

## ПЕДОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОТОВОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПОД СТОПАМИ У ПАЦИЕНТОВ С ВЫСОКИМ РИСКОМ РАЗВИТИЯ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ



© В.Б. Бреговский<sup>1\*</sup>, О.В. Удовиченко<sup>2</sup>, А.Г. Демина<sup>1</sup>, Е.А. Берсенева<sup>3</sup>, И.А. Карпова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский территориальный диабетологический центр, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>АО «Ильинская больница», Московская область

<sup>3</sup>Национальный институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва

**ОБОСНОВАНИЕ.** Известно, что так называемая «перекатная» подошва способствует снижению нагрузки на передний отдел стопы и пальцы. Подобная подошва имеется в готовой ортопедической обуви некоторых отечественных производителей, однако объективная оценка их влияния на распределение нагрузки под стопой при ходьбе не проводилась.

**ЦЕЛЬ.** Изучить распределение нагрузки внутри готовой ортопедической обуви «Сурсил-Орто» в сравнении с нагрузкой внутри повседневно используемой пациентами обуви.

**МЕТОДЫ.** Обследованы 20 пациентов (40 стоп) с высоким риском синдрома диабетической стопы. По клиническим данным определялась «область риска» на подошвенной поверхности стопы. Внутриобувная педография (pedar, novel, Германия) выполнена в носимой пациентом обуви, затем в ортопедической обуви «Сурсил-Орто» (Москва). Оценивалось максимальное пиковое давление (МПД) для латеральной и медиальной пяточных областей, средней части стопы, латерального и медиального переднего отделов, большого пальца, II–V пальцев. Критерии эффективности: достижение МПД в зоне риска <200 кПа или снижение его на 25% и более.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Выявлено значимое снижение медианы МПД в передних отделах стопы и в области риска. Доля стоп с МПД >200 кПа в области риска снизилась с 58 до 30% ( $p=0,014$ ), в любой области переднего отдела стопы — с 63 до 30% ( $p=0,04$ ). Возрастание МПД в средних и задних отделах стопы не превышало +14% (нд). Исследуемая обувь была эффективна в 71% случаев. Значимых различий по клинико-anamnestическим параметрам между пациентами с достаточным и недостаточным эффектом не выявлено. Предикторы недостаточного эффекта: более высокое исходное МПД в области риска, преобладание больных с областью риска на большом пальце и меньшая частота области риска в латеральной части плюсны.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Испытуемая обувь с жестким предплючковым перекатом способна значимо снижать нагрузку под передним отделом и под пальцами в процессе ходьбы. В наибольшей степени разгружаются латеральная часть переднего отдела и II–V пальцы, несколько меньше — большой палец и медиальный передний отдел.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сахарный диабет; диабетическая стопа; ортопедическая обувь; анализ походки

## PEDOGRAPHIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF OFF-THE-SHELF ORTHOPEDIC SHOES ON THE LOAD DISTRIBUTION UNDER THE FEET IN PATIENTS WITH A HIGH RISK OF DEVELOPING DIABETIC FOOT SYNDROME

© Vadim B. Bregovskiy<sup>1\*</sup>, Oleg V. Udovichenko<sup>2</sup>, Anastasia G. Demina<sup>1</sup>, Evgeniya A. Berseneva<sup>3</sup>, Irina A. Karpova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg City Diabetes Centre, St.-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Joint-stock company «Ilyinskaya hospital», Moscow region, Russia

<sup>3</sup>National research Institute of the public health named after N.A. Semashko, Moscow, Russia

**BACKGROUND:** It is known that the so-called “rocker” outsole helps to reduce the load on the forefoot and toes. Such an outsole is available in ready-made orthopedic shoes of some Russian manufacturers, however, an objective assessment of their impact on the load distribution under the foot during walking has not been carried out.

**AIMS:** To study the pressure distribution inside the off-the-shelf orthopedic shoes “Sursil-Ortho” in comparison with the load inside the shoes used by patients on a daily basis.

**METHODS:** We studied 20 patients (40 feet) with a high risk of diabetic foot syndrome. According to clinical data, a risk regions were determined on the plantar surface of the feet. In-shoe pedography (pedar, novel, Germany) was performed in shoes usually worn by the patients, and in orthopedic shoes “Sursil-Ortho” (Moscow). The maximum peak pressure (MPP) was calculated. Criterion of efficiency: MPP in the risk region <200 kPa or reducing it by 25% or more.



**RESULTS:** There was a significant decrease of the median MPP in the forefoot and in the risk region. The percentage of feet with MPP >200 kPa in the risk region decreased from 58% to 30% ( $p=0,014$ ), in any area of the forefoot — from 63% to 30% ( $p=0,04$ ). The increase in MPP under the midfoot and hindfoot did not exceed +14% (ns). Tested footwear was effective in 71% of cases. Predictors of the insufficient effect were: higher initial MPP in the risk region, risk region on the hallux or in the lateral part of the forefoot.

**CONCLUSIONS:** Shoes with a rigid rocker outsole significantly reduce the pressure under the forefoot and under the toes during walking. The degree of load reduction varies: the lateral part of the forefoot and 2-5 toes are most unloaded, and the hallux and medial forefoot are slightly less.

**KEYWORDS:** *diabetes mellitus; diabetic foot; orthopedic footwear; gait analysis*

Рост заболеваемости и распространенности сахарного диабета, внедрение органосберегающей тактики хирургического лечения синдрома диабетической стопы (СДС), развитие служб, специализирующихся на догоспитальном сопровождении пациентов с высоким риском развития язвенного дефекта стопы, неизбежно приводят к накоплению в популяции больных с высоким риском рецидива язвы. Так, частота рецидива язвенного дефекта стопы составляет через год 30,6%, а через 3 года — 64,4% [1]. Как известно, большинство язвенных дефектов при СДС локализованы в переднем отделе стопы и под пальцами. В частности, по данным кабинета «Диабетическая стопа» Санкт-Петербургского территориального диабетологического центра (2007–2018 гг.), из 5684 язвенных дефектов стоп 22,7% приходились на передний отдел, и 54% — на пальцы [2]. С учетом роли биомеханических факторов в патогенезе язвенных дефектов стоп снижение нагрузки под передним отделом стопы и под пальцами является важнейшей задачей ортопедической коррекции. Одним из основных направлений профилактики развития язвенных дефектов у пациентов с сахарным диабетом и высоким риском СДС является обеспечение ортопедической обувью [3].

