

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДОШВЕННОГО ДАВЛЕНИЯ СТОП У СПОРТСМЕНОВ С ПЛАНТАРНЫМ ФАСЦИИТОМ

В. В. Кармазин¹, А. В. Сливин^{1,2}✉, С. А. Парастаев^{1,2}¹ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Плантарный фасциит (ПФ) — одна из ведущих причин болевого синдрома в пяточной области среди спортсменов. Поскольку этиология и патогенез заболевания непонятны, определение нарушенных биомеханических паттернов позволит разработать эффективные и безопасные терапевтические стратегии. Целью работы было выявить биомеханические изменения, характерные для спортсменов с ПФ. Проведен анализ результатов бароподометрического обследования 60 спортсменов, проходивших обследование и лечение на базе Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации ФМБА России по поводу патологии стоп (комбинированного плоскостопия 1–2 степени и ПФ). Спортсмены были разделены на две группы в зависимости от наличия/отсутствия у них верифицированного диагноза «плантарный фасциит». В исследовании приняли участие 24 мужчины (40%) и 36 женщин (60%), медиана возраста спортсменов составила 24 (19; 28) года. В ходе исследования было отмечено наличие тенденции к более частому развитию ПФ у спортсменок ($p = 0,066$). У спортсменов с ПФ часто встречалась молоткообразная деформация пальцев стопы ($p < 0,05$). У спортсменов с комбинированным плоскостопием и ПФ в статических тестах выявлена перегрузка или недостаточная нагрузка на задний отдел пораженной стопы, в зависимости от степени выраженности болевого синдрома ($r = 0,592$, $p = 0,001$). В динамических тестах определялись деформация общего вектора давления и изменения скорости общего центра давления ($p < 0,01$). У спортсменов с ПФ по результатам бароподометрического обследования наблюдались дефицит или избыточное повышение подошвенного давления в пяточной области на пораженной стопе и деформация общего вектора давления.

Ключевые слова: плантарный фасциит, спорт, биомеханика, бароподометрия, боль в пяточной области

Вклад авторов: В. В. Кармазин — концепция и планирование исследования, сбор и анализ данных исследования, редактирование текста статьи; А. В. Сливин — сбор и анализ данных исследования, статистическая обработка данных, написание текста статьи, оформление рукописи; С. А. Парастаев — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н. И. Пирогова (протокол № 225 от 23 января 2023 г.). Все спортсмены дали согласие на участие в исследовании.

✉ **Для корреспонденции:** Антон Вячеславович Сливин
ул. Б. Дорогомилловская, д. 5, г. Москва, 121059, Россия; anton-slviv@mail.ru

Статья получена: 14.03.2024 **Статья принята к печати:** 13.06.2024 **Опубликована онлайн:** 29.06.2024

DOI: 10.47183/mes.2024.036

PLANTAR PRESSURE DISTRIBUTION FEATURES IN ATHLETES WITH PLANTAR FASCIITIS

Karmazin VV¹, Slivin AV^{1,2}✉, Parastaev SA^{1,2}¹ Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Plantar fasciitis (PF) is one of the leading causes of heel pain in athletes. Since the disease etiology and pathogenesis are poorly understood, determination of impaired biomechanical patterns will make it possible to develop effective and safe therapeutic strategies. The study was aimed to reveal biomechanical changes typical for athletes with PF. Analysis of the results of baropodometric examination of 60 athletes, who were assessed and treated at the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of FMBA of Russia due to foot disorders (1–2 degree combined platypodia and PF), was conducted. Athletes were divided into two groups based on the fact of having/not having a verified diagnosis of PF. The study involved 24 males (40%) and 36 females (60%), the athletes' median age was 24 (19; 28) years. During the study we noted a trend towards higher incidence of PF in female athletes ($p = 0.066$). Hammertoe deformity was often found in athletes with PF ($p < 0.05$). Athletes with combined platypodia and PF showed overload or insufficient load in the posterior part of the affected foot, depending on pain severity, in static tests ($r = 0.592$, $p = 0.001$). The dynamic tests revealed deformation of the general pressure vector and changes in the general center of pressure velocity ($p < 0.01$). Baropodometric examination showed that athletes with PF had deficit or excess increase of plantar pressure in the heel of the affected foot, along with deformation of the general pressure vector.

Keywords: plantar fasciitis, sport, biomechanics, baropodometry, heel pain

Author contribution: Karmazin VV — study concept and planning, research data acquisition and analysis, manuscript editing; Slivin AV — research data acquisition and analysis, statistical data processing, manuscript writing, formatting; Parastaev SA — editing, approval of the final version of the article.

Compliance with the ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (protocol No. 225 dated 23 January 2023). All athletes submitted the consent to study participation.

✉ **Correspondence should be addressed:** Anton V. Slivin
B. Dorogomilovskaya, 5, Moscow, 121059, Russia; anton-slviv@mail.ru

Received: 14.03.2024 **Accepted:** 13.06.2024 **Published online:** 29.06.2024

DOI: 10.47183/mes.2024.036

Плантарный фасциит (ПФ) является одной из самых распространенных причин болевого синдрома в области стопы среди взрослого населения. По данным различных авторов, распространенность ПФ среди спортсменов колеблется между 4,5 и 10%, причем мужчины страдают ПФ несколько реже, чем женщины. ПФ чаще всего ассоциирован с беговой нагрузкой [1–3]. Выраженность

болевого синдрома, возникающего при перегрузке подошвенной фасции, часто препятствует и нередко приводит к прерыванию тренировочной и соревновательной деятельности.

