



## Научная статья

УДК [616.728.48+616.728.51]:616.72-007.248-089.881-035

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2026-32-3-361-370>**Большеберцово-таранно-пяточный артродез при терминальной стадии посттравматического артроза голеностопного и подтаранного суставов: сравнительная оценка результатов различных методов внутренней фиксации суставов****В.А. Фомичев<sup>1</sup>✉, Е.В. Вебер<sup>1</sup>, Е.П. Сорокин<sup>1,2</sup>, Н.С. Коновальчук<sup>1</sup>, Е.А. Пашкова<sup>1</sup>, К.А. Демьянова<sup>1</sup>, Т.Н. Кубрина<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Виктор Андреевич Фомичев, [fomichef@mail.ru](mailto:fomichef@mail.ru)**Аннотация**

**Введение.** Посттравматический артроз голеностопного и подтаранного суставов является одной из наиболее частых причин хронического болевого синдрома и стойкого нарушения функции нижних конечностей у пациентов трудоспособного возраста. Большеберцово-таранно-пяточный артродез (БТПА) признан стандартом хирургического лечения при терминальных стадиях данной патологии. Вопрос оптимального выбора метода фиксации остаётся предметом дискуссии.

**Цель работы** — провести сравнительную оценку клинико-функциональных результатов использования трёх методов внутренней фиксации БТПА при терминальной стадии посттравматического артроза голеностопного и подтаранного суставов.

**Материалы и методы.** В ретроспективное контролируемое исследование в параллельных группах включены 46 пациентов: группа 1 ( $n = 15$ ) — БТПА с применением анатомически изогнутого ретроградного интрамедуллярного штифта; группа 2 ( $n = 15$ ) — БТПА с применением прямого ретроградного интрамедуллярного штифта; группа 3 ( $n = 16$ ) — артродез с фиксацией наkostной пластиной. Клинико-функциональную оценку проводили по шкале AOFAS и визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ). Статистический анализ: критерий Краскела – Уоллиса, U-критерий Манна – Уитни с поправкой Бонферрони, критерий  $\chi^2$  Пирсона, точный критерий Фишера ( $p < 0,05$ ).

**Результаты.** По возрасту и интенсивности болевого синдрома до операции (ВАШ) группы были сопоставимы ( $p = 0,162$  и  $p = 0,268$  соответственно). Исходные показатели AOFAS статистически значимо различались ( $p = 0,049$ ): медиана 20,0 (15,0–32,5) баллов в группе 1; 32,0 (27,5–40,0) балла в группе 2; 29,5 (26,0–37,2) балла в группе 3. На контрольном обследовании функциональные показатели AOFAS оказались сопоставимы: 73,0 (52,5–79,0), 71,0 (66,5–78,0) и 75,0 (50,8–80,0) баллов соответственно ( $p = 0,978$ ). Интенсивность болевого синдрома снизилась равнозначно во всех группах ( $p = 0,661$ ). Осложнения зарегистрированы у семи (15,2 %) пациентов без значимых межгрупповых различий ( $p = 0,354$ ); активное курение выступило значимым предиктором осложнений (31,2 % vs 6,7 %;  $p = 0,040$ ). Удовлетворённость результатами лечения составила 100 %, 93,3 % и 75,0 % в группах 1, 2 и 3 соответственно ( $p = 0,067$ ).

**Обсуждение.** Сопоставимость результатов во всех трёх группах согласуется с данными литературы, — исход артродеза определяется, прежде всего, точностью позиционирования стопы и качеством резекции суставных поверхностей, а не конструктивными особенностями фиксирующей конструкции.

**Заключение.** Все три варианта внутренней фиксации при БТПА обеспечивают сопоставимые клинико-функциональные результаты в среднесрочном периоде наблюдения; выбор конструкции определяется индивидуальными особенностями пациента и хирургическим опытом.

**Ключевые слова:** большеберцово-таранно-пяточный артродез, блокируемый интрамедуллярный ретроградный штифт, фиксация наkostной пластиной, посттравматический артроз, голеностопный сустав, подтаранный сустав, шкала AOFAS, визуально-аналоговая шкала боли

**Для цитирования:** Фомичев В.А., Вебер Е.В., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С., Пашкова Е.А., Демьянова К.А., Кубрина Т.Н. Большеберцово-таранно-пяточный артродез при терминальной стадии посттравматического артроза голеностопного и подтаранного суставов: сравнительная оценка результатов различных методов внутренней фиксации суставов. *Гений ортопедии*. 2026;32 (3):361-370. doi: 10.18019/1028-4427-2026-32-3-361-370.

© Фомичев В.А., Вебер Е.В., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С., Пашкова Е.А., Демьянова К.А., Кубрина Т.Н., 2026



## Tibiototalcaneal arthrodesis for end-stage post-traumatic osteoarthritis of the ankle and subtalar joints: a comparative assessment of internal fixation implants

V.A. Fomichev<sup>1</sup>✉, E.V. Weber<sup>1</sup>, E.P. Sorokin<sup>1,2</sup>, N.S. Konovalchuk<sup>1</sup>, E.A. Pashkova<sup>1</sup>, K.A. Demyanova<sup>1</sup>, T.N. Kubrina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vreden National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

**Corresponding author:** Viktor A. Fomichev, [fomichev@mail.ru](mailto:fomichev@mail.ru)

### Abstract

**Introduction** Post-traumatic osteoarthritis of the ankle and subtalar joints develops secondary to joint trauma, with clinical signs of pain and dysfunction of the lower limbs in working age patients. Tibiototalcaneal arthrodesis (TTCA) is the standard surgical treatment for end-stage disease. The optimal fixation method remains a matter of debate.

The **objective** was to compare clinical and functional outcomes of TTCA for end-stage post-traumatic osteoarthritis of the ankle and subtalar joints using three methods of internal fixation.

