

Результаты применения модифицированной биполярной радиочастотной абляции у пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией

В.Н. Силантьев¹, Г.Г. Дзюба¹, М.М. Катина²

¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Омск, Россия

² ООО «Телемед», г. Омск, Россия

Реферат

Актуальность. Среди множества причин подошвенной пяточной боли проксимальная подошвенная фасциопатия находится на втором месте, уступая лишь повреждениям связочного аппарата стопы. Заболевание снижает качество жизни и трудно поддается лечению, так как его патогенез остается до конца не изученным.


Цель исследования — сравнительная оценка результатов лечения пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией с применением ударно-волновой терапии, а также мини-инвазивной биполярной радиочастотной абляции с модификацией и без нее.


Материал и методы. Проведен анализ результатов лечения 36 пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией в период с 2018 по 2023 г. Среди пациентов было 14 (38,8%) женщин и 22 (61,2%) мужчины, медиана возраста составила 55,4 года [46,7; 61,7]. Все пациенты случайным образом были распределены на три группы по 12 пациентов в каждой. В 1-й (контрольной) группе для лечения использовалась не применявшаяся на предыдущих этапах ударно-волновая терапия (УВТ), во 2-й группе (сравнения) — мини-инвазивная биполярная радиочастотная абляция, в 3-й (основной) — мини-инвазивная биполярная радиочастотная абляция по модифицированной авторами методике. Сравнительную оценку результатов осуществляли в сроки 1, 3, 6 и 12 мес. со дня оперативного лечения во 2-й и 3-й группах и со дня окончания курса УВТ в 1-й группе.

Результаты. Медианы показателей толщины подошвенного апоневроза стопы с болью через 3 мес. после завершения лечения межгрупповых отличий не имели, через 6 мес. — между контрольной и основной группами эти различия были статистически значимы ($p = 0,001$). При межгрупповом анализе динамики болевого синдрома и функциональных возможностей стопы результаты лечения в основной группе показали статистически значимое преимущество по сравнению с группами контроля и сравнения через 1, 3 и 6 мес. ($p < 0,05$).

Заключение. Модифицированный мини-инвазивный метод радиочастотной абляции при лечении пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией показал лучшие итоговые результаты в более ранние сроки в сравнении со стандартной методикой абляции и курсом ударно-волновой терапии. Полученные результаты выглядят обнадеживающими, и метод может рассматриваться в качестве приоритетного варианта лечения в тех случаях, когда в течение 6 мес. были исчерпаны все варианты консервативной терапии.

Ключевые слова: проксимальная подошвенная фасциопатия; подошвенный апоневроз; подошвенная пяточная боль; биполярная радиочастотная абляция; функциональный индекс стопы; функциональное состояние стопы и голеностопного сустава.

 **Для цитирования:** Силантьев В.Н., Дзюба Г.Г., Катина М.М. Результаты применения модифицированной биполярной радиочастотной абляции у пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией. *Травматология и ортопедия России*. 2025;31(3):84-95. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17712>.

 Силантьев Вадим Николаевич; e-mail: silantjev@yandex.ru

Рукопись получена: 17.04.2025. Рукопись одобрена: 25.06.2025. Статья опубликована онлайн: 04.08.2025.

© Силантьев В.Н., Дзюба Г.Г., Катина М.М., 2025

Results of the Use of Modified Bipolar Radiofrequency Ablation in Patients with Proximal Plantar Fasciopathy

Vadim N. Silantjev¹, German G. Dzuba¹, Mariya M. Katina²

¹ Omsk State Medical University, Omsk, Russia

² Telemed LLC, Omsk, Russia

Abstract

Background. Among the many causes of plantar heel pain, the most common is proximal plantar fasciopathy (PF), second only to ligamentous injuries of the foot. The disease reduces the quality of life and is difficult to treat, as its pathogenesis remains unexplored.

The aim of the study — to conduct a comparative evaluation of treatment outcomes in patients with proximal plantar fasciopathy using extracorporeal shock wave therapy, as well as minimally invasive bipolar radiofrequency ablation, both with and without the described modification.

Methods. We analyzed the treatment outcomes of 36 patients who sought medical care for chronic heel pain caused by proximal PF in the period from 2018 to 2023. Among the patients, there were 14 (38.8%) women and 22 (61.2%) men, with a median age of 55.4 [46.7; 61.7] years. All patients were randomly assigned to three groups of 12 patients each. In Group 1 (control), extracorporeal shock wave therapy (ESWT), which had not been used at previous stages, was used for treatment; in Group 2 (comparison) — minimally invasive bipolar radiofrequency ablation (BRFA); in Group 3 (main) — minimally invasive BRFA using a method modified by the authors. Comparative evaluation of the results was carried out at 1, 3, 6 and 12 months after surgery in Groups 2 and 3 and after the completion of ESWT course in Group 1.

Results. The median plantar fascia thickness of the affected limb did not differ between the groups at 3 months after the completion of treatment. At 6 months, these indicators were significantly different between the control and main groups ($p = 0.001$). In the intergroup analysis of the dynamics of pain syndrome and foot functionality, the treatment results in the main group showed a statistically significant advantage compared with control and comparison groups after 1, 3 and 6 months of follow-up ($p < 0.05$).

Conclusions. The modified minimally invasive radiofrequency ablation method for the treatment of patients with proximal plantar fasciopathy demonstrated superior early clinical outcomes compared to the standard ablation technique and a course of extracorporeal shock wave therapy. The results obtained appear promising and suggest that the modified technique may be considered a preferred treatment option in cases where all types of conservative therapy fail within a six-month period.

Keywords: proximal plantar fasciopathy; plantar fascia; plantar heel pain; bipolar radiofrequency ablation; foot function index; functional capacity of the foot and ankle.

Cite as: Silantjev V.N., Dzuba G.G., Katina M.M. Results of the Use of Modified Bipolar Radiofrequency Ablation in Patients with Proximal Plantar Fasciopathy. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2025;31(3):84-95. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-17712>.

✉ Vadim N. Silantjev; e-mail: silantjev@yandex.ru

Submitted: 17.04.2025. Accepted: 25.06.2025. Published online: 04.08.2025.

© Silantjev V.N., Dzuba G.G., Katina M.M., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Проксимальная подошвенная фасциопатия (ППФ) является наиболее частой причиной пяточных болей и находится на втором месте по распространенности среди всех причин боли в области стопы, уступая только болевому синдрому после повреждения связочного аппарата голеностопного сустава [1, 2]. Термин «подошвенная фасциопатия» в настоящее время максимально корректно определяет истинную суть патологии, известную как «пяточная шпора», «подошвенный фасциит» или «фасциоз», так как возникающие на разных этапах патологического процесса и постепенно прогрессирующие дегенеративные и воспалительные изменения подошвенной фасции достаточно сложно выявлять и дифференцировать [3]. Хронический болевой синдром при ППФ отличается устойчивостью к рутинным вариантам консервативного лечения в 10–20% случаев, а пациенты с ППФ предъявляют постоянно возрастающие требования как к самому процессу и срокам лечения, так и к его результатам [4].