В то же время остается неясным, какие факторы лежат в основе развития ПФ и отличаются ли они в популяции спортсменов. В систематическом обзоре [4] авторы

Таблица 1. Последовательность выполняемых тестов с их описанием

Тест	Описание
Статический тест	Стопы расположены параллельно, на ширине остей подвздошных костей таза. Тест проводят в течение 30 с. Во время тестирования спортсмен сохраняет неподвижность
Динамические тесты	
Сагиттальный тест	Стопы расположены параллельно, на ширине остей подвздошных костей таза. Тест проводят в течение 30 с. Спортсмен по команде врача совершает низкоамплитудные движения вперед и назад (только в голеностопных суставах)
Фронтальный тест	Стопы расположены параллельно, на ширине остей подвздошных костей таза. Тест проводят в течение 30 с. Спортсмен по команде врача совершает низкоамплитудные движения вправо и влево (только в голеностопных суставах)
Тест с подъемом на передний отдел стопы	Стопы расположены параллельно, на ширине остей подвздошных костей таза. Тест проводят в течение 20 с. Спортсмен по команде врача поднимается на передний отдел стопы, отрывая пяточную область обеих стоп от платформы на 3–4 см
Прыжковый тест	Стопы расположены параллельно, на ширине остей подвздошных костей таза. Тест проводят в течение 30 с. Спортсмен по команде врача подпрыгивает, синхронно и симметрично отрывая обе стопы от платформы на 3–4 см, стараясь по возможности не сгибать колени при отталкивании и приземлении. Он совершает 4–5 прыжков с интервалами

подчеркивают, что все выделяемые на сегодняшний момент факторы риска ПФ не имеют под собой сильной доказательной базы, а высокий индекс массы тела (ИМТ), обычно анонсируемый как ведущий из них, и вовсе не имеет никакого отношения к прогнозированию риска возникновения воспаления подошвенной фасции среди спортсменов [5].

Все чаще сообщают о важной роли биомеханических нарушений стопы в патогенезе ПФ [4]. Изменения биомеханики стопы при ПФ изучены недостаточно, однако именно их ведущая роль в развитии асептического воспаления подошвенной фасции представляется наиболее логичной, особенно в спортивной популяции [6, 7]. Выявление нарушенных биомеханических паттернов позволит не только лучше понять патогенез ПФ, но и приблизиться к пониманию эффективных методов коррекции патологии.

Целью исследования было определить биомеханические изменения, характерные для спортсменов с ПФ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Выполнен анализ результатов бароподометрического обследования 60 спортсменов, проведенного в период с 2021 по 2023 г. на базе ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России специалистами отделения реабилитационно-восстановительного лечения. Критериями включения в исследование были спортивная квалификация (кандидат в мастера спорта России и выше), возраст спортсменов от 16 до 40 лет, прохождение бароподометрического обследования на базе Центра, наличие комбинированного плоскостопия.

В исследование включены 24 мужчины (40%) и 36 женщин (60%). Медиана возраста спортсменов составила 24 (19; 28) года. Спортсменов разделили на две группы в зависимости от наличия у них верифицированного диагноза «плантарный фасциит»: группа 1 — спортсмены с комбинированным плоскостопием 1–2 степени и ПФ ($n = 30$), группа 2 — спортсмены с комбинированным плоскостопием 1–2 степени без ПФ, у которых имела место субъективная симптоматика (боль, дискомфорт в стопе) ($n = 30$). В группу 1 включали только спортсменов с односторонним ПФ, двусторонняя локализация процесса встречалась крайне редко. Предположение о возможном ПФ основывалось на наличии у спортсмена достаточно характерной клинической картины (стартовые боли в

пяточной области), а верификация диагноза — на данных МРТ (гипоинтенсивные очаги плантарной фасции и ее утолщение). Из исследования были исключены пациенты с подтвержденными диагнозами патологии костной ткани стоп. Степень выраженности болевого синдрома оценивали по 10-балльной визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ).

Биомеханическое обследование проводили с помощью бароподометрического аппаратно-программного комплекса (АПК) WINTRACK (Medicapteurs; Франция). Исследование выполняли по алгоритму, включающему в себя проведение последовательности специальных тестов, который был обоснован в отделении реабилитационно-восстановительного лечения ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России. Подробная информация о проводимых тестах представлена в табл. 1. Статический тест преимущественно оценивали по изменениям подошвенного давления переднего и заднего отделов стоп, динамические тесты — по изменениям скорости общего центра давления (ОЦД) по осям X и Y.

