

## ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОПОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ В КОРРЕКЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ

© 2024 г. М. П. Бекренева\*, А. М. Рябова, А. А. Савеко

ФГБУН ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

\*E-mail: mbekreneva@gmail.com

Поступила в редакцию 18.07.2024 г.

После доработки 04.09.2024 г.

Принята к публикации 10.09.2024 г.

В настоящее время имеются убедительные сведения о том, что опорная стимуляция стоп в неврологической практике является перспективным средством двигательной реабилитации. Осуществление опорной стимуляции возможно разными способами, однако, согласно результатам современных исследований, механическая стимуляция стоп демонстрирует наибольшую эффективность. В то же время площадь, локализация и интенсивность механической опорной стимуляции определяют особенности активации кожных механорецепторов стоп, влияя на вызываемые моторные ответы. С этой точки зрения актуальным остается вопрос о том, какой из типов механической опорной стимуляции является наиболее практичным и перспективным. В данном обзоре рассматриваются существующие в настоящее время подходы к механической опорной стимуляции, а также результаты их применения в медицинской практике с целью улучшения двигательных способностей у пациентов.

**Ключевые слова:** опорная стимуляция, реабилитация, медицинские устройства, опорная афферентация, механорецепторы.

**DOI:** 10.31857/S0131164624060084 **EDN:** AFOOBT

Фундаментальные исследования, проведенные в интересах космической биологии и медицины, выявили, что фактор устранения опоры (в невесомости или ее наземных моделях) и, следовательно, снижение уровня опорной афферентации, является причиной рефлекторного снижения мышечного тонуса [1, 2], структурных изменений мышечной периферии [1, 2]. Кроме того, дефицит опорного афферентного притока непосредственно связан с нарушениями координации движений [1–4]. Аналогичные явления наблюдались у пациентов, имobilizованных в течение длительного времени, а также у пожилых людей [5, 6]. На основании того, что имитация опоры за счет механической стимуляции в космических исследованиях частично устраняла негативное влияние гипогравитации на двигательную систему человека [7], данный подход был применен и в наземной медицине [8].

В настоящее время существует достаточное количество сведений о высокой эффективности применения опорной подошвенной стимуляции в реабилитационной и клинической практике [8–13]. Ряд исследований указывает на возможность улучшения двигательных способностей за счет дополнительных опорных сигналов, передаваемых через подошвенную поверхность стоп [11, 14].

Несмотря на значительный прогресс в изучении возможностей применения опорной стимуляции, трудно определить ее наиболее эффективные параметры: интенсивность, локализацию, частоту и тип стимуляции.

Целью данного обзора было собрать актуальные сведения о существующих подходах к механической опорной стимуляции. Данная работа может быть полезной для практикующих врачей, а также внесет свой вклад в совершенствование существующих и в разработку новых медицинских устройств для опорной стимуляции у неврологических пациентов.

### Пневматическая имитация опорной нагрузки на большие области стоп

Опорная стимуляция оказывает благоприятное влияние на локомоторные и поструральные характеристики у пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата [15, 16]. Одной из таких технологий является имитатор опорной нагрузки “Корвит”, разработанный Институтом медико-биологических проблем РАН (г. Москва) совместно с компанией ООО “ВИТ” (г. Санкт-Петербург). Уникальность данной технологии

заключается в том, что пневмокамеры, встроенные в ортезы в зонах плюсны и пятки, имитируют фазу опоры в цикле шага за счет механического давления на области, которые содержат большое число механорецепторов, в режиме естественной локомоции (75 шаг/мин, давление — 40 кПа). Оказываемое механическое давление активирует экстензорные моторные центры коры головного мозга [10]. Основу терапевтического действия устройства “Корвит” составляет создание или увеличение интенсивности опорной афферентации, в результате чего возможна регуляция соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе подобно процессу реализации естественной ходьбы. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению спастичности мышц, а также развитию функциональных связей в головном мозге, способствующих восстановлению координации движений.

Результаты применения этой технологии в реабилитационных и восстановительных целях демонстрируют ее высокую эффективность при детском церебральном параличе (ДЦП) [9, 17], на всех этапах реабилитации после инсульта (включая острый период) [15, 18, 19], при патологии позвоночника, очаговом поражении головного мозга (в том числе после черепно-мозговой травмы), длительной иммобилизации пациентов различного нозологического профиля, тяжелой полинейропатии (например, синдром Гийена–Барре) [20], переломах костей нижних конечностей, а также для предотвращения развития ортостатической непереносимости при вертикализации. Более того, конфигурация имитатора опорной нагрузки “Корвит” позволяет проводить реабилитацию независимо от степени подвижности пациента [11].

Одним из примеров эффективного применения устройства “Корвит” являются результаты 3-недельного исследования влияния механической стимуляции опорных зон стоп на восстановление функции опоры и ходьбы в остром периоде среднетяжелого и тяжелого инсульта (1–7 день) с участием 45 пациентов (основная группа — 24 пациента, контрольная группа — 21 пациент) [19]. В основной группе, помимо традиционной восстановительной терапии, с первых часов развития инсульта 2 раза в сутки 5 раз в неделю применяли механическую стимуляцию опорных зон стоп в режиме медленной ходьбы. Результаты исследования показали, что пациенты в *основной группе* раньше, чем пациенты в контрольной группе, могли самостоятельно сидеть с опущенными ногами (на 6-е сут; в контрольной — на 9-е сут), вставать на ноги (на 10-е сут; в контрольной — на 14-е сут) и ходить (на 12-е сут; в контрольной — на 16-е сут). В исследовании также было показано, что применение механической стимуляции стоп с первых суток после инсульта и в течение последующих 21 сут приводило

к нормализации мышечного тонуса в паретичной ноге и предотвращало развитие выраженной спастичности в разгибателях стопы [16, 19]. Как правило, подобные изменения сопровождаются реорганизацией корковых структур с формированием паттерна активации супраспинальных систем контроля локомоций [10, 11, 16].

