длины 12 (при наличии двух вершин) или 18 (трехвершинные деформации) страт. Использование нескольких ортопедических гексаподов увеличивает вес конструкции, что снижает комфорт для пациентов во время лечения [13].

С целью устранения данных недостатков разработана и клинически апробирована «пружинная» техника [4]. Для её реализации необходим всего один ортопедический гексапод, что является более удобным как для врача, так и для пациента (рис. 1, б).

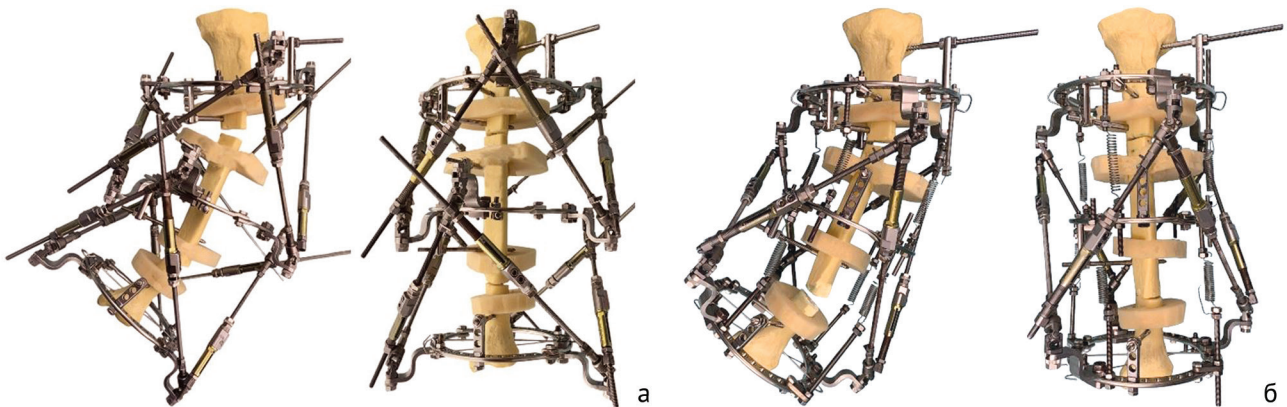


Рис. 1. Схемы постепенной коррекции (до и после) многовершинных деформаций костей голени при помощи ортопедических гексаподов: а — стандартная техника; б — «пружинная» техника

Однако до настоящего времени не известно, является ли «пружинная» техника такой же клинически эффективной, как и стандартная.

Цель работы — сравнить результаты лечения пациентов, которым коррекцию многовершинных деформаций костей голени выполняли при помощи стандартной и «пружинной» техник.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены пациенты, проходившие лечение в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в период с 2012 по 2024 гг. Всего было выполнено 36 коррекций многовершинной деформации голени. Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании и последующую публикацию его результатов.

В контрольную группу (Гр.-1) вошло 17 пациентов (18 сегментов), для лечения которых использовали стандартную методику (4 ретроспективных случая, 14 проспективных). В исследуемую группу (Гр.-2) включено 17 больных (18 сегментов), коррекцию деформации которым выполняли с использованием «пружинной» техники (18 проспективных случаев). Обе группы были сопоставимы по исследуемым параметрам ($p > 0,05$) (табл. 1).

В обеих группах пациентам устанавливали аппарат внешней фиксации (АВФ) на основе трех опор (35 пациентам — при двух вершинах деформации) или четырех опор (одному пациенту — при трех вершинах). Остеотомии большеберцовых и малоберцовых костей выполняли через малоинвазивные доступы по де Бастиани. На 5–7 сут. послеоперационного периода начинали период дистракции в темпе 1 мм в день за 4 приёма. Дистракцию проводили с использованием двухплоскостных шарниров по Илизарову и продолжали вплоть до достижения межфрагментарных диастазов 4–6 мм на каждом из уровней остеотомий. Если пациентам требовалось удлинение сегмента ($n_1 = 7$; $n_2 = 5$), то дистракцию продолжали вплоть до достижения необходимой величины (Гр.-1: 12–28 мм; Гр.-2: 12–44 мм). По завершении дистракции выполняли перемонтаж АВФ с установкой нескольких ортопедических гексаподов (Гр.-1) или же одного ортопедического гексапода и пружин (Гр.-2).

Таблица 1

Характеристика пациентов

Показатель	Количество, Ме [Q25; Q75]			
	Гр.-1 (стандартная техника), n = 17		Гр.-2 («пружинная» техника), n = 17	
	абс.	%	абс.	%
Всего сегментов	18	100	18	100
Мужчины	9	50	8	44
Женщины	9	50	10	56
Врождённая этиология	9	50	11	61
Приобретённая этиология	9	50	7	39
Варусная деформация во фронтальной плоскости	5	28	11	61
Вальгусная деформация во фронтальной плоскости	12	67	7	39
Антекурвационная деформация в сагиттальной плоскости	12	67	13	72
Рекурвационная деформация в сагиттальной плоскости	2	11	2	11
Удлинение	7	39	5	28
Торсионный компонент	7	39	10	56
Число остеотомий = 2	18	100	17	94
Число остеотомий = 3	0	0	1	6
Возраст, лет	39,5 [25;48,6]		36 [26;45,5]	
Величина угловой деформации (фронтальная плоскость), °	25 [16,3;33,8]		20 [17,25;23,8]	
Величина угловой деформации (сагиттальная плоскость), °	18,5 [1;29,8]		10 [4;12,8]	
Величина удлинения, мм	0 [0;25]		0 [0;10,5]	
Величина торсионного компонента, °	0 [0;10]		8,5 [0;14,3]	

