

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

Скирмонт Е.И.¹, Голубева Ю.Б.¹, Зими́на Е.Л.¹, Ладэ А.С.¹, Питкин М.Р.²

¹ Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им Г.А. Альбрехта, ул. Бестужевская, д. 50, Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация

² Тафтский университет, Бостон, МА 02111, США

Резюме

Введение. Детский церебральный паралич (ДЦП) является ведущей причиной детской инвалидности, представляя собой непрогрессирующую энцефалопатию до, во время, или после родов. Распространенным следствием ДЦП является спастическая диплегия, ведущая к частым проблемам при ходьбе. Необходимость раннего восстановительного лечения вытекает из особенностей детского мозга — его пластичности и универсальной способности к компенсации нарушенных функций. Особая роль принадлежит ранней коррекции патологии функциональной системы антигравитации ребенка методами ортопедической реабилитации. Без правильного проектирования и назначения ортопедической обуви и других ортопедических изделий можно пропустить возможность своевременного формирования оптимального стереотипа ходьбы для уменьшения компенсаторных движений и спастичности, что в свою очередь может повысить эффективность других видов лечения.

Цель. Внедрить новые конструкции ортезов и ортопедической обуви, соответствующих медико-техническим требованиям, предъявляемым к техническим средствам реабилитации для детей со спастическими формами ДЦП, и изготовленные с применением современных технологий.

Материалы и методы. В данной работе рассматривается роль конструкции ортезов и ортопедической обуви в нормализации базовых характеристик равновесия и ходьбы детей с ДЦП. Особое внимание обращено на возможность подгонки изделий до такой степени и с такой частотой, которые отвечали бы медицинским требованиям, изменяющимся по мере роста ребенка и с учетом результатов различных видов лечения. Приводятся данные об оценке эффективности снабжения ортопедического снабжения ортезами и обувью.

Результаты. Результаты сравнительного анализа биомеханических характеристик ассортиментного ряда ортопедических изделий при ДЦП, а также экспертная оценка ортезов и ортопедической обуви подтвердили своевременность изучения принципов назначения и изготовления ортезов и ортопедической обуви при данной патологии.

Обсуждение. Исследование ассортиментного ряда изделий, назначаемых при данной патологии и представленных на рынке ортопедических услуг, осуществляется на базе классификации различных форм ДЦП, отражающей видимые патологические отклонения в нижних конечностях. При разработке и создании протезно-ортопедических изделий необходимо учитывать вид и степень выраженности деформаций, возникающих при данной патологии. Алгоритм назначения ортопедической обуви зависит от степени выраженности анатомических и функциональных нарушений нижней конечности. Инновационные технологии позволяют дополнять упомянутые традиционные способы ортопедического обеспечения принципиально новыми подходами.

Заключение. Исследование показало, что технические средства реабилитации (ТСР), назначаемые детям со спастическими формами ДЦП, должны изготавливаться в строгом соответствии с медико-техническими требованиями и параметрами, указанными в нормативной и технологической документации. При этом изменения в биомеханическом статусе ребенка в ходе его биологического роста и применяемой терапии диктуют необходимость многократной коррекции ТСР в процессе реабилитации.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, деформация, ортопедическая обувь, ортезы, колодка.

Скирмонт Е.И., Голубева Ю.Б., Зими́на Е.Л., Ладэ А.С., Питкин М.Р. Некоторые аспекты ортопедической реабилитации детей с церебральным параличом // Физическая и реабилитационная медицина. — 2023. — Т. 5. — № 2. — С. 72-86. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-72-86.

Skirmont EI, Golubeva YB, Zimina EL, Lade AS, Pitkin MR. Nekotorye aspekty ortopedicheskoy rehabilitacii detej s cerebral'nym paralichom [Some aspects of orthopaedic rehabilitation for children with cerebral palsy]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2023;5(2):72-86. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-72-86. (In Russian).

Елена Львовна Зими́на / Elena L. Zimina; e-mail: 812zimina@mail.ru

SOME ASPECTS OF ORTHOPAEDIC REHABILITATION FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

Skirmont EI¹, Golubeva YB¹, Zimina EL¹, Lade AS¹, Pitkin MR²

¹ Albrecht Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, St. Petersburg, 195067, Russian Federation

² Tufts University, Boston, MA 02111, USA

Abstract

Introduction. Cerebral palsy (CP) is the leading cause of childhood disability, representing a non-progressive encephalopathy before, during, or after childbirth. The most common consequence is spastic diplegia leading to frequent walking problems. The need for early rehabilitation treatment stems from the characteristics of the child's brain — its plasticity and universal ability to compensate for impaired functions. A special role belongs to the early correction of the pathology of the child's functional system of antigravity by methods of orthopedic rehabilitation. Without the correct design and prescription of orthopedic shoes and other orthopedic products, the opportunity to timely develop a more normal gait to reduce compensatory movements and spasticity, which in turn would increase the effectiveness of other types of treatment, can be missed.

Aim. To identify the design features of orthoses and orthopedic shoes in accordance with the medical and technical requirements for technical means of rehabilitation, which are prescribed for children and adolescents with spastic forms of cerebral palsy.

Materials and methods. In this paper, we consider the role of the design of orthoses and orthopedic shoes in the normalization of the basic characteristics of balance and walking in children with cerebral palsy. Particular attention is drawn to the possibility of fitting the device to such an extent and with such frequency that it would meet medical requirements as the child grows, and takes into account the results of various types of treatment. Data are given on the evaluation of the effectiveness of supplying orthopedic equipment with orthoses and shoes.

Results. The results of a comparative analysis of the biomechanical characteristics of the range of orthopedic products for cerebral palsy, as well as an expert assessment of orthoses and orthopedic shoes, confirmed the timeliness of studying the principles of prescribing and manufacturing orthoses and orthopedic shoes for this pathology.

Discussion. The study of the assortment of products prescribed for this pathology and presented on the market of orthopedic services is carried out on the basis of the classification of various forms of cerebral palsy, reflecting visible pathological abnormalities in the lower extremities. When developing and creating prosthetic and orthopedic products, it is necessary to take into account the type and severity of deformities that occur with this pathology. The algorithm for prescribing orthopedic shoes depends on the severity of anatomical and functional disorders of the lower limb. Innovative technologies make it possible to supplement the mentioned traditional methods of orthopedic support with fundamentally new approaches.

Conclusion. It is shown that technical means of rehabilitation prescribed for children with spastic forms of cerebral palsy must be manufactured in strict accordance with the medical and technical requirements and parameters specified in the regulatory and technological documentation. To do this, the design of the products must provide the possibility of their repeated adjustment following changes in the biomechanical status of the child in the course of biological growth and the therapy used.

Keywords: cerebral palsy, deformity, orthopedic shoes, orthoses, orthopedic shoe last.

Publication ethics. The submitted article has not been previously published.

Conflict of interest. There is no information about the conflict of interest.

Source of funding. Financing at the expense of Albrecht Federal Scientific Centre of Rehabilitation of the Disabled.

Received: 24.03.2023

Accepted for publication: 15.06.2023

Введение / Introduction

Детский церебральный паралич (ДЦП) является ведущей причиной детской инвалидности, представляя собой непрогрессирующую энцефалопатию до, во время или после родов [1].

Энцефалопатия возникает на фоне неправильного течения беременности или родов и, зачастую, развивается еще во время пребывания плода в утробе матери. Ее признаки обнаруживаются сразу после рождения ребёнка или появляются в первые недели его жизни.

Необходимость раннего восстановительного лечения при ДЦП вытекает из особенностей детского мозга — его пластичности и универсальной способности к компенсации нарушенных функций. Особая роль принадлежит ранней коррекции патологии функциональной системы антигравитации ребенка, что высвобождает резервы для нормального созревания и формирования других систем организма [2].

Одной из целей ортопедического лечения и реабилитации детей с ДЦП является возможная

коррекция и нормализация походки путем установки суставов в функционально выгодном положении для уменьшения компенсаторных движений и спастичности.