Информация об эффективности применения подошвенного имитатора “Корвит” содержится не только в литературе, но и в отзывах российских медицинских учреждений. Так, в 2010 г. в ФГБУ “НМХЦ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России (г. Москва) было проведено исследование, направленное на оценку эффективности применения подошвенного имитатора “Корвит” в программе комплексной нейрореабилитации у пациентов с неврологическими заболеваниями. У пациентов с церебральным инсультом, которые дополнительно применяли опорную стимуляцию в раннем восстановительном периоде, к концу курса реабилитации отмечали снижение степени пареза на  $2.1 \pm 0.8$  балла по шестибальной шкале (в контрольной группе снижение составляло  $0.9 \pm 0.3$  балла). Кроме того, 9 из 17 пациентов основной группы ( $n = 22$ ) со спинномозговой травмой в промежуточном периоде с синдромом неполного нарушения проводимости, которые были не в состоянии ходить до тренировки, обрели способность ходить без посторонней помощи, а у 6 таких пациентов наблюдалось улучшение способности передвигаться с посторонней помощью. При этом в контрольной группе ( $n = 16$ ) динамика восстановления была значительно медленнее (А.Н. Кузнецов, В. Д. Даминов. Отзыв на применение подошвенного имитатора опорной нагрузки (модель “Корвит”). ФГУ “НМХЦ им. Н.И. Пирогова Росздрава”, <https://korvit.org/en/wp-content/uploads/sites/2/2022/06/otzyv-nmhcz-im.pirogova.pdf>).

Опыт стимуляции подошвенной части стопы у детей раннего возраста с двигательными расстройствами, описанный В.Д. Левченковой и др. в 2012 г. [9], также показал высокую эффективность применения аппарата “Корвит” в реабилитационной практике. В исследовании с участием 87 пациентов в возрасте от 1 до 16 лет с различными формами ДЦП проводили курс из 10 сеансов подошвенной стимуляции в режиме естественной ходьбы (длительностью 10–15 мин каждый). Давление в пневмокамерах подбиралось индивидуально (от 20 до 40 кПа). После курса у 5 из 37 детей в возрасте до 4-х лет появились навыки самостоятельной ходьбы, а у 8 из 15 детей в возрасте до 2-х лет появилась способность самостоятельно садиться из положения лежа, а также стоять и передвигаться с помощью ползунков [9]. Позже подобный опыт применения подошвенного стимулятора был описан А.Г. Притыко и др. [17], отметившими положительную динамику локомоторных функций у

детей с двигательными нарушениями, а также достоверную положительную динамику речевого и психического развития.

Сегодня “Корвит” является надежным и эффективным устройством для реабилитации пациентов с различными неврологическими и двигательными нарушениями. Однако это не единственное устройство, которое обеспечивает механическую стимуляцию опорных зон в целях реабилитации. В открытых литературных источниках также описано микромобильное компрессионное устройство для стоп, устанавливаемое в обувные стельки (*Footbeat, AVEX LLC, Grand Junction, США*) [21]. Основные элементы данного устройства — перезаряжаемые моторизованные толкающие рычаги и прижимные подушки (площадью 18.6 см<sup>2</sup>). Они располагаются под аркой продольного свода стопы и оказывают на него давление в 3.76 Н/см<sup>2</sup> каждые 35 с. Стимуляция осуществляется как в положении сидя, так и в положении лежа. Показано, что данное устройство имело положительный терапевтический эффект на восприятие вибрации, контроль равновесия и походку у людей с диабетической периферической невропатией [21].

#### Точечное давление на небольшие области стоп

В литературе также встречаются виды стимуляции механорецепторов опорных зон стоп, основанные на следующих принципах: точечное давление [13, 22], использование текстурированных поверхностей или стелек [23, 24] и проведение пошвенного массажа [25, 26].

Показано, что точечное давление на опорные области подошвы стоп благоприятно влияло на поструральный контроль [13, 14, 22, 27–29]. Так, в 2001 г. С. Maurer et al. [22] в исследовании с участием здоровых испытуемых и пациентов с хроническим двусторонним нарушением вестибулярной функции показали, что надавливание на переднюю часть подошвенной поверхности стопы с помощью подвижной пластины со штифтами, выступающими на 1.2 мм (диаметр штифтов с закругленными вершинами 3 мм; расстояние между штифтами — 15 мм), выполняемое с частотой, соответствующей нормальному колебанию тела, вызывало стабильные поструральные реакции как в группе здоровых испытуемых, так и у пациентов.

В последние годы в качестве потенциальной стратегии реабилитации пациентов с болезнью Паркинсона с проявляющимся сенсорным дефицитом и клиническими симптомами, связанными с нарушениями походки, используют метод автоматизированной механической периферической стимуляции (АМПС) [29–34], в том числе с помощью устройства *Gondola* (*GONDOLA MEDICAL TECHNOLOGIES SA*, Швейцария). Данное устройство состоит из ортезов для ног со встроенными

электродвигателями, которые металлическими штифтами диаметром 2 мм оказывают давление в двух целевых точках, расположенных по центру подушечки большого пальца и в проекции головки первой плюсневой кости. Согласно литературным источникам, данные области потенциально наиболее чувствительны к вибрации и прикосновениям у пациентов с болезнью Паркинсона [31]. Кроме того, F. Barbic et al. [35] обнаружили, что стимуляция этих областей подошвы стопы улучшает параметры походки и может влиять на вегетативный профиль сердца у пациентов с болезнью Паркинсона. В некоторых исследованиях [13, 32] соблюдали схожий протокол: испытуемые с болезнью Паркинсона подвергались 2-минутной АМПС один раз в 3–4 дня в течение 4-х нед. Стимуляцию проводили на основе низкого давления в диапазоне 0.3–0.9 Н/мм<sup>2</sup>, значения которого для каждого пациента подбирались индивидуально [13]. A. Kleiner et al. в исследовании 2015 г. проводили 4 цикла одновременной стимуляции целевых зон длительностью 24 с каждая, во время которой пациенты с болезнью Паркинсона находились в положении лежа, а в исследовании 2018 г. — 8 циклов (2 в неделю в течение 4-х нед.) последовательной раздельной стимуляции 4 целевых зон длительностью 6 с каждая [30, 31]. Применение АМПС у пациентов с болезнью Паркинсона по протоколам, описанным в этих исследованиях, улучшало пространственно-временные параметры походки [30, 31].