Для этого при реализации «пружинной» техники страты ортопедического гексапода «Орто-СУВ» [1, 3, 11, 14] соединяли проксимальную и дистальную опоры АВФ. Промежуточные опоры крепили к смежным опорам при помощи пружинного блока. Он включал набор индивидуально изготовленных пружин в количестве шести для двухвершинных деформаций или девяти для трёхвершинных. Каждую пружину крепили к опорам посредством тракционных зажимов (рис. 2, а). Определение параметров, необходимых для изготовления пружин, выполняли на 1–2 сут. после операции. Первым необходимым параметром являлась длина пружины в рабочем (растянутом) состоянии. Для этого по послеоперационной рентгенограмме пациента выполнялся замер минимального расстояния между промежуточной опорой АВФ и одной из остеотомий. От полученной величины отнималось 15 мм (толщина трёх гаек, необходимых для фиксации пружины к тракционному зажиму и опоре). Далее определяли поперечную восстанавливающую силу. При горизонтальном положении сегмента по задней поверхности крепили многооборотный индикатор (Тип МИГ, ГОСТ 9696-75), конец щупа которого касался промежуточной опоры. После расслабления двухплоскостных шарниров под воздействием силы гравитации происходило смещение промежуточной опоры, что фиксировал индикатор (рис. 2, б). Далее при помощи динамометра выполняли тягу в противоположном направлении вплоть до момента, пока стрелка индикатора не окажется на значении «0». Показатель динамометра в данный момент соответствовал поперечной восстанавливающей силе, которая требовалась для удержания промежуточного фрагмента в нейтральном положении. Определённые таким образом показатели вводили в таблицу Excel, которая была сформирована исходя из подобия треугольника сил и треугольника поперечных перемещений (рис. 2, в). При вычислениях допускали поперечное перемещение фрагмента не более 1 мм. На основе введённых данных определена продольная (растягивающая) сила пружины, обеспечивающая нужную восстанавливающую силу при заданной поперечной деформации. На основе имеющихся значений сил, а также рабочей длины при помощи калькулятора на сайте завода-изготовителя (расчёт на базе ГОСТ 13765-86) определяли оптимальные технические параметры пружин: диаметр и количество витков пружины, диаметр проволоки. Заказы на компоненты «пружинного блока» выполнял НПП «Сланцевский завод пружин», реализующий продукцию по индивидуальным чертежам. Изготовление продукции занимало не более 12 дней, что не влияло на продолжительность лечения пациента, поскольку соответствовало длительности латентного периода и периода первичной distraction. При монтаже пружины позиционировали на максимально возможно равном расстоянии друг от друга, стремясь сформировать равносторонний треугольник (рис. 2, г). Трём пациентам требовалось устранение смещения, произошедшего в период distraction. В таких случаях для каждой вершины использовали по четыре пружины, позиционируемые в форме квадрата. Пружины фиксировали к опорам посредством тракционных зажимов. При этом позиционирование пружин осуществляли таким образом, чтобы они были параллельны анатомической оси промежуточного фрагмента в обеих плоскостях (рис. 2, д). Длины пружин и позиции их осей сохраняли постоянными в течение периода

коррекции, регулировку выполняли при помощи тракционных зажимов. После завершения коррекции пружины и страты ортопедического гексапода демонтировали, фиксацию опор осуществляли при помощи двухплоскостных шарниров по Илизарову.