С достаточной степенью условности, но в соответствии с Республиканским стандартом ортопедическая обувь может быть разделена на две группы: изготовленная индивидуально (сложная) и готовая (на подбор) [4]. Задачи, которые ставятся при назначении ортопедической обуви, сводятся к предупреждению травматизации стопы высокого риска самой обувью и уменьшению нагрузки в областях высокого давления, а также его перераспределению по всей площади контакта стопы с обувью.

При изготовлении ортопедической обуви используется ряд конструктивных решений, позволяющих снизить нагрузку в области пальцев и плюснефаланговых суставов (ПФС). Во-первых, большое значение уделяется подошве. В частности, это увеличение жесткости подошвы с формированием так называемого переката, уменьшение высоты каблучной части, увеличение площади подошвы (увеличение площади контакта с поверхностью ходьбы приводит к снижению давления при перекате на стопу в целом). Во-вторых, для уменьшения нагрузки в областях высокого давления при ходьбе используется стелька из амортизирующих материалов толщиной около 1 см даже в передней части. В обычной обуви такая стелька не может использоваться из-за недостатка пространства, поэтому обувь для больных сахарным диабетом из группы высокого риска СДС обязательно имеет дополнительный объем для размещения такой стельки.

В настоящее время необходимость применения ригидной или полуригидной подошвы (так называемой «перекатной») при стопе высокого риска у больных сахарным диабетом обоснована в достаточной степени. Показано, что перекал позволяет значительно снизить нагрузку на передний отдел и пальцы за счет уменьшения нагрузки при фазах опоры и заднем толчке [5]. Кроме того, предполагается, что часть нагрузки, которая действует вертикально, при наличии жесткого переката трансформируется во вращение относительно линии переката, что и позволяет снизить нагрузку [6]. Есть данные и о стимуляции проприорецепции при длительном применении так называемой «перекатной» обуви [7, 8]. Этот эффект обуви также представляется немаловажным у пациентов со снижением проприорецепции вследствие диабетической полинейропатии и саркопенией, которая характерна для больных с тяжелой полинейропатией [9]. Клиническая эффективность «перекатной» обуви была продемонстрирована в проспективных исследованиях, которые показали, что придание подошве ригидного переката сопровождается значительным снижением частоты рецидива язвы стопы [10, 11].

Перекал характеризуется двумя основными параметрами: локализацией (рассчитывается в процентах от длины стопы в направлении от пятки к пальцам) и углом поднятия носка от пола (в градусах) или расстоянием пол-носок подошвы (в мм), которые взаимосвязаны. Выделяют пяточный (задний) перекал, предпучковый перекал, линия которого располагается между пяткой и ПФС, пучковый перекал (линия переката совпадает с ПФС) и запучковый перекал (линия переката располагается между кончиками пальцев и ПФС). Применительно к разгрузке переднего отдела и пальцев актуально рассмотрение всех видов переката, кроме заднего.

Единого мнения о том, какой перекал наиболее эффективен, нет, однако при конструировании обуви можно опираться на ряд основополагающих работ в этой области. Так, в работе Van Schie и соавт. (2000) были изучены различные величины перекалов и их влияние на нагрузку в переднем отделе [12]. Было выявлено, что распределение степени снижения нагрузки имеет U-образную форму и оптимально при перекате, располагающемся в 65% от пятки, при этом угол поднятия носка должен быть около 25°, что соответствует расстоянию пол-носок около 30 мм. Локализация линии переката на 70% или на 55% от длины стопы сопровождалась уменьшением разгружающего эффекта подошвы. По данным других исследователей, оптимальное снижение нагрузки достигалось при перекате 60% от пятки

и угле 20° [13, 14]. Эти результаты и являются теоретической основой для всеобщей практики в изготовлении сложной ортопедической обуви для пациентов с высоким риском СДС.

С технической точки зрения изготовление клинически значимого жесткого переката возможно за счет повышения жесткости материала, применения жестких карбоновых или металлических вставок в подошву или за счет увеличения толщины подошвы в переднем отделе и уменьшения ее под пальцами. При последнем варианте приходится значительно увеличивать общую толщину подошвы и уменьшать разницу между толщиной подошвы под пяткой и ПФС, однако данный вариант наиболее дешев в производстве.

В настоящее время рынок готовой ортопедической обуви в Российской Федерации характеризуется значительным разнообразием. Среди доступных образцов так называемая «перекатная» подошва имеется в ортопедической обуви производства «Сурсил-Орто».

## ЦЕЛЬ

Изучить распределение нагрузки внутри готовой ортопедической обуви «Сурсил-Орто» в сравнении с нагрузкой внутри повседневно используемой пациентами обуви.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Исследование является одноцентровым контролируемым открытым нерандомизированным.

### Критерии соответствия

Критерии включения:

1. согласие на процедуру измерения нагрузки внутри обуви;
2. возраст старше 18 лет;
3. наличие сахарного диабета 1 или 2 типа;
4. высокий риск развития язвенного дефекта стопы: анамнез малой ампутации в переднем отделе стопы или язвенного дефекта на подошвенной поверхности переднего отдела или пальцев или наличие нейроостеоартропатии Шарко в неактивной стадии.

Критерии невключения:

1. разница в длинах или объемах правой и левой стоп, препятствующая применению готовой ортопедической обуви;
2. язва или рана стопы на момент исследования;
3. постуральная неустойчивость любой этиологии и невозможность ходьбы без дополнительной опоры;
4. снижение зрения, препятствующее свободной ходьбе по прямой;
5. перенесенная высокая ампутация, ходьба на протезе;
6. активная стадия артропатии Шарко.

### Условия проведения

Исследование проведено на базе амбулаторного кабинета «Диабетическая стопа» Санкт-Петербургского территориального диабетологического центра в составе Санкт-Петербургского ГБУЗ «Городской консультативно-диагностический центр №1».

### Продолжительность исследования

Исследование продолжалось с сентября 2018 г. по октябрь 2019 г.

### Описание медицинского вмешательства

Внутриобувная педография выполнялась при помощи системы измерения давления pedar X (novel GmbH, Германия). Система состоит из измерительных стелек разных размеров и ширины, соединенных с закрепленным на поясе анализирующим блоком, который по Bluetooth передает информацию на компьютер. На первом этапе производилась оценка постоянно носимой пациентом обуви. Для этого измерительные стельки помещались внутрь обуви и, после процедуры приведения к нулю давления, создаваемого стелькой, пациент дважды выполнял ходьбу в обычной для него манере по прямой. Данные для последующей обработки записывались только на второй попытке при условии как минимум 12 последовательных шагов каждой ногой [15]. На втором этапе измерительные стельки помещались внутрь испытуемой обуви, и исследование повторялось.

