

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© ДЖОМАРДЛЫ Э.И., КОЛЬЦОВ А.А., 2020

Э.И. Джомардлы, А.А. Кольцов

**ОРТЕЗИРОВАНИЕ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ
СО СПАСТИЧЕСКИМИ ФОРМАМИ ДЕТСКОГО ЦЕРЕБРАЛЬНОГО
ПАРАЛИЧА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

ФГБУ «Федеральный научный центр реабилитации инвалидов имени Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Обоснование. Детский церебральный паралич (ДЦП) — важная медико-социальная проблема, обусловленная высокой частотой детской инвалидности и значительной распространённостью заболевания. Одна из особенностей ДЦП — формирование вторичных ортопедических осложнений, для коррекции которых, наряду с хирургией и ботулинотерапией, используются технические средства реабилитации, в частности ортезы. **Цель** — анализ мирового опыта ортезирования детей с ДЦП. Выполнен поиск литературных источников в открытых электронных базах PubMed и Elibrary за последние 30 лет. Большинство публикаций посвящены ортезам на голеностопные суставы как наиболее часто применяемым в зарубежной клинической практике. Минимальное количество работ освещают проблему ортопедической обуви, несмотря на её распространённость в России. Отсутствуют работы, анализирующие частотную характеристику используемых ортезов, в том числе вероятность их повторного использования и отказа от них. Отсутствует единая общепринятая терминология и классификация ортезов. Мы не обнаружили статей, освещающих эффективность комбинированного применения нескольких типов ортезов. До настоящего времени не разработаны клинические рекомендации по ортезированию детей с детским церебральным параличом, в связи с чем во многих случаях ортезы назначаются эмпирическим путём. **Заключение.** Таким образом, проведение дальнейших исследований по изучению роли ортезирования в медицинской реабилитации детей с ДЦП представляется актуальной задачей.

Ключевые слова: ДЦП, ортезы, спастичность, деформации, дети.

Для цитирования: Джомардлы Э.И., Кольцов А.А. Ортезирование нижних конечностей у детей со спастическими формами детского церебрального паралича (обзор литературы). *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2020;23(4):39–46. DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER54608>

Для корреспонденции: Кольцов Андрей Анатольевич, кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, заведующий 1-м детским травматолого-ортопедическим отделением клиники ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта Минтруда России; 195067, Санкт-Петербург, ул. Бестужевская, д. 50, e-mail: katandr2007@yandex.ru

*E.I. Dzhomardly, A.A. Koltsov***ORTHOTICS LOWER LIMBS IN CHILDREN WITH SPASTIC FORMS OF CEREBRAL PALSY:
(LITERATURE REVIEW)**

Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht
Saint Petersburg, Russian Federation

Background. Cerebral palsy (CP) is an important medical and social problem due to the high frequency of childhood disability and a significant prevalence of the disease. One of the features of cerebral palsy is the formation of secondary orthopedic complications, for the correction of which, along with surgery and botulinum therapy, technical rehabilitation devices and orthoses in particular are used. **Aim:** To analyze world experience in orthotics in children with cerebral palsy. World literature review in open electronic databases PubMed and Elibrary for the last 30 years. The most of publications focuses on ankle-foot orthoses as the most commonly used in foreign clinical practice. A minimal number of papers cover the problem of orthopedic footwear, despite on its prevalence in Russia. There are no works analyzing the frequency characteristics of orthoses used, including the likelihood of their reuse and rejection. There is no unified, generally accepted terminology and classification of orthoses. We found no articles covering the effectiveness of combined use of several types of orthoses. To date, no clinical guidelines for orthotics in children with cerebral palsy have been developed; therefore, in many cases, orthoses are prescribed empirically. **Conclusion.** Thus, further research of the role of orthotics in the medical rehabilitation of children with cerebral palsy appears to be an urgent task.

Keywords: cerebral palsy; orthoses; spasticity; deformities; children.

For citation: Dzhomardly EI, Koltsov AA. Orthotics lower limbs in children with spastic forms of cerebral palsy: (literature review). *Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation*. 2020;23(4):39–46. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER54608>

For correspondence: Andrey Anatolievich Koltsov, the doctor in traumatology and orthopedics, PhD, the chief of First orthopedic department for children in Federal state budgetary institution “Federal scientific center of rehabilitation disabled people name of G.A. Albrecht” Ministries of Labour and social protection of the Russian Federation; 50, Bestughevskaya street, Sankt Petersburg, 195067, e-mail: katandr2007@yandex.ru