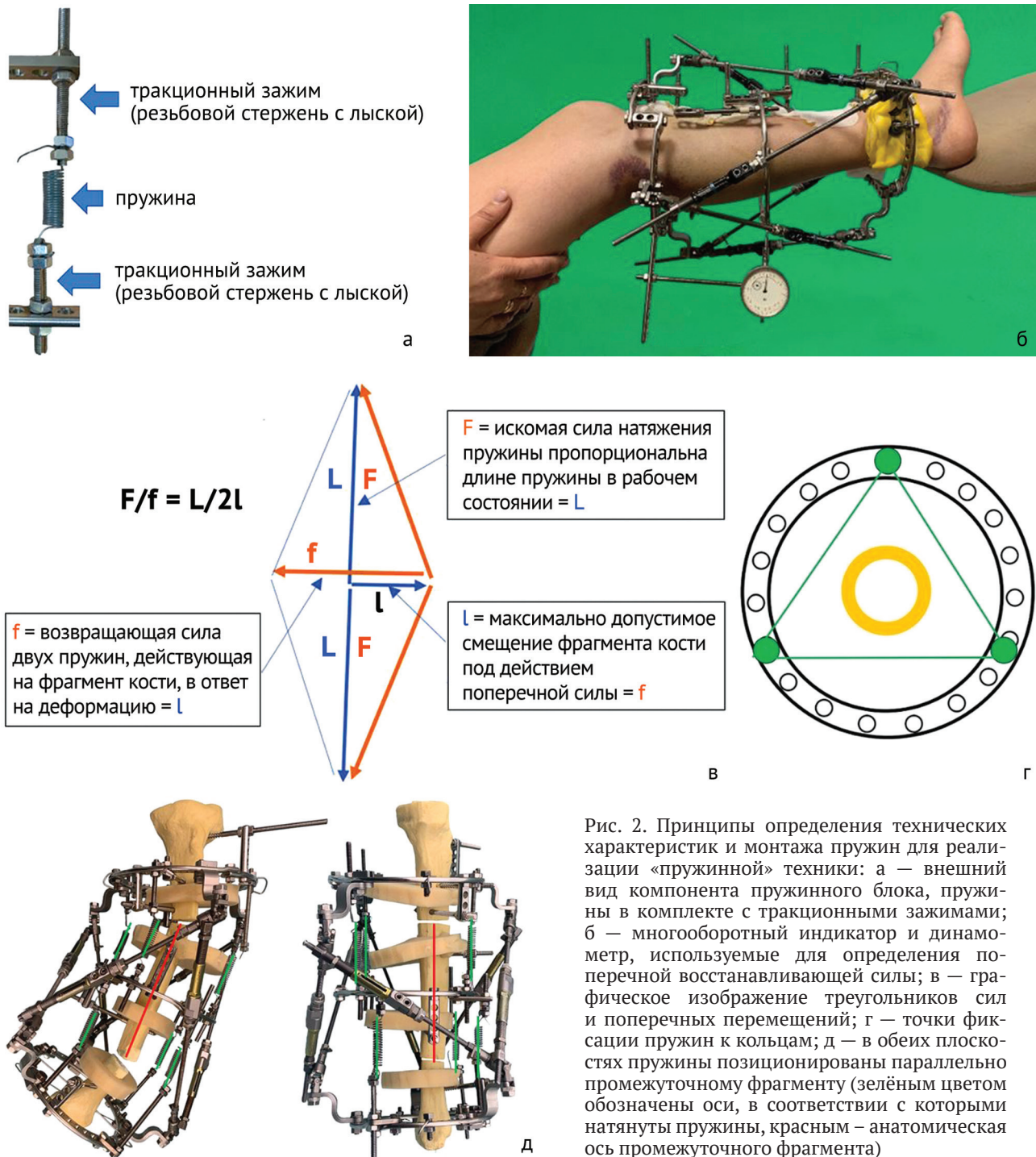


Рис. 2. Принципы определения технических характеристик и монтажа пружин для реализации «пружинной» техники: а — внешний вид компонента пружинного блока, пружины в комплекте с тракционными зажимами; б — многооборотный индикатор и динамометр, используемые для определения поперечной восстанавливающей силы; в — графическое изображение треугольников сил и поперечных перемещений; г — точки фиксации пружин к кольцам; д — в обеих плоскостях пружины позиционированы параллельно промежуточному фрагменту (зелёным цветом обозначены оси, в соответствии с которыми натянуты пружины, красным — анатомическая ось промежуточного фрагмента)

При сравнительном анализе оценивали длительность периодов коррекции (с учётом и без учёта дистракции для достижения начального диастаза), фиксации, а также точность коррекции. Для пациентов, которым не проводили удлинение сегмента ($n_1 = 11$; $n_2 = 13$), выполняли подсчёт продолжительности периода фиксации. При необходимости удлинения сегмента ($n_1 = 7$; $n_2 = 5$) дополнительно определяли следующие показатели:

- индекс фиксации (Иф): отношение количества дней фиксации к величине удлинения в см;
- индекс остеосинтеза (аппаратного периода): отношение количества дней нахождения в АВФ к величине удлинения в см.

Для оценки точности коррекции оценивали величины механических (mMPTA, mLDTA) и анатомических (aADTA, aPPTA) углов до и после коррекции.

Оценку осложнений осуществляли по классификации J. Caton [15–19].

Оценку функционального результата и качества жизни выполняли путём анализа заполненных пациентами опросников LEFS [17–19]. Опросник, состоящий из 20 вопросов, пациенты заполняли до операции, по окончании периода коррекции (до демонтажа страт), перед демонтажом АВФ и через 2,5–3 мес. после демонтажа АВФ. Сумму баллов менее 19 оценивали как минимальную функцию или отсутствие функции; 20–39 б. — значительное ограничение функции; 40–59 б. — умеренное ограничение, 60–79 б. — незначительное ограничение. Сумма в 80 баллов была максимальной и подразумевала наличие полной функции.