Испытуемая обувь производства «Сурсил-Орто» представляет собой готовые ортопедические туфли (рис. 1). Особенности этой обуви являются:

1. наличие толстой жесткой сплошной подошвы с пяточным и передним перекатами, при этом расстояние пол-носочная часть подошвы составляет 35 мм, а линия переднего переката располагается на 64% длины стопы от пятки, таким образом, угол поднятия носочной части составляет 20°;
2. мягкий подносок;
3. мягкий задник;
4. увеличенная глубина;
5. наличие стандартной плоской двухслойной стельки большой толщины (9 мм);
6. благодаря конструкции подошвы стопа в обуви в состоянии опоры располагается практически параллельно поверхности опоры.

Таким образом, конструкция этой обуви, предположительно, предназначена для преимущественной нагрузки переднего отдела и области пальцев. При условии замены стандартной стельки на индивидуальную она теоретически может использоваться и у пациентов с неактивной стадией артропатии Шарко, за исключением случаев с тяжелыми деформациями. Следует отметить, что



Рис. 1. Внешний вид испытуемой обуви. Нанесенная разметка указывает на расположение линии переката относительно пятки, которая составляет 64% длины подошвы, и на расстояние подошва-пол под пальцами.

сведения о биомеханическом тестировании испытуемой обуви при любой патологии в литературе отсутствуют.

Обувь сравнения (та обувь, которую больные носят постоянно) была представлена ортопедической обувью различных типов и производителей (9 человек, 45%), не ортопедической обувью с индивидуально изготовленными стельками (4 человека, 20%) и обычной обувью (7 человек, 35%). Среди пациентов, пользовавшихся обычной обувью, 4 человека заказали сложную ортопедическую обувь на фабрике ортопедической обуви (г. Санкт-Петербург), но еще ее не получили. Таким образом, 85% обследованных были обеспечены тем или иным ортопедическим пособием.

#### Основной исход исследования

В качестве основных исходов исследования нами были выбраны следующие.

1. Изменение нагрузки (максимальное пиковое давление (МПД, кПа) под разными областями стопы в испытуемой обуви в сравнении с контрольной (в % от величины в повседневной обуви)).
2. Достижение в испытуемой обуви критериев биомеханической эффективности ортопедической обуви в контексте измерения давления под стопой при ходьбе: снижение МПД в зоне интереса менее 200 кПа или на 25% и более от давления, зарегистрированного в повседневной носимой обуви [16].

Таким образом, исход исследования считался положительным, если при измерении в испытуемой обуви в сравнении с повседневной обувью в зонах интереса достигались указанные пороговые значения.

Под зонами интереса понимались плантарные области стопы с наибольшим риском развития язвенного дефекта вследствие повышенной нагрузки (на одной стопе могли присутствовать несколько таких зон): места предыдущих язв, локализованные гиперкератозы в проекции деформаций или давление более 200 кПа (что почти всегда совпадало с клиническими признаками высокой нагрузки). На обследованных стопах (n=40) определены следующие зоны интереса.

- Медиальная часть переднего отдела стопы (проекция головок I–II ПФС) — 31 стопа (78%).
- Латеральная часть переднего отдела стопы (проекция головок III–V ПФС) — 29 стоп (73%).
- Большой палец — 14 стоп (35%).
- Средняя область стопы (наряду с другими зонами) — 4 стоп (10%).

#### Дополнительные исходы исследования

Дополнительным результатом исследования являлась оценка врачом и пациентом общего восприятия испытуемой обуви. Свои впечатления они оценивали по 5-балльной системе: «затрудняюсь ответить» (1), «плохо» (2), «удовлетворительно» (3), «хорошо» (4), «отлично» (5). При этом врач ориентировался на объективные критерии эффекта испытуемой обуви (пороговые значения, см. п. 2 основных исходов), а пациент — в основном на свои ощущения и эстетические предпочтения.

#### Анализ в подгруппах

С клинической точки зрения представлялось важным определить различия между пациентами, достигшими

целевых показателей биомеханической эффективности обуви, и пациентами, у которых изменение нагрузки не было оптимальным. В связи с этим был произведен анализ исследуемых параметров в этих двух подгруппах.

#### Методы регистрации исходов

Регистрировались МПД (кПа) и время контакта (мс). Последнее учитывалось в связи с данными ранее опубликованных исследований, которые показали, что продолжительность контакта стопы с поверхностью ходьбы у пациентов с диабетической полинейропатией и высоким риском развития СДС увеличена [17]. Поэтому представлялось важным оценить, как влияет «перекатная» подошва на время контакта. Параметры рассчитывались для стопы в целом, медиального и латерального отделов пятки, среднего отдела, медиальной и латеральной части переднего отдела, большого пальца, II–V пальцев. Медиальная и латеральная части стопы определялись по биссектрисе длинного плантарного угла. Полученная информация обрабатывалась в программе novel projects (novel GmbH, Германия), с формированием числовых значений в табличной форме и гистограммах, а также в виде двухмерной и трехмерной картин распределения нагрузки.

#### Этическая экспертиза

Исследование одобрено Этическим комитетом при ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России (протокол №128 от 12.06.2018). Все пациенты подписывали информированное согласие на лечебно-диагностические мероприятия в рамках врачебного приема в СПб ГБУЗ «Городской консультативно-диагностический центр №1».

#### Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался. Анализ данных проводился с помощью программы Statistica for Windows 10 (StatSoft, США) и Biostat (McGraw Hill, США). С учетом отсутствия нормального распределения данных по большинству показателей, количественные параметры представлены в виде медианы и минимума-максимума (Me; min-max). Для оценки статистической значимости различий между несколькими подгруппами использовался однофакторный дисперсионный анализ, а для оценки статистической значимости различий между двумя группами — критерий Вилкоксона–Манна–Уитни для количественных переменных и метод  $\chi^2$  Пирсона для таблиц сопряженности для качественных признаков. Уровень значимости  $\alpha$  при проверке достоверности различий между группами был принят равным 0,05. Взаимосвязь количественных показателей оценивалась с помощью коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ). Мету связи для неколичественных переменных оценивали с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $R$ ).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

##### Объекты (участники) исследования

В табл. 1 представлена клиническая характеристика обследованных больных. У всех пациентов установлен высокий риск развития язвенного дефекта стопы (анамнез язвы стопы или ампутации), и только одна пациентка с артропатией Шарко в среднем отделе не имела подобных проявлений СДС. Соответственно, у всех пациентов