**Material and methods** A retrospective controlled parallel-group study enrolled 46 patients treated with TTCA and anatomically curved retrograde intramedullary nail (Group 1,  $n = 15$ ); TTCA using a straight retrograde intramedullary nail (Group 2,  $n = 15$ ); arthrodesis and interlocking nailing (Group 3,  $n = 16$ ). Clinical status and functionality were evaluated using the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score and the Visual Analogue Scale (VAS). Statistical analysis was produced using Kruskal – Wallis test, Mann – Whitney U-test with Bonferroni correction, Pearson  $\chi^2$  test, Fisher's exact test ( $p < 0.05$ ).

**Results** Groups were comparable for age and VAS pain intensity at baseline ( $p = 0.162$  and  $p = 0.268$ , respectively). Baseline AOFAS differed significantly ( $p = 0.049$ ) with the median measuring 20.0 (15.0–32.5) in Group 1, 32.0 (27.5–40.0) in Group 2, and 29.5 (26.0–37.2) in Group 3. The AOFAS functional scores were comparable at a follow-up examination measuring 73.0 (52.5–79.0), 71.0 (66.5–78.0), and 75.0 (50.8–80.0) in the groups, respectively ( $p = 0.978$ ). Pain reduction was equivalent across groups ( $p = 0.661$ ). Complications developed in seven cases (15.2 %) with no significant between groups differences ( $p = 0.354$ ); active smoking was a significant predictor of complications (31.2 % vs 6.7 %;  $p = 0.040$ ). Patient satisfaction was 100%, 93.3 %, and 75.0% in groups 1, 2 and 3, respectively ( $p = 0.067$ ).

**Discussion** Comparable outcomes across three groups were consistent with the literature: the success of arthrodesis rather relies on adequate foot positioning and the quality of joint resection rather than on a fixation construct.

**Conclusion** The three internal fixation options for TTCA provided comparable clinical and functional results in the mid-term follow-up period. Individual patient characteristics and surgical experience would be essential for the choice of the construct.

**Keywords:** tibiototalcaneal arthrodesis, retrograde intramedullary interlocking nailing, internal plate fixation, post-traumatic osteoarthritis, ankle joint, subtalar joint, AOFAS score, visual analogue scale

**For citation:** Fomichev VA, Weber EV, Sorokin EP, Konovalchuk NS, Pashkova EA, Demyanova KA, Kubrina TN. Tibiototalcaneal arthrodesis for end-stage post-traumatic osteoarthritis of the ankle and subtalar joints: a comparative assessment of internal fixation implants. *Genij Ortopedii*. 2026;32(3):361-370. doi: 10.18019/1028-4427-2026-32-3-361-370.

## ВВЕДЕНИЕ

Посттравматический артроз голеностопного и подтаранного суставов является распространённой и социально значимой патологией опорно-двигательной системы, обуславливающей хронический болевой синдром, прогрессирующее нарушение функции нижней конечности и существенное снижение качества жизни [1, 2]. Посттравматические изменения признаны главной этиологической причиной артроза голеностопного сустава, что принципиально отличает данную патологию от поражения тазобедренного и коленного суставов, в которых преобладают первично-дегенеративные формы [3]. Большинство пациентов находятся в активном трудоспособном возрасте, а функциональные последствия артроза голеностопного сустава по выраженности снижения качества жизни сопоставимы с таковыми при терминальном коксартрозе [2].

Посттравматические изменения присутствуют в 75–80 % всех случаев артроза голеностопного сустава, тогда как распространённость данной патологии среди взрослого населения в целом составляет около 1 % [4, 5, 6, 7]. Риск развития посттравматического артроза существенно возрастает после перенесённой травмы. У лиц с повреждением связочного аппарата голеностопного сустава в анамнезе частота заболеваемости составляет 3,85 %, у лиц без предшествующей травмы — 2,66 % (относительный риск 1,46 %). После оперативного лечения переломов лодыжек у пациентов моложе 50 лет частота посттравматического артроза достигает 27,7 % при пятилетнем периоде наблюдения, а при переломывывихах на уровне голеностопного сустава ранний артроз формируется в 43 % случаев в течение двух–трех лет. Среди предрасполагающих факторов выделяют ожирение, переломывывих, перелом заднего края большеберцовой кости, суставную инконгруэнтность, а также женский пол и высокий индекс массы тела [7]. Промежуток от момента травмы до терминальной стадии заболевания в среднем составляет 20 лет, сокращаясь при тяжёлых повреждениях или осложнённом течении процесса заживления.

Степень функциональных нарушений при терминальном артрозе голеностопного сустава весьма значительна, — средний балл по шкале AOFAS (*англ.*: American Orthopaedic Foot and Ankle Society) при терминальном поражении составляет около 38 [6]. Выраженность болевого синдрома и физических ограничений коррелирует с тяжестью клинической симптоматики в большей мере, чем с рентгенологической степенью изменений. Среди лиц с анамнезом тяжёлых травм нижних конечностей распространённость данной патологии существенно выше [4, 5].

При неэффективности консервативного лечения терминальных стадий посттравматического артроза голеностопного и подтаранного суставов показано хирургическое вмешательство. Принципиальной особенностью данной патологии является вовлечение заднего отдела стопы. При одновременном поражении голеностопного и подтаранного суставов тотальное эндопротезирование голеностопного сустава не является адекватным методом лечения, поскольку обеспечивает только восстановление подвижности в голеностопном суставе и не позволяет устранить патологические изменения в подтаранном суставе [8, 9, 10]. В таких клинических ситуациях большеберцово-таранно-пяточный артродез (БТПА) является методом выбора. Он обеспечивает одновременную стабилизацию обоих суставов, надёжное купирование болевого синдрома и восстановление опорной функции конечности [8, 9, 11, 12].