В исследовании L. Brognara et al. [28] пациенты с болезнью Паркинсона в течение 5 мин использовали 3-D стельку, на которой в тех же местах, что и в устройстве *Gondola*, располагались два затупленных конуса размером 5 × 2 × 7 мм. В результате применения 3-D стельки у пациентов уменьшалась асимметрия, вариабельность длины шага и сил опорных реакций, однако никаких изменений в скорости, частоте, длительности шага, фазе переноса и периодах одиночной и двойной опоры не происходило [28]. Аналогичная выборочная механическая стимуляция подошв (в тех же точках) у 16 пациентов с идиопатической болезнью Паркинсона способствовала увеличению средней длины шага и скорости походки по сравнению с исходным уровнем значений. У 8 пациентов наблюдалось частичное восстановление равновесия. Кроме того, через 24 ч после точечной механической стимуляции стоп наблюдались изменения в вегетативном профиле сердечно-сосудистой системы: снижение симпатической модуляции сосудов в состоянии покоя и большее усиление сердечной и сосудистой симпатической модуляции при вертикальной стойке [35]. Авторы предположили, что влияние на вегетативный контроль сердечно-сосудистой системы может быть обусловлено активацией тактильных и/или ноцицептивных афферентных путей, проецирующихся на продолговатый мозг, а

повторение механической стимуляции стоп каждые 48–72 ч в сочетании с определенной фармакологической стратегией может стабилизировать походку и улучшить вегетативную сердечно-сосудистую систему у пациентов с болезнью Паркинсона [35]. Сеанс АМПС подошвенных зон стоп у 28 пациентов с болезнью Паркинсона изменял ЭМГ-активность мышц голеностопного сустава во время ходьбы и улучшал функциональную работоспособность, не влияя на кинематику походки [34]. При этом *N. Zelada-Astudillo et al.* [33] показали, что добавление АМПС к физическим упражнениям улучшало функцию вегетативного контроля сердца и аэробные возможности у пациентов с болезнью Паркинсона, предположив, что АМПС обладает потенциалом для изменения сенсомоторной интеграции. При этом отсутствовало значимое влияние АМПС на постуральные характеристики [32].

#### Использование текстурированных поверхностей или стелек

По сравнению с точечной стимуляцией использование текстурированных стелек, напротив, оказывало не на локомоторные, а на постуральные характеристики у пациентов с болезнью Паркинсона. Так, в 2013 г. *F. Qiu et al.* [24] показали, что использование такими пациентами текстурированных стелек способствовало уменьшению колебаний центра давления в медиально-латеральном направлении при стойке на мягкой опоре при закрытых глазах. Авторы предположили, что данное улучшение связано с усилением соматосенсорной информации, поступающей от стоп. При этом использовали текстурированные стельки из мягкого материала (этиленвинилацетат плотностью 270 кг/м<sup>3</sup>) толщиной 1.5 мм, содержащие равномерно распределенные по поверхности гранулы диаметром 5 мм и высотой 3.1 мм, а также два бортика, расположенные по боковому периметру и вокруг пятки (3.1 мм в высоту и 3.1 мм в ширину) [24]. *E. Lirani-Silva et al.* [36] показали, что непрерывное использование текстурированных стелек с полусферическими выступами (диаметром 9 мм), расположенными на дистальной фаланге большого пальца, головках плюснефаланговых суставов и пятке, в течение одной недели улучшало чувствительность стоп и походку у пациентов с болезнью Паркинсона.

Аналогичные результаты в 2020 г. получили *M. Huang et al.* [27] в исследовании с участием пожилых женщин, показав, что стелька с медиальной поддержкой свода стопы и силиконовыми выступами на головках плюсневых костей и латеральной части пятки (*KE-1300T, Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.*, Япония) повышала устойчивость вертикального положения в передне-заднем и медиально-латеральном направлениях при стойке на мягкой

опоре. Кроме того, *N. Asgari et al.* [37] показали, что наличие мозолей на подошвах стоп не снижало эффективность использования текстурированных стелек.

Кроме того, материал, толщина и жесткость подошв обуви могут оказывать влияние не только на контроль вертикального положения [38–39], но и на вергентность глаз, особенно на изменение амплитуды аккомодации [38].

Использование текстурированных стелек также широко применяется при реабилитации пациентов после инсульта. Например, *J. Wang et al.* [40] отмечали, что у пациентов с гемиплегией, вызванной инсультом ( $n = 25$ ), которые на протяжении 4 нед. ежедневно в течение часа использовали стельки с боковым клином 5° и супинатором из этилвинилацетата высокой плотности (*ICB Dual Density Orthotics, Jiangsu Suyun Medical Equipment Co. Ltd.*, Китай), а также с дополнительными подушечками для передней части стопы и поперечного свода в районе плюсны, наблюдались значительные улучшения характеристик походки, равновесия, увеличение нагрузки на пораженную сторону при вертикальной стойке и ходьбе, а также улучшение двигательных способностей в повседневной жизни.

#### Ручной массаж стоп

Данный метод считается наиболее доступным, поскольку не требует дополнительного оборудования. Показано, что применение подошвенного массажа способствует улучшению постуральной устойчивости [25, 26]. Например, в работе *T.E. Yumin et al.* [25] описано положительное влияние классического и фрикционного массажа на уровень функциональной подвижности и равновесия у пациентов с сахарным диабетом II типа ( $n = 38$ ), которое заключалось в уменьшении времени выполнения теста *Timed Up & Go*, улучшении показателя функциональной досягаемости и увеличении длительности стойки на одной ноге в тестах с открытыми и закрытыми глазами. *E.A. Wikstrom et al.* [26] получили аналогичные результаты, свидетельствующие об улучшении постуральной устойчивости у пациентов с хронической нестабильностью голеностопного сустава, после одного 5-минутного сеанса подошвенного массажа (традиционного, самостоятельного или с использованием сенсорной щетки). Авторы также предположили, что наблюдаемые эффекты обусловлены стимуляцией подошвенных кожных рецепторов, а не мышечно-сухожильных рецепторов [26].

#### Вибрационная стимуляция стоп

Вибрационное воздействие на подошвенную часть стопы используется для активации низкочастотных кожных афферентов [12, 41].

Вибротактильная стимуляция подошвы стопы под продольным сводом с частотой 50 Гц активирует тельца Мейснера и Пачини, индуцируя экстероцептивный сигнал от кожных механорецепторов. Это в свою очередь вызывает активацию нейронов в двигательных центрах, преимущественно контрлатерально в первичной двигательной коре [42]. Высокочастотная (100 Гц) низкоамплитудная вибростимуляция передней и задней частей подошвенной поверхности стопы вызывает постуральные реакции, направление которых зависит от того, на какую именно часть стопы направлен вибрационный стимул, или от разницы в частоте вибрации при одновременной стимуляции передней и задней частей подошвы стопы [12]. Так, направление смещения центра давления всегда противоположно тому, в какой части стопы применяется вибростимуляция [12]. Влияние вибростимуляции на постуральный контроль стало причиной использования данного метода в клинической практике.

