

Научная статья

УДК 617.587-007.56-089.227.81

<https://doi.org/10.17816/2311-2905-17726>

Влияние применения оригинального направителя на продолжительность операции и лучевую нагрузку при малоинвазивной коррекции *hallux valgus*

И.Г. Беленький^{1,2}, Г.Д. Сергеев^{1,2}, А.В. Олейник^{1,3}, М.А. Сергеева^{1,4},
Б.А. Майоров^{1,2,4}

¹ СПб ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»,
г. Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУЗ «Санкт-Петербургская клиническая больница Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Актуальность. Малоинвазивная корригирующая остеотомия при вальгусной деформации первого пальца стопы является высокотехнологичным вмешательством, отдельные этапы которого могут быть длительными и требуют интраоперационного флюороскопического контроля.


Цель исследования — оценить влияние применения оригинального направителя при выполнении малоинвазивной корригирующей остеотомии первой плюсневой кости на продолжительность оперативного вмешательства, время работы электронно-оптического преобразователя и величину дозы рентгеновского облучения.


Материал и методы. В исследовании приняли участие 42 пациента с *hallux valgus*, разделенные на две группы. Все пациенты были прооперированы с использованием малоинвазивной хирургической техники. В группу «Направитель» вошел 21 пациент (21 стопа), которым была выполнена остеотомия с применением оригинального направителя. Пациентам группы «Свободная рука» (21 пациент, 21 стопа) остеотомия выполнялась без использования направителя. После завершения операции регистрировали ее длительность, а также дозу рентгеновского излучения, измеренную с помощью датчиков электронно-оптического преобразователя.

Результаты. Медиана длительности операции у пациентов группы «Направитель» составила 25,00 мин. [25,00; 30,00], а в группе «Свободная рука» — 45,00 мин. [40,00; 57,50]. Выявленные различия были статистически значимыми ($p < 0,001$). Средняя величина дозы облучения была равна $0,30 \pm 0,06$ мГр в группе, где использовался направитель, и $0,79 \pm 0,20$ мГр — в группе, где направляющие спицы для винтов проводились методом «свободной руки». Средняя разность между группами исследования по этому показателю составила 0,49 мГр (95% ДИ 0,39–0,58 мГр; $p < 0,001$). Интенсивность болевого синдрома по ВАШ на сроках 2, 4, 8 нед., 6 мес. после операции была ниже у пациентов при использовании направителя (для всех сроков $p < 0,05$).

Заключение. Применение оригинального направителя при выполнении малоинвазивных корригирующих операций у пациентов с вальгусной деформацией первого пальца стопы позволило сократить длительность оперативного вмешательства и лучевую нагрузку на пациента и хирурга.

Ключевые слова: *hallux valgus*; вальгусная деформация первого пальца; направитель для корригирующей остеотомии; малоинвазивная корригирующая остеотомия; шевронная остеотомия.

 Для цитирования: Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Олейник А.В., Сергеева М.А., Майоров Б.А. Влияние применения оригинального направителя на продолжительность операции и лучевую нагрузку при малоинвазивной коррекции *hallux valgus*. *Травматология и ортопедия России*. 2025;31(3):61–69. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17726>.

 Беленький Игорь Григорьевич; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Рукопись получена: 06.06.2025. Рукопись одобрена: 23.07.2025. Статья опубликована онлайн: 04.08.2025.

© Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Олейник А.В., Сергеева М.А., Майоров Б.А., 2025

Impact of Using an Original Guiding Device on Operative Time and Radiation Exposure in Minimally Invasive *Hallux Valgus* Correction

Igor' G. Belen'kiy^{1,2}, Gennadii D. Sergeev^{1,2}, Aleksei V. Oleinik^{1,3}, Mariya A. Sergeeva^{1,4}, Boris A. Maiorov^{1,2,4}

¹ St. Petersburg I.I. Dzhanlidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ St. Petersburg Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

⁴ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. Minimally invasive Chevron and Akin osteotomy (MICA) for *hallux valgus* is a high-tech procedure, with certain stages potentially being time-consuming and requiring intraoperative fluoroscopic guidance.

The aim of the study — to evaluate the impact of the original guide device on the operative time, fluoroscopy time, and radiation exposure during minimally invasive Chevron and Akin osteotomy of the first metatarsal bone.

Methods. The study included 42 patients with *hallux valgus*, divided into two groups. All patients underwent surgery using a minimally invasive technique. The Guiding Device Group consisted of 21 patients who underwent osteotomy with the use of the original guide. The Freehand Group included 21 patients who underwent osteotomy without the guide. At the end of the procedure, the duration of the surgery and the radiation dose — measured using the image intensifier sensors — were recorded.