При изолированном терминальном артрозе голеностопного сустава (без вовлечения подтаранного) рассматривают два хирургических метода: артродез голеностопного сустава и тотальное эндопротезирование. Артродез традиционно считается «золотым стандартом» в связи с его предсказуемым эффектом купирования болевого синдрома, надёжностью и приемлемыми долгосрочными осложнениями [10, 13]. Тотальное эндопротезирование обеспечивает более высокие краткосрочные показатели функции и качества жизни, однако это преимущество нивелируется к 4–10 годам наблюдения, а частота ревизионных вмешательств при эндопротезировании значимо выше [10, 14, 15]. Исследование TARVA (*англ.*: Total Ankle Replacement Vs. Arthrodesis) не подтвердило превосходства эндопротезирования по первичному исходу при 52-недельном наблюдении [16]. Вместе с тем при распространении дегенеративного процесса на подтаранный сустав (как у пациентов данной серии) тотальное эндопротезирование голеностопного сустава теряет смысл как изолированное вмешательство. Замена только голеностопного сустава не устраняет болевой синдром и функциональный дефицит, обусловленный поражением подтаранного сустава.

Среди методов внутренней фиксации, применяемых при БТПА, блокируемый интрамедуллярный ретроградный штифт занимает особое место, — центральное положение конструкции и многоплоскостное блокирование обеспечивают высокую ротационную и осевую стабильность при одновременной фиксации голеностопного и подтаранного суставов [9, 11]. Фиксацию на костной пластине применяют как при изолированных, так и при комбинированных вмешательствах, что позволяет осуществлять точную компрессию в зоне артродеза [17, 18, 19]. В случаях со значительными костными дефектами или выраженной деформацией используют аппарат Илизарова [20, 21]. Сравнение данных об эффективности различных конструкций интрамедуллярных штифтов между собой, а также в сопоставлении с фиксацией на костной пластине при БТПА остаются немногочисленными.

**Цель работы** — провести сравнительную оценку клинико-функциональных результатов использования трёх методов внутренней фиксации БТПА при терминальной стадии посттравматического артроза голеностопного и подтаранного суставов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное контролируемое исследование в параллельных группах. Минимальный срок послеоперационного наблюдения составил 12 месяцев.

**Критерии включения:** возраст старше 18 лет; терминальная стадия артроза голеностопного и подтаранного суставов (III–IV стадия по классификации Kellgren – Lawrence [22]); неэффективность консервативного лечения в течение не менее шести месяцев; владение русским письменным языком; информированное добровольное согласие.

**Критерии невключения:** значимые дефекты таранной кости; деформации голеностопного сустава и стопы нейрогенного генеза (церебральный паралич, полинейропатии, последствия острого нарушения мозгового кровообращения и др.); высокая активность ревматоидного артрита; онкологические или метастатические поражения костей; психические расстройства; наличие показаний к применению аппарата внешней фиксации (тяжёлые деформации, активное инфекционное поражение суставов); значимые дефекты покровных тканей или необходимость этапных реконструктивных вмешательств на коже; деформация среднего и переднего отделов стопы, требующая оперативного лечения; отказ пациента от артрорезирования.

Статус активного курения учитывали как потенциальный фактор риска замедления консолидации и послеоперационных осложнений, поскольку негативное влияние курения на процессы костного сращения при артрорезе суставов стопы и голеностопного сустава подтверждено в ряде исследований [23, 24].

В исследование включено 46 пациентов с подтверждённым посттравматическим артрозом голеностопного и подтаранного суставов, которым проведён БТПА: 19 (41,3 %) мужчин и 27 (58,7 %) женщин (табл. 1).

Пациенты разделены на три группы в зависимости от применённой фиксирующей конструкции:

- группа 1 ( $n = 15$ ) — БТПА с использованием анатомически изогнутого ретроградного интрамедуллярного штифта;
- группа 2 ( $n = 15$ ) — БТПА с использованием прямого ретроградного интрамедуллярного штифта;
- группа 3 ( $n = 16$ ) — артрорез с применением фиксации на костной пластине.

Распределение пациентов по группам осуществляли нерандомизированно: тип фиксирующей конструкции определяли клиническими показаниями и предпочтениями оперирующего хирурга.

Распределение по полу было неравномерным: в группе 2 значительно преобладали женщины (2:13). Исходный уровень функциональной активности в группах статистически значимо различался ( $H = 6,036$ ;  $p = 0,049$ ). По интенсивности болевого синдрома ВАШ (визуальная аналоговая шкала) группы до операции не различались ( $H = 2,636$ ;  $p = 0,268$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика пациентов

Показатель		Группа 1 (анатомически изогнутый штифт), $n = 15$	Группа 2 (прямой ретроградный штифт), $n = 15$	Группа 3 (пластина), $n = 16$	$p$
Пол	Мужчины	абс.	8	2	0,027*
		%	53	13	
	Женщины	абс.	7	13	
		%	47	87	
Возраст, лет Ме (Q1–Q3)		52 (47–61)	54 (38–56)	46 (36–51)	0,162
Предшествующее оперативное лечение	абс.	9	8	9	0,934
	%	60,0	53,3	56,2	
Курение (активное)	абс.	7	3	6	0,297
	%	46,7	20,0	37,5	
AOFAS до, баллы Ме (Q1–Q3)		20,0 (15,0–32,5)	32,0 (27,5–40,0)	29,5 (26,0–37,2)	0,049*
ВАШ до, баллы Ме (Q1–Q3)		7,0 (6,0–9,0)	7,0 (6,0–7,5)	8,0 (7,0–8,2)	0,268

Примечание: \* — статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ); Ме — медиана; Q1, Q3 — нижний и верхний квартили.

### **Техника хирургического вмешательства**

В группах 1 и 2 выполнялся БТПА с применением блокируемого интрамедуллярного ретроградного штифта. Операцию проводили под общей или спинномозговой анестезией в положении пациента на здоровом боку или полубоку. Под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП) определяли точку введения штифта на подошвенной поверхности стопы. После вскрытия пяточной кости осуществляли последовательное прохождение зон подтаранного и голеностопного суставов. Перед введением штифта при помощи остеотома через латеральный (трансфибулярный) доступ выполняли тщательную резекцию суставных хрящей до субхондральной кости с сохранением конгруэнтных поверхностей. Положение стопы фиксировали в нейтральном тыльном сгибании ( $0^\circ$ ),  $5^\circ$  вальгуса пяточной кости и наружной ротации, соответствующей контралатеральной конечности. Многоплоскостную блокировку осуществляли в соответствии с конструктивными особенностями штифта. Анатомический и прямой стержни различались геометрией дистального конца штифта, блокированием и механизмом обеспечения межфрагментарной компрессии.