Одно из первых упоминаний клинического применения метода подошвенной вибростимуляции встречается в исследовании *I.V. Manyakhina et al.* [43], в котором приняли участие 95 пациентов с инсультом (65 пациентов — с геморрагическим, 30 пациентов — с ишемическим). Стимуляция осуществлялась ежедневно в течение 10 дней по специально разработанной методике при помощи вибростимулирующей обуви (Институт машиностроения Академии наук СССР, г. Москва); используемая частота вибрации создавала эффект биомеханического резонанса и имитировала ритм естественной ходьбы. У пациентов с ишемическим инсультом такая вибростимуляция способствовала более раннему восстановлению двигательного стереотипа при условии стабильных показателей гемодинамики. Применение локальной вибростимуляции опорных точек стоп у пациентов с геморрагическим инсультом, осложненным пневмонией, улучшило показатели функции внешнего дыхания благодаря ускоренной сенсibilизации пациентов [43].

*M. Khalifelloo et al.* [44] в 2018 г. исследовали влияние подошвенной вибростимуляции (с частотой 100 Гц и длительностью 5 мин), применяемой к пораженной ноге, на постуральный баланс и походку пациентов, перенесших инсульт. Устройство для вибростимуляции состояло из двух вибраторов, установленных внутри бокса, угол которого можно было регулировать для осуществления стимуляции больших областей стоп (*Erteashate Tebbie Iranian Co.*, Иран). У пациентов значительно улучшались результаты теста *Timed Up & Go*, уменьшалась спастичность мышц-сгибателей и увеличивался диапазон пассивных движений голеностопного сустава, однако показатели постурографического теста при открытых и закрытых глазах существенно не

улучшались [44]. Аналогичные результаты были получены в рандомизированном контролируемом исследовании *B. Önal et al.* [45], в котором у 15 пациентов, перенесших инсульт, после 4-недельного курса локальной вибрационной терапии с частотой 80 Гц совместно с традиционной физиотерапией наблюдалось большее улучшение показателей статического и динамического равновесия по сравнению с участниками контрольной группы ( $n = 15$ ), что свидетельствует о пользе применения вибростимуляции при реабилитации пациентов с инсультом.

Метод вибрационной стимуляции также применяется при болезни Паркинсона. Так, в исследовании *P. Novak и V. Novak* [46] оценивали влияние 6-минутной ходьбы с вибростимуляцией, синхронизированной с шагом, на походку данной группы пациентов. Носимое вибрационное устройство представляло собой обувные стельки с тремя встроенными миниатюрными вибродисковыми двигателями — один под пяткой и два под плюсной стопы. Устройство выдавало сверхпороговый вибрационный импульс частотой 70 Гц при касании пяткой или передней частью стопы и отключалось во время фазы переноса цикла ходьбы. Такая вибростимуляция снижала вариабельность шага, увеличивала скорость ходьбы, длительность шага, длину шага и частоту сердечных сокращений.

Вибростельки нашли применение и у больных сахарным диабетом с периферической нейропатией легкой и средней степени тяжести [47]. Так, в исследовании с участием 20 пациентов применение вибромедицинской стельки с добавлением случайного белого шума (с фильтрацией нижних частот до 100 Гц) в области пятки, головок плюсневых костей и подушечки большого пальца обеих стоп при ходьбе у всех участников способствовало улучшению подошвенной чувствительности после 30-минутной ходьбы. Авторы также предположили, что ежедневное использование данного устройства снизит риск образования язв у пациентов с диабетической невропатией. Более того, в ряде работ [12, 48, 49] было показано, что использование подпороговой подошвенной вибростимуляции у пациентов с диабетической невропатией улучшает постуральную устойчивость, а сверхпороговой вибрации — модулирует постуральные колебания.

Кроме того, *L. Lauzier et al.* [50] выяснили, что вибрация с частотой 50 Гц, оказываемая с помощью портативной вибрационной платформы на всю поверхность подошвы стопы, так же как и мягкая опорная поверхность, вызывали постуральный дисбаланс у пожилых людей, что проявлялось в увеличении амплитуды колебаний и скорости перемещений центра давления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пневмомеханическая стимуляция больших участков стоп демонстрирует наиболее многообещающие клинические результаты. Можно предположить, что применение данного метода активизирует большее число механорецепторов подошвы стопы, а также обеспечивает более интенсивный опорный афферентный приток по сравнению с другими рассматриваемыми методами [10, 11]. Длительная стимуляция с последовательным воздействием на зоны передней части стопы и пятки в режиме естественной ходьбы, вероятно, позволяет активировать как быстро адаптирующиеся, так и медленно адаптирующиеся механорецепторы [51]. Это приводит к нейропластическим преобразованиям, необходимым для компенсации частичной потери функциональных связей в мозге, используемых для реализации и контроля ходьбы [11]. В то же время пневматический принцип работы устройства может быть заменен другим механизмом, обеспечивающим аналогичный принцип механической стимуляции.

Перспективными являются устройства, которые можно использовать в положении лежа и сидя. Например, имитатор опорной нагрузки “Корвит” может применяться с первого дня после инсульта до вертикализации пациента, значительно улучшая дальнейший прогноз качества жизни без риска для пациентов [11]. В тех случаях, когда пациент может самостоятельно ходить или заниматься на беговой дорожке, двигательная тренировка, вероятно, будет более эффективной для создания необходимого опорного афферентного стимула. В то же время выраженная дисфункция двигательного контроля может привести к неадекватным опорным сигналам при патологической ходьбе [19]. В этом случае также будет целесообразно применение поддерживающей опорной стимуляции в положении сидя или лежа.

Следует отметить, что актуальными являются исследования и разработки, направленные на совершенствование протоколов пневмомеханической стимуляции больших участков стоп. В частности, в настоящее время коллективом ведется активная работа по совершенствованию технологии имитатора опорной нагрузки “Корвит”.

**Финансирование работы.** Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ № 24-25-00354. (<https://rscf.ru/project/24-25-00354/>).