Results. The median duration of surgery in the Guiding Device Group was 25.00 minutes [25.00; 30.00], while in the Freehand Group it was 45.00 minutes [40.00; 57.50]. The observed differences were statistically significant ($p < 0.001$). The mean radiation dose was 0.30 ± 0.06 mGy in the group where the guide was used, and 0.79 ± 0.20 mGy in the group where guidewires for screws were inserted freehand. The mean difference between the groups for this parameter was 0.49 mGy (95% CI 0.39–0.58 mGy; $p < 0.001$). Pain intensity assessed by the VAS at 2, 4, and 8 weeks, and at 6 months postoperatively, was lower in patients who underwent surgery with the guide ($p < 0.05$ for all time points).

Conclusion. The use of the original guiding device in minimally invasive corrective osteotomies for *hallux valgus* deformity significantly reduced operative time and radiation exposure for both the patient and the surgeon.

Keywords: *hallux valgus*; valgus deformity of the first toe; osteotomy guide; minimally invasive corrective osteotomy; chevron osteotomy.

Cite as: Belen'kiy I.G., Sergeev G.D., Oleinik A.V., Sergeeva M.A., Maiorov B.A. Impact of Using an Original Guiding Device on Operative Time and Radiation Exposure in Minimally Invasive *Hallux Valgus* Correction. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(3):61–69. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17726>.

✉ Igor' G. Belen'kiy; e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Submitted: 06.06.2025. Accepted: 23.07.2025. Published online: 04.08.2025.

© Belen'kiy I.G., Sergeev G.D., Oleinik A.V., Sergeeva M.A., Maiorov B.A., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Малоинвазивная корригирующая остеотомия (MICA — minimally invasive Chevron and Akin osteotomy) при вальгусной деформации первого пальца стопы является высокотехнологичным вмешательством, отдельные этапы которого могут быть длительными и требуют интраоперационного флюороскопического контроля. Широкое распространение данной методики обусловлено тем, что ее рентгенологические и клинические результаты сопоставимы, а в ряде случаев превосходят результаты открытых операций [1, 2, 3, 4].

Однако техническая сложность малоинвазивной коррекции *hallux valgus* (HV) увеличивает время, необходимое хирургам для освоения методики и ее эффективного применения [5]. В связи с этим для упрощения работы регулярно появляются новые инструменты (патент RU 229923 U1) [6]. Одним из наиболее продолжительных этапов MICA является проведение направляющих спиц для дальнейшей установки фиксирующих винтов. Кроме этого, данная манипуляция требует многократного выполнения интраоперационных рентгенограмм, что приводит к повышенной лучевой нагрузке на пациента и хирурга.

Для упрощения данного этапа операции, а также для уменьшения негативного воздействия рентгеновского излучения на пациента и персонал за счет сокращения длительности работы электронно-оптического преобразователя (ЭОП) в 2024 г. нами было разработано устройство-направитель для спиц. Конструкция этого инструмента позволяет латерализовать головку первой плюсневой кости после остеотомии и провести направляющую спицу для фиксирующего винта в заданном направлении (патент RU 281344 C1). Использование направителя может позволить сократить длительность технически сложного этапа малоинвазивной коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы.

Цель исследования — оценить влияние применения оригинального направителя при выполнении малоинвазивной корригирующей остеотомии первой плюсневой кости на продолжительность оперативного вмешательства, время работы электронно-оптического преобразователя и величину дозы рентгеновского облучения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Тип исследования — нерандомизированное проспективное сравнительное.

В исследование были включены 42 женщины (42 стопы) с вальгусной деформацией первого пальца стопы, получавшие лечение в Санкт-Петербургской клинической больнице РАН или в Санкт-Петербургском НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе.

Критерии включения: наличие вальгусной деформации первого пальца стопы I, II или III степени по Lewis с соавторами (2021) [7], возраст старше 18 и младше 80 лет.

Критерии не включения: наличие сопутствующих заболеваний в стадии декомпенсации или хронических заболеваний в фазе обострения, наличие онкологических заболеваний, терапия глюкокортикостероидами.

После предварительного обследования пациенток госпитализировали для выполнения плановой корригирующей остеотомии. До операции по данным рентгенограмм стоп у всех пациенток хирург измерял интерметатарзальный угол (IMA — intermetatarsal angle), а также угол вальгусного отклонения первого пальца (HVA — *hallux valgus angle*). Помимо этого, производилась оценка выраженности болевого синдрома с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) и функционального статуса путем заполнения индивидуальной анкеты на основе шкалы AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society — Американское общество ортопедии стопы и голеностопного сустава).