Консенсус в отношении вида и объема хирургической помощи при длительно протекающей ППФ среди специалистов, занимающихся хирургией стопы, до настоящего времени не достигнут. На практике выявляется значительное разнообразие применяемых способов оперативного лечения ППФ, начиная с различных вариантов малоинвазивной экзостозэктомии, заканчивая открытым или эндоскопическим релизом подошвенного апоневроза [5]. Эти операции соответствуют общему хирургическому тренду настоящего времени, ассоциируемому с разработкой и широким использованием мини-инвазивных вмешательств, обеспечивающих максимально бережное отношение к мягким тканям стопы [6].

В связи с появлением новых данных о преимущественно дегенеративном, невоспалительном характере изменений, лежащих в основе патогенеза ППФ, для восстановления коллагена и улучшения васкуляризации в хирургическое лечение стал внедряться метод биполярной радиочастотной абляции (БРЧА) проксимального отдела подошвенного апоневроза, который первоначально применялся для трансмиокардиальной, чрескожной реваскуляризации миокарда [7]. Для радиочастотного воздействия на апоневроз использовался специально разработанный биполярный игольчатый электрод. После БРЧА в патологическом очаге было обнаружено увеличение показателей фактора роста фибробластов, сосудистого эндотелиального фактора роста, что приводило к повышению количества новых эндотелиальных клеток, мигрирующих через сосудистую стенку и обеспечивающих процессы реваскуляризации

и регенерации [8]. Этиопатогенетический подход к лечению является оптимальной основой для дальнейших исследований этой патологии, так как, с одной стороны, позволяет уменьшить натяжение подошвенного апоневроза, а с другой, — способствует купированию обратимых гетероморфных и гетерохронных изменений соединительнотканых структур апоневроза и восстановлению их морфологической идентичности. Предложенный ранее метод БРЧА в проксимальном отделе подошвенного апоневроза при помощи биполярного игольчатого электрода заключается в выполнении серии микроперфораций [9], но при данной процедуре происходит недостаточное, на наш взгляд, удлинение подошвенного апоневроза. Модификация этого метода заключается в дополнении серии микроперфораций несколькими краевыми микротенотомиями для более выраженного удлинения, а следовательно, и уменьшения напряжения подошвенного апоневроза, что в совокупности со стимулирующим регенерацию действием является новым этапом развития оперативных технологий лечения ППФ.

Цель исследования — сравнительная оценка результатов лечения пациентов с проксимальной подошвенной фасциопатией с применением ударно-волновой терапии, а также мини-инвазивной биполярной радиочастотной абляции с модификацией и без нее.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Тип исследования — рандомизированное, проспективное, открытое, сравнительное когортное.

В период с 2018 по 2023 г. на базе травматолого-ортопедического отделения «РЖД-Медицина» (г. Омск) было выполнено исследование, в котором приняли участие 36 пациентов, обратившихся за помощью по поводу хронической пяточной боли, обусловленной ППФ.

Пациенты

Среди курируемых пациентов было 14 (38,8%) женщин и 22 (61,2%) мужчины, медиана возраста на момент болезни составила 55,4 года [46,7; 61,7].

Критерии включения в исследование: наличие ППФ не менее 6 мес. и неэффективность предшествующей консервативной терапии.

Критерии не включения: ИМТ больше 35; выраженные биомеханические нарушения стоп (с пронацией заднего отдела более 5 мм, с углом медиального продольного свода меньше 125° и более 140°); гипермобильный первый луч (подвижность первого луча в сагиттальной плоскости более 10 мм); контрактура икроножно-камбаловидного комплекса; аутоиммунные или другие системные заболевания.

Пациенты были объединены случайным образом в три равные по количеству участников группы (по 12 пациентов), сопоставимые по критериям включения, полу и возрасту. В 1-ю группу (контрольную) вошли 12 пациентов: 7 мужчин и 5 женщин, медиана возраста — 49 лет [38; 56], которые прошли курс лечения методом ударно-волновой терапии (УВТ). Во 2-ю группу (сравнения) вошли 12 пациентов: 7 мужчин и 5 женщин, медиана возраста — 50 лет [38; 62], которым однократно была выполнена мини-инвазивная БРЧА проксимального отдела подошвенного апоневроза по стандартной методике. В 3-ю группу (основную) вошли 12 пациентов: 8 мужчин и 4 женщины, медиана возраста — 54 года [48; 68], которым была выполнена мини-инвазивная БРЧА проксимального отдела подошвенного апоневроза по модифицированной авторами методике (патент РФ № 2702867).

Отличие предложенной процедуры воздействия от стандартной заключалось в том, что, кроме выполнения серии из 18–24 микроперфораций в проксимальной части подошвенного апоневроза, при помощи этого же игольчатого биполярного электрода дополнительно выполнялись 4–6 микротенотомий протяженностью не более 2 мм по медиальному краю проксимального отдела апоневроза. За счет этого достигалось более значительное удлинение, следовательно, и большее ослабление натяжения подошвенного апоневроза.

У всех пациентов изучались жалобы, данные анамнеза, включая подробную историю лечения ППФ, функциональные возможности, выясняли характер профессиональной деятельности и увлечений. Проводилось полное физикальное обследование стопы и голеностопного сустава, включающее осмотр, пальпацию, перкуссию, измерение амплитуды движений и мышечной силы. Объем лабораторных и инструментальных исследований определялся согласно существующим медико-диагностическим стандартам.

Все оперативные вмешательства в 1-й и 2-й группах проводили через минимальный хирургический доступ под проводниковой анестезией (ankle block) в условиях ишемии.

Тактика ведения пациентов после выполненных манипуляций во всех группах была однотипной. В течение первых двух суток ограничивали движения стопой и осевую нагрузку. С 7-х сут. возобновлялись пассивные и активные движения, рекомендовали ходьбу в разгрузочном ботинке. Переход к обычной нагрузке на работе и дома разрешался в первые 2 мес. при условии полного отказа от занятий спортом и физической работы. В третий месяц после операции у профессиональных спортсменов и работников тяжелого физичес-

кого труда исключались интенсивные тренировки и длительные осевые нагрузки.

Методы исследования

Ультразвуковое исследование показателей структуры подошвенного апоневроза выполнялось на аппарате ACUSON X300 PE (Siemens), при этом рассматривались толщина, равномерность, эхоструктура и экзогенность подошвенного апоневроза. Из изучаемых параметров наиболее информативным и объективно сравнимым представлялся тыльно-подошвенный размер (толщина) апоневроза в месте его прикрепления к бугру пяточной кости, в связи с чем именно этот показатель и подвергался сравнению и статистической обработке до лечения и через 3 и 6 мес. после завершения лечебных процедур.