Таблица 1. Характеристика обследованной группы пациентов (n=20)

Параметр	Величина
Пол (М : Ж), n (%)	9 : 11 (44 : 56)
Возраст, лет	58 (23–73)
Длительность сахарного диабета, лет	23 (1–52)
Типы сахарного диабета (1 : 2), n (%)	10 : 10 (50 : 50)
Терапия инсулином (среди всех больных), n (%)	16 (78)
Вес, кг	80 (52–113)
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	27 (19–35)
Язвы стопы в анамнезе (не приведшие к ампутации), n (%)	18 (89)
В т.ч. двусторонние, n (%)	4 (20)
Ампутации в пределах стопы в анамнезе, n (%)	9 (44)
В т.ч. двусторонние, n (%)	1 (5)
Диабетическая остеоартропатия Шарко в переднем отделе стопы, n (%)	3 (15)
Диабетическая остеоартропатия Шарко в среднем отделе стопы (наряду с деформациями переднего отдела), n (%)	3 (15)

**Примечание:** количественные параметры представлены в виде медианы и минимума-максимума (Me; min-max).

были выраженные деформации стоп, и, согласно современным представлениям, они нуждались в обеспечении сложной ортопедической обувью. Обращает на себя внимание большая длительность сахарного диабета, что является одним из факторов, объясняющих тяжесть поражения стоп.

#### Основные результаты исследования

Анализ результатов внутриобувной педографии показал, что в испытуемой обуви в сравнении с контрольной происходит снижение нагрузки в медиальной и латеральной областях переднего отдела стопы, а также под всеми пальцами, что отражает влияние конструкции обуви на процесс переката. В целом снижение нагрузки в этих областях стопы составило -27% (от -98 до +43%,

$p < 0,0001$ ) в сравнении с контрольной обувью. Снижение нагрузки на латеральную часть переднего отдела (III–V ПФС) было несколько более выражено в сравнении с медиальными ПФС. Эта тенденция оценивается нами как положительная, так как разгрузка V ПФС обычно является непростой задачей. В то же время эта нагрузка перераспределялась на средний отдел и в большей степени на пятку, где отмечалось ее небольшое увеличение, хотя оно и не было достоверным. Также следует отметить, что снижение нагрузки на большой палец было наименьшим в сравнении с другими областями переднего отдела стопы и пальцев, но значимым ( $p = 0,003$ ).

Изменение МПД под разными областями стоп при педографии в обычной и в испытуемой обуви представлено на рис. 2.

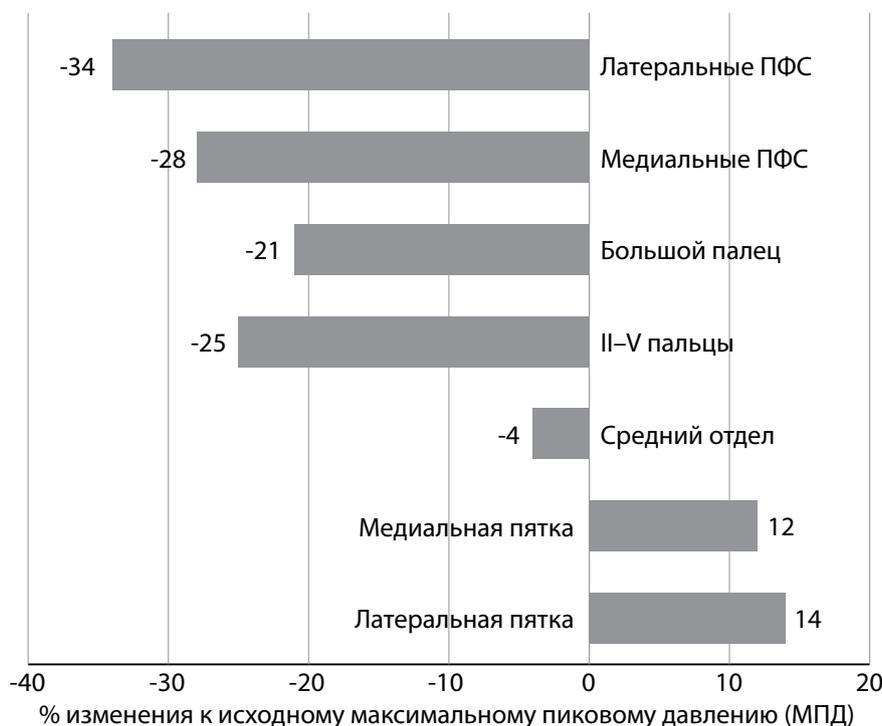
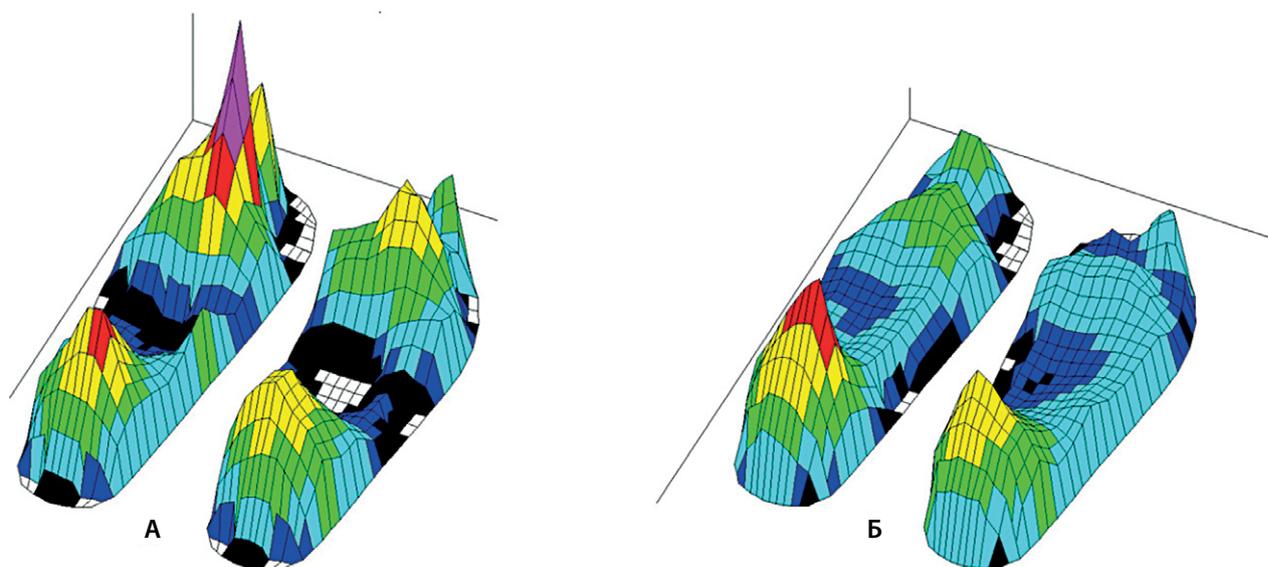


Рис. 2. Изменение максимального пикового давления (в % от исходного) под разными областями стоп в испытуемой обуви в сравнении с обувью пациентов.