Всем пациентам в течение 2024 г. было проведено корригирующее оперативное вмешательство на переднем отделе стопы — малоинвазивная шевронная остеотомия и остеотомия Akin (MICA). Все операции были выполнены одним хирургом, имеющим более 7 лет опыта подобных вмешательств. В половине операций использовался оригинальный направитель для проведения направляющих спиц, в остальных случаях установка спиц выполнялась методом «свободной руки». На основании этого различия в технике вмешательства все пациентки были поделены на две равные по численности (в каждой группе прооперировано по 21 стопе) и сопоставимые по базовым параметрам группы. Общая характеристика пациенток представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика пациентов групп исследования

Параметр	Группа «Направитель», n = 21	Группа «Свободная рука», n = 21	p	Все пациенты, n = 42
Возраст, лет, Me [Q ₁ ; Q ₃] (min-max)	51,00 [35,00; 57,50] (25,00–66,00)	45,00 [38,00; 55,50] (28,00–76,00)	0,930	46,00 [37,75; 56,50] (25,00–76,00)
Степень НВ, n (%): I II III	1 (5) 14 (67) 6 (28)	0 17 (81) 4 (19)	0,484	1 (2) 31 (74) 10 (24)
Стопа, n (%): правая левая	9 (43) 12 (57)	8 (38) 13 (62)	0,753	17 (40) 25 (60)
IMA до операции, град., Me [Q ₁ ; Q ₃] (min-max)	16,40 [15,10; 18,20] (13,40–21,30)	16,70 [15,70; 18,30] (14,80–19,70)	0,529	16,45 [15,65; 18,25] (13,40–21,30)
HVA до операции, град., Me [Q ₁ ; Q ₃] (min-max)	35,40 [26,90; 39,75] (15,20–57,50)	32,50 [29,95; 39,10] (26,50–46,10)	0,763	34,95 [28,55; 38,98] (15,20–57,50)

Техника операции

Все операции выполнялись под проводниковой анестезией. В положении пациента на спине производилась обработка операционного поля растворами антисептиков и отграничение стерильным бельем. Разрез кожи размером 3–4 мм сразу до кости осуществлялся по внутренней поверхности переднего отдела стопы в проекции дистальной четверти диафиза первой плюсневой кости. Остеотомия выполнялась буром 2,2–2,9 мм на расстоянии примерно 2,0–2,5 см от рентгенологической проекции суставной щели первого плюснефалангового сустава. После выполнения распила головку первой плюсневой кости смещали латерально. Далее в зависимости от техники вмешательства для проведения первой направляющей спицы использовался оригинальный направитель, либо спица устанавливалась методом «свободной руки» под контролем интраоперационной флюороскопии. Устройство направителя, а также способ его применения описаны в нашей более ранней работе [8].

После проведения первой спицы в точке ее прохождения через кожу выполняли надрезы по 2 мм для уменьшения травматизации тканей. Канюлированным сверлом 2,7 мм по направляющей спице формировали канал для канюлированного фиксирующего винта. С помощью канюлированной отвертки вводили винт 3,5 мм для фиксации фрагментов первой плюсневой кости. Вторую спицу проводили методом «свободной руки» параллельно уже установленному винту. После проведения второго фиксирующего винта по описанной выше методике обе спицы удаляли.

Стабильность фиксации фрагментов первой плюсневой кости проверяли клинически и рентгенологически. Далее буром производили резекцию излишков костной ткани медиальной части проксимального и, при необходимости, дистального фрагментов первой плюсневой кости. По показаниям коррекция оси первой плюсневой кости дополнялась остеотомией проксимальной фаланги первого пальца по Akin и/или латеральным релизом. Указанные манипуляции выполнялись также малоинвазивно. Остеотомия Akin производилась буром 2,2 мм с последующей фиксацией канюлированным винтом 3,0 мм. Операция завершалась промыванием ран растворами антисептиков и ушиванием после контроля гемостаза.

Методы оценки

После завершения хирургического вмешательства регистрировали его длительность, время работы ЭОП, а также дозу рентгеновского излучения, которая определялась по датчикам ЭОП. Применялись следующие мобильные рентгеновские системы: Philips BV Pulsera C-дуга (Philips Medical Systems Nederland B.V., Нидерланды) и C-дуга GE OEC Fluorostar (GE OEC Medical Systems GmbH, Германия). Также отдельно отмечали выполнение в ходе операции остеотомии Akin и латерального релиза. На контрольных рентгенограммах измеряли IMA и HVA.