Received 12.12.2020

Accepted 25.01.2021

Обоснование

На сегодняшний день детский церебральный паралич (ДЦП) является самым распространённым в педиатрической популяции нейроортопедическим заболеванием с частотой встречаемости от 2 до 3 случаев на 1000 живорождённых детей [1]. Клинические проявления ДЦП, прежде всего, определяются формой заболевания; к особенностям спастических форм относится раннее развитие вторичных ортопедических осложнений, усугубляющих статодинамические нарушения, с целью коррекции которых широко применяют технические средства реабилитации, и прежде всего ортезирование [2]. Вместе с тем многообразие клинических проявлений заболевания и наличие широкого спектра имеющихся ортезов нередко вызывают как у родителей, так и у практикующих врачей-клиницистов затруднения при их выборе. В ряде случаев с целью попытки скорректировать все имеющиеся патологические установки и деформации родители приобретают избыточное количество ортезов на основании медицинских рекомендаций или самостоятельно на основании мнения третьих лиц. Также встречается и обратная ситуация, когда ребёнок с ДЦП не обеспечивается ортезами, или первичное ортезирование начинается достаточно поздно, когда его применение, к сожалению, нередко становится возможным только после хирургического вмешательства. С нашей точки зрения, обе эти ситуации могут привести к формированию у ребёнка стойкого негативного отношения к ортезам и, как следствие, отказу даже от необходимых изделий. Данное исследование направлено на изучение представленной проблемы на основании анализа мировой литературы.

Цель — проанализировать мировой опыт ортезирования детей с ДЦП.

Мировой опыт ортезирования детей с детским церебральным параличом

Поиск литературных источников в открытых электронных базах PubMed и Elibrary за последние 30 лет.

Критерии включения: наличие полнотекстовых источников или структурированного материала с указанием конкретных количественных данных. Критерии исключения: тезисы докладов; исследования, имеющие признаки дублирования (в случае наличия таких статей выбирали более поздний по дате публикации источник).

Большая часть публикаций посвящена изучению эффективности использования ортезов на голеностопные суставы различных конструкций (AFO, GRAFO, leaf-spring AFO и т.д.) как наиболее применяемых в клинической практике [3].

Несмотря на колоссальный интерес к данной теме, в настоящее время в мировой литературе нет единой общепринятой классификации ортезов. Наиболее популярна классификация, основанная на двух основных принципах (Demet O, 2009) [4]:

- 1) на анатомической области тела, которую фиксирует ортез:
 - ортез стопы (foot orthosis, FO);

- ортез голеностопного сустава (ankle foot orthosis, AFO);
 - коленный голеностопный ортез (knee ankle foot orthosis, KAFO);
 - тазобедренный коленный лодыжечный ортез (hip knee ankle foot orthosis, HKAFO);
 - ортез туловища, бедра, колена, лодыжки (trunk hip knee ankle foot orthosis, THKAFO);
- 2) на функции/механизме ортеза:
 - единая (solid);
 - артикулирующая (articulated, hinged);
 - динамическая (dynamic).

В итоге полное название ортеза формируется путём сложения второго и первого пунктов — SAFO, AAFO, DAFO и т.д.

Более детальная классификация, представленная в российском федеральном перечне реабилитационных мероприятий и технических средств реабилитации, с нашей точки зрения, слишком громоздка для использования в повседневной клинической практике, не используется в мировой практике и предназначена в первую очередь для врачей медико-социальной экспертизы РФ.

Ортезы на голеностопные суставы (AFO)

Публикации по ортезам на голеностопный сустав отражают анализ пространственно-временных и кинематических параметров ходьбы, энергозатрат на ходьбу, постурального контроля, роли ортезирования в пре- и постоперационном периоде.

В исследованиях пространственно-временных показателей многие исследователи сообщают об увеличении скорости ходьбы [5, 6], длины шага [7, 8] и уменьшении частоты шага [9, 10]. Вместе с тем имеются единичные публикации, в которых авторы получили результаты, противоположные вышеописанным [11].

В одной из ранних работ E. Middleton и соавт. [12] отмечали большую эффективность шарнирного (hinged) AFO по сравнению с бесшарнирным (solid) ортезом, что выражалось уменьшением амплитуды подошвенного сгибания стопы и сгибанием в коленном суставе во время ходьбы. Несколько позже S. Radtka и соавт. [13] исследовали влияние solid AFO и dynamic AFO. Полученные ими данные продемонстрировали увеличение длины и уменьшение частоты шага, а также уменьшение угла сгибания в коленном суставе в обоих типах ортезов по сравнению с ходьбой босиком.