Статистический анализ данных выполняли с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23 (IBM; США). С учетом малого объема выборок для анализа данных использовали непараметрические методы статистики. Описательные статистики количественных данных приведены в форме медианы и квартилей, описание качественных признаков — в виде абсолютных и относительных частот. Для сравнительного межгруппового анализа использовали непараметрический критерий Манна–Уитни, а для внутригруппового — критерий Уилкоксона. Сравнение дискретных величин проводили с использованием критерия хи-квадрат (χ^2) с поправкой на непрерывность по Йетсу. Значимыми считались различия при уровне статистической значимости менее 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика исследуемых групп

В исследование вошли представители различных видов спорта: гандбол, скелетон, футбол, легкая атлетика, фехтование, баскетбол, теннис. Более подробная характеристика исследуемых групп представлена на рис. 1 и в табл. 2.

Несмотря на то что статистическая значимость не была достигнута, можно отметить наличие тенденции к более частому развитию ПФ у спортсменов. У спортсменов

Таблица 2. Характеристика исследуемых групп с описательной статистикой

Характеристика	Группа 1	Группа 2	<i>p</i>
Возраст, лет (Me (Q ₁ ; Q ₃))	24 (19; 30)	24 (20; 27)	0,781
Женский пол (абс. (%))	22 (77,3%)	14 (46,7%)	0,066
ИМТ, кг/м ² (Me (Q ₁ ; Q ₃))	22,69 (21,25; 23,9)	22,72 (20,11; 24,05)	0,843
Молоткообразная деформация пальцев стопы (абс. (%))	9 (30%)	2 (6,7%)	0,046*

Примечание: * — статистически значимые различия ($p < 0,05$).

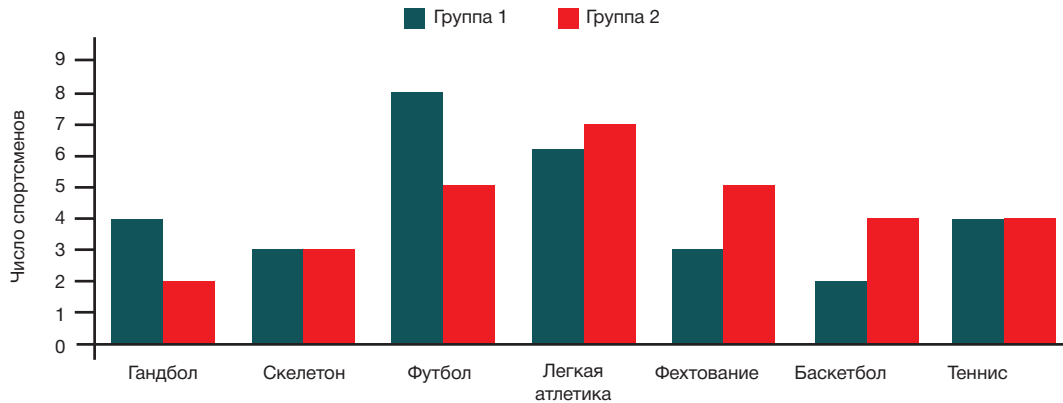


Рис. 1. Распределение спортсменов по видам спорта

с ПФ статистически значимо чаще наблюдалась молоткообразная деформация пальцев стопы ($p = 0,046$). Наиболее часто ПФ встречался у футболистов и легкоатлетов. ИМТ не показал статистической значимости как возможный фактор риска ПФ у спортсменов ($p > 0,05$).

Результаты бароподометрического обследования спортсменов в статическом тесте

Распределение подошвенного давления у спортсменов, полученное по результатам бароподометрического обследования, представлено в табл. 3 и на рис. 2.

Внутригрупповое сравнение не выявило значимых различий в группах 1 и 2 ($p > 0,05$). Однако в ходе анализа результатов была установлена следующая особенность (рис. 2): у спортсменов с ПФ задний отдел пораженной стопы находился либо в состоянии перегрузки (подошвенное давление более 30%) (рис. 3А), либо в состоянии недостаточной нагрузки (подошвенное давление менее 22%) (рис. 3Б).

При межгрупповом сравнении значимых различий между передним ($p = 0,637$) и задним ($p = 0,229$) отделами стопы также выявлено не было.

При оценке взаимосвязи между подошвенным давлением заднего отдела стопы с ПФ и выраженностью

Таблица 3. Характеристика исследуемых групп с описательной статистикой

Отдел стопы	Группа 1			Группа 2		
	Стопа с ПФ Me (Q ₁ ; Q ₃)	Контралатеральная стопа Me (Q ₁ ; Q ₃)	<i>p</i>	Правая стопа Me (Q ₁ ; Q ₃)	Левая стопа Me (Q ₁ ; Q ₃)	<i>p</i>
Передний отдел, %	21 (14; 28)	23 (19; 24)	0,992	22 (21; 24)	21 (19,75; 24)	0,539
Задний отдел, %	26,5 (20; 36)	29,5 (27; 31,25)	0,346	28 (25,75; 30)	27,5 (26,75; 30)	0,81