Послеоперационный период

В послеоперационном периоде оценка болевого синдрома по ВАШ производилась на сроках 2, 4 и 8 нед., 6 мес. и 1 год. На сроке 1 год после корриги-

рующего вмешательства пациентки заново заполняли анкету AOFAS для оценки функционального статуса.

Статистическая обработка

Систематизация данных производилась в табличном редакторе Excel (Microsoft, США). Статистическая обработка выполнена в программе SPSS Statistics v. 27.0.1 (IBM, США). Количественные переменные анализировались на соответствие закону нормального распределения с помощью критериев Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка. В случае нормального распределения значений переменной в качестве меры центральной тенденции использовалось среднее значение (M) со стандартным отклонением (SD). Для сравнительного анализа применялся t-критерий Стьюдента для независимых выборок с поправкой Уэлча, так как согласно тесту Ливиня дисперсии сравниваемых совокупностей были неравны. В качестве меры эффекта указывалась разница средних значений с 95% доверительным интервалом (95% ДИ). При распределении значений количественных переменных, отличном от нормального, применялись непараметрические методы

статистической обработки. В качестве меры центральной тенденции использовалась медиана (Me) с указанием межквартильного размаха [Q_1 ; Q_3], минимальных и максимальных значений (min-max). Сравнительный анализ проводился с помощью критерия Манна – Уитни для независимых выборок и критерия Фридмана для связанных переменных. Апостериорные попарные сравнения выполнялись с учетом поправки Бонферрони к уровню значимости.

Анализ качественных переменных производился путем формирования таблиц сопряженности. Для обнаружения статистически значимых различий в частотах событий применялись критерий χ^2 Пирсона, точный критерий Фишера, точный критерий Фишера – Фримана – Холтона (для многопольных таблиц сопряженности). Все относительные величины представлены в процентах. Для настоящего исследования был выбран уровень значимости $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Описательные статистики, а также результаты сравнительного анализа изученных параметров представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение интраоперационных показателей в группах исследования

Параметр	Группа «Направитель», $n = 21$	Группа «Свободная рука», $n = 21$	p	Все пациенты, $n = 42$
Длительность операции, мин., Me [Q_1 ; Q_3] (min-max)	25,00 [25,00; 30,00] (20,00–35,00)	45,00 [40,00; 57,50] (35,00–60,00)	< 0,001	35,00 [25,00; 46,25] (20,00–60,00)
Время работы ЭОП, сек., M \pm SD	45,7 \pm 9,1	112,0 \pm 30,1	< 0,001	78,8 \pm 40,1
Доза облучения, мГр, M \pm SD	0,30 \pm 0,06	0,79 \pm 0,20	< 0,001	0,54 \pm 0,29

В группе пациентов, где направитель не применялся, статистически значимо больше были длительность операции, время работы ЭОП и доза рентгеновского облучения (для всех параметров $p < 0,001$). Время работы ЭОП в группе с использованием направителя в среднем было на 66,3 сек. меньше (95% ДИ 52,1–80,5 сек.). Доза облучения в среднем также была на 0,49 мГр меньше (95% ДИ 0,39–0,58 мГр) у пациенток, у которых направляющая спица проводилась с использованием оригинального инструмента.

Между группами не было выявлено статистически значимых различий в частоте выполнения остеотомии Akin — 3 (14%) в группе «Направитель» против 6 (29%) в группе «Свободная рука» ($p = 0,454$), а также латерального релиза — 10 (48%) против 15 (71%) соответственно ($p = 0,116$).

В послеоперационном периоде по данным контрольных рентгенограмм была произведена оценка степени коррекции вальгусной деформации первого пальца и измерены IMA и HVA. Статистически значимой разницы по этим показателям между группами получено не было. Полученные значения и результаты их сравнительного анализа представлены в таблице 3.

Анализ показал, что после операции IMA и HVA стали статистически значимо меньше в каждой из групп исследования ($p < 0,001$ для обоих показателей).

Результаты оценки выраженности болевого синдрома на различных сроках наблюдения, а также баллы, отражающие функциональный исход через год после хирургического вмешательства, приведены в таблице 4.

Таблица 3

Значения углов по данным послеоперационных рентгенограмм, град.