Методы оценки результатов

Болевой синдром рассчитывали в баллах по визуальной аналоговой шкале функционального индекса стопы (FFI — Foot Function Index) [10]. Для исследования была выбрана субшкала боли, позволяющая оценить болевой синдром в стопах в различных ситуациях, таких как ходьба босиком или в обуви с получением как итоговых, так и субшкальных оценок. За минимально обнаруживаемое изменение (MDC — Minimal Detectable Change) принималось значение 2,42 балла, установленное B.R. Martinez с соавторами для таких патологий, как подошвенная фасциопатия, метатарзалгия, хроническая нестабильность голеностопного сустава [11].

Анализ функции и повседневной активности пациентов с заболеваниями стопы и голеностопного сустава для определения эффективности лечения проводился в соответствии с оценочной системой Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) [12]. В клиническом исследовании нами использовалась одна подшкала: повседневная активность (ADL), оцениваемая по 21 пункту. Каждый вопрос имел пять вариантов оценки параметра и графу «нет ответа» (если пациент не мог ответить на вопрос). Итоговая оценка получалась путем сложения баллов и расчета пропорции к максимально возможной сумме с учетом количества ответов в графе «нет ответа». Итоговое значение лежало в пределах от 0 до 100 баллов, где максимальная оценка соответствовала наилучшей функции, при пороговом уровне MDC — 5,7 балла [13]. Каждый вопрос имел пять вариантов оценки параметра и графу «нет ответа» (если пациент не мог ответить на вопрос). Итоговая оценка получалась путем сложения баллов и расчетом пропорции к максимально возможной сумме с учетом количества ответов в графе «нет ответа». Итоговое значение лежало в пределах от 0 до 100 баллов, где максимальная

оценка соответствовала наилучшей функции, при пороговом уровне MDC — 5,7 балла [13]. Опрос для определения FFI проводился до лечения, через 1 (точка 1 исследования), 3 (точка 2 исследования), 6 (точка 3 исследования) и 12 мес. (точка 4 исследования) после лечения; оценку FAAM (ADL) во всех группах осуществляли до лечения, через 3 (точка 1), 6 (точка 2), 12 мес. (точка 3) после лечения.

Статистический анализ

Статистическая обработка полученных данных проводилась с применением пакета прикладных программ MS Excel 2007, Statistica 10 и NCSS 2022. Описательная статистика в изучаемых группах выполнялась с использованием расчетов показателей медианы (Me), первого и третьего квартилей [Q_1 ; Q_3]. При оценке достоверности различий в группах применялись U-критерий Манна–Уитни (в двух независимых группах) и критерий Вилкоксона (при оценке достоверности в динамике на разных точках исследования в одной и той же группе). Для оценки корреляционной связи между исследуемыми показателями использовался коэффициент корреляции Спирмена с вычислением предельно допустимой ошибки p . Пределом допустимой ошибки считался $p < 0,05$. Для построения математических моделей зависимости показателей УЗИ на больной стороне в точках исследования 2 и 3 от различных предикторов был использован метод построения уравнения линейной множественной регрессии в программе NCSS 2022.

Минимальный объем выборки для данного исследования рассчитывался по номограмме Альтмана с входными параметрами: среднеквадратичное отклонение (СКО), определяющее минимальное стандартизированное количественное различие. В пилотном исследовании $СКО = d/s$, где d — абсолютное значение минимального среднего различия, имеющего клиническую значимость, s — известное из пилотного исследования (динамика уменьшения толщины апоневроза за 6 мес. в группе с БРЧА); по признаку «толщина подошвенного апоневроза» $СКО = 1 \text{ мм} / 1,1 \text{ мм} = 0,90$. Таким образом, $СКО = 0,90$; уровень значимости $p < 0,05$; мощность исследования — 80%.

По номограмме Альтмана — минимальный объем выборки 12 человек в группе, всего 36 человек.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ближайшие и среднесрочные результаты лечения пациентов с подошвенной болью в области пятки, вызванной ППФ, были изучены и оценены у пациентов всех трех групп. Срок наблюдения во всех группах составил 12 мес.

Одним из наиболее объективных показателей течения восстановительных процессов структуры подошвенного апоневроза являлся полученный при УЗИ показатель его толщины в зоне прикрепления к пяточной кости. При сравнении показателей УЗИ на здоровых конечностях медиана толщины подошвенного апоневроза в первой группе составила 3,2 мм [2,80; 3,33], во второй — 3,25 мм [3,05; 3,40], в третьей — 3,4 мм [3,175; 3,800], что не имело статистически значимых различий (между 1-й и 2-й группами ($p = 0,817$); 1-й и 3-й группами ($p = 1,000$); 2-й и 3-й группами ($p = 0,150$). Это позволило сделать вывод об исходной однородности исследуемых групп.

Изменения толщины подошвенного апоневроза стопы у пациентов с подошвенно-пяточной болью (ППБ) в процессе лечения приведены в таблице 1.

Согласно полученным данным, во всех исследуемых группах в точке 1 исследования толщина подошвенного апоневроза стопы с болью статистически значимо отличалась от толщины апоневроза контралатеральной стопы (для всех трех групп $p < 0,001$), но не имела статистически значимого межгруппового различия ($p > 0,05$).

Внутригрупповые показатели толщины подошвенного апоневроза имели разнородную положительную динамику. В 1-й и 2-й группах значимые уменьшения толщины апоневроза были достигнуты к 6 мес. (в 1-й группе: точки исследования 1 и 2: $p = 0,358$; точки исследования 2 и 3: $p = 0,645$; точки исследования 1 и 3: $p = 0,035$; во 2-й группе: точки исследования 1 и 2: $p = 0,193$; точки 2 и 3: $p = 0,254$; точки исследования 1 и 3: $p = 0,012$). В 3-й группе статистически значимое улучшение было зафиксировано через 3 мес. (точки исследования 1 и 2: $p = 0,085$; точки 2 и 3: $p = 0,035$; точки 1 и 3: $p = 0,002$).