В этом аспекте выбору конструкции ортезов и ортопедической обуви в зависимости от диагностических показателей посвящено значительное количество исследований [3–15]. В данной работе мы рассматриваем роль конструкции ортезов и ортопедической обуви в нормализации базовых характеристик равновесия и ходьбы детей с ДЦП [8, 15–22]. Особое внимание уделено обоснованности назначения технических средств реабилитации (ТСР) в зависимости от вида и степени выраженности деформации стоп ребёнка. Рассмотрены обувные колодки, ортезы, ортопедическая обувь, конструкции которых возможно модифицировать и индивидуализировать в момент ортопедического приёма.

Материалы и методы / Materials and methods

Анализ особенностей анатомо-функционального состояния опорно-двигательного аппарата ребенка с ДЦП для целей ортопедического обе-

спечения проказал, что по выраженности клинических симптомов выделяют три степени тяжести заболевания [24]:

– легкая степень (11% больных), при которой больные передвигаются самостоятельно, но при этом походка у них скованная, опора приходится только на носок из-за эквинусной контрактуры;

– средняя степень (79% больных), при которой больные ходят с трудом, с помощью костылей или посторонних лиц, нижние конечности согнуты во всех суставах, а в тазобедренных — приведены и ротированы;

– тяжелая степень (10% больных), при которой у пациентов наблюдается выраженная спастичность мускулатуры и контрактуры, двигательные возможности резко ограничены, самостоятельно больные ходить и стоять не могут, часто нарушены психика и речь.

Из числа различных классификаций форм ДЦП нам представляется наиболее наглядной классификация, отражающая видимые патологические отклонения в нижних конечностях (табл. 1) [25].

Выбор конструкции ТСР зависит от вида деформации и степени выраженности анатомических и функциональных нарушений нижних конечностей.

Таблица 1 / Table 1

Классификация форм ДЦП и их влияние на отклонения в нижних конечностях / Classification of cerebral palsy forms and their influence on deviations in the lower extremities

Форма ДЦП / Spastic diplegia	Отклонения в нижних конечностях / Deviations in the lower extremities	Функциональные изменения [24] / Functional changes [24]
Спаستическая диплегия / Spastic diplegia	Тетрапарез — руки поражены в меньшей степени, чем ноги	Патологические синергии, порочная установка конечностей, контрактуры, деформации
Двойная гемиплегия / Double hemiplegia	Тетрапарез — руки поражены также тяжело, как ноги, или тяжелее. Характерна ригидность мышц. Установочные выпрямительные рефлекссы совсем или почти не развиты	Стойкие контрактуры и деформации суставов, затрудняющие стояние и передвижение, формируется патологическая поза с перекрещенными согнутыми ногами и выраженной эквинусной установкой стоп
Гиперкинетическая форма / Hyperkinetic form	Гиперкинезы различного характера. Параличи, парезы, задержка редукции тонических рефлекссов (до 2–3 лет), задержка развития установочных рефлекссов. Мышечная ригидность	Отсутствует правильная установка туловища и конечностей, движения дискоординированы, гиперподвижность приводит к подвывихам в тазобедренных суставах
Атонически-астатическая форма / Atonic-astatic form	Характеризуется низким тонусом мышц при наличии патологических тонических рефлекссов. Характерно отсутствие или недоразвитие установочных рефлекссов	Неустойчивая, неритмичная походка с широко расставленными ногами
Гемипаретическая форма / Hemiparetic form	Задержка редукции тонических установочных рефлекссов (до 2–3 лет), трофические расстройства, замедление роста костей	Уменьшение длины паретичных конечностей

При разработке и создании протезно-ортопедических изделий необходимо учитывать вид и степень выраженности деформаций, таких как:

- варусная или вальгусная деформация стоп;
- эквинусная установка стоп;
- рекурвация или сгибательная контрактура коленных суставов;
- нестабильность тазобедренных суставов, приводящая к вывиху бедра.

Эти деформации, характерные для различных форм ДЦП, проявляются изолировано или в комбинации, причем в различной степени фиксиро-

ванности. Ортопедическое обеспечение пациентов с такими патологиями является одним из этапов ассистивной технологии, которая предполагает применение атравматичных технических средств реабилитации, не вредящих здоровью ребенка.

Наиболее распространенным следствием ДЦП является спастическая диплегия, ведущая к частым проблемам при ходьбе [26]. Заметные нарушения ходьбы у детей со спастическим ДЦП — повышенное сгибание тазобедренных и коленных суставов в фазу опоры и уменьшенное сгибание колена в фазу переноса (рис. 1) [27].

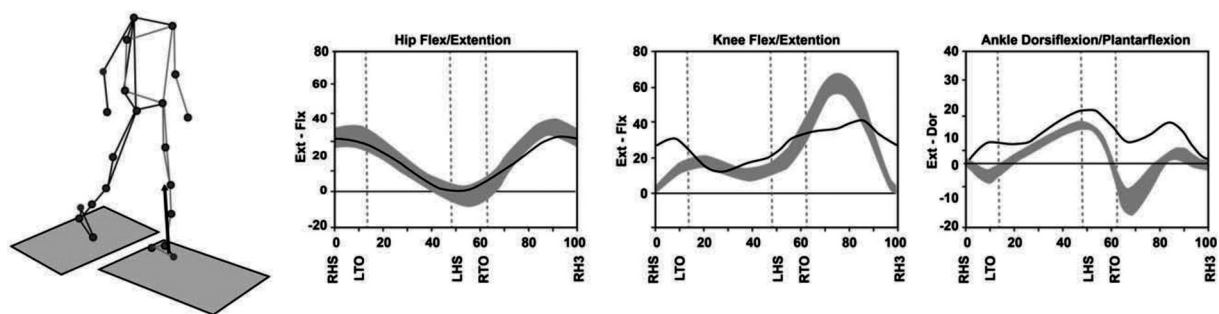


Рисунок 1. Биомеханический анализ ходьбы ребенка со спастическим церебральным параличом (черные линии) по сравнению с усредненными данными ходьбы без нарушений (серые полосы). Ходьба при ДЦП характеризуется повышенным сгибанием колена в начале фазы опоры и недостаточным сгибанием колена в фазу переноса [28]

Figure 1. Gait analysis of a child with spastic cerebral palsy (black lines) who walks with flexed-knee gait as well as a stiff-knee, demonstrating increased knee flexion at initial contact and reduced peak knee flexion in swing phase, compared to unimpaired gait (gray stripes) [28]

Результаты / Results

Алгоритм назначения ортопедической обуви зависит от степени выраженности анатомических и функциональных нарушений нижней конечности [28]. В случаях, если у ребенка с ДЦП наблюдается статическая недостаточность без анатомических изменений стоп, то есть параметры стопы позволяют пользоваться стандартной обувью, ему назначают ортопедические стельки. Если анатомические изменения выражены умеренно, назначают малосложную ортопедическую обувь, которая изготавливается по специально разработанным ортопедическим колодкам. Если анатомические изменения стопы выраженные, и статодинамическая функция нарушена значительно, назначают сложную ортопедическую обувь, изготавливаемую только по индивидуальным заказам. При невозможности подбора и подгонки стандартной колодки, обувь изготавливают по индивидуальной колодке, выполненной на основе слепка стопы и голени. Также в некоторых случаях при значительном нарушении статодинамической функции назначают ортопедические аппараты для ходьбы и тугоры в качестве ночных укладок.

Инновационные технологии позволяют дополнять упомянутые традиционные способы ортопедического обеспечения принципиально новыми подходами, а именно: предложить пользователям ортопедические изделия, изготовленные по модульному принципу и индивидуализированные по медицинским показаниям в момент ортопедического приема. При этом технологию необходимо рассматривать как изготовление непосредственно изделия, так и технологической оснастки (ортопедической колодки). Например, аддитивные технологии (3D-печать), позволяют создавать беззамковые обувные колодки с регулируемой ориентацией носочной части или трансформируемым объемом, а использование упругих и термопластичных материалов — придавать обуви жесткость, подобранную для конкретного пациента в зависимости от изменений состояния нижней конечности, происходящих в результате реабилитационных мероприятий. Это новое направление в технологии разработки, назначения и применения обуви называется «кастомизация».