Параметр	Группа «Направитель», n = 21	Группа «Свободная рука», n = 21	p	Все пациенты, n = 42
IMA после операции, Ме [Q ₁ ; Q ₃] (min-max)	3,80 [2,65; 5,10] (1,90–6,20)	2,90 [2,45; 5,10] (1,90–9,70)	0,473	3,45 [2,50; 5,05] (1,90–9,70)
HVA после операции, Ме [Q ₁ ; Q ₃] (min-max)	9,40 [7,60; 10,55] (3,20–16,80)	8,30 [5,95; 10,05] (2,50–18,30)	0,162	9,15 [6,30; 10,33] (2,50–18,30)

Таблица 4

Динамика выраженности болевого синдрома и функциональный статус через год после операции, баллы, Ме [Q₁; Q₃], (min-max)

Шкала		Группа «Направитель», n = 21	Группа «Свободная рука», n = 21	p	Все пациенты, n = 42
ВАШ	До операции	7,00 [6,50; 8,00] (5,00–9,00)	7,00 [6,00; 8,00] (5,00–9,00)	0,015	6,00 [6,00; 7,00] (5,00–9,00)
	2 недели	4,00 [3,50; 5,00] (2,00–5,00)	4,00 [4,00; 5,00] (2,00–9,00)	0,005	5,00 [4,00; 6,50] (3,00–9,00)
	4 недели	3,00 [2,00; 3,00] (1,00–4,00)	3,00 [2,00; 4,00] (1,00–6,00)	0,040	3,00 [3,00; 5,00] (1,00–6,00)
	8 недель	1,00 [0,50; 2,00] (0,00–2,00)	2,00 [1,00; 2,00] (0,00–5,00)	0,007	2,00 [1,00; 3,00] (0,00–5,00)
	6 месяцев	0,00 [0,00; 1,00] (0,00–1,00)	1,00 [0,00; 1,00] (0,00–2,00)	0,038	1,00 [0,00; 1,50] (0,00–2,00)
	1 год	0,00 [0,00; 0,00] (0,00–1,00)	0,00 [0,00; 0,25] (0,00–2,00)	0,435	0,00 [0,00; 1,00] (0,00–2,00)
AOFAS	До операции	52,00 [34,00; 68,50] (29,00–80,00)	52,00 [42,00; 72,00] (29,00–80,00)	0,263	52,00 [42,00; 72,00] (29,00–75,00)
	1 год	95,00 [88,00; 97,50] (82,00–100,00)	95,00 [88,00; 95,00] (80,00–100,00)	0,855	95,00 [88,00; 95,00] (80,00–100,00)

Полужирным шрифтом выделены значения $p < 0,05$.

Статистический анализ изменений баллов по ВАШ в динамике показал, что снижение интенсивности болевого синдрома в группах было статистически значимым ($p < 0,001$ для каждой группы). Одинаковые значения этого параметра в группах были отмечены только на сроке 1 год. Анализ межквартильных размахов позволил сделать вывод о том, что на других сроках послеоперационного наблюдения в группе «Направитель» боль была статистически значимо менее выраженной, несмотря на то что до операции у пациенток этой группы были получены более высокие баллы по ВАШ.

Стоит отметить, что при попарном сравнении значений баллов по ВАШ на различных сроках наблюдения наиболее заметное снижение интенсивности боли происходило в интервале между 4-й

и 8-й нед. наблюдения у пациенток обеих групп. Однако эти изменения не достигали уровня статистической значимости ($p = 0,158$ для группы «Направитель» и $p = 0,314$ для группы «Свободная рука»). Различия в функциональных показателях при оценке по шкале AOFAS до и после операции были статистически значимыми ($p < 0,001$) для обеих групп.

За время наблюдения не было зафиксировано ни одного случая осложнений.

ОБСУЖДЕНИЕ

При подготовке настоящего исследования мы обратили внимание на малую изученность влияния хирургической техники и применяющегося инструмента на длительность оперативного вмешательства и экспозицию рентгеновского излучения

на пациента и хирурга. В связи с этим наша работа не только направлена на оценку эффективности применения оригинального направителя во время операции, но и позволяет дополнить имеющиеся немногочисленные научные данные.

Группы исследования были сопоставимы по частоте выполнения остеотомии основной фаланги первого пальца и латерального релиза ($p = 0,454$ и $p = 0,116$ соответственно). Это позволяет говорить о том, что на длительность оперативного вмешательства, время работы ЭОП и дозу облучения эти два фактора влияния не оказывали. Однако необходимо отметить, что пациенты, которым вмешательство выполнялось без применения направителя, находились на операционном столе дольше ($p < 0,001$), чем пациенты, прооперированные с использованием направителя.