Сопоставление частотных характеристик номинальных данных (пол, этиология, деформированный сегмент) выполняли при помощи критерия хи-квадрат (с поправкой Йетса для малых когорт) и критерия Фишера. При сравнении количественных параметров (возраст, значения РЛУ, величина компонентов деформации, длительность лечения и отдельных его периодов, величина удлинения, Иф, Ио и т.д.) использовали U-критерий Манна – Уитни, t-тест Стьюдента и медианный хи-квадрат. Оценку показателей в динамике (данные опросника LEFS) выполняли при помощи критерия знаков и критерия Вилкоксона. Количественные данные округляли до десятых. Статистическую обработку проводили при помощи программы MO Excel 2016 и Jamovi 2.3.28.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные о продолжительности периодов лечения пациентов обеих групп, а также значения индексов фиксации и остеосинтеза, оцениваемые у пациентов, нуждающихся в удлинении сегмента, представлены в табл. 2 и 3. Статистически значимой разницы ($p < 0,05$) ни в одном из оцениваемых показателей не выявлено.

Таблица 2

Длительность отдельных периодов лечения пациентов, Ме [Q25;Q75]

Периоды	Длительность периодов, дни		p
	Гр.-1 (стандартная техника)	Гр.-2 («пружинная» техника)	
Коррекции с учётом дистракции	30,5 [15,8;34,8]	21,5 [18,3;36,5]	> 0,05
Коррекции без учёта дистракции	16 [9,3;26,3]	14 [10,3;27,3]	> 0,05
Фиксации (среди больных, не нуждающихся в удлинении)	251 [207;272]	239 [196,3;335,5]	> 0,05

Таблица 3

Дополнительные показатели оценки лечения пациентов, которым выполнялось удлинение сегмента. Ме [Q25;Q75]

Индексы	Величины индексов, дн/см		p
	Гр.-1 (стандартная техника)	Гр.-2 («пружинная» техника)	
Фиксации	98,15 [84,5;128]	107 [91;109,3]	> 0,05
Остеосинтеза	126,55 [102,4;151,4]	119 [80,6;119,5]	> 0,05

После выполнения коррекции в каждой из групп значения механических и анатомических углов находились в пределах референтных значений в 88,9 % случаев (16 из 18 сегментов). У двух пациентов (по одному в каждой из групп) имелась перипротезная деформация. Поскольку коррекцию деформаций в этих случаях выполняли с учётом предстоящего эндопротезирования, целевые значения углов отличались от референтных и были достигнуты. Таким образом, точность коррекции как в Гр.-1, так и в Гр.-2 составила 94,4 %. Медианные значения механических углов (во фронтальной плоскости) и анатомических углов (в сагиттальной плоскости), а также значения квартилей приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Точность коррекции многовершинных деформаций во фронтальной плоскости, Ме [Q25;Q75]

Угловые деформации	Точность коррекции многовершинных деформаций, °							
	Гр.-1 (стандартная техника)				Гр.-2 («пружинная» техника)			
	до коррекции		после коррекции		до коррекции		после коррекции	
	mMPTA	mLDTA	mMPTA	mLDTA	mMPTA	mLDTA	mMPTA	mLDTA
Варусная	80 [67,3;83]	98 [96,5;99,5]	88 [86,3;89,8]	87,5 [86,3;91]	83 [81;84]	97 [94,5;100]	88 [87;88]	89 [87,5;89,5]
Вальгусная	95 [91;100]	77,5 [71;84,3]	88 [86;89]	88 [88;90]	95 [94,5;98,5]	76 [68,5;80,5]	88 [87;88]	89 [89;91,5]

Примечание: mMPTA — *англ.*: mechanical, medial proximal tibial angle; mLDTA — *англ.*: mechanical lateral distal tibial angle.

Таблица 5

Точность коррекции многовершинных деформаций в сагиттальной плоскости, Ме [Q25; Q75]

Угловые деформации	Точность коррекции многовершинных деформаций, °							
	Гр.-1 (стандартная техника)				Гр.-2 («пружинная» техника)			
	до коррекции		после коррекции		до коррекции		после коррекции	
	aPPTA	aADTA	aPPTA	aADTA	aPPTA	aADTA	aPPTA	aADTA
Антекурвационная	75 [65;80]	99 [90;103]	80 [79;83,3]	81 [79;82]	79 [76;80,5]	86,5 [84,5;92,5]	80 [78,8;81,3]	81 [80;81,3]
Рекурвационная	88 [81;95]	79 [77,5;80,5]	82,5 [82,3;82,8]	80 [79,5;80,5]	80,5 [80,3;80,8]	70,5 [68,3;72,8]	82 [81,5;82,5]	80,5 [79,8;81,3]

Примечание: aPPTA — *англ.*: anatomical, posterior proximal tibial angle; aADTA — *англ.*: anatomical anterior distal tibial angle.

При сравнении данных опросника LEFS, заполненных пациентами обеих групп на разных этапах лечения, статистически значимой разницы между группами не выявлено (табл. 6). При оценке динамики показателей до начала лечения и по его завершении отмечена статистически значимая разница, как в контрольной, так и в исследуемой группах (табл. 7).

Все осложнения, возникшие в процессе лечения, относились к категориям I и II по Caton (табл. 8).