Обсуждение / Discussion

Деформации стоп у детей чаще всего возникают в возрасте от 5 до 7 лет, так как именно в этот период наблюдается скачок роста скелета и отставание в развитии мышечно-связочного аппарата [29]. Это происходит достаточно часто и также касается детей с данной патологией, у которых. В этих случаях необходимо своевременное назначение ортопедических изделий, изготовленных в строгом соответствии с медицинскими требованиями [30]. Для обувных изделий такое соответствие достигается за счет формы, параметров и конструкции технологической оснастки — обувной ортопедической колодки.

Проведенное в ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России антропометрическое и биомеханическое исследование детей с ДЦП [32], по-

зволило установить требования к конструкции и параметрам ортопедической колодки для изготовления обуви при ДЦП дошкольной половозрастной группы (размер 170–200).

Колодка строится с учетом параметров, формы стопы и голеностопного сустава. В таблице 2 приведены усредненные линейные и объемные параметры детских стоп длиной 185 мм, стандартной обувной колодки 185 размера 1 полноты, указанные в ГОСТ 3927-88 «Колодки обувные. Общие технические условия», а также параметры проектируемой берцовой ортопедической колодки при ДЦП [33].

Из таблицы следует, что колодка для детской обуви, рекомендуемой для изготовления обуви при ДЦП, по параметрам стоп наиболее близка к стандартной обувной колодке наименьшей, то есть первой полноты.

Таблица 2 / Table 2

Сравнительные параметры стопы, ортопедической берцовой колодки при ДЦП и стандартной колодки 185 размера / Comparative parameters of the foot, orthopedic shoe last for cerebral palsy and standard shoe last of size 185

Контрольные сечения колодки / Control sections of the shoe last	Параметры стопы длиной 185 мм при ДЦП / Parameters of the cerebral palsy foot with 185 mm length	Параметры колодки 3 группы, мм / Parameters of 3 group shoe last, mm	
		стандартной колодки 1 полноты / standard shoe last of 1 fitting	колодка при ДЦП / shoe last with cerebral palsy
Ширина пятки (сечение 0,18L) / Heel width (cross section 0.18L)	41	45	42
Ширина пучков (сечение 0,68L) / Beam width (section 0.68L)	71	63	73
Окружность прямого взъема (сечение 0,55L) / Circle of direct lifting (section 0.55L)	182	190	186
Обхват в пучках (сечение 0,68/0,72L) / Girth in beams (section 0.68/0.72L)	176	183	180

Профилированная боковая поверхность колодки проектируется с учетом формы голеностопного сустава, чтобы исключить при эксплуатации обуви травматизацию стопы жесткими деталями (рис. 2). Местоположение выступов под лодыжки спроектировано по параметрам среднетипичной стопы данной половозрастной группы и имеет следующие ориентиры: центр выступа наружной лодыжки расположен на высоте 0,28L и на уровне сечения 0,20L, а с внутренней — на высоте 0,30L и на уровне сечения 0,23L соответственно. Высота пяточно-берцовой части колодки не менее 0,68L, где L — длина следа (ГОСТ Р 53800-2022 «Колодки обувные ортопедические. Общие технические условия»).

Оригинальная конструкция оснастки представляет собой агломерат, состоящий из двух частей: носочно-пучковой и пяточно-берцовой, соединяемых по системе «паз-шип», что позволяет создать разъемную беззамковую колодку. Подобная конструкция учитывает возможность изменения конфигурации и регулирования объема тела колодки для ее беспрепятственного извлечения из обуви. Жесткий берц, отформованный по такой колодке, обеспечивает надежную фиксацию стопы в корригированном положении (рис. 3).

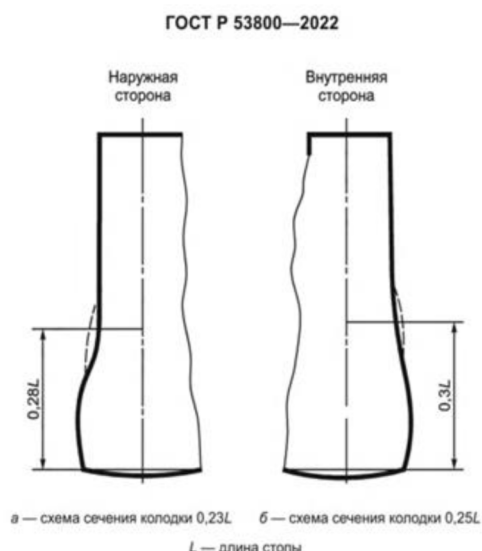


Рисунок 2. Схема построения берцовой ортопедической колодки с профилированной боковой поверхностью [30]

Figure 2. Scheme of orthopedic shoe last construction with profiled lateral surface [30]

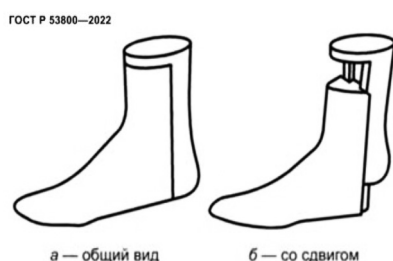


Рисунок 3. Берцовая раздвижная колодка с вертикальным разъемом [30]

Figure 3. Orthopedic shoe last with vertical connector [30]

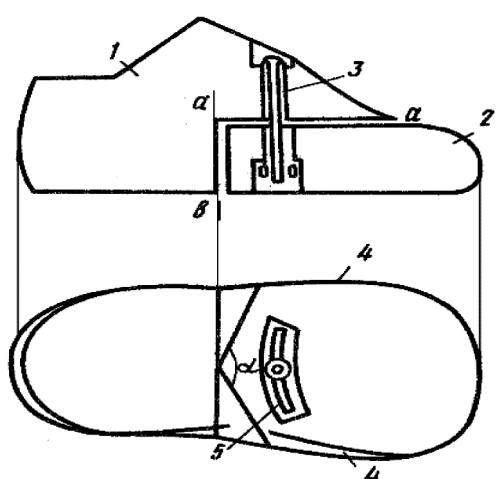


Рисунок 4. Ортопедическая колодка с регулируемой ориентацией передней части [32]

Figure 4. Orthopedic shoe last with adjustable orientation of the fore section [32]

Заслуживает внимания еще одна конструкция обувных колодок с регулируемой ориентацией носочно-пучковой части, также разработанная в Центре им. Г.А. Альбрехта [32]. Вращением в горизонтальной плоскости носочной части (2) добиваются совмещения меток наружного и внутреннего пучков колодки с соответствующими метками на планторгамме стопы, что показано на рисунке 4. После затяжки болта (3) колодка готова для изготовления обуви, отвечающей степени отведения или проведения переднего отдела стопы данного пациента.

Традиционный способ ортопедического обеспечения предусматривает изготовление ортопедической обуви с внутризготовочными деталями из кожи повышенной жесткости и толщины (жесткими берцами). Такая технология не позволяет изменять конфигурацию жестких деталей обуви и уменьшать силу трения, возникающую между стопой и жесткой деталью. Учитывая склонность деформаций стоп в детском возрасте к рецидивированию, необходимо своевременно оптимизировать фиксирующие свойства обуви, используя модульный принцип. При таком подходе появляется возможность обуви, изготовленную на обезличенного потребителя, индивидуализировать в момент ортопедического приема.

В этом направлении перспективным представляется изготовление обуви с регулируемой жесткостью верха, что дает возможность учесть клиническую картину и ее динамику. Начиная с раннего возраста, такая обувь способна расширить локомоторные возможности ребенка и помочь в успехе терапии и в его социальной адаптации [33–35]. Примером может служить регулировка жесткости пяточной части обуви (рис. 5а). Подбором пластинчатых пружин, вставляемых в карман задника (рис. 5b) регулируют подошвенное и тыльного сгибание в голеностопном суставе. Облегчение переката через передний и задний отдел (рис. 5с) достигается выбором радиусов кривизны в зонах 2 и 4 подошвы в соответствии с расстояниями от центра вращения в коленном суставе и в голеностопном суставе [33, 36]. Пространственная деформация стопы может быть компенсирована регулировкой с помощью притяжных ремней (рис. 5d) [34].

Подвижность голеностопного сустава во фронтальной плоскости может регулироваться пластинчатыми пружинами, вставляемыми в карманы на берцах (рис. 6).