Таблица 1

Толщина измененного подошвенного апоневроза в зоне прикрепления к пяточной кости, мм (Me [Q_1 ; Q_3])

Точка исследования	1-я группа	2-я группа	3-я группа
1 (до лечения)	6,300 [5,675; 6,650]	6,750 [6,225; 6,925]	7,050 [6,575; 7,700]
2 (через 3 мес.)	5,350 [5,175; 6,125]	5,650 [5,250; 6,000]	5,400 [4,975; 6,025]
3 (через 6 мес.)	4,950 [4,425; 5,950]	4,500 [4,125; 4,750]	3,800 [3,600; 4,125]

Медианы показателей толщины подошвенного апоневроза стопы с болью до начала лечения не имели статистически значимой разницы между 1-й и 2-й, 2-й и 3-й группами (1-я и 2-я группа — $p = 0,260$; 2-я и 3-я группы — $p = 1,000$). Однако между 1-й и 3-й группами такая разница была выявлена ($p = 0,010$), что объяснялось более длительным, упорным и резистентным к лечению течением патологического процесса в основной группе. В точке 2 исследования между 1-й и 2-й группами ($p = 0,839$), 1-й и 3-й группами ($p = 0,583$), а также между 2-й и 3-й группами ($p = 0,686$) пациентов не было найдено существенных различий. Иная

картина была зафиксирована в точке 3 исследования: значимых различий между 1-й и 2-й группой ($p = 0,126$), а также между 2-й и 3-й группой ($p = 1,000$) пациентов не было найдено, и только между 1-й и 3-й группами эти показатели были значимо различны ($p = 0,001$).

Наиболее низкие итоговые абсолютные показатели толщины подошвенного апоневроза были достигнуты у пациентов 3-й группы, при том что именно в этой группе было зафиксировано самое высокое исходное значение исследуемого показателя (рис. 1).

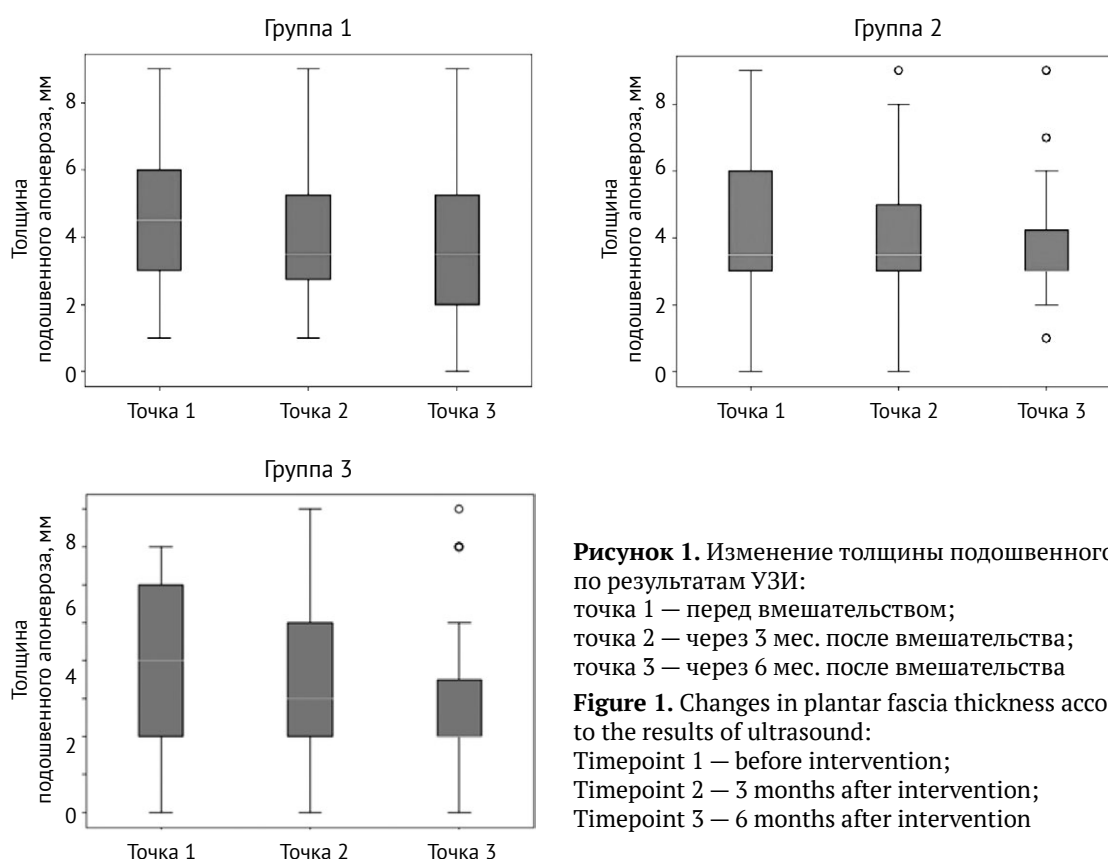


Рисунок 1. Изменение толщины подошвенного апоневроза по результатам УЗИ:

точка 1 — перед вмешательством;
точка 2 — через 3 мес. после вмешательства;
точка 3 — через 6 мес. после вмешательства

Figure 1. Changes in plantar fascia thickness according to the results of ultrasound:

Timepoint 1 — before intervention;
Timepoint 2 — 3 months after intervention;
Timepoint 3 — 6 months after intervention

Для верификации полученных данных были построены две математические модели зависимости показателей УЗИ на больной ноге в точках 2 и 3 исследования от показателей УЗИ на здоровой стороне; от показателей УЗИ на больной стороне в предыдущей точке исследования и от вида лечения.

Для этого был рассчитан коэффициент корреляции Спирмена:

– в точке 2 показатель УЗИ имеет среднюю силу связь с показателем УЗИ на здоровой стороне ($T = 0,71$; $p < 0,05$) и среднюю силу связь с показателем УЗИ на больной стороне в точке 1 исследования (исходно) ($T = 0,74$; $p < 0,05$);

– в точке 3 показатель УЗИ имеет слабую прямую связь с показателем УЗИ на здоровой стороне ($T = 0,38$; $p < 0,05$), слабую связь с показателем УЗИ на больной стороне в точке 1 ($T = 0,31$; $p < 0,05$) и среднюю силу прямую связь с показателем УЗИ в точке 2 ($T = 0,82$; $p < 0,05$).

Была создана математическая модель зависимости показателей УЗИ на больной ноге в точке 2 исследования от: 1) показателей УЗИ на здоровой стороне; 2) показателей УЗИ на больной стороне в точке 1 — исходно; 3) от вида лечения.

Параметры математической модели рассчитаны в программе NCSS 2022. Использовано уравнение линейной множественной регрессии.

Уравнение математической модели в точке 2 исследования выглядело следующим образом:

$$R = -0,005 + 0,262B + 0,772C + D,$$

где R — показатель УЗИ в точке 2 исследования, B — показатель УЗИ на здоровой стороне, C — показатель УЗИ на больной стороне в точке 1, D = 0 в контрольной группе, D = -0,286 в группе сравнения, D = -0,945 в основной группе.

Аналогичное уравнение для точки 3 исследования:

$$N = -0,381 + 0,980E + D,$$

где E — показатель УЗИ на больной стороне в точке 2 исследования, D = 0 в контрольной группе, D = -0,652 в группе сравнения, D = -1,090 в основной группе.