Значимых различий во времени контакта для стопы в целом и для ее областей получено не было, что, возможно, говорит о легкой адаптации пациентов к ходьбе на «перекатной» подошве.

Нами также рассчитана степень снижения нагрузки во всех зонах интереса в передних отделах стопы, которая составила -30% (от -99% до +58%).

Пример распределения нагрузки под стопой в испытываемой обуви и в уличной обуви пациента после экзартикуляции большого пальца левой стопы, с сохраненной головкой I плюсневой кости представлен на рис. 3.



**Рис. 3.** Распределение нагрузки в уличной обуви и в испытываемой обуви. А — обувь пациента. Б — испытываемая обувь. Отмечается значимое ( $p < 0,001$ ) снижение нагрузки в области интереса (II плюснефаланговый сустав слева) на 43%, в латеральном переднем отделе на 63% на левой стопе и на 49% на правой стопе, под II–V пальцами — на 40% на левой стопе и на 47% на правой стопе. Незначительно возрастает нагрузка под обеими пятками

**Таблица 2.** Различия между пациентами и их стопами с недостаточным и достаточным эффектом обуви «Сурсил-Орто» или испытываемой обуви по клиническим и педографическим показателям

	Подгруппа с недостаточным эффектом (12 стоп)	Подгруппа с достаточным эффектом (28 стоп)	P
Пол, М : Ж, %	42 : 58	46 : 54	n.s.
Возраст, лет	61 (43–69)	58 (23–73)	n.s.
Тип сахарного диабета, 1 : 2, %	42 : 58	54 : 46	n.s.
Длительность СД, лет	26 (2–33)	23 (1–52)	n.s.
Вес, кг	79 (64–100)	80 (52–113)	n.s.
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	28 (24–35)	26 (19–35)	n.s.
Язвы данной стопы в анамнезе, %	75	46	n.s.
Ампутации в пределах данной стопы, %	33	29	n.s.
ДАОП с поражением данной стопы, %	50	21	n.s.
Исходное МПД в передней части стопы, кПа	304 (200–588)	200 (138–449)	0,007
Исходное МПД в «зоне риска», кПа	304 (200–588)	196 (138–449)	0,007
«Зона риска» — большой палец, %	58	25	0,043
«Зона риска» — II–V пальцы, %	0	0	n.s.
«Зона риска» — медиальная зона плюсны, %	75	79	n.s.
«Зона риска» — латеральная зона плюсны, %	42	86	0,005

**Примечания:** \* Критерий хи-квадрат для непараметрических показателей, критерий Манна–Уитни — для параметрических; ДАОП — диабетическая остеоартропатия Шарко. Количественные параметры представлены в виде медианы и минимума-максимума (Me; min-max)

в целевой зоне и в переднем отделе (что вполне ожидаемо). Кроме того, более типичным для этой группы было наличие в качестве зоны интереса большого пальца. Напротив, если зона интереса локализовалась в латеральном переднем отделе, вероятность достижения целевых показателей эффективности обуви повышалась.

Чтобы исключить версию о том, что у больных с расположением зоны интереса в области большого пальца было исходно более высокое МПД (что объясняло бы большую долю таких больных в группе с недостаточным ответом), была проведена оценка меры связи путем расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена, который показал отсутствие взаимосвязи между наличием зоны интереса в области большого пальца и исходным МПД, но наличие связи между расположением зоны интереса и распределением в подгруппы с достаточным эффектом и с недостаточным эффектом. Подобные результаты были получены для зоны интереса в латеральной области плюсны.

Таким образом, исходное МПД и расположение «зоны интереса» в области большого пальца и в латеральной части плюсны являются независимыми факторами риска и антириска (соответственно) недостаточного снижения МПД при ношении исследуемой обуви.

Кроме того, мы не выявили однозначной взаимосвязи между исходным давлением в передних отделах и его снижением. Коэффициент корреляции  $r$  между МПД в обуви сравнения и в исследуемой обуви составил 0,32 для «зоны риска» и 0,35 для обоих передних отделов стопы. Коэффициент корреляции между исходным МПД и степенью его снижения под действием исследуемой обуви составил для этих областей 0,42 и 0,43 соответственно (корреляции средней силы). Таким образом, более высокое исходное МПД являлось условием для его более выраженного снижения, но при этом чем выше было исходное МПД, тем выше — конечное.

#### Дополнительные результаты исследования

Дополнительным результатом исследования являлась оценка врачом и пациентом испытуемой обуви. Оценка производилась по каждой стопе отдельно, и результаты ее представлены в табл. 3.

Согласно полученным данным, впечатление пациента оказалось существенно менее благоприятным, чем мнение врача, что, несомненно, связано с разными для двух сторон критериями оценки. Затруднения в ответе возникли у двух пациентов с тяжелым сенсорным дефицитом, вследствие которого они не могли ощутить перемены в ходьбе, а эстетические требования к обуви у них отсутствовали.

Таблица 3. Оценка испытуемой обуви врачом и пациентом (n=40 стоп)

	Оценка врача	Оценка пациента
Отлично	58%	5%
Хорошо	13%	30%
Удовлетворительно	13%	40%
Плохо	18%	5%
Затруднился ответить	0%	10%
Средний балл	4,3	3,6

#### Нежелательные явления

Нежелательных явлений не отмечено.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

##### Резюме основного результата исследования

Распределение нагрузки под стопами у пациентов с высоким риском СДС в испытуемой обуви оказалось более благоприятным в сравнении с ортопедической и обычной обувью, применяемой пациентами. Это выразилось в более выраженной разгрузке областей интереса. Латеральные (III–V) ПФС разгружались в большей степени, чем медиальные. Нагрузка перераспределялась в основном на пятку и в меньшей степени — на средний отдел, однако увеличение нагрузки под этими отделами не было значимыми. У стоп, не достигших в испытуемой обуви пороговых значений эффективности, исходное МПД было выше в сравнении с теми, у которых был отмечен эффект.