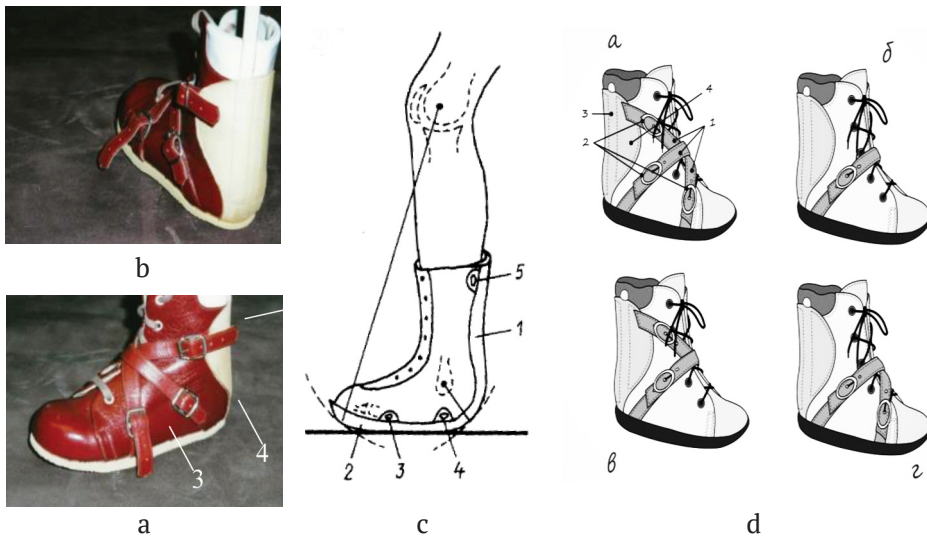


Рисунок 5. Универсальная ортопедическая обувь для детей раннего возраста с ДЦП [33, 34]
Figure 5. Universal orthopedic shoe for toddlers with cerebral palsy [31]

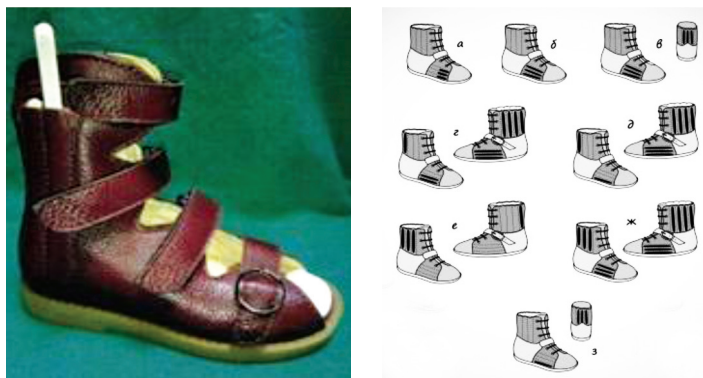


Рисунок 6. Ботинок ортопедический с регулируемой жёсткостью пяточной части: а-з — схема расположения элементов жесткости [34]
Figure 6. Orthopedic boot with adjustable stiffness of the heel part: а-з — diagram of the location of the stiffeners [34]

Внедрение в практику протезирования и ортезирования новых термопластичных материалов создало предпосылки для дальнейшего совершенствования технологии изменения жесткости при изгибе отдельных участков обуви, что представлено на рисунке 6 [36]. Современные материалы, форму-

емые непосредственно по стопе пользователя, позволяют создать обувь с индивидуальной формой поверхности пяточной части. Последовательность выполнения работ по индивидуализации ортопедической обуви, проводимой в соответствии со схемой, представленной на рисунке 7.

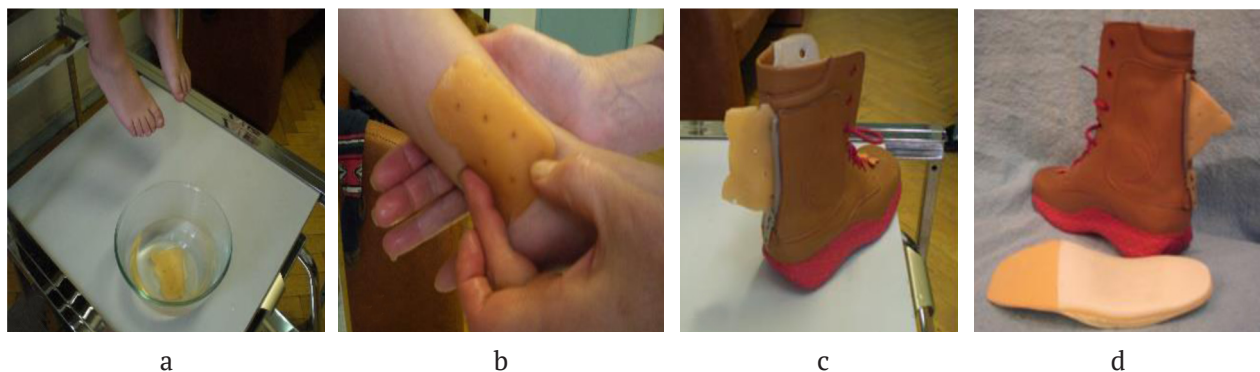


Рисунок 7. Ботинок ортопедический с индивидуальной формой пяточной части и с настрочными карманами: а — разогрев жесткого элемента; б — формование жесткого элемента по стопе ребенка; с — установка жесткого элемента в настрочный карман; д — комплектация обуви ортопедическими стельками [36]
Figure 7. Orthopedic boot with individual shape of the heel and with tuning pockets: а — heating the rigid element; б — molding a rigid element along the child's foot; с — installation of a rigid element in the tuning pocket; д — complete set of shoes with orthopedic insoles [36]

Настрочные карманы должны охватывать голеностопный сустав, поэтому располагаются с внутренней и наружной стороны берцов от сечения 0,07L до 0,36L. Нижняя граница карманов по высоте находится на расстоянии 0,15L от грани затянутой обуви, а верхняя — 0,40L.

Важным элементом сложной ортопедической обуви является подошва специальной формы, сконструированная с учетом особенностей ходьбы ребенка. Деформирование стопы как результат мышечного дисбаланса (церебральный паралич), либо как последствие артро-мио-десмогенной контрактуры (врожденная косолапость) неизменно сопровождается нарушением объема движений в голеностопном суставе и суставах стопы.

При статической недостаточности стопы у детей объем движений в голеностопном суставе и суставах стопы, а, следовательно, и процесс переката страдают незначительно. При эквинусной установке стоп вследствие ДЦП нагрузки во время переката через передний отдел стопы существенно возрастают. Биомеханические исследования регистрируют резкое, статистически достоверное увеличение продолжительности опоры не только на носок, которое может составлять более 90% опорного периода, но на другие исследуемые зоны переднего отдела стопы. В зависимости от сочетания патологических компонентов деформации в различной степени видоизменяются задний и

передний толчки. Так, при изолированном приведении и приведении с легким и умеренно выраженным варусным отклонением среднего отдела стопы в основном изменяется задний толчок (удлиняется фаза переката через передний отдел стоп: увеличивается время опоры на все исследуемые зоны переднего отдела, наблюдается более быстрое включение и более медленное их выключение из опоры). У больных с сочетанием приведения переднего отдела стопы с выраженным варусом среднего отдела стопы, а также плосковальгусно-приведенными стопами параметры заднего толчка изменяются более значимо и, наряду с задним, изменяется и передний толчок.

Для компенсации данной патологии применяют подошвы особой формы с искусственным перекатом — утолщением в подошве различной формы, местоположение которых ориентировано относительно линии проекции плюснефалангового сустава (пучков). Перекаты бывают предпучковым, пучковым и запучковым положением, которые замедляют или ускоряют перекат через стопу, а также конической или цилиндрической формы, что изменяет разворот стопы относительно линии перемещения.

В ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России разработаны перекаты, параметры построения которых и показания к их назначению показаны в таблицах 2 и 3 [37].