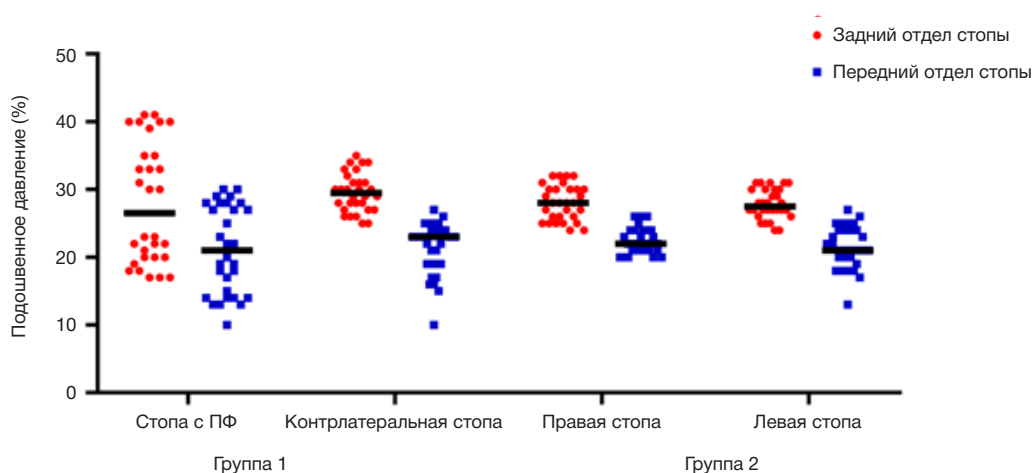


Рис. 2. Распределение подошвенного давления в группах исследования по результатам бароподометрического обследования в статическом тесте

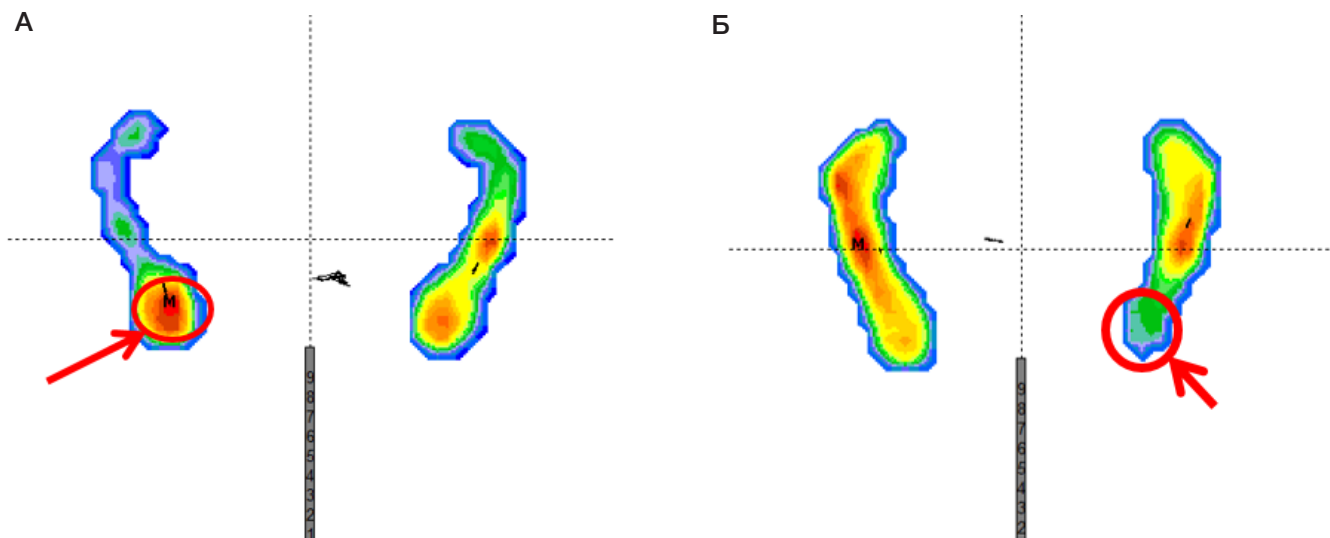


Рис. 3. Распределение подошвенного давления у спортсменов с ПФ в статическом тесте. Красным выделена пяточная область стопы спортсмена с ПФ. **А.** Избыточное подошвенное давление на пораженной стопе. **Б.** Дефицит подошвенного давления

болевого синдрома, оцененного по ВАШ, обнаружено, что степень дефицита опоры на пораженную конечность в статическом тесте при ПФ определяется выраженностью болевого синдрома ($r = 0,592$, $p = 0,001$) (рис. 4).

Результаты бароподометрического обследования спортсменов в динамических тестах

В ходе исследования наиболее яркие изменения общего вектора давления (ОВД) были отмечены в сагиттальном динамическом тесте. На рис. 5 представлены результаты теста спортсменов с ПФ. У спортсмена на рис. 5А — левосторонний процесс, а у спортсмена на рис. 5Б — правосторонний.

Отмечены смещение и деформация ОВД в области локализации болевого синдрома, причем дисбаланс распределения подошвенного давления под пораженной стопой сопровождается снижением подошвенного давления в области переднего отдела стопы.