##### Обсуждение основного результата исследования

Важнейшим направлением профилактики рецидивирования язвенных дефектов стоп у больных сахарным диабетом является адекватная ортопедическая коррекция, в частности, обеспечение ортопедической обувью [3, 18]. Задача ортопедической обуви состоит не только в предотвращении травматизации стопы, но и в перераспределении нагрузки с областей риска на соседние отделы стопы.

Обеспечение ортопедической обувью производится по двум направлениям: обеспечение индивидуально изготовленной (сложной) ортопедической и готовой ортопедической обувью. Практический опыт показывает, что даже при стопе с высоким риском развития язвенного дефекта не всегда требуется обувь индивидуального изготовления. В ряде случаев задача ортопедической коррекции может быть достигнута при помощи готовой ортопедической обуви (с индивидуальной или даже стандартной стелькой), имеющей определенные конструктивные особенности.

В проведенном исследовании мы сопоставили параметры распределения нагрузки в обуви с жестким перекатом производства «Сурсил-Орто» с обувью, применяемой пациентами. Фактически это исследование явилось первой работой подобного плана, проведенной в отечественных условиях в отношении обуви, специально сконструированной для разгрузки переднего отдела и пальцев.

Особенность нашего исследования состоит в том, что у всех пациентов был высокий риск развития язвы стопы, т.е. они имели достаточно тяжелые деформации стоп, включая послеоперационные. С формальной точки зрения все пациенты имели показания для обеспечения сложной обувью индивидуального изготовления. Мы исследовали готовую ортопедическую обувь со стандартной стелькой внутри, и, тем не менее, она показала превосходство над всеми остальными видами обуви, включая индивидуальную ортопедическую.

Среди обследованных были 2 пациента с неактивной артропатией Шарко в среднем отделе, у которых применение обуви «Сурсил-Орто», не предназначенной для таких пациентов, было эффективным в плане разгрузки

переднего отдела, при этом нагрузка в среднем отделе возрастала несущественно. С учетом происходящего с течением времени увеличения нагрузки на I палец и I ПФС у больных с артропатией в среднем отделе (как было показано в работе [19]), применение обуви «Сурсил-Орто» представляется возможным и у этой категории больных, однако только при условии изготовления индивидуальной стельки, разгружающей средний отдел. Впрочем, для проверки этого предположения требуются дополнительные исследования.

Неожиданным оказался тот факт, что эффективность исследуемой обуви была не одинакова для различных «зон риска». Так, среди стоп с «зоной риска» в латеральной области плюсны (проекция головок III–V плюсневых костей) большинство попали в подгруппу с удовлетворительным эффектом исследуемой обуви, а стопы с «зоной риска» в области I пальца стопы преобладали в группе пациентов, не достигших целевых показателей нагрузки. Напротив, стопы с «зоной риска» в медиальной области плюсны встречались в подгруппах «ответивших» и «не ответивших» с одинаковой частотой. Данный феномен требует дальнейшего изучения. Сравнивая стопы по критерию достижения эффекта разгрузки, мы обратили внимание на большую частоту язвы исследуемой стопы в анамнезе и малой ампутации у стоп, не достигших целевых критериев, в сравнении с достигшими таковых. Эти различия не были значимыми, возможно, в силу малочисленности выборки, однако общая тенденция указывает на, как минимум, необходимость дополнения исследованной обуви индивидуальной стелькой или изготовления индивидуальной обуви у пациентов с более тяжелыми деформациями.

Очевидно, что снижение нагрузки под передним отделом и пальцами должно в определенной степени перераспределяться на средний отдел и пятку. По-видимому, при отсутствии артропатии Шарко в среднем отделе предпочтительнее перераспределить нагрузку именно на него. Для этого нужна индивидуальная стелька, но в испытуемой обуви имеется стандартная толстая двуслойная стелька, которая не может должным образом перераспределить нагрузку на свод. Поэтому отмеченное в нашем исследовании небольшое увеличение нагрузки на свод в обуви «Сурсил-Орто» в сравнении с другой обувью не было статистически значимым. В основном нагрузка перераспределилась на пятку, что не критично с точки зрения перспективы развития язвенных дефектов (на подошвенной поверхности пятки имеется мощная амортизирующая жировая «подушка», поэтому вследствие перегрузки этой зоны при ходьбе язвенные дефекты не развиваются). В то же время теоретически этот феномен может быть фактором риска развития или обострения плантарного фасциита (так называемой «пяточной шпоры»). Это утверждение также нуждается в дополнительных исследованиях.

Кроме показателей нагрузки, мы измеряли и время контакта стопы и ее отделов. Очевидно, что увеличение длительности контакта ведет к более продолжительному воздействию повышенных нагрузок. Теоретически наличие пяточного и переднего перекатов должно сопровождаться уменьшением времени контакта, что уменьшило бы длительность действия повышенных нагрузок. По нашим данным, уменьшение длительности контакта

в обуви «Сурсил-Орто» было статистически незначимым в сравнении с другой обувью. Поэтому снижение нагрузки происходило благодаря расположению линии переднего переката.

Практический опыт и данные литературы указывают, что одним из серьезных препятствий к применению ортопедической обуви является восприятие ее пациентом [20, 21]. Эстетическое несоответствие при этом, несомненно, играет важную роль, но нельзя забывать и о том, что при применении «перекатной» обуви может снижаться и устойчивость, особенно при наличии двух перекатов [22]. Нами проведен опрос пациентов в отношении общей оценки обуви «Сурсил-Орто». Негативные оценки («плохо» и «затрудняюсь ответить») были получены по 15% стоп. Большинство пациентов оценили ее положительно. Данный аспект представляется важным, т.к. приверженность к применению ортопедической обуви далека от желаемой [21]. С другой стороны, сравнивая мнение врача и оценку пациента, мы видим, насколько они различаются. Этот факт заставляет нас задуматься о том, какие аргументы необходимо находить для убеждения пациента в регулярном применении ортопедической обуви.

Следует отметить, что среди исходной обуви у 9 пациентов (18 стоп) была ортопедическая обувь разных производителей, в том числе и сложная (т.е. изготовленная индивидуально). Ввиду малого числа наблюдений отдельный анализ для испытуемой обуви и ортопедической обуви не производился, но необходимость такого сравнения при увеличении количества наблюдений представляется очевидной.

Интерпретируя результаты нашего исследования, нужно принять во внимание, что мы не ставили задачу изучить влияние испытуемой обуви на частоту развития язвенных дефектов, а лишь попытались количественно оценить способность этой обуви снижать нагрузку. В целом представляется, что обувь производства «Сурсил-Орто» может применяться при достаточно широком спектре умеренных деформаций, но при этом у не достигших адекватной разгрузки очевидна необходимость замены стандартной стельки индивидуальной и, возможно, смещения линии переката либо индивидуального изготовления ортопедической обуви.