Таблица 6

Сравнение показателей субъективной оценки качества жизни и функции сегмента по опроснику LEFS на различных этапах лечения, Ме [Q25; Q75]

Период оценки	Оценка, баллы		p
	Гр.-1 (стандартная техника)	Гр.-2 («пружинная» техника)	
До операции	56,5 [43,5;62,5]	55,5 [44,3;65]	> 0,05
После окончания коррекции	25,5 [23;29,8]	26,5 [23;31,5]	> 0,05
Перед демонтажом АВФ	38,5 [32;42]	43 [36; 45]	> 0,05
2–3 мес. после демонтажа АВФ	64 [52;72,3]	65 [56,8; 76]	> 0,05

Таблица 7

Оценка динамики показателей субъективной оценки качества жизни и функции сегмента по опроснику LEFS до начала лечения и по его окончании, Ме [Q25; Q75]

Период оценки	Оценка, баллы		p
	Гр.-1 (стандартная техника)	Гр.-2 («пружинная» техника)	
До операции	56,5 [43,5;62,5]	55,5 [44,3;65]	< 0,05
2–3 мес. после демонтажа АВФ	64 [52;72,3]	65 [56,8;76]	< 0,05

Таблица 8

Осложнения согласно классификации J. Caton (1991)

Категория по J. Caton	Осложнение	Количество осложнений			
		Гр.-1 (стандартная техника)		Гр.-2 («пружинная» техника)	
		абс.	%	абс.	%
I	Воспаление мягких тканей в области чрескостного элемента	8	44,4	7	38,9
	Гипотрофический регенерат	1	5,6	2	11,1
	Невропатия	1	5,6	1	5,6
	Контрактура голеностопного сустава	1	5,6	1	5,6
	Всего	11	61,1	11	61,1
II	Гипотрофический регенерат	2	11,1	3	16,7
	Преждевременная консолидация	1	5,6	0	0
	Нестабильность чрескостного элемента	2	11,1	3	16,7
	Перелом регенерата	2	11,1	0	0
	Всего	7	38,9	6	33,3

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования выявлено, что точность коррекции в обеих группах составляет 94,4 %. Период коррекции для Гр.-1 составил 16 дней (30,5 дня с учётом дистракции), для Гр.-2 — 14 дней (21,5 дня с учётом дистракции). Длительность периода фиксации среди пациентов, не нуждающихся в удлинении, составила 251 и 239 дней соответственно. Разница во всех случаях являлась статистически незначимой.

Отдельного рассмотрения требует показатели качества жизни и функции сегмента. Это особенно значимо, поскольку одной из задач разработки «пружинной» техники было обеспечение большего комфорта для больного в период коррекции [4, 13]. Однако при анализе данных опросника качества жизни и функции сегмента статистически значимой разницы в показателях на момент окончания коррекции, то есть до демонтажа страт, не выявлено. Формально из этого можно было бы заключить, что обе методики оцениваются больными как одинаково дискомфортные и одинаково ограничивающие функцию сегмента. Однако необходимо отметить, что в выборках не было ни одного больного, лечение которого выполняли бы поэтапно с использованием каждой из техник и который мог бы на собственном опыте сравнить дискомфорт от обеих методик. Поэтому вывод можно сделать скорее в том смысле, что лечение с использованием различных модификаций (кольцевых) АВФ дискомфортно для пациентов.

Таким образом, формально «пружинная» техника при коррекции многовершинных деформаций голени не имеет значимых преимуществ перед стандартной. Но это утверждение основано только на критериях, которые были учтены в дизайне исследования. Однако необходимо обратить внимание и на другие немаловажные детали. Известно, что при расстоянии между кольцами менее 10–12 см компоновка аппарата более громоздка за счет необходимости применения Z-пластиков и/или «свободных» колец, альтернативой является использование минимизированных страт, что тоже имеет свои ограничения [20]. Использование «пружинной» техники позволяет полностью избежать данной проблемы.

На рис. 3 представлен пример лечения пациента с трёхвершинной деформацией. Из-за выраженной антекурвации (75°) расстояние между кольцами по задней поверхности сегмента составляло от 68 до 72 мм. Монтаж трёх ортопедических гексаподов был бы технически возможен, но являлся непростой задачей для ортопеда, как в плане сборки конструкции, так и в «тройном» расчете в компьютерной программе. Подобный аппарат был бы чрезвычайно неудобен для пациента ввиду веса, громоздкости и необходимости изменения длин 18 страт. Поэтому коррекция была успешно реализована с использованием «пружинной» техники.