Сокращение длительности операции и дозы рентгеновского облучения за счет применения направителя, на наш взгляд, не только упрощает работу опытного хирурга, но и облегчает процесс обучения молодых ортопедов. Согласно мнению А. Тоерфер и М. Страссле, для MICA, в отличие от открытых техник, характерна пологая кривая обучения. На основании собственного опыта авторы утверждают, что хирург, выполнивший достаточное количество открытых корригирующих вмешательств, быстро достигает высокой эффективности своей хирургической техники. В то же время в случае малоинвазивных операций прогресс в обучении менее заметен. В этом исследовании авторы также приводят значения длительности хирургического вмешательства с использованием техники MICA и общую дозу облучения. Согласно их данным, операция в среднем длилась 46,8 мин. (SD 12,1; диапазон 31,0–90,0 мин.), а средняя лучевая нагрузка составила 0,82 мГр (SD 0,51; диапазон 0,27–1,06 мГр). У опытных хирургов средняя продолжительность операции была 35,1 мин., а средняя доза облучения — 0,67 мГр [9]. Необходимо отметить, что оба последних значения превышают полученные нами значения у пациентов группы «Направитель».

Схожие показатели средней дозы облучения были получены в 2021 г. R. Hromádka с соавторами в ходе исследования. Авторы проанализировали 93 операции у 76 пациентов. Согласно полученным данным, средняя лучевая нагрузка составила 0,58 мГр [10]. Значение средней длительности оперативного вмешательства авторы не привели.

Угловые показатели, изученные в рамках нашего исследования, отражающие степень коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы, выраженно не отличались от значений, приводимых в научной литературе. X. Geng с соавторами по результатам выполненной 36 пациентам малоинвазивной коррекции *hallux valgus* получили сле-

дующие значения: дооперационные IMA и HVA были равны $14,0 \pm 3,2^\circ$ и $22,3 \pm 6,1^\circ$ соответственно, а после вмешательства — $3,7 \pm 1,0^\circ$ и $7,0 \pm 1,8^\circ$ соответственно [6]. Эти значения сопоставимы с полученными нами.

Многие авторы в своих работах приводят ранние и среднесрочные показатели эффективности коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы [11, 12, 13, 14]. V.V. Balesar с соавторами отслежили динамику изменения угловых значений в сравнении с исходными показателями. У 42 пациентов до операции медиана IMA была равна 28° [22–30°], а HVA — 11° [10–14°]. На сроке 6 нед. соответствующие значения составили 9° [7–13°] и 5° [4–7°]. Через год оба показателя несколько выросли — 11° [7–15°] и 6° [4–8°] соответственно [11].

Аналогичные значения приводят T.L. Lewis с соавторами. В их исследовании, результаты которого основаны на анализе 50 исходов малоинвазивной коррекции *hallux valgus*, на сроке 12 мес. после операции IMA составил $7,9^\circ$ при дооперационном значении $32,7^\circ$, а HVA — $4,2^\circ$ при исходном $14,0^\circ$ [12].

В рамках нашего исследования не оценивалась динамика изменения IMA и HVA с течением времени, однако можно отметить, что степень коррекции вальгусной деформации первого пальца стопы была удовлетворительной. С учетом собственного клинического опыта и данных литературы можно ожидать увеличение угловых показателей с течением времени. Анализ динамики этих показателей будет проводиться в рамках наших дальнейших исследований.

Анализ динамики интенсивности болевого синдрома является одним из частных показателей удовлетворенности пациента операцией. Зарубежными авторами отмечается снижение среднего балла по ВАШ с $5,2 \pm 2,4$ до операции до $2,4 \pm 1,9$ через неделю после операции ($p < 0,001$; $n = 93$). На среднем сроке 1 год после операции показатель интенсивности боли уменьшался до $1,6 \pm 2,1$ ($p < 0,001$, $n = 93$) [14].

Другие хирурги сообщают о большей интенсивности предоперационного болевого синдрома. В работах G.A. Nunes с соавторами и K.A.M. de Carvalho с соавторами приводятся почти одинаковые средние значения ВАШ до выполнения корригирующего вмешательства: 8,1 балла и $8,2 \pm 1,5$ балла соответственно. В обоих исследованиях к сроку около 2 лет после операции боль уменьшилась до 1,3 балла и $1,2 \pm 2,2$ балла соответственно [15, 16].

В нашей работе значения ВАШ до и после операции были сопоставимы с теми, которые приводят упомянутые выше авторы. Сравнение балльных показателей позволило сделать вывод о том,

что у пациентов, которым операция была выполнена с применением оригинального направителя, боль была статистически значимо менее выражена в послеоперационном периоде на всех сроках наблюдения, кроме конечного (1 год). Это может быть связано с тем, что использование специального инструмента позволило несколько снизить интраоперационное воздействие на мягкие ткани и кость за счет уменьшения количества неудачных попыток проведения направляющей спицы.