Исследование влияния различных видов AFO на кинематику нижних конечностей показало сравнимые результаты в оценке влияния на подвижность в голеностопном суставе и неоднозначные — на проксимально расположенные сегменты, при этом противоречие было тем больше, чем проксимальнее находится исследуемый сустав. Согласно мнению большинства авторов, использование AFO увеличивает амплитуду тыльной флексии и в зависимости от типа конструкции ортеза может ограничивать подошвенное сгибание [14, 15]. W. Lam и соавт. [16] указывали на статистически значимое увеличение угла сгибания в коленном и тазобе-

дренном суставе в фазе контакта стопы с опорной поверхностью при использовании dynamic AFO по сравнению с тестом босиком. M. Abel и соавт. [17], а позже C. Vuckon и соавт. [18] сообщали об отсутствии статистически значимого влияния на проксимальные суставы нижних конечностей при использовании fixed AFO.

Безусловно, изменение пространственно-временных параметров и кинематики движений сказывается на энергозатратах. Так, J. Campbell и J. Ball. [19] выявили, что у детей со спастической диплегией энергозатраты во время ходьбы возрастают в диапазоне от 124 до 294% по сравнению со здоровыми сверстниками. Увеличение энергозатрат при ДЦП, по мнению авторов, связано со снижением селективного мышечного контроля, повышением мышечного тонуса, дисбалансом между мышцами-агонистами и антагонистами, нарушением постурального контроля, слабостью и недостаточностью передачи энергии между сегментами тела [10]. Следовательно, снижение энергозатрат у детей с ДЦП можно трактовать как показатель эффективности ортезирования. В единичных работах авторы сообщают об отсутствии положительного или наличии негативного эффекта при ортезировании с помощью AFO. Так, S. Smiley и соавт. [20] не обнаружили существенных различий в энергозатратах при использовании SAFO, AAFO и PLS, тогда как A. Caliskan Uckun и соавт. [21] выявили повышение данного показателя при использовании SAFO. В то же время M. Brehm и соавт. [22] сообщали о том, что применение AFO у детей с тетраплегией приводит к значительному снижению энергозатрат по сравнению с ходьбой босиком, однако аналогичная тенденция не наблюдалась у пациентов с гемиплегической формой.

Анализ баланса нагрузок осуществляется с помощью различных методов. Первые исследования по изучению баланса основывались на хронометрии длительности сохранения ортостатического положения тела [23]. В последние два десятилетия баланс тела анализируют с помощью различных программно-аппаратных комплексов. M. Wingstrand и соавт. [24] опубликовали результаты исследования ортезов на голеностопный сустав на самой большой выборке (2200 детей) и сообщили об улучшении двигательных навыков у 70% пациентов. У пациентов, не способных к самостоятельному передвижению, в 75% случаев отмечалось повышение стабильности опоры. Ряд специалистов указывали на критическое значение площади опоры для поддержания баланса тела [25, 26].

Мы не обнаружили работ, анализирующих эффективность комбинированного использования ортезов на различные сегменты конечностей, хотя в нашей клинической практике нередко применяем такие комбинации. Редко авторы рассматривают совместное использование AFO и обуви, указывая на улучшение кинематики коленного и тазобедренного суставов [14].

Практически не исследована роль ортезирования голеностопного сустава в профилактике постоперационных рецидивов деформаций.

Интересен анализ влияния длительности ношения ортезов и их конструктивных особенностей. X. Zhao и соавт. [27] отметили, что эффективность от ношения ортеза на голеностопный сустав в дневное время более 6 ч была выше, чем при его использовании в режиме день–ночь. F. Hainsworth и соавт. [28] продемонстрировали ухудшение всех биомеханических параметров ходьбы при нерегулярном применении AFO. Анализ влияния жёсткости конструкции AFO, проведённый D. Totah и соавт. [29] в систематическом обзоре, показал уменьшение амплитуды движений в голеностопном суставе и увеличение амплитуды сгибания в коленном суставе во время ходьбы при повышении жёсткости изделия.

Отводящие ортезы (abduction orthosis / hip orthosis)

У детей со спастическими формами ДЦП подвывих и вывих головки бедренной кости занимают второе место после патологии на уровне стопы и голеностопного сустава: их частота в группе больных GMFCS 5 по классификации глобальных моторных функций у детей с ДЦП составляет более 90% [30]. Указанные нарушения ограничивают функциональную активность ребёнка, проведение гигиенических процедур, нередко приводят к развитию дискомфорта и болей в области таза. В связи с этим в курации больных ДЦП очень важная роль отводится контролю за состоянием тазобедренных суставов.