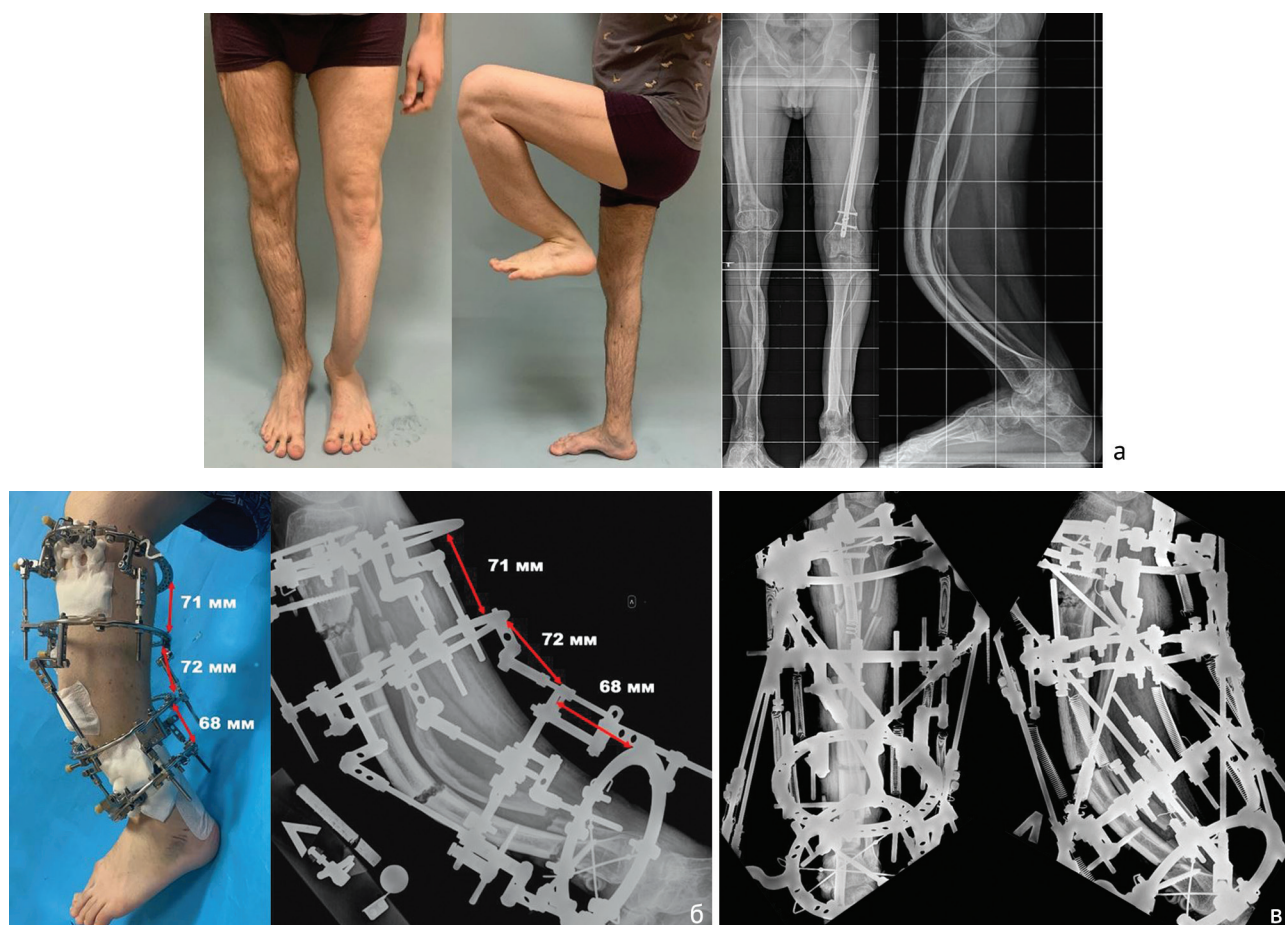


Рис. 3. Клинический пример реализации «пружинной» техники при трёхвершинной деформации голени: а — внешний вид пациента и рентгенограммы больного до операции; б — после окончания дистракции расстояние между опорами по задней поверхности значительно меньше оптимального для монтажа страт; в — один ортопедический гексапод и пружины успешно смонтированы, начато выполнение коррекции

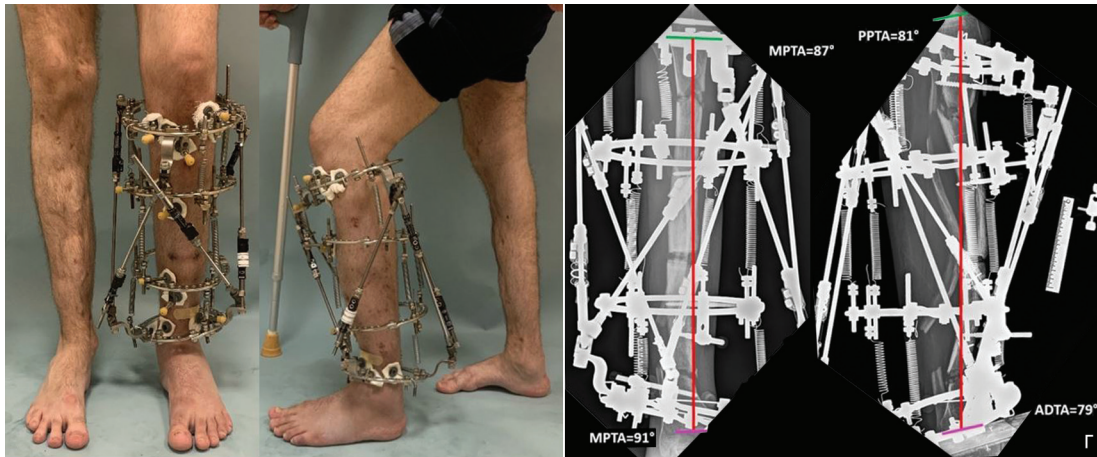


Рис. 3 (продолжение). Клинический пример реализации «пружинной» техники при трёхвершинной деформации голени: г — фото пациента и его рентгенограммы на момент окончания коррекции

При анализе мировой литературы [13] найдено восемь исследований, в которых обсуждаются вопросы постепенной коррекции многовершинных деформаций костей голени с использованием ортопедических гексаподов [2, 4, 6, 8–10, 21, 22]. Однако только в двух статьях контент позволяет с ограничениями сравнить параметры, исследуемые в настоящей работе.