Из уравнения видно, что при прочих равных условиях в точке 2 в группе сравнения по сравнению с контрольной группой показатель УЗИ будет меньше исходного на 0,29 мм, в основной группе — соответственно на 0,96 мм; в точке 3 исследования в группе сравнения по сравнению с контрольной группой показатель УЗИ в точке 2 будет меньше исходного на 0,65 мм, в основной группе — на 1,1 мм.

Сравнительные результаты оценки болевого синдрома (FFI), функции и повседневной активности, пациентов с заболеваниями стопы и голеностопного сустава (FAAM (ADL)) во всех группах представлены в таблице 2.

При сравнении показателей FFI (субшкала боли) и FAAM (ADL) между группами до начала лечения статистически значимой разницы не было, что согласовалось с гипотезой о сопоставимости групп.

Таблица 2

Сравнительный анализ медиан показателей повседневной активности

Показатель		Группа (Ме)			Критерий Манна–Уитни (p)		
		1	2	3	1	2	3
FFI	Исходно	68,0	67,5	70,0	0,120	0,100	0,661
	1 мес.	31,0	19,0	17,5	0,008	0,007	0,036
	3 мес.	35,0	12,0	4,5	0,004	0,000	0,000
	6 мес.	41,0	5,0	0,0	0,002	0,000	0,000
	12 мес.	60,5	0,0	0,0	0,003	0,003	1,000
FAAM (ADL)	Исходно	49,0	46,5	47,5	0,305	0,579	0,923
	3 мес.	67,0	85,0	90,5	0,006	0,003	0,042
	6 мес.	66,0	94,5	99,5	0,055	< 0,001	0,002
	12 мес.	57,0	100,0	100,0	0,003	0,003	1,000

Эмпирическое значение критерия Манна–Уитни и предельной ошибки p при 1 — сравнении показателей 1-й и 2-й групп исследования; при 2 — сравнении показателей 1-й и 3-й групп исследования; при 3 — сравнении показателей 2-й и 3-й групп исследования.

При межгрупповом анализе показателей FFI (субшкала боли) в точке исследования 1 результаты в группе 3 показали статистически значимое преимущество по сравнению с группами 1 и 2. В точке исследования 2 (через 3 мес. после начала лечения) результаты в группе 3 также показали статистически значимое преимущество по сравнению с группами 1 и 2. В точке исследования 3 (через 6 мес. после начала лечения) показатели боли в группе 3 по-прежнему демонстрировали статистически лучшие результаты по сравнению с группами 1 и 2. В точке исследования 4 (через 12 мес. после начала лечения) группы 2 и 3 показали одинаковые результаты (p = 1,0) и статистически значимое преимущество по сравнению с группой 1 (p = 0,003 для групп 2 и 3).

При межгрупповом анализе показателей FAAM (ADL) в точке исследования 1 (через 3 мес. после на-

чала лечения) результаты в группе 3 показали статистически значимое преимущество по сравнению с группами 1 и 2 (с группой 1: p = 0,003; с группой 2: p = 0,042). В точке исследования 2 (через 6 мес. после начала лечения) результаты в группе 3 также показали статистически значимое преимущество по сравнению с группами 1 и 2 (с группой 1: p = 0,001; с группой 2: p = 0,002). В точке исследования 3 (через 12 мес. после начала лечения) группы 2 и 3 показали одинаковые результаты (p = 1,0) и статистически значимое преимущество по сравнению с группой 1 (p = 0,002 для групп 2 и 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Подошвенная пяточная боль — это распространенная проблема, которая и на сегодняшний день остается актуальной и во многом спорной. В связи со сложным анатомическим строением пятки

и стопы в целом этиология боли, а также связанные с этим дисфункции и изменения биомеханики стоп могут быть вызваны различными факторами [14]. Традиционно выделяют три основные группы причин подошвенной боли: механические — обусловленные патологией проксимальной, средней или дистальной части подошвенного апоневроза, его разрывами и усталостными переломами пяточной кости; ревматологические — развитие локального болевого синдрома при анкилозирующем спондилите, синдроме Рейтера или иной серонегативной спондилоартропатии; неврологические — возникающие при радикулопатии L5-S1 или сдавлении первой ветви латерального подошвенного нерва (нерва Бакстера) [15].

Предметом проведенного исследования стала ППБ, вызванная патологией проксимального отдела подошвенного апоневроза, возникающая, согласно концепции J. Perry, из-за перенапряжения подошвенной фасции при отрыве пятки и переносе веса тела на передний отдел стопы во время ходьбы. По его мнению, из-за низкой эластичности сила растяжения апоневроза воздействует в основном на бугор пяточной кости во время отталкивающей фазы и возрастает при сгибании в плюснефаланговых суставах. Кроме того, икроножно-камбаловидный комплекс дополнительно концентрирует напряжение в области апоневроза, чем значительно усиливает нагрузочный эффект [16]. Морфологические изменения в структуре проксимального отдела подошвенного апоневроза, причиной которых является цикл тендиноза, развивающийся вследствие хронической перегрузки стопы, заключается в снижении продукции или прогрессирующей дегенерации коллагена, гибели теноцитов и дегенерации матрикса, что, в свою очередь, дополнительно повышает чувствительность апоневроза к травме [17].

Хронизация болевого синдрома и безуспешность использования традиционного протокола консервативных мероприятий, включающего функциональные методы растяжки и укрепления разгибательного аппарата стопы, использование ортопедической поддержки, противовоспалительную терапию, варианты локальной инъекционной, клеточной терапии, физических и радиационных методов воздействия заставляет обратить внимание на более инвазивные методы терапии. В то же время использование методик экстракорпорального ударно-волнового воздействия, великолепно зарекомендовавших себя при лечении заболевания в фазе обострения, продолжает быть актуальным в случае рецидива ППБ и при отказе пациента от оперативного вмешательства.

По данным M. Thiel, УВТ является патогенетически обоснованным воздействием, поскольку способно оптимизировать репаративные процес-

сы посредством микроразрушения бессосудистых или минимально сосудистых тканей, что, в свою очередь, приводит к высвобождению местных факторов роста, стимуляции ревакуляризации и в итоге к более эффективной реорганизации тканей [18]. В ряде мультицентровых исследований эффективности использования низкоэнергетической УВТ для лечения хронической пяточной боли представлено до 86% хороших результатов [19, 20]. D.S. Hammer с соавторами продемонстрировали аналогичные данные — из 49 обследованных пациентов с пяточной болью 80% имели полное или почти полное облегчение после трех еженедельных сеансов УВТ [21]. M.I. Ibrahim с соавторами сообщают, что при двухлетнем наблюдении все пациенты отмечали снижение боли на 90% по сравнению с начальным уровнем [22]. C. Schmitz с соавторами по результатам выполненного систематического обзора рекомендовали всем пациентам в возрасте 18 лет и старше с ППБ перед хирургическим вмешательством провести курс УВТ [23]. Однако H. Gollwitzer с соавторами считают, что эффективность УВТ по-прежнему неоднозначна, а процедура не гарантирует клинического улучшения при хронизации ППБ [24]. В серии опубликованных исследований также сообщалось об очень неоднородных результатах лечения с использованием высокоэнергетической УВТ, колеблющихся от 56 до 94% успешных случаев [25].