Изменения ОВД косвенно отражаются в динамике изменений скорости ОЦД. Наиболее значительные изменения скорости ОЦД по оси X отмечены в сагиттальном динамическом тесте, а по оси Y — во фронтальном динамическом тесте. Анализ показал, что изменения скорости ОЦД по оси X и Y в группе 1 были выше, чем в группе 2 ($p < 0,01$) (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе исследования выявлено несколько бароподометрических паттернов, которые четко прослеживаются именно у спортсменов с ПФ. В статических тестах это дефицит опоры или, наоборот, перегрузка болезненной области в зависимости от выраженности болевого синдрома; в динамических тестах это деформация ОВД в проекции наиболее болезненной области со снижением давления в области переднего отдела стопы. Вполне вероятно, что к развитию дегенеративных изменений подошвенного апоневроза приводит повышенная нагрузка на него, которая может быть обусловлена вышележащими нарушениями биомеханики нижней конечности в целом, что проявляется увеличением подошвенного давления в пяточной области. При дальнейшей пролонгации избыточной нагрузки

на плантарную фасцию возникает болевой синдром, который, в зависимости от выраженности, способствует возникновению зоны дефицита подошвенного давления в пяточной области. Выявленные находки в целом согласуются с данными, полученными разными авторами в общей популяции пациентов. Так, группа исследователей обнаружила, что у пациентов с ПФ максимальное давление задней части стопы и площадь его контакта были значительно уменьшены на пораженной стопе по сравнению с контралатеральной стопой [8]. Другие исследователи получили сходные результаты, а также отметили, что у пациентов с ПФ во время проведения динамических тестов было снижено подошвенное давление в медиальной части переднего отдела стопы, что также было отмечено и в нашем исследовании [9]. При успешных терапевтических мероприятиях дефицит подошвенного давления в переднемедиальном отделе стопы нивелировался [9]. В нашем исследовании отдельно показано, что подошвенное давление заднего отдела стопы обратно пропорционально выраженности болевого синдрома, что ранее не было отмечено в литературе. У пациентов с ПФ, принявших участие в нашем исследовании, при проведении динамических тестов обнаружена деформация ОВД в наиболее болезненной области. Это согласуется с данными, в соответствии с которыми у пациентов

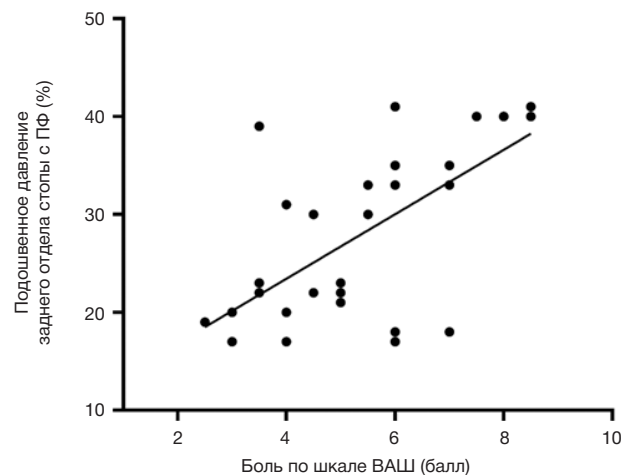


Рис. 4. Взаимосвязь между подошвенным давлением заднего отдела стопы с ПФ и выраженностью болевого синдрома у спортсменов с ПФ

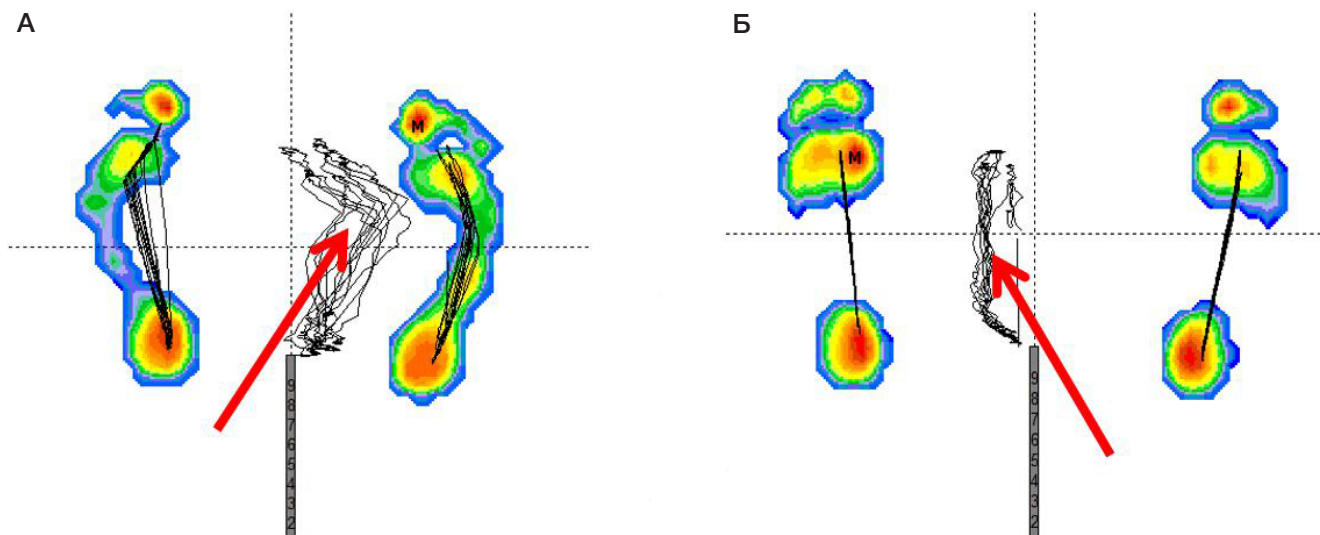


Рис. 5. Распределение подошвенного давления в сагитальном динамическом тесте у спортсменов с ПФ. Красной стрелкой отмечено смещение ОВД относительно центральной оси в здоровую сторону. **А.** Левосторонний плантарный фасциит. **Б.** Правосторонний процесс