#### Ограничения исследования

Среди ограничений исследования основным следует считать относительно небольшую выборку. Это было обусловлено трудностями в подборе пациентов в одноцентровом исследовании (предпочтения пациента и ограничения на исследования биомеханики стопы), т.к. для создания большей мощности выборки исследования такого характера должны быть многоцентровыми, что диктует необходимость наличия одинакового диагностического оборудования. В частности, при увеличении размера выборки теоретически может появиться взаимосвязь между расположением «зоны риска» и исходным МПД, что не позволит считать расположение этой зоны независимым фактором, влияющим на эффективность перекатной ортопедической обуви.

Вторым фактором, потенциально влиявшим на результат, была искусственность условий ходьбы и привыкание пациента к ходьбе на «перекатной» подошве.

Возможно, использование для расчетов второй попытки ходьбы частично нивелировало этот эффект, однако полностью им пренебречь нельзя.

Третьим ограничением мы считаем гетерогенность выборки по состоянию стоп. В частности, причины различий в степени эффекта обуви «Сурсил-Орто» на нагрузку под латеральной и медиальной областями переднего отдела стопы, возможно, стали бы более понятны при отдельном анализе больших групп только с ампутациями и язвами в медиальной части стопы или только в латеральной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном пилотном исследовании нами впервые в отечественной практике изучено распределение нагрузки внутри готовой «перекатной» ортопедической обуви отечественного производства в сравнении с обычно применяемой пациентами обувью. Показано, что испытываемая обувь с жестким предпучковым перекатом способна значимо снижать нагрузку под передним отделом и под пальцами в процессе ходьбы. Степень снижения нагрузки неодинакова: в наибольшей степени разгружаются латеральная часть переднего отдела и II–V пальцы, несколько меньше — большой палец и медиальный передний отдел. Испытуемая обувь в целом положительно

оценивалась пациентами и исследователями, однако оценки врача были более оптимистичны. Целесообразно рассмотреть включение такого типа подошвы и переката в технические требования к изготовлению индивидуальной и готовой ортопедической обуви у больных с диабетической стопой на протезно-ортопедических предприятиях Российской Федерации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Исследование выполнено при финансовом обеспечении компанией ООО «Сурсил-Орто», которая предоставила образцы испытуемой обуви.

**Конфликт интересов.** Представители компании ООО «Сурсил-Орто» не влияли на ход исследования, не принимали участие в обсуждении и трактовке результатов исследования. Иных явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи, нет.

**Участие авторов.** Бреговский В.Б. — общая концепция исследования, клиническая часть (подбор пациентов, проведение обследования), написание статьи; Удовиченко О.В. — общая концепция исследования, статистическая обработка, написание статьи; Демина А.Г. — клиническая часть (подбор пациентов, проведение обследования), написание статьи; Берсенева Е.А. — статистическая обработка, написание статьи; Карпова И.А. — редактирование статьи. Все авторы прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Hicks CW, Canner JK, Mathioudakis N, et al. Incidence and risk factors associated with ulcer recurrence among patients with diabetic foot ulcers treated in a multidisciplinary setting. *J Surg Res.* 2020;246:243-250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.09.025>
- Демина А.Г., Бреговский В.Б., Карпова И.А. Рецидивы язвенных дефектов стоп в практике кабинета «Диабетическая стопа» / Сборник тезисов III Всероссийской конференции с международным участием «Сахарный диабет, его осложнения и хирургические инфекции». Москва. 19-21 ноября 2019 г. М.: ООО «Типография «Печатных дел мастер». — 2019. — 25 с. [Demina AG, Bregovskiy VB, Karpova IA. *Retsidivny yazvennykh defektov stop v praktike kabineta «Diabeticheskaya stopa»*. Sbornik tezisev III Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Sakharnyi diabet, ego oslozheniya i khirurgicheskie infektsii». Moscow. 19-21 November 2019. Moscow: LLC Tipographia Pechatnih del master; 2019. 25 p. (In Russ.)]. Доступно по: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41398447\\_78563973.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41398447_78563973.pdf). Ссылка активна на 14.03.2020.
- Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 9-й выпуск // *Сахарный диабет*. — 2019. — Т.22. — №151. — С.1-144. [Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY, et al. Standards of specialized diabetes care. Edited by Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY. 9th edition. *Diabetes mellitus*. 2019;22(151):1-144. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/DM22151>
- Республиканский стандарт. Обувь ортопедическая. Термины и определения. РСТ РСФСР 741-88 Госплан РСФСР, 19.01.1988. [Federal Law of Russian Federation 741-88. *Obuv ortopedicheskaya. Terminy i opredeleniya*. (In Russ.)]. Доступно по <http://gostf.com/normadata/1/4294816/4294816963.pdf>. Ссылка активна на 14.03.2020.
- Schaff P, Cavanagh P. Shoes for the insensitive foot: the effect of a «rocker bottom» shoe modification on plantar pressure distribution. *Foot Ankle.* 1990;11(3):129-40. doi: <https://doi.org/10.1177/107110079001100303>
- Lin S-Y, Su P-F, Chung C-H, et al. Stiffness effects in rocker-soled shoes: biomechanical implications. *PLoS ONE.* 2017;12(1):e0169151. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169151>
- Stöggel T, Haudum A, Birklbauer J, et al. Short and long term adaptation of variability during walking using unstable (Mbt) shoes. *Clin Biomech.* 2010;25(8):816-822. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.05.012>
- Sousa AS, Macedo R, Santos R, et al. Influence of prolonged wearing of unstable shoes on upright standing postural control. *Hum Mov Sci.* 2016;45:142-53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.11.015>
- Онучина Ю.С., Гурьева И.В. Саркопения и периферическая полинейропатия: взаимосвязи и последствия / Сборник тезисов III Всероссийской конференции с международным участием «Сахарный диабет, его осложнения и хирургические инфекции». Москва. 19-21 ноября 2019 г. — М. ООО «Типография «Печатных Дел Мастер», 2019. — С. 53. [Onuchina YS, Gurieva IV. *Sarcopenia i perifericheskaya polyneuropathia: vsaimosviasi i posledstvia*. In: Proceedings III Vserossiiskoy konferentsii s mezhdunarodnim uchastiem «Sakharnyi diabet, ego oslozheniya i khirurgicheskie infektsii». Moscow. 19-21 November 2019. Moscow: LLC Tipographia Pechatnih del master; 2019. P. 53. (In Russ.)]. Доступно по: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_41398473\\_82394082.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41398473_82394082.pdf). Ссылка активна на 14.03.2020.
- Bus SA, Waaijman R, Arts M, et al. Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes: a multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care.* 2013;36(12):4109-4116. doi: <https://doi.org/10.2337/dc13-0996>
- Lopez-Moral M, Lazaro-Martinez J, Garcia-Morales E, et al. Clinical efficacy of therapeutic footwear with a rigid rocker sole in the prevention of recurrence in patients with diabetes mellitus and diabetic polyneuropathy: A randomized clinical trial. *PLoS ONE.* 2019;14(7):e0219537. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219537>
- van Schie C, Ulbrecht JS, Becker MB, Cavanagh PR. Design criteria for rigid rocker shoes. *Foot Ankle Int.* 2000;21(10):833-844. doi: <https://doi.org/10.1177/107110070002101007>
- Chapman JD, Preece S, Braunstein B, et al. Effect of rocker shoe design features on forefoot plantar pressures in people with and without diabetes. *Clin Biomech.* 2013;28(6):679-685. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.05.005>
- Preece SJ, Chapman JD, Braunstein B, et al. Optimisation of rocker sole footwear for prevention of first plantar ulcer: comparison of group-optimised and individually-selected footwear designs. *J Foot Ankle Res.* 2017;10:27. doi: <https://doi.org/10.1186/s13047-017-0208-3>