**Конфликт интересов.** Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

**Вклад авторов в публикацию.** А.А. Савеко, М.П. Бекренева — разработка основной идеи рукописи. М.П. Бекренева, А.М. Рябова — написание первого варианта обзорной статьи. А.А. Савеко — редактирование рукописи. М.П. Бекренева — основная ответственность за окончательное

содержание. Все авторы одобрили окончательную версию публикации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловская И.Б. Гравитация и позно-тоническая двигательная система // *Авиакосм. и эколог. мед.* 2017. Т. 51. № 3. С. 5.
2. Шенкман Б.С., Мирзоев Т.М., Козловская И.Б. Тоническая активность и гравитационный контроль постуральной мышцы // *Авиакосм. и эколог. мед.* 2020. Т. 56. № 6. С. 58.
3. Moore S.T., Dilda V., Morris T.R. et al. Long-duration spaceflight adversely affects post-landing operator proficiency // *Sci. Rep.* 2019. V. 9. № 1. P. 2677.
4. Saveko A., Bekreneva M., Ponomarev I. et al. Impact of different ground-based microgravity models on human sensorimotor system // *Front. Physiol.* 2023. V. 14. P. 1085545.
5. Ратушный А.Ю., Буравкова Л.Б. Эффекты микрогравитации и физиология старения: сходные изменения или общие механизмы? // *Биохимия.* 2023. Т. 88. № 1. С. 2138.
6. Pandiarajan M., Hargens A.R. Ground-based analogs for human spaceflight // *Front. Physiol.* 2020. V. 11. P. 716.
7. Носикова И.Н., Рябова А.М., Китов В.В., Томиловская Е.С. Эффективность космических средств профилактики для предотвращения развития гиперрефлексии // *Интегративная физиология.* 2023. Т. 4. № 3. С. 335.
8. Motanova E., Bekreneva M., Rukavishnikov I. et al. Application of space technologies aimed at proprioceptive correction in terrestrial medicine in Russia // *Front. Physiol.* 2022. V. 13. P. 921862.
9. Левченкова В.Д., Семенова К.А. Современные представления о морфологической основе детского церебрального паралича // *Журн. неврол. и психиатр. им. С.С. Корсакова.* 2012. Т. 112. № 7–2. С. 4.
10. Кремнева Е.И., Саенко И.В., Черникова Л.А. и др. Особенности активации зон коры головного мозга при стимуляции опорных рецепторов в норме и при очаговых поражениях ЦНС // *Физиология человека.* 2013. Т. 39. № 5. С. 86.
11. Черникова Л.А., Кремнева Е.И., Червяков А.В. и др. Новые подходы в изучении механизмов нейропластических процессов у больных с поражениями центральной нервной системы // *Физиология человека.* 2013. Т. 39. № 3. С. 54.
12. Viseux F.J.F., Lemaire A., Barbier F. et al. How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary // *Neurophysiol. Clin.* 2019. V. 49. № 3. P. 263.

13. *Brogna L., Cauli O.* Mechanical plantar foot stimulation in Parkinson's disease: A scoping review // *Dis-eases*. 2020. V. 8. № 2. P. 12.
14. *Viseux F.J.F.* The sensory role of the sole of the foot: Review and update on clinical perspectives // *Neuro-physiol. Clin.* 2020. V. 50. № 1. P. 55.
15. *Шварков С.Б., Титова Е.Ю., Мизиева З.М. и др.* Применение методов комплексной проприо-цептивной коррекции в восстановлении двига-тельных функций у больных инсультом // *Кли-ническая практика*. 2011. Т. 2. № 3. С. 3.
16. *Саенко И.В., Кремнева Е.И., Глебова О.В. и др.* Но-вые подходы в реабилитации больных с пораже-ниями ЦНС, базирующиеся на гравитационных механизмах // *Физиология человека*. 2017. Т. 43. № 5. С. 118.
17. *Притыко А.Г., Чебаненко Н.В., Зыков В.П. и др.* Опыт применения проприоцептивного модели-рования ходьбы у детей раннего возраста с двига-тельными расстройствами // *Рус. журн. детской неврологии*. 2019. Т. 14. № 3. С. 16.
18. *Томиловская Е.С., Мошонкина Т.Р., Городничев Р.М. и др.* Механическая стимуляция опорных зон стоп: неинвазивный способ активации генерато-ров шагательных движений у человека // *Физио-логия человека*. 2013. Т. 39. № 5. С. 34.
19. *Глебова О.В., Максимова М.Ю., Черникова Л.А.* Механическая стимуляция опорных зон стоп в остром периоде среднетяжелого и тяжелого ин-сульта // *Вест. восст. мед.* 2014. Т. 1. № 1. С. 71.
20. *Хорошун А.А., Пирадов М.А., Черникова Л.А.* Новые технологии нейрореабилитации: имитатор опор-ной нагрузки при синдроме Гийена–Барре // *Ан-налы клинической и экспериментальной невро-логии*. 2012. Т. 6. № 1. С. 20.
21. *Kang G.E., Zahiri M., Lepow B. et al.* The effect of dai-ly use of plantar mechanical stimulation through mi-cro-mobile foot compression device installed in shoe insoles on vibration perception, gait, and balance in people with diabetic peripheral neuropathy // *J. Dia-betes Sci. Technol.* 2019. V. 13. № 5. P. 847.
22. *Maurer C., Mergner T., Bolha B., Hlavacka F.* Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles // *Neurosci. Lett.* 2001. V. 302. № 1. P. 45.
23. *Leelachutidej O., Srisawasdi G., Chadchavalpanicha-ya N., Sukthomya S.* Influence of textured surface insoles on postural control in older adults // *J. The Department of Medical Services*. 2023. V. 48. № 2. P. 45.
24. *Qiu F., Cole M.H., Davids K.W. et al.* Effects of tex-tured insoles on balance in people with Parkinson's disease // *PLoS One*. 2013. V. 8. № 12. P. e83309.
25. *Yumin T.E., Simsek T.T., Sertel M. et al.* The effect of foot plantar massage on balance and functional reach in patients with type II diabetes // *Physiother. Theory Pract.* 2017. V. 33. № 2. P. 115.
26. *Wikstrom E.A., Song K., Lea A., Brown N.* Compar-ative effectiveness of plantar-massage techniques on postural control in those with chronic ankle instabi-lity // *J. Athl. Train.* 2017. V. 52. № 7. P. 629.
27. *Huang M., Yick K.L., Ng S.P. et al.* The effect of sup-port surface and footwear condition on postural sway and lower limb muscle action of the older women // *PLoS One*. 2020. V. 15. № 6. P. e0234140.
28. *Brogna L., Navarro-Flores E., Iachemet L. et al.* Ben-eficial effect of foot plantar stimulation in gait param-eters in individuals with Parkinson's disease // *Brain Sci.* 2020. V. 10. № 2. P. 69.
29. *Tedeschi R.* Automated mechanical peripheral stim-ulation for gait rehabilitation in Parkinson's disease: A comprehensive review // *Clin. Park. Relat. Disord.* 2023. V. 9. P. 100219.
30. *Kleiner A., Galli M., Gaglione M. et al.* The Parkin-sonian gait spatiotemporal parameters quantified by a single inertial sensor before and after automated me-chanical peripheral stimulation treatment // *Parkin-sons Dis.* 2015. V. 2015. P. 390512.
31. *Kleiner A.F.R., Souza Pagnussat A., Pinto C. et al.* Au-tomated mechanical peripheral stimulation effects on gait variability in individuals with Parkinson disease and freezing of gait: A double-blind, randomized con-trolled trial // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2018. V. 99. № 12. P. 2420.
32. *Prusch J.S., Kleiner A.F.R., Salazar A.P. et al.* Auto-mated mechanical peripheral stimulation and postural control in subjects with Parkinson's disease and freez-ing of gait: a randomized controlled trial // *Funct. Neurol.* 2018. V. 33. № 4. P. 206.
33. *Zelada-Astudillo N., Moreno V.C., Herrera-Santeli-ces A. et al.* Effect of the combination of automated peripheral mechanical stimulation and physical ex-ercise on aerobic functional capacity and cardiac au-tonomic control in patients with Parkinson's disease: A randomized clinical trial protocol // *Trials*. 2021. V. 22. № 1. P. 250.
34. *Marques N.R., Kuroda M.H., Moreno V.C. et al.* Ef-fects of automatic mechanical peripheral stimulation on gait biomechanics in older adults with Parkinson's disease: a randomized crossover clinical trial // *Aging Clin. Exp. Res.* 2022. V. 34. № 6. P. 1323.
35. *Barbic F., Galli M., Dalla Vecchia L. et al.* Effects of mechanical stimulation of the feet on gait and cardio-vascular autonomic control in Parkinson's disease // *J. Appl. Physiol.* (1985). 2014. V. 116. № 5. P. 495.
36. *Lirani-Silva E., Vitorio R., Barbieri F.A. et al.* Contin-uous use of textured insole improve plantar sensation and stride length of people with Parkinson's disease: A pilot study // *Gait Posture*. 2017. V. 58. P. 495.
37. *Asgari N., Yeowell G., Sadeghi-Demneh E.* A com-parison of the efficacy of textured insoles on balance