с ПФ имеет место переднемедиальный сдвиг нагрузки в подошвенном давлении [10]. Также авторами отмечено, что боль в пятке в 59% случаев возникала в стопе с нормальным сводом [10]. Однако в вышеприведенных исследованиях динамический тест представлял собой оценку подошвенного давления во время шага, в то время как в нашем исследовании использовалась более широкая методология динамических тестов, ранее не описанная в литературе. Более того, описанные в исследовании тесты в большей степени соответствуют сущности медико-биологического обеспечения спорта, поскольку позволяют выявлять даже минимальные функциональные расстройства, препятствующие выполнению интенсивных движений. Сходные результаты были получены исследователями, которые обнаружили дефицит опоры только в фазе начального контакта в динамических текстах, причем указанные изменения обычно были двусторонними [11]. У спортсменов с подтвержденным диагнозом комбинированного плоскостопия без ПФ мы, как правило, не наблюдали дисбаланса распределения давления под стопой с обеих сторон. Кроме того, у спортсменов данной группы не отмечены локальные деформации вектора давления под стопами. Вероятно, имеющиеся у спортсменов с ПФ изменения ОВД могут отчасти объясняться постуральными нарушениями, связанными с функциональной недостаточностью вышележащих мышц (в частности, ягодичных мышц).

Представляется вполне логичной гипотеза, которая объясняет наличие выявленных нами зон избыточного давления в подошве мышечным дисбалансом. Многие исследования показали, что у пациентов с ПФ наблюдается снижение силы и времени реакции подошвенных сгибателей [12–14]. Было выдвинуто предположение, что именно эти мышцы поглощают большую часть нагрузки, и их неправильная работа может приводить к многократному росту нагрузки на подошвенный апоневроз [15–17]. Помимо этого, в 83% случаев ПФ связан с укорочением икроножных мышц [18], что приводит к ограничению дорсифлексии голеностопного сустава, избыточной пронации во время фазы переката и, как следствие, к увеличению расстояния между пяточным бугром и пальцами стопы [16, 19]. Указанная невозможность дорсифлексии голеностопного сустава и вовсе увеличивает риск развития ПФ в 23 раза [20].

Однако остается неясным, являются ли вышеуказанные изменения первичными или вторичными по отношению к другим, возможно вышележащим нарушениям, поэтому требуются дополнительные исследования.

В связи с этим представляется интересным исследование, в котором сообщают о возможной связи слабости мышц, отводящих бедро, с развитием ПФ [21]. Авторы описали клинический случай длительно протекающего ПФ, рефрактерного к большинству терапевтических методов. Именно включение упражнений для мышц, отводящих бедро, позволило достичь клинического улучшения и перераспределения зон давления на стопе по данным бароподометрии [21]. Подобные случаи описаны и другими авторами [17, 22, 23]. Вполне вероятно, что ПФ может быть гораздо более сложной и многофакторной проблемой, чем считалось ранее.

В нашем исследовании ПФ встречался несколько чаще у женщин, чем у мужчин, что в целом согласуется с данными литературы [2, 24]. Как и предполагалось, ИМТ не является фактором риска развития ПФ у спортсменов, о чем уже сообщали ранее [5]. Большая распространенность ПФ среди футболистов и легкоатлетов объясняется высокой беговой нагрузкой в этих видах спорта, и, вероятно, нарушения биомеханики бега являются ключом к пониманию патогенеза ПФ у спортсменов [6, 16]. Кроме того, обнаружена высокая распространенность молоткообразной деформации пальцев стопы у

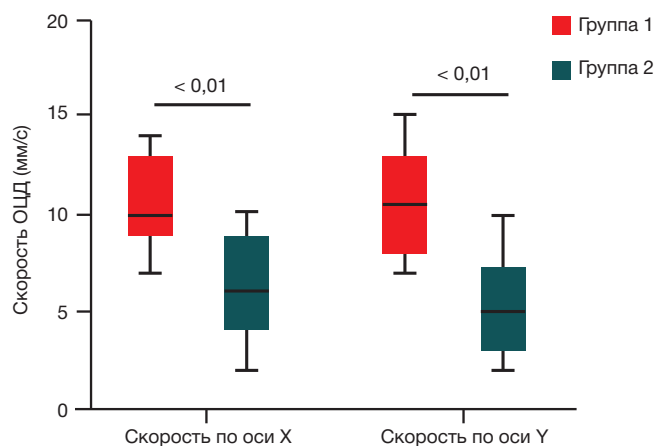


Рис. 6. Сравнение изменений скорости ОЦД в группах 1 и 2

спортсменов с воспалением подошвенного апоневроза. Ряд исследователей сообщает, что наблюдается тесная связь между наличием плоскостопия и развитием ПФ [25]. Ранее отдельно сообщали о возможном вкладе патологии переднего отдела стопы в развитие ПФ [26].