Выводы о сравнительно низкой эффективности УВТ при хронизации патологического процесса представлены в работе T. Erden с соавторами [26]. Сонографические и функциональные результаты проведенного нами исследования подтвердили более низкую эффективность УВТ при лечении ППБ, обусловленной ППФ. При статистической идентичности абсолютных показателей толщины подошвенного апоневроза больной конечности во всех группах в начале лечения по данным УЗИ, превышающей аналогичные величины контралатеральных конечностей в 1,7–2,1 раза, толщина подошвенного апоневроза при использовании УВТ к 3-му мес. исследования возрастала и только к 6-му мес. после окончания лечения снижалась на 6,6%, значительно превосходя значение толщины интактного апоневроза, что косвенно свидетельствовало о продолжающемся дегенеративном процессе.

Рецидивирующий характер течения заболевания также подтверждали данные анализа выраженности болевого синдрома по шкале FFI. При использовании УВТ было выявлено более чем двукратное снижение ППБ в течение первого месяца после выполнения процедур, однако в дальнейшем через 3 и 6 мес. обнаружился рост, а к 12-му мес. наблюдений этот показатель практически вернулся к исходным величинам, сниж-

жившись только на 11%. Данные исследования функциональных возможностей стопы при повседневной двигательной активности и при выполнении разных видов работы продемонстрировали одинаковую динамику: рост на 25,5 и 29,0% в течение первого месяца, стабилизация на этом уровне в последующие 6 мес. и постепенное снижение с 6-го по 12-й мес. с итоговым превышением исходных показателей на 18,0 и 21,0%, что указывало на почти полную утрату достигнутого лечебного эффекта. В целом полученные нами результаты свидетельствовали о низкой эффективности УВТ при лечении пациентов с хроническим течением ППФ.

Биполярная радиочастотная абляция иначе влияет на регенераторные процессы в подошвенном апоневрозе. Основой быстрого купирования боли сразу после воздействия является первичная денервация, а в дальнейшем — развивающиеся процессы регенерации (стимуляция ангиогенеза в бессосудистой фиброзной фасции путем повышения секреции факторов роста фибробластов и сосудистого эндотелиального фактора роста). При этом радиочастотное воздействие не оказывает значимого влияния на механическую прочность апоневроза, не вызывает серьезных осложнений и показывает хорошие ранние результаты в лечении ППБ [27]. F. Yurici с соавторами однозначно рекомендовали в случае неэффективности УВТ перейти к другим методам лечения, предпочтительным из которых является БРЧА [28].

В опубликованном в 2023 г. исследовании N.P. Tas и O. Kaуа сравнивали результаты лечения 79 пациентов, которым выполняли процедуры БРЧА, и 80 пациентов с воздействием УВТ на апоневроз. Авторы отметили, что обе процедуры значительно уменьшили боль, нетрудоспособность и ограничение активности. УВТ оказалась особенно эффективной в раннем снижении ППБ, в то время как БРЧА продемонстрировала более выраженное воздействие на снижение трудоспособности и ограничение активности [29].

В нашем исследовании также были выявлены лучшие результаты лечения при применении БРЧА в сравнении с УВТ. При анализе УЗ-картины тыльно-подошвенных размеров проксимального отдела апоневроза была выявлена существенная положительная динамика уже к концу 3-го мес. после воздействия, а через 6 мес. толщина апоневроза уменьшилась по сравнению с исходной на треть, статистически значительно превосходя аналогичные показатели при использовании УВТ. Однако в отличие от результатов приведенной выше работы, применение БРЧА в нашем исследовании вызвало значительное снижение индекса FFI уже в 1-й мес. лечения, сохраняя положительный эффект на всех сроках наблюдения

с существенным купированием ППБ к 6-му мес., что резко контрастировало с результатами применения УВТ. Также в первые 3 мес. наблюдения сохранялись лишь незначительные ограничения функции стопы и голеностопного сустава при ходьбе и выполнении разного рода работ, позволившие пациентам восстановить двигательную активность и работоспособность. С 6-го по 12-й мес. наблюдения функциональные результаты стали максимально приближенными к функции здоровой конечности и полностью устраивали всех участвующих в исследовании.

Альтернативными БРЧА методами лечения, приводящими к снижению болевого синдрома и улучшению биомеханики стопы, считаются операции, основанные на концепции удлинения подошвенного апоневроза с целью уменьшения его напряжения [30]. Эндоскопическое удлинение подошвенного апоневроза считается безопасной и эффективной альтернативой, однако его существенным недостатком являются плохая визуализация и высокий риск непреднамеренного чрезмерного пересечения [31]. A.M. Brugh с соавторами показали, что, независимо от выбора хирургического метода, пересечение более 50% подошвенного апоневроза уменьшает его поддерживающую функцию и приводит к болевой перегрузке в области тыла и наружного отдела стопы — развитию так называемого синдрома латеральной колонны [32].

Ближайшие и отдаленные результаты открытого релиза и чрескожной БРЧА представлены в работе Y. Yuan с соавторами. По их данным, оба типа хирургических вмешательств имели одинаковые долгосрочные лечебные эффекты при среднем сроке наблюдения 58,77 мес., но авторы отметили, что чрескожная БРЧА была лучшим методом с точки зрения сокращения времени операции и неосложненного течения послеоперационного периода. Также у группы пациентов с чрескожной БРЧА было более коротким время восстановления нормальной двигательной активности по сравнению с открытым удлинением подошвенного апоневроза [33].

На наш взгляд, следует учитывать, что эффект от хирургического удлинения может быть также обусловлен вынужденным периодом покоя, продиктованным послеоперационным протоколом. В то же время только уменьшение натяжения апоневроза, без стимуляции регенерации коллагена, вероятнее всего, создает условия для более длительного течения процесса и социализации пациентов. Учитывая это, концепция совмещения микроперфораций с краевыми микротенотомиями, выполненными биполярным игольчатым РЧ-электродом, позволяет: во-первых, рассчитывать на более быстрый анальгетический эффект

от денервации патологических нервных окончаний; во-вторых, больше удлинить подошвенный апоневроз, а следовательно, в большей степени уменьшить его натяжение; в-третьих, потенцировать регенерацию и, как следствие, обеспечить более полное и раннее восстановление функции конечности.