Аналогичная ситуация наблюдалась с функциональными показателями. Динамика изменения баллов по шкале AOFAS будет изучена в наших будущих работах, но можно отметить, что на сроке 1 год статистически значимой разницы между группами исследования обнаружено не было. При этом как дооперационные значения, так и среднесрочные послеоперационные показатели почти не отличались от тех, что приводятся в литературе [15, 16, 17, 18]. В работе G.F. Ferreira с соавторами отмечено улучшение средних показателей AOFAS с $57,0 \pm 8,6$ до $93,9 \pm 8,7$ на сроке 2 года после кор-

рекции [17]. А по данным T.J. Holme с соавторами, функциональные показатели улучшились с 48 до 93 баллов по шкале AOFAS [18].

Несмотря на отсутствие статистически значимых различий в выраженности болевого синдрома и функциональных показателей в баллах по шкале AOFAS на конечном сроке наблюдения, мы полагаем, что меньшая выраженность боли в послеоперационном периоде способствует более быстрой реабилитации и большей удовлетворенности пациента хирургическим лечением в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение оригинального направителя при выполнении малоинвазивных корригирующих остеотомий при вальгусной деформации первого пальца стопы позволило сократить длительность оперативного вмешательства и лучевую нагрузку на пациента и хирурга. Также у пациентов, которым операция выполнялась с использованием данного инструмента, был отмечен менее интенсивный болевой синдром в первые полгода после операции.

DISCLAIMERS

Author contribution

Belen'kiy I.G. — study concept and design, acquisition, data analysis and interpretation, drafting and editing the manuscript.

Sergeev G.D. — study concept and design, data acquisition, analysis and interpretation, statistical data processing, drafting and editing the manuscript.

Oleinik A.V. — study concept and design, data acquisition, analysis and interpretation.

Sergeeva M.A. — literature search and review, drafting and editing the manuscript.

Maurov B.A. — study concept and design, editing the manuscript.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. The authors obtained written consent from patients to participate in the study and publish the results.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Беленький И.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание и редактирование текста рукописи.

Сергеев Г.Д. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание и редактирование текста рукописи.

Олейник А.В. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных.

Сергеева М.А. — поиск и анализ литературы, написание и редактирование текста рукописи.

Майоров Б.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста рукописи.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на участие в исследовании и публикацию результатов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Bia A., Guerra-Pinto F., Pereira B.S., Corte-Real N., Oliva X.M. Percutaneous osteotomies in hallux valgus: a systematic review. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(1): 123-130. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.06.027>.

2. Kaufmann G., Dammerer D., Heyenbrock F., Braitto M., Moertlbauer L., Liebensteiner M. Minimally invasive versus open chevron osteotomy for hallux valgus correction: a randomized controlled trial. *Int Orthop.* 2019;43(2):343-350. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4006-8>.