Таблица 2 / Table 2

Виды и назначение перекатов / Types and purpose of rollovers

Рисунки стоп / Images of the foot	Вид искусственного переката / Type of artificial roll	Местоположение переката / The location of the roll	Функциональное назначение / Functional purpose
	Предпучковый конический / Predpuchkovy conical	Перекат сдвинут к пятке относительно проекции сечения 0,68L	Ускорение переката через стопу, разворот стопы наружу
	Пучковый конический / Puchkovy conical	Перекат в проекции сечения 0,68L	Разворот стопы наружу
	Запучковый конический / Zapuchkovy conical	Перекат сдвинут к носку относительно проекции сечения 0,68L	Замедление переката через стопу, разворот стопы наружу
	Предпучковый цилиндрический / Predpuchkovy cylindrical	Перекат сдвинут к пятке относительно проекции сечения 0,68L	Ускорение переката через стопу

Рисунки стоп / Images of the foot	Вид искусственного переката / Type of artificial roll	Местоположение переката / The location of the roll	Функциональное назначение / Functional purpose
	Пучковый цилиндрический / Cylindrical beam	Перекат в проекции сечения 0,68L	Обеспечивает перекат через стопу при ограничении движения в суставах нижней конечности
	Запучковый цилиндрический / Zapuchkovy cylindrical	Перекат сдвинут к носку относительно проекции сечения 0,68L	Замедление переката через стопу

Таблица 4 / Table 4

**Показания к назначению различных видов искусственных перекатов /
Indications for the prescription of artificial rolling various types**

Вид искусственного переката / Type of artificial rolling	Положение искусственного переката / Artificial rolling position		
	пучковое /beam	предпучковое / predpuchkovy	запучковое / zapuchkovy
Цилиндрический / Cylindrical	Ограничение движений в голеностопном суставе; косолапость с приведением переднего отдела стопы до 10°; эквинус до 2,5 см (до 130°); сочетание эквинуса более 2,5 см (более 130°) с анкилозом коленного сустава	Затруднение переката через пальцы, плюсне- фаланговые суставы, через всю стопу; анкилозы коленного сустава, суставов заднего отдела стопы и в области пальцев; распластанность переднего отдела стопы; полая деформация стопы	Нестабильность коленного сустава, например, при полном или частичном параличе четырёхглавой мышцы бедрa); эквинус более 2,5 см (более 130°); сочетание эквинуса до 2,5 см (до 130°) со слабостью мышц, замыкающих коленный сустав
Конусовидный внутренний / Cone-shaped Internal	Избыточный разворот стоп при ходьбе внутри (косолапость, приведенная стопа, когда приведение переднего отдела стопы более 10°)	Сочетание затруднения переката через пальцы и плюсне-фаланговые суставы, затруднение переката через всю стопу с приведением переднего отдела более 10°	Нестабильность коленного сустава с приведением переднего отдела стопы более 10°; эквинус более 2,5 см (более 130°) в сочетании с приведением переднего отдела стопы более 10°; сочетание эквинуса до 2,5 см (до 130°) со слабостью мышц, замыкающих коленный сустав и с приведением переднего отдела стопы более 10°.
Конусовидный наружный / Cone-shaped outer	Избыточный разворот стоп при ходьбе наружу (отведенная стопа, например, врожденная плоско-вальгусная)		

Наряду с обеспечением детей с ДЦП ортопедической обувью может быть предложен другой вариант коррекции имеющейся деформации — ортезами, которые не подлежат индивидуальной настройке или допускают различные уровни подвижности в голеностопном суставе и имеют несколько разновидностей [38]. Ортезы на голеностопный сустав, показанные на рисунке 8, могут быть выполнены в виде аппаратов с шарниром (рис. 8a) или туторов жестких (рис. 8b), с задней рессорой (рис. 8c) и динамические (рис. 8d).

До настоящего времени не выработалось однозначного мнения о функциональных преимуществах ортезов с настройкой по сравнению с жесткими конструкциями. Одной из трудностей количественного анализа является отсутствие общепризнанного протокола биомеханических исследований, позволяющих прогнозировать эффект конструкций ортопедических устройств, их сочетания и индивидуальной настройки. Проблема обусловлена частично тем, что для статистически достоверных выводов, заключений и практических рекомендаций исключительно сложно бывает сформировать экспериментальную группу с необходимой однородностью по возрасту, полу, диагнозу [37, 39].

Хотя количество сравнительных исследований, анализирующих количественные параметры ходьбы, пока ограничено, постепенно накапливается все больше объективных данных в пользу ортезов с настройкой [39]. В работе [38] был проведен систематический обзор литературы и проанализировано влияние лечения различными типами AFO на

ходьбу детей с ДЦП. С этой целью в международных базах данных рецензируемой научной литературы PubMed, Scopus, ISI Web of Knowledge, Cochrane Library, EMBASE и Google Scholar проводился поиск статей, опубликованных в период с 2007 по 2015 г., об исследованиях детей с ДЦП, пользующихся следующими AFO: шарнирными (HAFO), жесткими (SAFO), с задней рессорой (PLS) и динамическими ортезами (DAFO). Исследования, в которых сочетались дополнительные виды лечения, были исключены. Шкала (PEDro) [40] использовалась для оценки методологического качества соответствующих исследований [41]. В итоге отобраны 17 публикаций, в которых прослеживалось участие 1139 детей с ДЦП в возрасте от 1 года до 18 лет (средний возраст 7,6 года). Из них 893 больных со спастической диплегией, 128 — со спастической гемиплегией, 7 — со спастической триплегией, 59 — с квадриплегией и 9 — смешанного типа. Исследования включали 38 здоровых испытуемых. Оценка PEDro была неудовлетворительной для большинства исследований (3/10). Только 4 исследования из 209 в целом были рандомизированными контролируемые испытаниями с хорошей оценкой PEDro (5, 7, 9/10) и соответствующим уровнем достоверности. В одном исследовании использовалась серия со случайными выборками, а в остальных — по схеме перекрестного дизайна.

Шарнирный ортез HAFO был эффективен для улучшения параметров ходьбы и снижения расхода энергии при гемиплегическом ДЦП по сравнению с ходьбой босиком. Также увеличивались длина шага, скорость ходьбы, время опоры на



Рисунок 8. Наиболее распространенные типы ортезов:

a — шарнирный ортез с ограниченной подвижностью в голеностопном суставе; b — стандартный жесткий ортез; c — ортез с задней рессорой; d — динамический ортез [38]

Figure 8. The most common types of orthoses (AFOs):

a — hinged AFO (HAFO) at the ankle joint to allow limited dorsiflexion; b — Standard (Solid Ankle) (SAFO); c — Posterior Leaf-Spring Ankle-Foot Orthosis (PLS); d — dynamic AFO [38]

одну конечность и симметрия походки при гемиплегическом ДЦП. Пластиковые SAFO были эффективны в снижении расхода энергии при диплегическом ДЦП.

В исследовании [21] изучалось сочетание обуви с клиновидным каблуком и жестких ортезов (WAFO) на равновесие стоя и на разгибание колена в сагиттальной плоскости у детей с ДЦП. Проведенный анализ не показал статистической разницы в разгибании колена, когда применялись только жесткие AFO. Комбинация данной обуви с жестким ортезом улучшала равновесие стоя без посторонней помощи (на целых две минуты) по сравнению с использованием обуви без ортезов. При диплегическом ДЦП ортезы HAFO и SAFO улучшили общую моторику. Так, в ходе работы [4] было показано, что по сравнению с ходьбой босиком или с жестким ортезом ходьба с ортезом, допускающим настройку, приводила к улучшению нескольких ключевых биомеханических параметров, а именно, сгибание и разгибание в тазобедренном суставе, выравнивание положения таза и разгибание в коленном суставе.