Общедоступным методом диагностики и объективизации результата лечения пациентов с ППФ большинством авторов признается УЗИ с анализом показателей толщины, эхоструктуры и экзогенности подошвенного апоневроза [34]. Результаты выполненного нами исследования подтвердили это предположение. Сонографические данные толщины апоневроза в основной группе при высоких исходных показателях показали лучшую динамику с полной нормализацией размеров апоневроза к 6-му мес. лечения. Также только в основной группе пациентов величина толщины подошвенного апоневроза больной конечности стала не просто наиболее близка к значениям толщины подошвенного апоневроза интактной конечности, но и не имела с ней статистически значимой разницы ($p = 1,0$). В то же время наиболее показательной из широкого спектра субъективных методов контроля эффективности воздействия традиционно становится оценка уровня снижения болевого синдрома и восстановления функциональных возможностей стопы и голеностопного сустава [35]. По данным субшкалы боли FFI, только у пациентов основной группы уже к 3-му мес. этот показатель менее чем в два раза превышал уровень минимально обнаруживаемого изменения (MDC), в отличие от пациентов группы сравнения (почти восьмикратное превышение MDC) и группы контроля (превышение MDC в 12,8 раза). Полное купирование болевого синдрома было достигнуто в первые 6 мес. наблюдения — раньше, чем у пациентов

других сравниваемых групп. Достаточное восстановление функции стопы и повседневной активности, по нашему мнению, было достигнуто уже к 3-му мес. наблюдения (клинически незначимое превышение MDC FAAM (ADL) в 1,54 раза).

Ограничения исследования

Ограничением выполненного нами исследования является небольшое количество наблюдений, что объясняется строгими критериями включения и невключения, а также ограничение времени наблюдения за пациентами 12 мес. Необходимо дальнейшее изучение отдаленных результатов предложенного варианта лечения в пятилетний период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный нами метод модифицированной мини-инвазивной биполярной радиочастотной абляции при лечении пациентов с трудноизлечимой проксимальной подошвенной фасциопатией показал лучшие итоговые результаты лечения в виде полного купирования подошвенно-пяточной боли и восстановления функциональных возможностей стопы в более ранние сроки в сравнении со стандартной методикой биполярной радиочастотной абляции и курсом ударно-волновой терапии. Применение модифицированной биполярной радиочастотной абляции позволило разорвать дегенеративный цикл тендинопатии благодаря этиопатогенетическому подходу, при котором удалось объединить уменьшение натяжения подошвенного апоневроза с денервацией и активизацией регенерации коллагена. Полученные результаты выглядят обнадеживающими и метод может рассматриваться в качестве приоритетного варианта воздействия в случаях, когда в течение 6 мес. все варианты консервативной терапии оказались неэффективными.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Силантьев В.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор данных, поиск и анализ литературы, написание текста рукописи.

Дзюба Г.Г. — научное руководство, написание и редактирование текста рукописи.

Катина М.М. — сбор, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных.

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.

DISCLAIMERS

Author contribution

Silantjev V.N. — study concept and design, data acquisition, literature search and review, drafting the manuscript.

Dzuba G.G. — scientific guidance, drafting and editing the manuscript.

Katina M.M. — data acquisition, analysis and interpretation, statistical data processing.

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.

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

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, протокол № 9 от 13.09.2024.

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

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

Ethics approval. The study was approved by the local ethics committee of Omsk State Medical University, protocol No 9, 13.09.2024.

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

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Brody D.M. Running injuries. Prevention and management. *Clin Symp.* 1987;39(3):1-36.
- Rasenberg N., Bierma-Zeinstra S.M., Bindels P.J., van der Lei J., van Middelkoop M. Incidence, prevalence, and management of plantar heel pain: a retrospective cohort study in Dutch primary care. *Br J Gen Pract.* 2019;69(688):e801-e808. <https://doi.org/10.3399/bjgp19X706061>.
- Monteagudo M., de Albornoz P.M., Gutierrez B., Tabuenca J., Álvarez I. Plantar fasciopathy: A current concepts review. *EFORT Open Rev.* 2018;3(8):485-493. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170080>.
- Buchanan B.K., Sina R.E., Kushner D. Plantar Fasciitis. [Updated 2024 Jan 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431073/>.
- Nayar S.K., Alcock H., Vemulapalli K. Surgical treatment options for plantar fasciitis and their effectiveness: a systematic review and network meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023;143(8):4641-4651. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04739-0>.
- Hasegawa M., Urits I., Orhurhu V., Orhurhu M.S., Brinkman J., Giacomazzi S. et al. Current Concepts of Minimally Invasive Treatment Options for Plantar Fasciitis: a Comprehensive Review. *Curr Pain Headache Rep.* 2020;24(9):55. <https://doi.org/10.1007/s11916-020-00883-7>.
- Kantor B., McKenna C.J., Caccitolo J.A., Miyauchi K., Reeder G.S., Mullany C.J. et al. Transmyocardial and percutaneous myocardial revascularization: current and future role in the treatment of coronary artery disease. *Mayo Clin Proc.* 1999;74(6):585-592. <https://doi.org/10.4065/74.6.585>.
- Gunes T., Bilgic E., Erdem M., Bostan B., Koseoglu R.D., Sahin S.A. et al. Effect of radiofrequency microtenotomy on degeneration of tendons: an experimental study on rabbits. *Foot Ankle Surg.* 2014;20(1):61-66. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2013.11.003>.
- Domingo-Marques S., Nieto-García E., Fernández-Erhling N., Ramírez-Andrés L., Vicente-Mampel J., Ferrer-Torregrosa J. Efficacy of Radiofrequency by the Topaz Technique for Chronic Plantar Fasciopathy: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2025;14(8):2843. <https://doi.org/10.3390/jcm14082843>.
- Орлова Е.В., Сурнов А.В., Каратеев Д.Е., Амирджанова В.Н. Валидация русскоязычной версии опросника Foot Functional Index (FFI). *Современная ревматология.* 2016;10(3):47-51. <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2016-3-47-51>.
- Orlova E.V., Surnov A.V., Karateev D.E., Amirdzhanova V.N. Validation of a Russian-language version of the Foot Functional Index (FFI) questionnaire. *Modern Rheumatology Journal.* 2016;10(3):47-51. (In Russian). <https://doi.org/10.14412/1996-7012-2016-3-47-51>.
- Martinez B.R., Staboli I.M., Kamonseki D.H., Budiman-Mak E., Yi L.C. Validity and reliability of the Foot Function Index (FFI) questionnaire Brazilian-Portuguese version. *Springerplus.* 2016;5(1):1810. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3507-4>.
- Луценко А.М., Керимова Л.Г., Призов А.П., Ананьин Д.А., Лазко Ф.Л. Кросс-культурная адаптация и валидация русскоязычной версии оценочной системы Foot and Ankle Ability Measures (FAAM-Ru). *Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского.* 2024;12(1):135-140. <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2024-12-1-135-140>.
- Lutsenko A.M., Kerimova L.G., Prizov A.P., Ananyin D.A., Lazko F.L. Cross-cultural adaptation and validation of the Russian version of the Foot and Ankle Ability Measures (FAAM-Ru). *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2024;12(1):135-140. (In Russian). <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2024-12-1-135-140>.
- Martin R.L., Irrgang J.J., Burdett R.G., Conti S.F., Van Swearingen J.M. Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005;26(11):968-983. <https://doi.org/10.1177/107110070502601113>.
- Allam A.E., Chang K.V. Plantar Heel Pain. [Updated 2024 Jan 4]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499868/>.
- Choudhary Sh., Sathe A., Kumar D.V. Baxter's Nerve Entrapment: The Missing Nerve. *Arch Med Health Sci.* 2024;12(2):284-285. https://doi.org/10.4103/amhs.amhs.273_23.
- Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(177):9-15.
- Khan K.M., Cook J.L., Taunton J.E., Bonar F. Overuse tendinosis, not tendinitis part 1: a new paradigm for a difficult clinical problem. *Phys Sportsmed.* 2000;28(5):38-48. <https://doi.org/10.3810/psm.2000.05.890>.
- Thiel M. Application of shock waves in medicine. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(387):18-21. <https://doi.org/10.1097/00003086-200106000-00004>.
- Helbig K., Herbert C., Schostok T., Brown M., Thiele R. Correlations between the duration of pain and the success of shock wave therapy. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(387):68-71. <https://doi.org/10.1097/00003086-200106000-00009>.
- Rompe J.D., Schoellner C., Nafe B. Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(3):335-341. <https://doi.org/10.2106/00004623-200203000-00001>.
- Hammer D.S., Rupp S., Kreutz A., Pape D., Kohn D., Seil R. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis. *Foot Ankle Int.* 2002;23(4):309-313. <https://doi.org/10.1177/107110070202300403>.