3. Ji L., Wang K., Ding S., Sun C., Sun S., Zhang M. Minimally invasive vs. open surgery for hallux valgus: a meta-analysis. *Front Surg.* 2022;9:843410. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.843410>.
4. Toepfer A., Strässle M. 3rd generation MICA with the “K-wires-first technique” — a step-by-step instruction and preliminary results. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1):66. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04972-5>.
5. Jowett C.R.J., Bedi H.S. Preliminary results and learning curve of the minimally invasive Chevron Akin operation for hallux valgus. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56(3):445–452. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.01.002>.
6. Geng X., Teng Z., Chen L., Zhang C., Huang J., Wang X. et al. A Joy-Stick Assistant Three-Dimensional Modified Technique of Minimally Invasive Surgery for Mild or Moderate Hallux Valgus. *Orthop Surg.* 2024;16(6):1473–1479. <https://doi.org/10.1111/os.14056>.
7. Lewis T.L., Ray R., Miller G., Gordon D.J. Third-Generation Minimally Invasive Chevron and Akin Osteotomies (MICA) in Hallux Valgus Surgery: Two-Year Follow-up of 292 Cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103(13):1203–1211. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01178>.
8. Олейник А.В., Бельский И.Г., Сергеев Г.Д., Кочиш А.Ю., Разумова К.В., Биназаров А.Е. и др. Оригинальный направитель для малоинвазивной дистальной остеотомии первой плюсневой кости при лечении вальгусной деформации первого пальца стопы. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(3):65–72. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8427>. Oleinik A.V., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Kochish A.Yu., Razumova K.V., Binazarov A.E. et al. Original Guide for Minimally Invasive Distal Osteotomy of the First Metatarsal Bone in the Treatment of Hallux Valgus. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(3):65–72. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-8427>.
9. Toepfer A., Strässle M. The percutaneous learning curve of 3rd generation minimally-invasive Chevron and Akin osteotomy (MICA). *Foot Ankle Surg.* 2022;28(8):1389–1398. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2022.07.006>.
10. Hromádka R., Klouda J., Popelka S., Bek J., Kodat L., Barták V. Minimally Invasive Hallux Valgus Surgery: First Experience. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2021;88(2):137–143. (In Czech).
11. Balesar V.V., Bruin L.L., van Liebergen M., Deenik A.R., Keizer S.B. MICA Procedure vs Open Chevron Osteotomy for Hallux Valgus Correction: A Prospective Cohort Study. *Foot Ankle Orthop.* 2024;9(1):24730114231224725. <https://doi.org/10.1177/24730114231224725>.
12. Lewis T.L., Lau B., Alkhalfan Y., Trowbridge S., Gordon D., Vernois J. et al. Fourth-Generation Minimally Invasive Hallux Valgus Surgery With Metaphyseal Extra-Articular Transverse and Akin Osteotomy (META): 12 Month Clinical and Radiologic Results. *Foot Ankle Int.* 2023;44(3):178–191. <https://doi.org/10.1177/10711007231152491>.
13. Neufeld S.K., Dean D., Hussaini S. Outcomes and Surgical Strategies of Minimally Invasive Chevron/Akin Procedures. *Foot Ankle Int.* 2021;42(6):676–688. <https://doi.org/10.1177/1071100720982967>.
14. Yousaf A., Saleem J., Al-Hilfi L., Kunasingam K. Third-Generation Minimally Invasive Chevron Akin Osteotomy for Hallux Valgus: Three-Year Outcomes. *Indian J Orthop.* 2023;57(7):1–7. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-00917-3>.
15. Nunes G.A., de Carvalho K.A.M., Ferreira G.F., Filho M.V.P., Baptista A.D., Zambelli R. et al. Minimally invasive Chevron Akin (MICA) osteotomy for severe hallux valgus. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(9):5507–5514. <https://doi.org/10.1007/s00402-023-04849-3>.
16. de Carvalho K.A.M., Baptista A.D., de Cesar Netto C., Johnson A.H., Dalmau-Pastor M. Minimally Invasive Chevron-Akin for Correction of Moderate and Severe Hallux Valgus Deformities: Clinical and Radiologic Outcomes With a Minimum 2-Year Follow-up. *Foot Ankle Int.* 2022;43(10):1317–1330. <https://doi.org/10.1177/10711007221114123>.
17. Ferreira G.F., Nunes G.A., Pugliese G.M., Dinato M.C.M.E., Lewis T.L., Sato G. et al. Minimally invasive Chevron-Akin (MICA) osteotomies without Akin fixation in hallux valgus correction: a case series with 2-year follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2024;34(5):2339–2345. <https://doi.org/10.1007/s00590-024-03924-8>.
18. Holme T.J., Sivaloganathan S.S., Patel B., Kunasingam K. Third-Generation Minimally Invasive Chevron Akin Osteotomy for Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2020;41(1):50–56. <https://doi.org/10.1177/1071100719874360>.

Сведения об авторах

✉ Бельский Игорь Григорьевич — д-р мед. наук, профессор
Адрес: Россия, 192242, г. Санкт-Петербург, Будапештская ул., д. 3
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>
e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Сергеев Геннадий Дмитриевич — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>
e-mail: gdsergeev@gmail.com

Олейник Алексей Владиславович
<https://orcid.org/0000-0003-2748-0588>
e-mail: oleynik77@gmail.com

Сергеева Мария Александровна
<https://orcid.org/0009-0003-3255-1771>
e-mail: masharik1990@mail.ru

Майоров Борис Александрович — канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>
e-mail: bmayorov@mail.ru

Authors' information

✉ Igor' G. Belen'kiy — Dr. Sci. (Med.), Professor
Address: 3, Budapeshtskaya st., St. Petersburg, 192242, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-9951-5183>
e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru

Gennadii D. Sergeev — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0002-8898-503X>
e-mail: gdsergeev@gmail.com

Aleksei V. Oleinik
<https://orcid.org/0000-0003-2748-0588>
e-mail: oleynik77@gmail.com

Mariya A. Sergeeva
<https://orcid.org/0009-0003-3255-1771>
e-mail: masharik1990@mail.ru

Boris A. Maiorov — Cand. Sci. (Med.)
<https://orcid.org/0000-0003-1559-1571>
e-mail: bmayorov@mail.ru