Заключение / Conclusion

Возможность индивидуализации обуви по медицинским показаниям в момент ортопедического приема требует разработки специальной ортопедической обуви, удовлетворяющим следующим условиям [37]:

- обувь должна иметь четко выраженное целевое назначение с заранее известными условиями эксплуатации;

- обувь необходимо проектировать и изготавливать по колодкам, учитывающим анатомо-функциональные особенности деформированных стоп, в строгом соответствии с размерными и половозрастными признаками;

- верх обуви должен плотно облежать стопу в области предплюсны и плюсны, не производя при этом избыточного локального давления в области пальцев и пучков, при этом давление на мышцы, мягкие ткани, кровеносные и лимфатические сосуды в заданных допустимых пределах; конфигурация и местоположение деталей заготовки верха обуви должны соответствовать анатомо-функциональному строению стопы и голени; передняя линия берцов не должна попадать на головки плюсневых костей: швы, соединяющие детали заготовки, не рекомендуется располагать в области плюснефаланговых суставов и болезненных участков стопы;

- верхний кант в обуви не должен совпадать с линией голеностопного сустава;

- местоположение фурнитуры и застёжек (шнуровок, ремней, «молний» и т.п.) на тыльной поверхности стопы должно быть ориентировано

относительно линии проекции плюснефаланговых суставов, так как если застежка будет установлена ниже, то это может привести к травматизации пальцев, а если выше — обувь будет плохо раскрываться;

- задник должен удерживать стопу в функционально-выгодном положении за счет фиксации пяточно-таранного сустава и не должен травмировать ахиллово сухожилие;

- крылья задника должны доходить с наружной стороны до проекции сгиба стопы; с внутренней — захватывать область предплюсны и плюсны; для дополнительной поддержки внутреннего продольного свода в некоторых случаях внутреннее крыло задника может быть продлено до плюснефалангового сочленения;

- специальные жесткие детали (жесткие берцы), корригирующие положение стопы или ограничивающие её движение, должны охватывать область голеностопного сустава выше лодыжек, а по длине доходить до линии проекции плюснефалангового сочленения;

- в случаях ригидности плюснефалангового сустава или когда жесткие детали перекрывают линию плюснефалангового сочленения, необходимо предусмотреть искусственный перекаат на подошве, форма и размеры которого меняют биомеханические характеристики ходьбы;

- для дополнительной фиксации стопы в корригированном положении в обуви могут быть дополнительно установлены притяжные ремни, ориентированные относительно сгиба стопы.

В целом была подтверждена эффективность использования определенных типов АФО у детей с ДЦП в нормализации параметров ходьбы, включая расход энергии, диапазон движений в голеностопном и коленном суставах, скорость ходьбы и длину шага [42]. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования для получения более убедительных доказательств эффективности АФО у детей с ДЦП.

Результаты сравнительного анализа биомеханических характеристик ассортиментного ряда ортопедических изделий при ДЦП подтвердили своевременность изучения и совершенствования принципов назначения и изготовления ортезов и ортопедической обуви при данной патологии.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была, все заимствования корректны.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование выполнялось в рамках выполнения государственного задания в ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России.

Литература

- Семенова К.А. Восстановительное лечение больных с резидуальной стадией детского церебрального паралича // *Антидор.* — 1999.
- Семёнова К.А. Проблема восстановительного лечения детского церебрального паралича // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* — 2012. — Т. 112. — № 7-2. — С. 9-13.
- Kane KJ, Musselman KE, Lanovaz J. Effects of solid ankle-foot orthoses with individualized ankle angles on gait for children with cerebral palsy and equinus: *J Pediatr Rehabil Med.* 2020;13(2):169-183. DOI: 10.3233/PRM-190615.
- Eddison N, Healy A, Needham R, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combinations on gait kinematics of children with cerebral palsy: A case series: *Foot (Edinb).* 2020;43:1016-1060. DOI: 10.1016/j.foot.2019.101660.
- Altschuck N, Bauer C, Nehring I, Bohm H et al. Efficacy of prefabricated carbon-composite ankle foot orthoses for children with unilateral spastic cerebral palsy exhibiting a drop foot pattern: *J Pediatr Rehabil Med.* 2019;12(2):171-180. DOI: 10.3233/PRM-170524.
- Betancourt JP, Eleeh P, Stark S, Jain NB. Impact of Ankle-Foot Orthosis on Gait Efficiency in Ambulatory Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-analysis: *American journal of physical medicine & rehabilitation: Association of Academic Physiatrists.* 2019;98(9):759-770. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001185.
- Pasin Neto H, Grecco LAC, Ferreira LAB, Duarte NAC et al. Postural insoles on gait in children with cerebral palsy: Randomized controlled double-blind clinical trial: *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(4):890-895. DOI: 10.1016/j.jbmt.2017.03.005.
- Eek MN, Zugner R, Stefansdottir I, Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole. *Gait Posture.* 2017;55:150-156. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022.
- Kerkum YL, Harlaar J, Buizer AI, van den Noort JC et al. An individual approach for optimizing ankle-foot orthoses to improve mobility in children with spastic cerebral palsy walking with excessive knee flexion: *Gait Posture.* 2016;46:104-111. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.001.
- Kerkum YL, Buizer AI, van den Noort JC, Becher JG et al. The Effects of Varying Ankle Foot Orthosis Stiffness on Gait in Children with Spastic Cerebral Palsy Who Walk with Excessive Knee Flexion: *PLoS One.* 2015;10(11):0142878. DOI: 10.1371/journal.pone.0142878.
- Neto HP, Grecco LA, Duarte NA, Christovao TC et al. Immediate Effect of Postural Insoles on Gait Performance of Children with Cerebral Palsy: Preliminary Randomized Controlled Double-blind Clinical Trial: *J Phys Ther Sci.* 2014;26(7):1003-1007. DOI: 10.1589/jpts.26.1003.
- Eddison N, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combination on the gait parameters of children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int.* 2013;37(2):95-107. DOI: 10.1177/0309364612450706.
- Mancinelli C, Patel S, Deming LC, Schmid M et al. Assessing the feasibility of classifying toe-walking severity in children with cerebral palsy using a sensorized shoe, *Annu Int Conf IEEE: Eng Med Biol Soc.* 2009;51:63-66. DOI: 10.1109/IEMBS.2009.5332733.
- Jagadamma KC, Coutts FJ, Mercer TH, Herman J et al. Effects of tuning of ankle foot orthoses-footwear combination using wedges on stance phase knee hyperextension in children with cerebral palsy — preliminary results, *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2009;4(6):406-413. DOI: 10.3109/17483100903104774.
- Smiley SJ, Jacobsen FS, Mielke C, Johnston R et al. A comparison of the effects of solid, articulated, and posterior leaf-spring ankle-foot orthoses and shoes alone on gait and energy expenditure in children with spastic diplegic cerebral palsy: *Orthopedics.* 2002;25(4):411-415. DOI: 10.3928/0147-7447-20020401-16.
- Davoudi M, Khosravi M, Farsani MK, Babae T et al. The Effects of Combining High-Top Shoes with Twister Wrap Orthoses on Balance Parameters of Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy: *J Biomed Phys Eng.* 2022;12(1):91-100. DOI: 10.31661/jbpe.v0i0.2106-1358.
- Maharaj JN, Barber L, Walsh HPJ, Carty CP. Flip-flops do not alter the neuromuscular function of the gastrocnemius muscle and tendon during walking in children: *Gait Posture.* 2020;77:83-88. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.12.032.
- Bartonek A, Lidbeck CM, Pettersson R, Weidenhielm EB et al. Influence of heel lifts during standing in children with motor disorders: *Gait Posture.* 2011;34(3):426-431. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.06.015.
- Murri A, Zechner G. Corrective dynamic shoe fitting of the functional clubfoot in patients with infantile cerebral palsy: *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132(3):214-220. DOI: 10.1055/s-2008-1039965.
- Mendelevic IA, Pitkin MP, Arzanikovova EE. Clinical-biomechanical Aspects of the Production Orthopaedic Shoes for Children until the Age 3 Years with Cerebral Palsy. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 1992;59(2):96-98.
- Baumann JU. Treatment of pediatric spastic foot deformities: *Orthopade.* 1986;15(3):191-198.
- Wesdock KA, Edge AM. Effects of wedged shoes and ankle-foot orthoses on standing balance and knee extension in children with cerebral palsy who crouch: *Pediatric Physical Therapy.* 2003;15(4):221-231. DOI: 10.1097/01.PEP.0000096383.80789.A4.
- Cobeljic G, Bumbasirevic M, Lesic A, Bajin Z. The management of spastic equinus in cerebral palsy: *Orthopaedics and trauma.* 2009;23(3):201-209. DOI: 10.1016/j.mporth.2009.05.003.
- Миронов С.П., Котельников Г.П. Ортопедия // Национальное руководство 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013.
- Белова Л.А., Бекк Н.В., Захожая Т.С., Белоусова О.Е. и др. Технологические решения проектирования ортопедической обуви с учетом биомеханики движений // *Вестник Казанского технологического университета* 2015. — Т. 18. — № 5. — С. 112-114.
- Клиника и реабилитационная терапия детских церебральных параличей. Доступен по: <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/70498/>. (дата обращения: 16.03.2023).
- Rose J, Cahill-Rowley K, Butler EE. Artificial walking technologies to improve gait in cerebral palsy: multichannel neuromuscular stimulation: *Artificial organs.* 2017;41(11):233-239. DOI: 10.1111/aor.13058.
- Глубева Ю.Б., Горелова И.К., Зимина Е.Л., Скимонт Е.И. и др. Сложная ортопедическая обувь с индивидуальными параметрами изготовления, Практическое пособие. СПб.: Изд-во ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, 2021. 23-38 с.
- Есаков С. Возрастная анатомия и физиология (курс лекций). УдГУ: Ижевск, 2010. 196 с.
- Ma X, Luximon A. Design and manufacture of shoe lasts, *Handbook of footwear design and manufacture*, Elsevier 2013, pp. 177-196.