- performance in older people with versus without plantar callosities // *Gait Posture*. 2022. V. 94. P. 217.
38. Foisy A., Gaertner C., Matheron E., Kapoula Z. Controlling posture and vergence eye movements in quiet stance: effects of thin plantar inserts // *PLoS One*. 2015. V. 10. № 12. P. e0143693.
  39. Viseux F., Barbier F., Villeneuve P. et al. Low additional thickness under the toes could change upright balance of healthy subjects // *Neurophysiol. Clin.* 2018. V. 48. № 6. P. 397.
  40. Wang J., Qiao L., Yu L. et al. Effect of customized insoles on gait in post-stroke hemiparetic individuals: A randomized controlled trial // *Biology*. 2021. V. 10. № 11. P. 1187.
  41. Strzalkowski N.D., Incognito A.V., Bent L.R., Millar P.J. Cutaneous mechanoreceptor feedback from the hand and foot can modulate muscle sympathetic nerve activity // *Front. Neurosci.* 2016. V. 10. P. 568.
  42. Seri F.A.S., Abd Hamid A.I., Abdullah J.M. et al. Investigating cortical networks from vibrotactile stimulation in young adults using independent component analysis: An fMRI study // *Neurosci. Res. Notes*. 2023. V. 6. № 3. P. 194.
  43. Manyakhina I.V., Mirkin A.S., Turbina L.G. et al. Use of a vibrostimulatory shoe as a component in the treatment of patients suffering cerebral insult // *Neurosci. Behav. Physiol.* 1985. V. 15. № 6. P. 480.
  44. Khalifeloo M., Naghdi S., Ansari N.N. et al. A study on the immediate effects of plantar vibration on balance dysfunction in patients with stroke // *J. Exerc. Rehabil.* 2018. V. 14. № 2. P. 259.
  45. Önal B., Sertel M., Karaca G. Effect of plantar vibration on static and dynamic balance in stroke patients: a randomised controlled study // *Physiotherapy*. 2022. V. 116. P. 1.
  46. Novak P., Novak V. Effect of step-synchronized vibration stimulation of soles on gait in Parkinson's disease: A pilot study // *J. Neuroeng. Rehabil.* 2006. V. 3. P. 9.
  47. Cham M.B., Mohseni-Bandpei M.A., Bahramizadeh M. et al. The effects of vibro-medical insole on sensation and plantar pressure distribution in diabetic patients with mild-to-moderate peripheral neuropathy // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*. 2018. V. 59. P. 34.
  48. Brognara L., Mazzotti A., Di Martino A. et al. Wearable sensor for assessing gait and postural alterations in patients with diabetes: a scoping review // *Medicina*. 2021. V. 57. № 11. P. 1145.
  49. Hatton A.L., Chatfield M.D., Cattagni T., Vicenzino B. The effects of vibrating shoe insoles on standing balance, walking, and ankle-foot muscle activity in adults with diabetic peripheral neuropathy // *Gait Posture*. 2024. V. 111. P. 8.
  50. Lauzier L., Kadri M.A., Bouchard E. et al. Vibration of the whole foot soles surface using an inexpensive portable device to investigate age-related alterations of postural control // *Front. Hum. Neurosci.* 2021. V. 15. P. 719502.
  51. Strzalkowski N.D.J., Peters R.M., Inglis J.T., Bent L.R. Cutaneous afferent innervation of the human foot sole: what can we learn from single-unit recordings? // *J. Neurophysiol.* 2018. V. 120. № 3. P. 1233.