В группе 3 применяли фиксацию наkostной пластиной при открытом хирургическом доступе. После резекции суставных поверхностей через латеральный (трансфибулярный) доступ, коррекции оси конечности и формирования конгруэнтных костных контактных поверхностей выполняли укладку анатомической блокируемой пластины с последующей фиксацией блокируемыми и компрессирующими винтами.

Протокол послеоперационного ведения был идентичен во всех трёх группах: иммобилизация голеностопного сустава в течение шести недель, ограничение осевой нагрузки на протяжении восьми недель с момента операции, лечебная физкультура с первых суток после вмешательства.

### **Методы клинической оценки**

Клинико-функциональную оценку результатов хирургического лечения осуществляли с помощью двух инструментов. Шкала AOFAS для голеностопного сустава и заднего отдела стопы [25, 26] позволяет оценить болевой синдром (40 баллов), функциональную активность (50 баллов) и выравнивание сегмента (10 баллов); максимальная сумма — 100 баллов, более высокое значение соответствует лучшему результату. Интенсивность болевого синдрома оценивали по ВАШ: 0 — полное отсутствие боли, 10 баллов — максимально переносимая боль. Оценку проводили до операции и через 12 месяцев после хирургического лечения [27].

### **Статистический анализ**

Статистическую обработку проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics (версия 26.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA). Соответствие распределения нормальному закону проверяли критерием Шапиро – Уилка; в связи с отклонением от нормального распределения количественные данные представлены в виде  $Me (Q1-Q3)$ . Для сравнения трёх независимых групп применяли критерий Краскела – Уоллиса; при выявлении статистически значимых различий — попарные сравнения с U-критерием Манна – Уитни с поправкой Бонферрони. Качественные признаки сравнивали с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона; при ожидаемых частотах в ячейках менее пяти применяли точный критерий Фишера. Уровень значимости —  $p < 0,05$ .

Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России (выписка № 1 из протокола № 1 от 05.02.2024). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

По данным контрольного обследования, функциональные исходы оказались сопоставимы во всех трёх группах (табл. 2). Медиана AOFAS после операции составила 73,0 (52,5–79,0) балла в группе 1, 71,0 (66,5–78,0) балла в группе 2 и 75,0 (50,8–80,0) балла в группе 3; межгрупповые различия отсутствовали ( $H = 0,045$ ;  $p = 0,978$ ). При этом пациенты группы 1, имевшие исходно наиболее низкие показатели AOFAS, достигли послеоперационных результатов, полностью сопоставимых с группами 2 и 3. Медиана абсолютного прироста AOFAS составила 47,0 (34,0–51,0) баллов в группе 1, 36,0 (34,0–45,0) баллов в группе 2 и 36,0 (14,2–47,5) баллов в группе 3 ( $H = 3,621$ ;  $p = 0,164$ ). Интенсивность болевого синдрома в послеоперационном периоде не различалась между группами ( $H = 0,829$ ;  $p = 0,661$ ).

Динамика показателей AOFAS в группах сравнения представлена на рис. 1, динамика показателей ВАШ — на рис. 2.

Сравнение степени функционального улучшения (прирост AOFAS) представлено на рис. 3.

Клинико-функциональные результаты хирургического лечения

Показатель		Группа 1 (анатомически изогнутый штифт), n = 15	Группа 2 (прямой ретроградный штифт), n = 15	Группа 3 (пластина), n = 16	p
AOFAS после операции (баллы), Ме (Q1–Q3)		73,0 (52,5–79,0)	71,0 (66,5–78,0)	75,0 (50,8–80,0)	0,978
Прирост AOFAS (баллы), Ме (Q1–Q3)		47,0 (34,0–51,0)	36,0 (34,0–45,0)	36,0 (14,2–47,5)	0,164
ВАШ после операции (баллы), Ме (Q1–Q3)		2,0 (1,0–3,0)	2,0 (2,0–3,0)	2,5 (1,0–4,2)	0,661
Консолидация	абс.	15	14	14	0,371
	%	100,0	93,3	87,5	
Осложнения	абс.	2	1	4	–
	%	13,3	6,7	25,0	
Удовлетворённость результатами	абс.	15	14	12	0,067
	%	100,0	93,3	75,0	

Примечание: Ме – медиана; Q1, Q3 – нижний и верхний квартили; – межгрупповое сравнение не выполнялось.

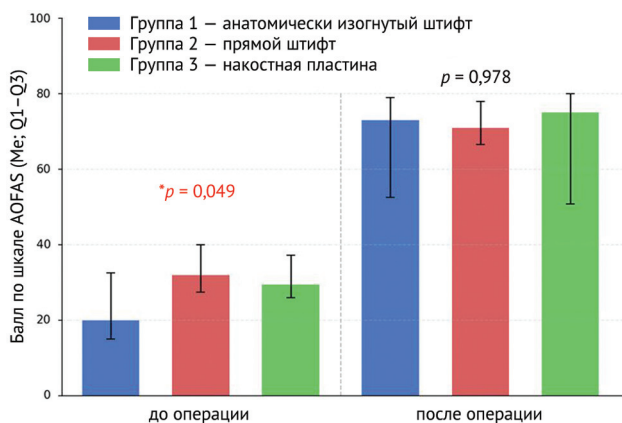


Рис. 1. Показатели шкалы AOFAS до и после операции в группах сравнения (столбики – Ме; планки погрешностей – Q1–Q3): \*( $p = 0,049$ ) – статистически значимые различия в дооперационных показателях между группами; ( $p = 0,978$ ) – послеоперационные показатели сопоставимы