31. Голубева Ю.Б., Скирмонт Е.И., Горелова И.К., Зимина Е.Л. и др. Колодка ортопедическая берцовая, Патент на изобретение № 2737475. Бюл. № 34 (2020).
32. Менделевич И.А., Питкин М.Р. Аржанникова Е.Е. Ортопедическая колодка, А.С. СССР, No. 1560077, Бюл. 16 (1990).
33. Питкин М.Р., Менделевич И.А. Ортопедическая обувь, А.С. СССР, No. 820822, Бюл. 14 (1981).
34. Аржанникова Е.Е., Пелевина И.Л., Скирмонт Е.И., Биктимирова Ф.М. Ортопедическая обувь Патент RU 2021791 C1 (5014972/14) (1994).
35. Пономаренко Г.Н. Реабилитация инвалидов: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018.
36. Голубева Ю.Б., Горелова И.К., Зимина Е.Л., Скирмонт Е.И. Ботинки ортопедические для детей с деформациями стоп, Патент на полезную модель: RU 125033 U1 (2013).
37. Голубева Ю.Б., Аржанникова Е.Е., Горелова И.К. и др. Конструирование и технологии ортопедической обуви: практическое пособие // Под ред. Е.Е. Аржанниковой, И.К. Гореловой, СПб.: ФГБУ СПбНЦЭПР им. Г.А. Альбрехта. — 2016. — С.111–112.
38. Aboutorabi A, Arazpour M, Bani MA, Saedi H et al. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review: *Annals of physical and rehabilitation medicine*. 2017;60(6):393-402. DOI: 10.1016/j.rehab.2017.05.004.
39. Contini BG, Bergamini E, Alvini M, Di Stanislao E et al. A wearable gait analysis protocol to support the choice of the appropriate ankle-foot orthosis: A comparative assessment in children with Cerebral Palsy: *Clinical Biomechanics*. 2019;70:177-185.
40. Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, Pinheiro MB. Using research to guide practice: the physiotherapy evidence database (PEDro): *Brazilian journal of physical therapy*. 2020;24(5):384-391. DOI: 10.1016/j.bjpt.2019.11.002.
41. Law MC, MacDermid J. Evidence-based rehabilitation: A guide to practice: Slack Incorporated. 2008.
42. Dalvand H, Dehghan L, Feizi A, Hosseini SA et al. The impacts of hinged and solid ankle-foot orthoses on standing and walking in children with spastic diplegia: *Iran J Child Neurol*. 2013;7(4):12-19.
43. exhibiting a drop foot pattern: *J Pediatr Rehabil Med*. 2019;12(2):171-80. DOI: 10.3233/PRM-170524.
6. Betancourt JP, Eleeh P, Stark S, Jain NB. Impact of Ankle-Foot Orthosis on Gait Efficiency in Ambulatory Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-analysis: *American journal of physical medicine & rehabilitation: Association of Academic Physiatrists*. 2019;98(9):759-70. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001185.
7. Pasin Neto H, Grecco LAC, Ferreira LAB, Duarte NAC et al. Postural insoles on gait in children with cerebral palsy: Randomized controlled double-blind clinical trial: *J Bodyw Mov Ther*. 2017;21(4):890-95.
8. Eek MN, Zugner R, Stefansdottir I, Tranberg R. Kinematic gait pattern in children with cerebral palsy and leg length discrepancy: Effects of an extra sole. *Gait Posture*. 2017;55:150-6. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.022.
9. Kerkum YL, Harlaar J, Buijzer AI, van den Noort JC et al. An individual approach for optimizing ankle-foot orthoses to improve mobility in children with spastic cerebral palsy walking with excessive knee flexion: *Gait Posture*. 2016;46:104-11. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.001.
10. Kerkum YL, Buijzer AI, van den Noort JC, Becher JG et al. The Effects of Varying Ankle Foot Orthosis Stiffness on Gait in Children with Spastic Cerebral Palsy Who Walk with Excessive Knee Flexion: *PLoS One*. 2015;10(11):0142878. DOI: 10.1371/journal.pone.0142878.
11. Neto HP, Grecco LA, Duarte NA, Christovao TC et al. Immediate Effect of Postural Insoles on Gait Performance of Children with Cerebral Palsy: Preliminary Randomized Controlled Double-blind Clinical Trial: *J Phys Ther Sci*. 2014;26(7):1003-7. DOI: 10.1589/jpts.26.1003.
12. Eddison N, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combination on the gait parameters of children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2013;37(2):95-107. DOI: 10.1177/0309364612450706.
13. Mancinelli C, Patel S, Deming LC, Schmid M et al. Assessing the feasibility of classifying toe-walking severity in children with cerebral palsy using a sensorized shoe, *Annu Int Conf IEEE: Eng Med Biol Soc*. 2009;51:63-6. DOI: 10.1109/IEMBS.2009.5332733.
14. Jagadamma KC, Coutts FJ, Mercer TH, Herman J et al. Effects of tuning of ankle foot orthoses-footwear combination using wedges on stance phase knee hyperextension in children with cerebral palsy — preliminary results, *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2009;4(6):406-13. DOI: 10.3109/17483100903104774.
15. Smiley SJ, Jacobsen FS, Mielke C, Johnston R et al. A comparison of the effects of solid, articulated, and posterior leaf-spring ankle-foot orthoses and shoes alone on gait and energy expenditure in children with spastic diplegic cerebral palsy: *Orthopedics*. 2002;25(4):411-5. DOI: 10.3928/0147-7447-20020401-16.
16. Davoudi M, Khosravi M, Farsani, Babae T et al. The Effects of Combining High-Top Shoes with Twister Wrap Orthoses on Balance Parameters of Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy: *J Biomed Phys Eng*. 2022;12(1):91-100. DOI: 10.31661/jbpe.v0i0.2106-1358.
17. Maharaj JN, Barber L, Walsh HPJ, Carty CP. Flip-flops do not alter the neuromuscular function of the gastrocnemius muscle and tendon during walking in children: *Gait Posture*. 2020;77:83-8. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.12.032.
18. Bartonek A, Lidbeck CM, Pettersson R, Weidenhielm EB et al. Influence of heel lifts during standing in children with motor disorders: *Gait Posture*. 2011;34(3):426-31. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.06.015.