С учетом полученных в ходе нашего исследования результатов и данных литературы представляется целесообразным включить в программы диагностики ПФ методы, которые оценивают распределение давления по поверхности подошвы. Это позволит повысить точность как самих диагностических мероприятий, так и динамического контроля эффективности терапевтических методик при ПФ в случае подозрения на данную патологию и даст возможность приблизиться к пониманию биомеханических проблем, которые лежат в основе развития ПФ, особенно в когорте спортсменов.

ВЫВОДЫ

Плантарный фасциит (ПФ) — это актуальная и распространенная проблема, в том числе и в спорте

высших достижений, в понимании которой остается много неясных моментов. Бароподометрическое обследование спортсменов с ПФ является важным этапом оценки и выявления нарушения распределения давления подошвы, который позволяет определять нарушенные биомеханические паттерны и, соответственно, улучшать результаты лечения. В ходе исследования у спортсменов с ПФ выявлены общие изменения бароподометрической картины. Это дефицит опоры или, наоборот, перегрузка болезненной области в зависимости от выраженности болевого синдрома в статическом тесте, а также деформация общего вектора давления в проекции наиболее болезненной области со снижением давления в области переднего отдела стопы в динамических тестах. Представляется важным учитывать биомеханические изменения, обуславливающие подобную бароподометрическую картину, для более грамотного подбора корректирующих вмешательств и, как следствие, сокращения сроков лечения и реабилитации спортсменов с рассматриваемой патологией.

Литература

- Sobhani S, Dekker R, Postema K, Dijkstra PU. Epidemiology of ankle and foot overuse injuries in sports: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2013; 23 (6): 669–86.
- Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002; 36 (2): 95–101.
- Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med*. 2012; 42 (10): 891–905.
- Petraglia F, Ramazzina I, Costantino C. Plantar fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017; 7 (1): 107–18.
- Butterworth PA, Landorf KB, Smith SE, Menz HB. The association between body mass index and musculoskeletal foot disorders: a systematic review. *Obes Rev*. 2012; 13 (7): 630–42.
- Murphy K, Curry EJ, Matzkin EG. Barefoot running: does it prevent injuries? *Sports Med*. 2013; 43 (11): 1131–8.
- Ribeiro AP, João SM, Dinato RC, Tessutti VD, Sacco IC. Dynamic patterns of forces and loading rate in runners with unilateral plantar fasciitis: a cross-sectional study. *PLoS One*. 2015; 10 (9): e0136971.
- Baris R, Narin S, Elvan A, Erduran M. FRI0638-HPR Investigating plantar pressure during walking in plantar fasciitis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2016; (75): 1284–5.
- Ulusoy A, Cerrahoğlu H, Örgüç Ş. The assessment of plantar pressure distribution in plantar fasciitis and its relationship with treatment success and fascial thickness. *Kastamonu Med J*. 2023; 3 (3): 139–43.
- Balaji G, Jagadevan M, Mohanakrishnan B, Murugesan S, Palaniappan P. "Antero-medial load shift" in unilateral plantar heel pain — a cross-sectional exploratory study. *J Bodyw Mov Ther*. 2024; (37): 151–5.
- Padrón L, Bayod J, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Lósa-Iglesias M, López-López D, Casado-Hernández I. Influence of the center of pressure on baropodometric gait pattern variations in the adult population with flatfoot: A case-control study. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023; (11): 1147616.
- Lee JH, Shin KH, Jung TS, Jang WY. Lower extremity muscle performance and foot pressure in patients who have plantar fasciitis with and without flat foot posture. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 20 (1): 87.
- Allen RH, Gross MT. Toe flexors strength and passive extension range of motion of the first metatarsophalangeal joint in individuals with plantar fasciitis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33 (8): 468–78.
- McClinton S, Collazo C, Vincent E, Vardaxis V. Impaired foot plantar flexor muscle performance in individuals with plantar heel pain and association with foot orthosis use. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016; 46 (8): 681–8.
- Pollack Y, Shashua A, Kalichman L. Manual therapy for plantar heel pain. *Foot (Edinb)*. 2018; (34): 11–6.
- Bolgla LA, Malone TR. Plantar fasciitis and the windlass mechanism: a biomechanical link to clinical practice. *J Athl Train*. 2004; 39 (1): 77–82.
- Kirby KA. Longitudinal arch load-sharing system of the foot. *Revista Española de Podología*. 2017; 28 (1): e18–e26.
- Patel A, DiGiovanni B. Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius. *Foot Ankle Int*. 2011; 32 (1): 5–8.
- Guttek N, Schilde S, Delank KS. Pain on the plantar surface of the foot. *Dtsch Arztebl Int*. 2019; 116 (6): 83–8.
- Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003; 85 (5): 872–7.
- Lee JH, Park JH, Jang WY. The effects of hip strengthening exercises in a patient with plantar fasciitis: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98 (26): e16258.
- Lewis CL, Ferris DP. Walking with increased ankle pushoff decreases hip muscle moments. *J Biomech*. 2008; 41 (10): 2082–9.
- Mueller MJ, Sinacore DR, Hoogstrate S, Daly L. Hip and ankle walking strategies: effect on peak plantar pressures and implications for neuropathic ulceration. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75 (11): 1196–200.
- Orchard J. Plantar fasciitis. *BMJ*. 2012; (345): e6603.
- Park SY, Bang HS, Park DJ. Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. *J Exerc Rehabil*. 2018; 14 (3): 497–502.
- Noriega DC, Cristo Á, León A, García-Medrano B, Caballero-García A, Córdova-Martínez A. Plantar fasciitis in soccer players — a systemic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19 (21): 14426.