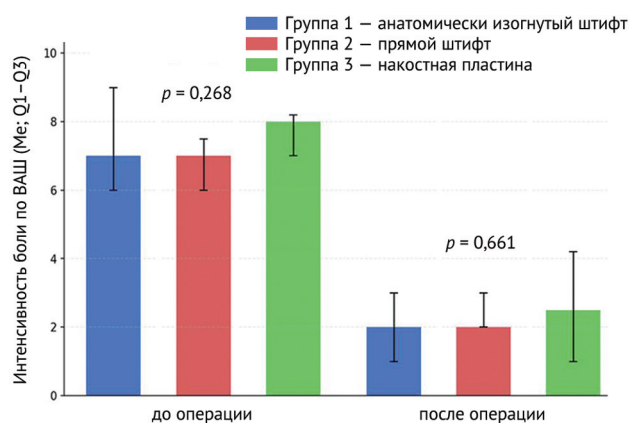


Рис. 2. Показатели визуально-аналоговой шкалы боли (ВАШ) до и после операции в группах сравнения (столбики – Ме; планки погрешностей – Q1–Q3). Различия между группами статистически незначимы на всех сроках наблюдения

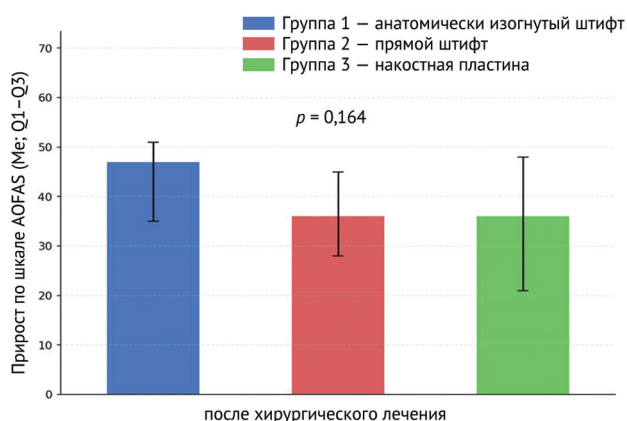


Рис. 3. Абсолютный прирост показателя AOFAS после хирургического лечения в группах сравнения (столбики – медиана; планки погрешностей – Q1–Q3). Различия между группами статистически незначимы ( $p = 0,164$ )

Данные об осложнениях получены для всех 46 пациентов. В группе 1 осложнения зафиксированы у двух пациентов (13,3 %), в обоих случаях – длительно незаживающая рана. В группе 2 осложнение обнаружено у одного пациента (6,7 %), – перелом имплантата с несращением в зоне артродеза. В группе 3 осложнения наблюдали у четырех пациентов (25,0 %): несращение артродеза (в том числе один случай с переломом металлоконструкции) – у двух пациентов; инфекционно-воспалительные осложнения (остеомиелит и раневая инфекция) – у двух пациентов.

Рентгенологическая оценка консолидации выполнена у всех 46 пациентов. Сращение артродеза достигнуто у 43 (93,5 %) пациентов: в группе 1 — у всех 15 (100,0 %), в группе 2 — у 14 из 15 (93,3 %), в группе 3 — у 14 из 16 (87,5 %). Три случая несращения (6,5 %) распределились следующим образом: одно в группе 2 (перелом штифта с несращением), два в группе 3 (несращение артродеза). Статистически значимых межгрупповых различий по частоте рентгенологического сращения не выявлено ( $\chi^2 = 1,985$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,371$ ). Ввиду малых ожидаемых частот в ряде ячеек результат носит ориентировочный характер.

При объединённом анализе всех трёх групп выявлена статистически значимая связь между активным курением и развитием послеоперационных осложнений. Осложнения зарегистрированы у пяти из 16 курящих пациентов (31,2 %) против двух из 30 (6,7 %) некурящих (точный критерий Фишера,  $p = 0,040$ ).

Удовлетворённость результатами лечения отметили 15 (100 %) пациентов группы 1, 14 (93,3 %) пациентов группы 2 и 12 (75,0 %) пациентов группы 3 ( $\chi^2 = 5,400$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,067$ ). Различия между группами не достигают уровня статистической значимости. Вместе с тем, в группе 3 доля неудовлетворённых пациентов была наибольшей (четыре из 16, 25,0 %). Все четыре случая неудовлетворённости ассоциированы с послеоперационными осложнениями.

По шкале от 1 до 5 баллов медиана удовлетворённости составила 4,0 (4,0–4,5) в группах 1 и 2 и 4,0 (4,0–5,0) в группе 3 (критерий Краскела – Уоллеса:  $N = 0,086$ ;  $p = 0,958$ ). Различий в субъективной оценке результатов между группами не выявлено.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Значимых различий в послеоперационных клинико-функциональных показателях между тремя группами не выявлено ( $p = 0,978$  по AOFAS;  $p = 0,661$  по ВАШ). Это соответствует устоявшейся в литературе концепции, — исход артродеза в большей мере определяется точностью позиционирования стопы и качеством резекции суставных поверхностей, чем конструктивными особенностями фиксирующей системы [8, 17, 28, 39].

Полученные значения AOFAS в послеоперационном периоде (медиана 71,0–75,0 балла) соответствуют диапазону, описанному в зарубежных исследованиях при БТПА с ретроградным интрамедуллярным штифтом. По данным систематического обзора F. Franceschi et al. [29], включавшего 22 исследования (более 700 пациентов), уровень консолидации составлял 80–96 % при значимом улучшении как болевого, так и функционального статуса. В проспективных когортных работах с наблюдением не менее пяти лет прирост AOFAS достигал 30–50 баллов [30, 31], что совпадает с медианным приростом 36,0–47,0 балла, зафиксированным в данной серии наблюдений.