References

1. Semyonova KA. Vosstanovitel'noye lecheniye bol'nykh s rezidual'noy stadiyey detskogo tserebral'nogo paralicha [Recovering Treatment of Patients with Residual Stage of Cerebral Palsy]. *Antidor [Antidor]*. 1999. (In Russian).
2. Semyonova KA. Problema vosstanovitel'nogo lecheniya detskogo tserebral'nogo paralicha [Problems of Recovering Treatment of Cerebral Palsy]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova [The Journal of Neurology and Psychiatry Named After S.S. Korsakov]* 2012;112(7-2):9-13. (In Russian).
3. Kane KJ, Musselman KE, Lanovaz J. Effects of solid ankle-foot orthoses with individualized ankle angles on gait for children with cerebral palsy and equinus: *J Pediatr Rehabil Med*. 2020;13(2):169-83. DOI: 10.3233/PRM-190615.
4. Eddison N, Healy A, Needham R, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combinations on gait kinematics of children with cerebral palsy: A case series: *Foot (Edinb)*. 2020;43:1016-60. DOI: 10.1016/j.foot.2019.101660.
5. Altschuck N, Bauer C, Nehring I, Bohm H et al. Efficacy of prefabricated carbon-composite ankle foot orthoses for children with unilateral spastic cerebral palsy

19. Murri A, Zechner G. Corrective dynamic shoe fitting of the functional clubfoot in patients with infantile cerebral palsy: *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132(3):214-20. DOI: 10.1055/s-2008-1039965.
20. Mendelevic IA, Pitkin MP, Arzanikovova EE. Clinical-biomechanical Aspects of the Production Orthopaedic Shoes for Children until the Age 3 Years with Cerebral Palsy: *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 1992;59(2):96-8. (In Russian).
21. Baumann JU. Treatment of pediatric spastic foot deformities: *Orthopade.* 1986;15(3):191-198.
22. Wesdock KA, Edge AM. Effects of wedged shoes and ankle-foot orthoses on standing balance and knee extension in children with cerebral palsy who crouch: *Pediatric Physical Therapy.* 2003;15(4):221-31. DOI: 10.1097/01.PEP.0000096383.80789.A4.
23. Cobeljic G, Bumbasirevic M, Lesic A, Bajin Z. The management of spastic equinus in cerebral palsy: *Orthopaedics and trauma.* 2009;23(3):201-9. DOI:10.1016/j.mporth.2009.05.003.
24. Mironov SP, Kotel'nikov GP, Ortopedia. *Natsional'noye rukovodstvo, 2-e izd. [Orthopedics. A national guideline, 2nd edition]* Moskva: GEOTAR-Media [Moscow: GEOTAR-Media], 2013. (In Russian).
25. Belova L, Bekk N, Zakhzhazhaya T, Belousova O et al. *Tehnologicheskiye resheniya proektirovaniya ortopedicheskoy obuvi s uch'otom biomehaniki dvizheniy [Technological design solutions of orthopedic footwear considering biomechanics of movement], Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [The Messenger of Kazan National Research Technological University].* 2015;18(5):112-4. (In Russian).
26. *Klinika i reabilitatsionnaya detskikh cerebral'nyh paralichy [Clinic and Rehabilitation Therapy of Cerebral Palsy].* Available at: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/70498/>. (accessed 16.03.2023). (In Russian).
27. Rose J, Cahill-Rowley K, Butler EE. Artificial walking technologies to improve gait in cerebral palsy: multichannel neuromuscular stimulation: *Artificial organs.* 2017;41(11):233-9. DOI: 10.1111/aor.13058.
28. Golubeva YB, Gorelova IK, Zimina EL, Skirmont EI et al. *Slozhnaya ortopedicheskaya obuv' s individual'nymi parametrami izgotovleniya, Prakticheskoye posobiye [Complex orthopedic footwear with custom manufacturing options, A guide to practice] — SPb.: Izd-vo FGBU FNTsRI im. G.A. Albrehta [Saint-Petersburg: Published by Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht]. — 23-38 p.: ISBN 978-5-6046285-5-3 (2021).* (In Russian).
29. Yesakov S, *Vozrastnaya anatomiya i fiziologiya (kurs lektsiy) [Age anatomy and physiology (course of lecture)]/ UdGU, Izhevsk [Udmurt State University, Izhevsk], 2010. 196 p.* (In Russian).
30. Ma X., Luximon A. Design and manufacture of shoe lasts, *Handbook of footwear design and manufacture, Elsevier* 2013, pp. 177-196.
31. Golubeva YB, Skirmont EI, Gorelova IK, Zimina EL et al. *Kolodka bertsovaya ortopedicheskaya [Orthopedic tibia shoe last]. Patent RU N 2737475, 2020.* (In Russian).
32. Mendelevich IA, Pitkin MR, Arzanikovova EE. *Ortopedicheskaya kolodka [Orthopedic shoe last]. Patent SU N 1560077, 1990.* (In Russian).
33. Pitkin MR, Mendelevich IA. *Ortopedicheskaya obuv' [Orthopedic footwear]. Patent SU N 820822, 1981.* (In Russian).
34. Arzhannikova EE, Pelevina IL, Skirmont EI, Biktimirova FM. *Ortopedicheskaya obuv' [Orthopedic footwear]. Patent RU 2021791, 1994.* (In Russian).
35. Ponomarenko GN. *Reabilitatsiya invalidov: natsional'noye rukovodstvo [Rehabilitation of the disabled: A national guideline]. Moskva: GEOTAR-Media [Moscow: GEOTAR-Media], 2018.* (In Russian).
36. Golubeva YB, Gorelova IK, Zimina EL, Skirmont EI. *Botinki ortopedicheskoye dlya detei s deformatsiyami stop [Orthopedic shoes for children with deformities of feet]. Patent RU 125033, 2013.* (In Russian).
37. Golubeva YB, Arzanikovova EE, Gorelova IK et al. *Konstruirovaniye i tehnologii ortopedicheskoy obuvi: prakticheskoe rukovodstvo [Designing and technologies of orthopedic shoes: a practical guide] / (pod red. EE Arzhannikovoi, IK Gorelovoi). SPb.: FGBUSPb NTsEPR im. G.A. Albrehta [Edited by Arzanikovova EE, Gorelova IK, Saint-Petersburg: Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht]. 2016. P. 111-2.* (In Russian).
38. Aboutorabi A, Arazpour M, Bani MA, Saeedi H et al. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review: *Annals of physical and rehabilitation medicine.* 2017;60(6):393-402. DOI: 10.1016/j.rehab.2017.05.004.
39. Contini BG, Bergamini E, Alvin M, Di Stanislao E et al. A wearable gait analysis protocol to support the choice of the appropriate ankle-foot orthosis: A comparative assessment in children with Cerebral Palsy: *Clinical Biomechanics.* 2019;70:177-185.
40. Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, Pinheiro MB. Using research to guide practice: the physiotherapy evidence database (PEDro): *Brazilian journal of physical therapy.* 2020;24(5):384-391. DOI: 10.1016/j.bjpt.2019.11.002.
41. Law MC, MacDermid J. *Evidence-based rehabilitation: A guide to practice: Slack Incorporated.* 2008.
42. Dalvand H, Dehghan L, Feizi A, Hosseini SA et al. The impacts of hinged and solid ankle-foot orthoses on standing and walking in children with spastic diplegia: *Iran J Child Neurol.* 2013;7(4):12-9.

Рукопись поступила: 24.03.2023

Принята в печать: 15.06.2023

Авторы

Скирмонт Елена Ивановна — старший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов, Институт протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ул. Бестужевская д. 50, г. Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: 812skirmont@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7924-2445>.

Голубева Юлия Борисовна — руководитель отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов, Институт протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ул. Бестужевская, д. 50, г. Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация; e-mail: 812golub@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2047-7925>.

Зими́на Елена Львовна — старший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ул. Бестужевская, д. 50, г. Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация, e-mail: 8120zimina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3121-6237>.

Ладэ Александра Сергеевна — младший научный сотрудник отдела ортопедической обуви и специальной одежды для инвалидов Института протезирования и ортезирования ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России, ул. Бестужевская, д. 50, г. Санкт-Петербург, 195067, Российская Федерация, e-mail: aleksa.lade@mail.ru.

Питкин Марк Рафаилович — доктор технических наук, профессор Тафтского университета, Бостон, MA 02111, США. Тел.: 617-636-7000, e-mail: mpitkin@tuftsmedicalcenter.org.

Authors

Skirmont Elena Ivanovna, senior researcher, Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: 812skirmont@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7924-2445>.

Golubeva Yulia Borisovna, Head of the Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: 812skirmont@mail.ru.

Zimina Elena L'vovna, senior researcher, Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: 8120zimina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3121-6237>.

Lade Aleksandra Sergeevna, junior researcher, Department of orthopedic shoes and special clothing for the disabled of the Institute of Prosthetics and Orthotics, Albrecht Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled, 50 Bestuzhevskaya Street, 195067 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: 812skirmont@mail.ru.

Pitkin Mark Rafailovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Tufts University, Boston, MA 02111, USA. Phone 617-636-7000, e-mail: mpitkin@tuftsmedicalcenter.org.