References

1. Sobhani S, Dekker R, Postema K, Dijkstra PU. Epidemiology of ankle and foot overuse injuries in sports: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2013; 23 (6): 669–86.
2. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med*. 2002; 36 (2): 95–101.
3. Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med*. 2012; 42 (10): 891–905.
4. Petraglia F, Ramazzina I, Costantino C. Plantar fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017; 7 (1): 107–18.
5. Butterworth PA, Landorf KB, Smith SE, Menz HB. The association between body mass index and musculoskeletal foot disorders: a systematic review. *Obes Rev*. 2012; 13 (7): 630–42.
6. Murphy K, Curry EJ, Matzkin EG. Barefoot running: does it prevent injuries? *Sports Med*. 2013; 43 (11): 1131–8.
7. Ribeiro AP, João SM, Dinato RC, Tessutti VD, Sacco IC. Dynamic patterns of forces and loading rate in runners with unilateral plantar fasciitis: a cross-sectional study. *PLoS One*. 2015; 10 (9): e0136971.
8. Baris R, Narin S, Elvan A, Erduran M. FRI0638-HPR Investigating plantar pressure during walking in plantar fasciitis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2016; (75): 1284–5.
9. Ulusoy A, Cerrahoğlu H, Örgüç Ş. The assessment of plantar pressure distribution in plantar fasciitis and its relationship with treatment success and fascial thickness. *Kastamonu Med J*. 2023; 3 (3): 139–43.
10. Balaji G, Jagadevan M, Mohanakrishnan B, Murugesan S, Palaniappan P. “Antero-medial load shift” in unilateral plantar heel pain — a cross-sectional exploratory study. *J Bodyw Mov Ther*. 2024; (37): 151–5.
11. Padrón L, Bayod J, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias M, López-López D, Casado-Hernández I. Influence of the center of pressure on baropodometric gait pattern variations in the adult population with flatfoot: A case-control study. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023; (11): 1147616.
12. Lee JH, Shin KH, Jung TS, Jang WY. Lower extremity muscle performance and foot pressure in patients who have plantar fasciitis with and without flat foot posture. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 20 (1): 87.
13. Allen RH, Gross MT. Toe flexors strength and passive extension range of motion of the first metatarsophalangeal joint in individuals with plantar fasciitis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33 (8): 468–78.
14. McClinton S, Collazo C, Vincent E, Vardaxis V. Impaired foot plantar flexor muscle performance in individuals with plantar heel pain and association with foot orthosis use. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016; 46 (8): 681–8.
15. Pollack Y, Shashua A, Kalichman L. Manual therapy for plantar heel pain. *Foot (Edinb)*. 2018; (34): 11–6.
16. Bolgia LA, Malone TR. Plantar fasciitis and the windlass mechanism: a biomechanical link to clinical practice. *J Athl Train*. 2004; 39 (1): 77–82.
17. Kirby KA. Longitudinal arch load-sharing system of the foot. *Revista Española de Podología*. 2017; 28 (1): e18–e26.
18. Patel A, DiGiovanni B. Association between plantar fasciitis and isolated contracture of the gastrocnemius. *Foot Ankle Int*. 2011; 32 (1): 5–8.
19. Gutteck N, Schilde S, Delank KS. Pain on the plantar surface of the foot. *Dtsch Arztebl Int*. 2019; 116 (6): 83–8.
20. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003; 85 (5): 872–7.
21. Lee JH, Park JH, Jang WY. The effects of hip strengthening exercises in a patient with plantar fasciitis: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98 (26): e16258.
22. Lewis CL, Ferris DP. Walking with increased ankle pushoff decreases hip muscle moments. *J Biomech*. 2008; 41 (10): 2082–9.
23. Mueller MJ, Sinacore DR, Hoogstrate S, Daly L. Hip and ankle walking strategies: effect on peak plantar pressures and implications for neuropathic ulceration. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75 (11): 1196–200.
24. Orchard J. Plantar fasciitis. *BMJ*. 2012; (345): e6603.
25. Park SY, Bang HS, Park DJ. Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. *J Exerc Rehabil*. 2018; 14 (3): 497–502.
26. Noriega DC, Cristo Á, León A, García-Medrano B, Caballero-García A, Córdova-Martínez A. Plantar fasciitis in soccer players — a systemic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19 (21): 14426.