Из девяти пациентов (13 сегментов) выборки V. Ray et al. [10] только два пациента (три сегмента) на момент лечения достигли возраста 18 лет, а потому могли быть учтены нами. Для оценки точности коррекции авторы использовали величину девиации механической оси (ДМО/MAD), что не позволяет сравнить с результатами настоящей работы, так как в ней мы анализировали величины механических и анатомических углов. Оценка консолидации авторами статьи выполнена с помощью оригинального индекса угловой консолидации (*англ.*: ANI — angular healing index). Данный параметр представлял собой частное от количества дней фиксации, поделённых на величину дистракционного регенерата (см) в области, где расстояние между костными фрагментами наибольшее. У совершеннолетних пациентов в среднем величина ANI составила 89 дней/см (64–128,3). Можно отметить, что в сравнении с Гр.-1 настоящего исследования эти данные демонстрируют лучшие темпы сращения на 9,15 дн./см. Однако имеется значительная разница в среднем возрасте больных из выборок: 19,7 лет (18–21) у V. Ray et al. [10] и 38,8 лет (21–65) в нашем исследовании.

На сегодняшний день имеется всего одна печатная работа, содержащая сведения о результатах клинического применения «пружинной» техники. В статье 2017 г. одного из авторов настоящего исследования [4] проанализировано четыре случая лечения пациентов с многовершинными деформациями костей голени. Средняя величина угловой деформации составила 34° (11–82). Одной из пациенток также было выполнено удлинение сегмента на 30 мм. В среднем период коррекции составил 7 нед. (5–9), а фиксации 49,5 нед. (41–54). При конвертации в дни (для удобства сравнения): 49 дн. (35–63) для периода коррекции и 346,5 дн. (287–441) для периода фиксации. При сравнении с Гр.-2 настоящего исследования данные цифры демонстрируют значительно более длительные периоды коррекции и фиксации. Однако средняя величина угловой деформации у пациентов рассматриваемой работы была больше, что частично может служить объяснением продолжительности сроков лечения. Также при анализе результатов необходимо учесть, что для лечения данных пациентов использована ранняя версия «пружинной» техники. От версии, описанной в настоящей работе, она отличается следующим: пружины фиксировали непосредственно к опорам, без тракционных зажимов и позиционирования пружин параллельно оси промежуточного фрагмента(ов). Отличались и технические характеристики пружин: длина в нейтральном положении — 100 мм, диаметр проволоки — 1 мм, диаметр витка — 10 мм, количество витков — 42. Эти факторы создавали условия менее жёсткой фиксации промежуточной опоры. Поэтому можно предположить, что действие сил сжатия пружин было неравномерным и разнонаправленным. Вышеперечисленное увеличивало риск нежелательного смещения промежуточного фрагмента, что, в свою очередь, влияло на продолжительность лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа используемых для оценки критериев выявлено, что «пружинная» техника при коррекции многовершинных деформаций костей голени также эффективна, как и стандартная. Преимущества «пружинной» техники связаны с большим удобством ее использования для врача и пациента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Виленский В.А. Разработка основ новой технологии лечения пациентов с диафизарными повреждениями длинных костей на базе чрескостного аппарата со свойствами пассивной компьютерной навигации (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис... канд. мед наук. Санкт-Петербург; 2009:31. Доступно по: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003482854?page=8&rotate=0&theme=white>. Ссылка активна на 05.03.2025.
2. Ganger R, Radler C, Speigner B, Grill F. Correction of post-traumatic lower limb deformities using the Taylor spatial frame. *Int Orthop*. 2010;34(5):723-730. doi: 10.1007/s00264-009-0839-5.
3. Виленский В.А., Поздеев А.П., Бухарев Э.В. и др. Ортопедические гексаподы: история, настоящее, перспективы. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2015;3(1):61-69. doi: 10.17816/PTORS3161-69.
4. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Корчагин К.Л. и др. Новый способ коррекции многоуровневых деформаций длинных костей с использованием ортопедического гексапода. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(3):103-109. doi: 10.21823/2311-2905-2017-23-3-103-109.
5. Lu Y, Li J, Qiao F, et al. Correction of severe lower extremity deformity with digital hexapod external fixator based on CT data. *Eur J Med Res*. 2022;27(1):252. doi: 10.1186/s40001-022-00887-6.
6. Naqui SZ, Thiryayi W, Foster A, et al. Correction of simple and complex pediatric deformities using the Taylor-Spatial Frame. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(6):640-647. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181831e99.
7. Keshet D, Eidelman M. Clinical utility of the Taylor spatial frame for limb deformities. *Orthop Res Rev*. 2017;9:51-61. doi: 10.2147/ORR.S113420.