## REFERENCES

1. Kozlovskaya I.B. Gravity and the tonic postural motor system // *Human Physiology*. 2018. V. 44. № 7. P. 725.
2. Shenkman B.S., Mirzoev T.M., Kozlovskaya I.B. Tonic activity and gravitational control of the postural muscle // *Human Physiology*. 2021. V. 47. № 7. P. 744.
3. Moore S.T., Dilda V., Morris T.R. et al. Long-duration spaceflight adversely affects post-landing operator proficiency // *Sci. Rep.* 2019. V. 9. № 1. P. 2677.
4. Saveko A., Bekreneva M., Ponomarev I. et al. Impact of different ground-based microgravity models on human sensorimotor system // *Front. Physiol.* 2023. V. 14. P. 1085545.
5. Ratushnyy A.Y., Buravkova L.B. Microgravity effects and aging physiology: Similar changes or common mechanisms? // *Biochemistry*. 2023. V. 88. № 1. P. 1763.
6. Pandiarajan M., Hargens A.R. Ground-based analogs for human spaceflight // *Front. Physiol.* 2020. V. 11. P. 716.
7. Nosikova I.N., Riabova A.M., Kitov V.V., Tomilovskaya E.S. Effectiveness of space countermeasures to prevent hyperreflexia // *Integr. Physiol.* V. 4. № 3. P. 335.
8. Motanova E., Bekreneva M., Rukavishnikov I. et al. Application of space technologies aimed at proprioceptive correction in terrestrial medicine in Russia // *Front. Physiol.* 2022. V. 13. P. 921862.
9. Levchenkova V.D., Semenova K.A. [Contemporary views of the morphological basis of infant cerebral palsy] // *Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S.S. Korsakova*. 2012. V. 112. № 7–2. P. 4.
10. Kremneva E.I., Saenko I.V., Chernikova L.A. et al. Specific activation of brain cortical areas in response to stimulation of the support receptors in healthy subjects and patients with focal lesions of the CNS // *Human Physiology*. 2013. V. 39. № 5. P. 524.
11. Chernikova L.A., Kremneva E.I., Chervyakov A.V. et al. New approaches in the study of neuroplasticity process in patients with central nervous system lesion // *Human Physiology*. 2013. V. 39. № 3. P. 272.
12. Viseux F.J.F., Lemaire A., Barbier F. et al. How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary // *Neurophysiol. Clin.* 2019. V. 49. № 3. P. 263.
13. Brognara L., Cauli O. Mechanical plantar foot stimulation in Parkinson's disease: A scoping review // *Dis-eases*. 2020. V. 8. № 2. P. 12.

14. *Viseux F.J.F.* The sensory role of the sole of the foot: Review and update on clinical perspectives // *Neurophysiol. Clin.* 2020. V. 50. № 1. P. 55.
15. *Shvarkov S.B., Titova E.U., Mizieva Z.M. et al.* [Application of integrated proprioceptive correction in motor recovery in patients with stroke] // *Clin. Pract.* 2011. V. 2. № 3. P. 3.
16. *Saenko I.V., Kremneva E.I., Glebova O.V. et al.* New approaches in the rehabilitation of patients with central nervous system lesions based on the gravitational mechanisms // *Human Physiology.* 2017. V. 43. № 5. P. 591.
17. *Prityko A.G., Chebanenko N.V., Zykov V.P. et al.* [Experience of application of proprioceptive modeling of walking in children of early age with motor disorders] // *Russ. J. Child Neurol.* 2019. V. 14. № 3. P. 16.
18. *Tomilovskaya E.S., Moshonkina T.R., Gorodnichen R.M. et al.* Mechanical stimulation of the support zones of soles: The method of noninvasive activation of the stepping movement generators in humans // *Human Physiology.* 2013. V. 39. № 5. P. 480.
19. *Glebova O.V., Maksimova M.Yu., Chernikova L.A.* [Mechanical stimulation of the foot support zones in the acute period of moderate and severe stroke] // *Vestn. Vosstanov. Med.* 2014. V. 1. № 1. P. 71.
20. *Khoroshun A.A., Piradov M.A., Chernikova L.A.* [New technologies in rehabilitation: plantar imitator of bearing load for patients with Guillain-Barre syndrome] // *Ann. Clin. Exp. Neurol.* 2012. V. 6. № 1. P. 20.
21. *Kang G.E., Zahiri M., Lepow B. et al.* The effect of daily use of plantar mechanical stimulation through micro-mobile foot compression device installed in shoe insoles on vibration perception, gait, and balance in people with diabetic peripheral neuropathy // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2019. V. 13. № 5. P. 847.
22. *Maurer C., Mergner T., Bolha B., Hlavacka F.* Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles // *Neurosci. Lett.* 2001. V. 302. № 1. P. 45.
23. *Leelachutidej O., Srisawasdi G., Chadchavalpanichaya N., Sukthomya S.* Influence of textured surface insoles on postural control in older adults // *J. The Department of Medical Services.* 2023. V. 48. № 2. P. 45.
24. *Qiu F., Cole M.H., Davids K.W. et al.* Effects of textured insoles on balance in people with Parkinson's disease // *PLoS One.* 2013. V. 8. № 12. P. e83309.
25. *Yumin T.E., Simsek T.T., Sertel M. et al.* The effect of foot plantar massage on balance and functional reach in patients with type II diabetes // *Physiother. Theory Pract.* 2017. V. 33. № 2. P. 115.
26. *Wikstrom E.A., Song K., Lea A., Brown N.* Comparative effectiveness of plantar-massage techniques on postural control in those with chronic ankle instability // *J. Athl. Train.* 2017. V. 52. № 7. P. 629.
27. *Huang M., Yick K.L., Ng S.P. et al.* The effect of support surface and footwear condition on postural sway and lower limb muscle action of the older women // *PLoS One.* 2020. V. 15. № 6. P. e0234140.
28. *Brognara L., Navarro-Flores E., Iachemet L. et al.* Beneficial effect of foot plantar stimulation in gait parameters in individuals with Parkinson's disease // *Brain Sci.* 2020. V. 10. № 2. P. 69.
29. *Tedeschi R.* Automated mechanical peripheral stimulation for gait rehabilitation in Parkinson's disease: A comprehensive review // *Clin. Park. Relat. Disord.* 2023. V. 9. P. 100219.
30. *Kleiner A., Galli M., Gaglione M. et al.* The Parkinsonian gait spatiotemporal parameters quantified by a single inertial sensor before and after automated mechanical peripheral stimulation treatment // *Parkinsons Dis.* 2015. V. 2015. P. 390512.
31. *Kleiner A.F.R., Souza Pagnussat A., Pinto C. et al.* Automated mechanical peripheral stimulation effects on gait variability in individuals with Parkinson disease and freezing of gait: A double-blind, randomized controlled trial // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2018. V. 99. № 12. P. 2420.
32. *Prusch J.S., Kleiner A.F.R., Salazar A.P. et al.* Automated mechanical peripheral stimulation and postural control in subjects with Parkinson's disease and freezing of gait: a randomized controlled trial // *Funct. Neurol.* 2018. V. 33. № 4. P. 206.
33. *Zelada-Astudillo N., Moreno V.C., Herrera-Santelices A. et al.* Effect of the combination of automated peripheral mechanical stimulation and physical exercise on aerobic functional capacity and cardiac autonomic control in patients with Parkinson's disease: a randomized clinical trial protocol // *Trials.* 2021. V. 22. № 1. P. 250.
34. *Marques N.R., Kuroda M.H., Moreno V.C. et al.* Effects of automatic mechanical peripheral stimulation on gait biomechanics in older adults with Parkinson's disease: a randomized crossover clinical trial // *Aging Clin. Exp. Res.* 2022. V. 34. № 6. P. 1323.
35. *Barbic F., Galli M., Dalla Vecchia L. et al.* Effects of mechanical stimulation of the feet on gait and cardiovascular autonomic control in Parkinson's disease // *J. Appl. Physiol.* (1985). 2014. V. 116. № 5. P. 495.
36. *Lirani-Silva E., Vitorio R., Barbieri F.A. et al.* Continuous use of textured insole improve plantar sensation and stride length of people with Parkinson's disease: A pilot study // *Gait Posture.* 2017. V. 58. P. 495.
37. *Asgari N., Yeowell G., Sadeghi-Demneh E.* A comparison of the efficacy of textured insoles on balance performance in older people with versus without plantar callosities // *Gait Posture.* 2022. V. 94. P. 217.
38. *Foisy A., Gaertner C., Matheron E., Kapoula Z.* Controlling posture and vergence eye movements in quiet stance: effects of thin plantar inserts // *PLoS One.* 2015. V. 10. № 12. P. e0143693.