Нормативные значения AOFAS у здоровых лиц составляют 90–100 баллов [32]. По данным литературы, послеоперационный AOFAS при артродезе по поводу посттравматического артроза варьирует в диапазоне 61–83 баллов (в большинстве серий — 70–83 балла при сроке наблюдения от двух до 15 лет) [32–34], тогда как дооперационные значения при терминальном артрозе, как правило, не превышают 25–33 баллов [33]. Медианы 71,0–75,0 балла в настоящей серии укладываются в этот диапазон. Вместе с тем, артродез не обеспечивает полного восстановления функциональной активности. По данным биомеханического анализа, у пациентов сохраняются нарушения паттерна ходьбы и снижение нагрузочной способности оперированной конечности по сравнению с нормой [34, 35].

В настоящем исследовании осложнения выявлены у семи из 46 пациентов (15,2 %): в двух случаях (13,3 %) в группе 1, в одном случае (6,7 %) в группе 2 и в четырех случаях (25,0 %) в группе 3; статистически значимых межгрупповых различий не установлено ( $p = 0,354$ ). Частота рентгенологически подтверждённого сращения составила 93,5 % (43 из 46 пациентов) без значимых межгрупповых различий ( $p = 0,371$ ), что соответствует диапазону 80–96 %, описанному в систематических обзорах БТПА [29]. Совокупная частота послеоперационных осложнений (15,2 %) также соответствует нижней части диапазона, описанного в литературе при БТПА: раневые осложнения наблюдают в 20–24 %, несращение — в 8–19 %, ревизионные вмешательства требуются в 8–32 % наблюдений [29]. Наиболее разнородный профиль осложнений зарегистрирован в группе 3 (пластина), что согласуется с наблюдениями S.V.M. van den Heuvel et al. [36], зафиксировавшими более высокую частоту глубокой инфекции именно при фиксации пластиной (28,6 % против 0 % в группах штифта;  $p = 0,017$ ), хотя в данной серии межгрупповое различие не достигает порога значимости. Факторами риска несращения при БТПА служат сахарный диабет, активное курение и нейроартропатия Шарко [37]. В данной серии активное курение выступило значимым предиктором послеоперационных осложнений независимо от применённого метода фиксации. Среди курящих пациентов осложнения развились в 31,2 % случаев против 6,7 % среди некурящих (точный критерий Фишера,  $p = 0,040$ ), что подкреплено известным негативным влиянием никотина на процессы костной консолидации и заживления мягких тканей.

В большинстве опубликованных серий интрамедуллярный штифт рассматривают как единую категорию без дифференциации по конструктивным признакам [29, 30, 31]. В настоящей работе предпринята попытка сопоставить два конструктивно различных типа ретроградных штифтов, как между собой, так и с накостной фиксацией. Число плоскостей блокирования, геометрия дистального конца и механизм межфрагментарной компрессии теоретически способны влиять на первичную стабильность. Однако в настоящей серии установлено, что при соблюдении хирургической техники эти конструктивные различия на клинический результат не влияют. Хирургическая техника (прецизионная резекция и корректное позиционирование) по-прежнему определяет результат в большей мере, чем выбор имплантата [8, 9, 39].

Исходное различие дооперационных показателей AOFAS ( $p = 0,049$ ) требует отдельного комментария. Пациенты группы 1 имели наиболее тяжёлое функциональное состояние до операции (20,0 (15,0–32,5) балла), что, вероятно, отражает особенности маршрутизации пациентов. Тем не менее, именно эта группа показала наибольший абсолютный прирост AOFAS (47,0 (34,0–51,0) балла) и вышла на уровень результатов, полностью сопоставимых с группами 2 и 3 (рис. 1, 3). Приведённые наблюдения подтверждают эффективность БТПА с анатомически изогнутым ретроградным интрамедуллярным штифтом у пациентов с исходно выраженным функциональным дефицитом, что согласуется с данными систематического обзора S. Jehan et al. [1].

В группе 2 женщины составили 86,7 %, что могло повлиять на результаты, поскольку в многомерный анализ данный фактор не включали. По данным A.N. Fletcher et al. [38], у женщин с терминальным артрозом голеностопного сустава исходный уровень боли и функциональных нарушений выше, чем у мужчин, тогда как послеоперационный прирост функциональных показателей сопоставим между полами. Отсутствие значимых послеоперационных различий между группами в данной серии позволяет расценивать влияние гендерного дисбаланса как несущественное, однако малый размер выборки не исключает остаточного систематического смещения. В будущих исследованиях пол целесообразно учитывать в многомерном анализе.

Сопоставимое снижение ВАШ в послеоперационном периоде ( $p = 0,661$ , рис. 2) свидетельствует о равнозначном анальгетическом эффекте всех трёх методов. Согласно систематическому обзору S. Jehan et al. [1], охватившему 613 пациентов после БТПА с применением блокируемого интрамедуллярного штифта, болевой синдром и функциональные показатели закономерно улучшаются после операции вне зависимости от варианта интрамедуллярной фиксации, что согласуется с результатами настоящей серии. На практике выбор метода фиксации при БТПА определяется степенью поражения суставов, качеством костной ткани, состоянием мягких тканей и хирургическим опытом [9].

У пациентов данной серии с одновременным поражением голеностопного и подтаранного суставов тотальное эндопротезирование голеностопного сустава, как изолированное вмешательство, клинически неприменимо, замена одного сустава не устраняет патологию второго. БТПА при таком поражении остаётся единственным адекватным методом, а сравнение проводили исключительно по типу применяемой фиксирующей конструкции [8, 9, 10].