8. Riganti S, Nasto LA, Mannino S, et al. Correction of complex lower limb angular deformities with or without length discrepancy in children using the TL-HEX hexapod system: comparison of clinical and radiographical results. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28(3):214-220. doi: 10.1097/BPB.0000000000000573.
9. Виленский В.А., Захарьян Е.А., Зубаиров Т.Ф. и др. Лечение двухуровневых деформаций костей голени: два гексапода или один? *Современные проблемы науки и образования*. 2019;(6). doi: 10.17513/spno.29352.
10. Ray V, Popkov D, Lascombes P, et al. Simultaneous multisegmental and multifocal corrections of complex lower limb deformities with a hexapod external fixator. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2023;109(3):103042. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103042.
11. Massobrio M, Mora R. *Hexapod External Fixator Systems: Principles and Current Practice in Orthopaedic Surgery*. Springer International Publishing; 2021:311.
12. Trombetti A, Al-Daghri N, Brandi ML et al. Interdisciplinary management of FGF23-related phosphate wasting syndromes: a Consensus Statement on the evaluation, diagnosis and care of patients with X-linked hypophosphataemia. *Nat Rev Endocrinol*. 2022;18(6):366-384. doi: 10.1038/s41574-022-00662-x.
13. Головёнкин Е.С., Соломин Л.Н. Коррекция многовершинных деформаций длинных костей нижних конечностей: обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(4):134-146. doi: 10.17816/2311-2905-11174.
14. Jobst C., Ferreira N., Kold S. A Review and Comparison of Hexapod External Fixators: Current Concept Review. *J Pediatr Orthop Soc North Am*. 2023;5(1):627. doi: 10.55275/JPOSNA-2023-627.
15. Caton J. Bilateral lengthening of lower limbs in short subjects in France. Results of the GEOP survey; our experience: Treatment of inequalities in length of lower limbs and short subjects in children and adolescents: Symposium under the direction of J Caton (Lyon). *Rev Chir Orthop*. 1991;77(1):74-77. (In Fran.)
16. Виленский В.А., Поздеев А.А., Зубаиров Т.Ф. и др. Лечение детей с деформациями длинных трубчатых костей нижних конечностей методом чрескостного остеосинтеза с использованием аппарата Орто-СУВ: анализ 213 случаев. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2016;4(4):21-32. doi: 10.17816/PTORS4421-32.
17. Захарьян Е.А. Комплексное лечение деформаций нижней конечности у детей с врожденным ложным суставом костей голени: дис... канд. мед наук. Санкт-Петербург; 2017:154. Доступно по: http://dissovet.rniito.ru/ds2/upload/files/zaharian_ea/diss.pdf. Ссылка активна на 05.03.2025.
18. Рохоев С.А. Обоснование применения ортопедического гексапода при лечении пациентов с контрактурами коленного сустава (анатомо-клиническое исследование): дис... канд. мед наук. Санкт-Петербург; 2022:181. Доступно по: <http://dissovet.rniito.ru/ds2/upload/files/rohoev/dissert.pdf>. Ссылка активна на 05.03.2025.
19. Лебедев И.В. Сравнительная оценка эффективности комбинированного чрескостного и интрамедуллярного остеосинтеза и удлинения по Илизарову при восстановлении длины голени и бедра (экспериментально-клиническое исследование): дис... канд. мед наук. Санкт-Петербург; 2023:200. Доступно по: <http://dissovet.rniito.ru/ds2/upload/files/lebedev/dissert.pdf>. Ссылка активна на 05.03.2025.
20. Гаврилов Д.В., Соломин Л.Н. Сравнительный анализ репозиционных возможностей ортопедического гексапода Орто-СУВ и его минимизированной («педиатрической») версии (экспериментальное исследование). *Гений ортопедии*. 2023;29(3):270-276. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-270-276.
21. Eidelman M, Bialik V, Katzman A. Correction of deformities in children using the Taylor spatial frame. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15(6):387-395. doi: 10.1097/01.bpb.0000228380.27239.8a.
22. Koren L, Keren Y, Eidelman M. Multiplanar Deformities Correction Using Taylor Spatial Frame in Skeletally Immature Patients. *Open Orthop J*. 2016;10:71-79. doi: 10.2174/1874325001610010603.

Статья поступила 19.12.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 19.12.2024; approved after reviewing 04.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.

Информация об авторах:

Евгений Сергеевич Головёнкин — клинический аспирант, golovenkin_1996@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7064-5689>;

Леонид Николаевич Соломин — доктор медицинский наук, профессор, ведущий научный сотрудник, solomin.leonid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>.

Information about the authors:

Evgeniy S. Golovenkin — Clinical Postgraduate Student, golovenkin_1996@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7064-5689>;

Leonid N. Solomin — Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher, solomin.leonid@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3705-3280>