22. Ibrahim M.I., Donatelli R.A., Hellman M., Hussein A.Z., Furia J.P., Schmitz C. Long-term results of radial extracorporeal shock wave treatment for chronic plantar fasciopathy: A prospective, randomized, placebo-controlled trial with two years follow-up. *J Orthop Res.* 2017;35(7):1532-1538. <https://doi.org/10.1002/jor.23403>.
23. Schmitz C., Császár N.B., Rompe J.D., Chaves H., Furia J.P. Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves (review). *J Orthop Surg Res.* 2013;8:31. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-8-31>.
24. Gollwitzer H., Saxena A., DiDomenico L.A., Galli L., Bouché R.T., Caminear D.S. et al. Clinically relevant effectiveness of focused extracorporeal shock wave therapy in the treatment of chronic plantar fasciitis: a randomized, controlled multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(9):701-708. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.01331>.
25. Rompe J.D., Furia J., Weil L., Maffulli N. Shock wave therapy for chronic plantar fasciopathy. *Br Med Bull.* 2007;81-82:183-208. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm005>.
26. Erden T., Toker B., Cengiz O., Ince B., Asci S., Toprak A. Outcome of Corticosteroid Injections, Extracorporeal Shock Wave Therapy, and Radiofrequency Thermal Lesioning for Chronic Plantar Fasciitis. *Foot Ankle Int.* 2021;42(1):69-75. <https://doi.org/10.1177/1071100720949469>.
27. Sean N.Y., Singh I., Wai C.K. Radiofrequency microtenotomy for the treatment of plantar fasciitis shows good early results. *Foot Ankle Surg.* 2010;16(4):174-177. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2009.10.008>.
28. Yapici F., Gur V., Sari I.F., Karakose R., Tardus I., Ucpunar H. Which Treatment Method Is Better in the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis: Corticosteroid Injection, Extracorporeal Shock Wave Therapy, or Radiofrequency Thermal Lesioning? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2023;113(5):21-049. <https://doi.org/10.7547/21-049>.
29. Tas N.P., Kaya O. Treatment of Plantar Fasciitis in Patients with Calcaneal Spurs: Radiofrequency Thermal Ablation or Extracorporeal Shock Wave Therapy? *J Clin Med.* 2023;12(20):6503. <https://doi.org/10.3390/jcm12206503>.
30. Середа А.П., Мойсов А.А., Сметанин С.М. Плантарный фасциит. Диагностика и лечение. *Сибирский научный медицинский журнал (Иркутск).* 2016;143(4):5-9. Sereda A.P., Moysov A.A., Smetanin S.M. Plantar fasciitis: diagnosis and treatment. *Sibirskij Nauchnyj Medicinskij Zhurnal.* 2016;143(4):5-9. (In Russian).
31. Sarrafian S.K. Functional characteristics of the foot and plantar aponeurosis under tibiotalar loading. *Foot Ankle.* 1987;8(1):4-18. <https://doi.org/10.1177/107110078700800103>.
32. Brugh A.M., Fallat L.M., Savoy-Moore R.T. Lateral column symptomatology following plantar fascial release: a prospective study. *J Foot Ankle Surg.* 2002;41(6):365-371. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(02\)80082-5](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(02)80082-5).
33. Yuan Y., Qian Y., Lu H., Kou Y., Xu Y., Xu H. Comparison of the therapeutic outcomes between open plantar fascia release and percutaneous radiofrequency ablation in the treatment of intractable plantar fasciitis. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):55. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-1582-2>.
34. Wang X., Xu L., Hu X., Zhao H., Yin J. Musculoskeletal Ultrasound for the Diagnosis of Plantar Fasciitis: An Accuracy and Diagnostic Yield Study. *Int J Gen Med.* 2023;16:4765-4771. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S434182>.
35. Whittaker G.A., Munteanu S.E., Roddy E., Menz H.B. Measures of Foot Pain, Foot Function, and General Foot Health. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2020;72 (Suppl 10): 294-320. <https://doi.org/10.1002/acr.24208>.

Сведения об авторах

✉ Силантьев Вадим Николаевич

Адрес: Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, д. 12

<https://orcid.org/0000-0003-4488-949X>

e-mail: silantjev@yandex.ru

Дзюба Герман Григорьевич — д-р мед. наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-4292-213X>

e-mail: germanort@mail.ru

Катина Мария Михайловна — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0035-9131>

e-mail: mmkatina@yandex.ru

Authors' information

✉ Vadim N. Silantjev

Address: 12, Lenina st., Omsk, 644099, Russia

<https://orcid.org/0000-0003-4488-949X>

e-mail: silantjev@yandex.ru

German G. Dzuba — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor

<https://orcid.org/0000-0002-4292-213X>

e-mail: germanort@mail.ru

Mariya M. Katina — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-0035-9131>

e-mail: mmkatina@yandex.ru