Необходимо обозначить ряд ограничений настоящей работы. Небольшой размер выборки (15–16 пациентов в каждой группе) снижает статистическую мощность попарных сравнений. Ретроспективный дизайн не позволяет полностью исключить предвзятость отбора, на которую косвенно указывает исходная неоднородность групп по AOFAS. Гендерный дисбаланс в группе 2 (86,7 % женщин) не был учтён в рамках многомерного анализа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое ретроспективное исследование продемонстрировало сопоставимость клинико-функциональных исходов БТПА при использовании трёх вариантов внутренней фиксации: медиана AOFAS через 12 месяцев составила 73,0–75,0 балла при отсутствии межгрупповых различий ( $p = 0,978$ ), снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ оказалось равнозначным во всех группах ( $p = 0,661$ ). Частота рентгенологического сращения достигла 93,5 % в общей выборке (100 % в группе анатомически изогнутого штифта, 93,3 % — прямого, 87,5 % — накостной пластины;  $p = 0,371$ ). У пациентов с наиболее тяжёлым исходным функциональным дефицитом (группа 1, медиана AOFAS до операции — 20,0 баллов) зафиксирован наибольший абсолютный прирост показателя, что косвенно свидетельствует о преимуществах анатомически изогнутого штифта при выраженных функциональных нарушениях.

**Конфликт интересов** отсутствует.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Этические нормы.** Обследование проведено в соответствии с общепринятыми этическими принципами, нормами и правилами проведения научных исследований. Протокол исследования одобрен этическим комитетом

ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России (выписка № 1 из протокола № 1 от 05.02.2024). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и публикацию результатов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Jehan S, Shakeel M, Bing AJ, Hill SO. The success of tibiototalcaneal arthrodesis with intramedullary nailing--a systematic review of the literature. *Acta Orthop Belg.* 2011;77(5):644-651.
- Xie Q, Sui L, Sun Y, et al. Comparisons of ankle arthrodesis with different internal fixation methods in the treatment of post-traumatic osteoarthritis. *J Orthop Sci.* 2024;29(2):621-626. doi: 10.1016/j.jos.2023.02.009.
- Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J.* 2005;25:44-46.
- Anastasio AT, Lau B, Adams S. Ankle Osteoarthritis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2024;32(16):738-746. doi: 10.5435/JAAOS-D-23-00743.
- Herrera-Pérez M, González-Martín D, Vallejo-Márquez M, et al. Ankle Osteoarthritis Aetiology. *J Clin Med.* 2021;10(19):4489. doi: 10.3390/jcm10194489.
- Puri A. Current concepts in ankle arthrodesis. *J Clin Orthop Trauma.* 2024;56:102537. doi: 10.1016/j.jcot.2024.102537.
- Palmieri-Smith RM, Cameron KL, DiStefano LJ, et al. The Role of Athletic Trainers in Preventing and Managing Posttraumatic Osteoarthritis in Physically Active Populations: a Consensus Statement of the Athletic Trainers' Osteoarthritis Consortium. *J Athl Train.* 2017;52(6):610-623. doi: 10.4085/1062-6050-52.2.04.
- Mann RA, Rongstad KM. Arthrodesis of the ankle: a critical analysis. *Foot Ankle Int.* 1998;19(1):3-9. doi: 10.1177/107110079801900102.
- Rosemberg DL, Macedo RS, Sposeto RB, et al. Tibiototalcaneal Arthrodesis: A Retrospective Comparison Between Nails and Lateral Locking Plate Complications. *Foot Ankle Orthop.* 2023;8(1):24730114231157719. doi: 10.1177/24730114231157719.
- Norvell DC, Ledoux WR, Shofer JB, et al. Effectiveness and Safety of Ankle Arthrodesis Versus Arthroplasty: A Prospective Multicenter Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101(16):1485-1494. doi: 10.2106/JBJS.18.01257.
- Михайлов К.С., Емельянов В.Г., Тихилов Р.М. и др. Обоснование выбора операций артродезирования или эндопротезирования у пациентов с артрозом голеностопного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(1):21-32. doi: 10.21823/2311-2905-2016-0-1-21-32.
- Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Чугаев Д.В. и др. Артродезирование голеностопного сустава как оптимальная хирургическая опция при лечении пациентов с деформирующим артрозом голеностопного сустава терминальной стадии (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии.* 2019;(4):18-26. doi: 10.17238/issn2226-2016.2019.4.18-26.
- Cossins C, George B, Talia AJ, et al. The Outcomes of Isolated Tibiototalcaneal Arthrodesis: A Systematic Review. *Foot Ankle Orthop.* 2024;9(2):24730114241247547. doi: 10.1177/24730114241247547.
- Liu S, Wang Y, Zhang M, et al. A comparative study of modern total ankle replacement and ankle arthrodesis for ankle osteoarthritis at different follow-up times: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2023;47(6):1493-1510. doi: 10.1007/s00264-023-05753-6.
- Sangeorzan BJ, Ledoux WR, Shofer JB, et al. Comparing 4-Year Changes in Patient-Reported Outcomes Following Ankle Arthroplasty and Arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103(10):869-878. doi: 10.2106/JBJS.20.01357.
- Goldberg AJ, Chowdhury K, Bordea E, et al. Total ankle replacement versus ankle arthrodesis for patients aged 50-85 years with end-stage ankle osteoarthritis: the TARVA RCT. *Health Technol Assess.* 2023;27(5):1-80. doi: 10.3310/PTYJ1146.
- Myerson MS, Quill G. Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(268):84-95.
- Хоминец В.В., Михайлов С.В., Шакур Д.А. и др. Артродезирование голеностопного сустава с использованием трёх спонгиозных винтов. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(2):117-126. doi:10.21823/2311-2905-2018-2-4-117-126.
- Шкуро К.В., Зейналов В.Т., Арапова И.А. и др. Анатомически и функционально выгодные ориентиры при коррекции посттравматической деформации заднего отдела стопы. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2023;30(1):15-28. doi: 10.17816/vto321523.
- Trost M, Yarkin S, Knieps M, et al. Biomechanical comparison of different fixation methods in tibiototalcaneal arthrodesis: a cadaver study. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):971. doi: 10.1186/s13018-023-04444-7.
- Yadkikar SV, Yadkikar V, Prasad R, et al. Arthrodesis with the Ilizarov ring fixator for severe ankle arthritis. *Genij Ortopedii.* 2023;29(4):362-367. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-362-367.
- Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthrosis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16(4):494-502. doi: 10.1136/ard.16.4.494.
- Allport J, Ramaskandhan J, Siddique MS. Nonunion Rates in Hind- and Midfoot Arthrodesis in Current, Ex-, and Nonsmokers. *Foot Ankle Int.* 2021;42(5):582-588. doi: 10.1177/1071100720971269.
- Pearson RG, Clement RG, Edwards KL, Scammell BE. Do smokers have greater risk of delayed and non-union after fracture, osteotomy and arthrodesis? A systematic review with meta-analysis. *BMJ Open.* 2016;6(11):e010303. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010303.
- Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, et al. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15(7):349-353. doi: 10.1177/107110079401500701.
- Фомичев В.А., Сорокин Е.П., Коновальчук Н.С. и др. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии шкалы Американской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава AOFAS-AHS. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(4):78-86. doi: 10.17816/2311-2905-16494.
- Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet.* 1974;2(7889):1127-1131. doi: 10.1016/s0140-6736(74)90884-8.
- Thevendran G, Shah K, Pinney SJ, Younger AS. Perceived risk factors for nonunion following foot and ankle arthrodesis. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017;25(1):2309499017692703. doi: 10.1177/2309499017692703.
- Franceschi F, Franceschetti E, Torre G, et al. Tibiototalcaneal arthrodesis using an intramedullary nail: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1316-1325. doi: 10.1007/s00167-015-3548-1.
- Perez-Aznar A, Gonzalez-Navarro B, Bello-Tejeda LL, et al. Tibiototalcaneal arthrodesis with a retrograde intramedullary nail: a prospective cohort study at a minimum five year follow-up. *Int Orthop.* 2021;45(9):2299-2305. doi: 10.1007/s00264-020-04904-3.
- Хоминец В.В., Михайлов С.В., Жумагазиев С.Е. и др. Сравнительный биомеханический анализ способов артродезирования голеностопного сустава: экспериментальное исследование. *Травматология и ортопедия России.* 2022;28(4):136-147. doi: 10.17816/2311-2905-1989.
- Morasiewicz P, Dejneck M, Orzechowski W, Szelerski L. Subjective and Objective Outcomes of Ankle Joint Arthrodesis with Either Ilizarov or Internal Fixation. *J Foot Ankle Surg.* 2023;62(1):39-44. doi: 10.1053/j.jfas.2022.03.009.
- Wąsik J, Stołtny T, Pasek J, et al. Effect of Total Ankle Arthroplasty and Ankle Arthrodesis for Ankle Osteoarthritis: A Comparative Study. *Med Sci Monit.* 2019;25:6797-6804. doi: 10.12659/MSM.915574.
- Ван Ж., Ахтямов И.Ф., Цай Ц. и др. Оценка эффективности вариантов артродезирования голеностопного сустава. *Гений ортопедии.* 2024;30(2):210-220. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-2-210-220.
- Орлецкий А.К., Косов И.С., Шкуро К.В. и др. Моделирование клинической инструментальной системы объективной оценки функции стоп у пациентов с посттравматической деформацией голеностопного сустава и пяточной кости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2025;32(4):817-829. doi: 10.17816/vto642295.