15. Arts ML, Bus SA. Twelve steps per foot are recommended for valid and reliable in-shoe plantar pressure data in neuropathic diabetic patients wearing custom made footwear. *Clin Biomech.* 2011;26(8):880-884. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.05.001>
16. Bus SA, Haspels R, Busch-Westbroek TE. Evaluation and optimization of therapeutic footwear for neuropathic diabetic foot patients using in-shoe plantar pressure analysis. *Diabetes Care.* 2011;34:1595-1600. doi: <https://doi.org/10.2337/dc10-2206>
17. Fernando ME, Crowther RG, Pappas E, et al. Plantar pressure in diabetic peripheral neuropathy patients with active foot ulceration, previous ulceration and no history of ulceration: a meta-analysis of observational studies. *PLoS One.* 2014;9(6):e99050. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099050>
18. Bus SA, van Deursen RW, Armstrong DG, et al. Footwear and off-loading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in patients with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev.* 2016;32(1):99-118. doi: <https://doi.org/10.1002/dmrr.2702>
19. Демина А.Г., Бреговский В.Б., Карпова И.А., Цветкова Т.Л. Изменения распределения нагрузки под стопой Шарко в отдаленные сроки неактивной стадии // *Сахарный диабет.* — 2018. — Т. 21. — №2. — С. 99–104. [Demina AG, Bregovskiy VB, Karpova IA, Tsvetkova TL. Changes in loading distribution in patients with Charcot foot during long-term follow-up. *Diabetes Mellitus.* 2018;21(2):99-104. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/DM9388>
20. van Netten J, Jannink M, Hijmans J, et al. Patients' expectations and actual use of custom-made orthopaedic shoes. *Clin Rehabil.* 2010;24(10):919-927. doi: <https://doi.org/10.1177/0269215510367991>
21. Демина А.Г., Бреговский В.Б., Карпова И.А. Применение ортопедической обуви больными сахарным диабетом с высоким риском ампутации и диабетической нейроостеоартропатией // *Сахарный диабет.* — 2015. — Т. 18. — №4. — С. 79-86. [Demina AG, Bregovskiy VB, Karpova IA. The use of orthopaedic shoes in patients with diabetes at high risk of foot amputation and Charcot arthropathy. *Diabetes Mellitus.* 2015;18(4):79-86. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.14341/DM7186>
22. Bus SA, Maas JC, Otterman MN. Lower-extremity dynamics of walking in neuropathic diabetic patients who wear a forefoot-offloading shoe. *Clin Biomech.* 2017;50:21-26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.10.003>

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

**\*Бреговский Вадим Борисович**, д.м.н. [Vadim B. Bregovskiy, MD, PhD]; адрес: Россия, 194354, Санкт-Петербург, ул. Сикейроса, д. 10Д [address: 10D Sikeyros str., 194354, St-Petersburg, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5285-8303>; eLibrary SPIN: 2547-3330; e-mail: [podiatr@inbox.ru](mailto:podiatr@inbox.ru)

**Бреговский Вадим Борисович**, д.м.н. [Vadim B. Bregovskiy, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5285-8303>; eLibrary SPIN: 2547-3330; e-mail: [podiatr@inbox.ru](mailto:podiatr@inbox.ru)

**Удовиченко Олег Викторович**, д.м.н. [Oleg V. Udovichenko, MD, PhD]; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2991-7130>; eLibrary SPIN 7725-8766; e-mail: [ovu2003@mail.ru](mailto:ovu2003@mail.ru)

**Демина Анастасия Геннадьевна** [Anastasia G. Demina, MD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8126-8452>; eLibrary SPIN: 6161-8594; e-mail: [ans.dem@bk.ru](mailto:ans.dem@bk.ru)

**Берсенева Евгения Александровна**, д.м.н. [Evgeniya A. Berseneva, MD, PhD]; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3481-6190>; eLibrary SPIN 7361-9544; e-mail: [eaberseneva@gmail.com](mailto:eaberseneva@gmail.com)

**Карпова Ирина Альбертовна**, к.м.н. [Irina A. Karpova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-8404>; eLibrary SPIN: 7691-6058; e-mail: [iakar@mail.ru](mailto:iakar@mail.ru)

### ЦИТИРОВАТЬ:

Бреговский В.Б., Удовиченко О.В., Демина А.Г., Берсенева Е.А., Карпова И.А. Педографическая оценка влияния готовой ортопедической обуви на распределение нагрузки под стопами у пациентов с высоким риском развития синдрома диабетической стопы // *Сахарный диабет.* — 2020. — Т. 23. — №5. — С. 442–451. doi: <https://doi.org/10.14341/DM12401>

### TO CITE THIS ARTICLE:

Bregovskiy VB, Udovichenko OV, Demina AG, Berseneva EA, Karpova IA. Pedographic assessment of the impact of off-the-shelf orthopedic shoes on the load distribution under the feet in patients with a high risk of developing diabetic foot syndrome. *Diabetes Mellitus.* 2020;23(5):442-451. doi: <https://doi.org/10.14341/DM12401>