39. *Viseux F., Barbier F., Villeneuve P. et al.* Low additional thickness under the toes could change upright balance of healthy subjects // *Neurophysiol. Clin.* 2018. V. 48. № 6. P. 397.
40. *Wang J., Qiao L., Yu L. et al.* Effect of customized insoles on gait in post-stroke hemiparetic individuals: A randomized controlled trial // *Biology.* 2021. V. 10. № 11. P. 1187.
41. *Strzalkowski N.D., Incognito A.V., Bent L.R., Millar P.J.* Cutaneous mechanoreceptor feedback from the hand and foot can modulate muscle sympathetic nerve activity // *Front. Neurosci.* 2016. V. 10. P. 568.
42. *Seri F.A.S., Abd Hamid A.I., Abdullah J.M. et al.* Investigating cortical networks from vibrotactile stimulation in young adults using independent component analysis: an fMRI study // *Neurosci. Res. Notes.* 2023. V. 6. № 3. P. 194.
43. *Manyakhina I.V., Mirkin A.S., Turbina L.G. et al.* Use of a vibrostimulatory shoe as a component in the treatment of patients suffering cerebral insult // *Neurosci. Behav. Physiol.* 1985. V. 15. № 6. P. 480.
44. *Khalifelloo M., Naghdi S., Ansari N.N. et al.* A study on the immediate effects of plantar vibration on balance dysfunction in patients with stroke // *J. Exerc. Rehabil.* 2018. V. 14. № 2. P. 259.
45. *Önal B., Sertel M., Karaca G.* Effect of plantar vibration on static and dynamic balance in stroke patients: A randomised controlled study // *Physiotherapy.* 2022. V. 116. P. 1.
46. *Novak P., Novak V.* Effect of step-synchronized vibration stimulation of soles on gait in Parkinson's disease: A pilot study // *J. Neuroeng. Rehabil.* 2006. V. 3. P. 9.
47. *Cham M.B., Mohseni-Bandpei M.A., Bahramizadeh M. et al.* The effects of vibro-medical insole on sensation and plantar pressure distribution in diabetic patients with mild-to-moderate peripheral neuropathy // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* 2018. V. 59. P. 34.
48. *Brognara L., Mazzotti A., Di Martino A. et al.* Wearable sensor for assessing gait and postural alterations in patients with diabetes: a scoping review // *Medicina.* 2021. V. 57. № 11. P. 1145.
49. *Hatton A.L., Chatfield M.D., Cattagni T., Vicenzino B.* The effects of vibrating shoe insoles on standing balance, walking, and ankle-foot muscle activity in adults with diabetic peripheral neuropathy // *Gait Posture.* 2024. V. 111. P. 8.
50. *Lauzier L., Kadri M.A., Bouchard E. et al.* Vibration of the whole foot soles surface using an inexpensive portable device to investigate age-related alterations of postural control // *Front. Hum. Neurosci.* 2021. V. 15. P. 719502.
51. *Strzalkowski N.D.J., Peters R.M., Inglis J.T., Bent L.R.* Cutaneous afferent innervation of the human foot sole: what can we learn from single-unit recordings? // *J. Neurophysiol.* 2018. V. 120. № 3. P. 1233.

## The Use of Different Types of Mechanical Support Stimulation in the Correction of Motor Disorders

**M. P. Bekreneva\*, A. M. Riabova, A. A. Saveko**

*Institute of Biomedical Problems, RAS, Moscow, Russia*

\*E-mail: mbekreneva@gmail.com

To date, there is evidence that support stimulation of the feet in neurological practice is a promising method for motor rehabilitation. The implementation of support stimulation is possible in various ways, but according to the results of modern research, mechanical stimulation of the feet demonstrates the greatest effectiveness. At the same time, the area, localization and intensity of mechanical support stimulation determine the activation features of the cutaneous mechanoreceptors of the soles, affecting evoked motor responses. From this perspective, the question of which type of mechanical support stimulation is the most practical and prospective remains relevant. In this review, we consider the currently existing approaches to mechanical support stimulation, as well as the results of their application in medical practice in order to improve motor abilities in patients.

**Keywords:** support stimulation, rehabilitation, medical devices, support afferentation, mechanoreceptors.