36. van den Heuvel SBM, Penning D, Schepers T. Open Ankle Arthrodesis: A Retrospective Analysis Comparing Different Fixation Methods. *J Foot Ankle Surg.* 2022;61(2):233-238. doi: 10.1053/j.jfas.2021.07.012.
37. Lee BH, Fang C, Kunnasegaran R, Thevendran G. Tibiotalocalcaneal Arthrodesis With the Hindfoot Arthrodesis Nail: A Prospective Consecutive Series From a Single Institution. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57(1):23-30. doi: 10.1053/j.jfas.2017.05.041.
38. Fletcher AN, Mody KS, Adams SB, et al. Effect of Gender Differences on Patient-Reported Outcomes and Complications in Total Ankle Replacement. *Foot Ankle Int.* 2021;42(6):776-787. doi: 10.1177/1071100720985292.
39. Лебедев А.А., Солдатов Ю.П. Результаты применения различных способов артродеза голеностопного сустава у больных остеоартритом. *Уральский медицинский журнал.* 2022;21(2):13-18. doi: 10.52420/2071-5943-2022-21-2-13-18.

Статья поступила 23.03.2026; одобрена после рецензирования 01.04.2026; принята к публикации 06.04.2026.

The article was submitted 23.03.2026; approved after reviewing 01.04.2026; accepted for publication 06.04.2026.

**Информация об авторах:**

Виктор Андреевич Фомичев — врач — травматолог-ортопед, fomichef@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>;

Евгений Валерьевич Вебер — кандидат медицинских наук, заведующий отделением, доцент кафедры, wjhon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>;

Евгений Петрович Сорокин — кандидат медицинских наук, научный сотрудник, sorokinortoped@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>;

Никита Сергеевич Коновальчук — кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник, konovalchuk91@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>;

Екатерина Александровна Пашкова — кандидат медицинских наук, врач — травматолог-ортопед, caterinapashkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>;

Ксения Андреевна Демьянова — врач — травматолог-ортопед, ortodem@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>;

Татьяна Николаевна Кубрина — врач — травматолог-ортопед, аспирант, kubrina\_1998@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3309-2560>.

**Information about the authors:**

Viktor A. Fomichev — Orthopaedic Surgeon, fomichef@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0864-0171>;

Evgenii V. Weber — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department, Associate Professor, wjhon@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0212-925X>;

Evgenii P. Sorokin — Candidate of Medical Sciences, Researcher, sorokinortoped@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9948-9015>;

Nikita S. Konovalchuk — Candidate of Medical Sciences, Junior Researcher, konovalchuk91@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2762-816X>;

Ekaterina A. Pashkova — Candidate of Medical Sciences, Orthopaedic Surgeon, caterinapashkova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3198-9985>;

Ksenia A. Demyanova — Orthopaedic Surgeon, ortodem@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2239-2792>;

Tatyana N. Kubrina — Orthopaedic Surgeon, Postgraduate Student, kubrina\_1998@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3309-2560>.