Одними из первых положительное влияние отводящих ортезов на тазобедренные суставы отмечали M. Letts и соавт. [31], но при этом не привели объективного подтверждения своих наблюдений. Позже F. Miller и соавт. [32] отметили, что применение отводящих ортезов может быть нецелесообразным в связи с увеличением нагрузки на тазобедренный сустав и отсутствием чётких данных о предотвращении развития вывихов. По мнению авторов, наиболее обоснованным является применение отводящих ортезов после миотомии аддукторов бёдер. Аналогичного мнения придерживаются H. Graham и соавт. [33], однако вместо миотомии аддукторов они предложили использовать ботулинический токсин типа А в приводящие мышцы бёдер и отметили, что такая комбинация приводит к снижению частоты последующего оперативного лечения. Годом позже T. Pountney и соавт. [34] опубликовали данные об отсутствии динамики изменений рентгенологической картины тазобедренных суставов при использовании отводящего ортеза, что было расценено авторами как положительный результат его применения. K. Willoughby и соавт. [35] оценивали эффективность использования отводящего ортеза на тазобедренные суставы и введения инъекции ботулотоксина А в долгосрочной перспективе (3 года) при частоте введения ботулотоксина А каждые 6 мес. Было обнаружено, что сочетание ботулотоксина А и отводящего ортеза на тазобедренные суставы не уменьшает потребности в хирургическом лечении, не оказывает влияния ни на сложность/тяжесть последующей операции, ни на «правильное формирование» тазобедренного сустава. В одной из

последних найденных работ сообщалось, что агрессивное применение отводящих ортезов у детей со спастическими формами ДЦП может пагубно повлиять на развивающийся тазобедренный сустав и проксимальный отдел бедренной кости.

Мы практически не встретили публикаций о том, как применение ортезов на тазобедренные суставы влияет на статодинамическую функцию и стереотип передвижения пациента, в то время как именно этот аспект кажется нам первичным с учётом такого распространённого проявления спастичности, как приводящая установка или контрактура нижних конечностей. О необходимости коррекции приводящих установок нижних конечностей в тазобедренных суставах ещё во второй половине XX века сообщала в своей монографии К.А. Семёнова [36].

Туторы

По мнению О.А. Ключковой и соавт. [37], причины формирования контрактур до конца неясны. По данным клинических наблюдений очевидно, что фиксированным деформациям предшествуют нефиксированные патологические установки. Длительная персистенция последних в порочных положениях без соответствующей комплексной медицинской реабилитации приводит к раннему формированию ригидных контрактур. Ряд авторов выявил, что длительная иммобилизация суставов животных, сопровождаемая длительным пассивным растяжением мышц, индуцирует увеличение их длины путём последовательного добавления [38–40].

С целью профилактики формирования контрактур у детей со спастическими формами ДЦП, согласно данным ряда зарубежных исследователей, широко назначаются туторы на нижнюю конечность [39, 41]. Традиционно первое сообщение об эффективности применения тутора на голеностопный сустав (увеличение тыльной флексии стопы) приписывают С. Tardieu и соавт. [39]. J. Anderson и соавт. [42] указывали, что у всех пациентов при применении тутора отмечено уменьшение сгибательной контрактуры в коленном суставе в среднем на 24°, при этом наибольший процент улучшения отмечался у более молодых пациентов.

T. Pin и соавт. [43] в систематическом обзоре эффективности растяжения мышц у детей с ДЦП определили преимущество растяжения с использованием технических средств и туторов в частности над ручным растяжением.

Ряд авторов, обращая внимание, что пассивное растяжение приводит к эксцентрическому росту мышцы (т.е. мышца становится длиннее за счёт сакромеронеза) [44, 45], провели исследование, схожее с работой С. Tardieu и соавт. [39], и доказали, что поперечнополосатая мышца приспособляется к хроническому механическому растяжению путём образования новых сакромеров, хотя через 2 нед после устранения причины хронического растяжения мышцы возвращались к исходной длине.

Вместе с тем, по мнению J. Maas и соавт. [46], использование тутора на нижнюю конечность во время отдыха/покоя может быть более эффективным по сравнению с его использованием при ходьбе,

так как ношение тутора на голеностопный сустав во время активной части дня, по мнению авторов, не способствует растяжению икроножной мышцы в связи с отсутствием фиксации коленного сустава.

Деротационная манжета

В структуре ортопедических нарушений при ДЦП значимое место занимает внутритротационная установка нижних конечностей. В частности, разворот конечности вовнутрь приводит к существенному нарушению стереотипа ходьбы. Согласно данным мировой литературы, отмеченное состояние является одним из наиболее частых компонентов патологического паттерна ходьбы, и в англоязычной литературе известно как «the foot progression angle» (FPA) [47]. Публикации, посвящённые исследованию консервативных методов лечения данной деформации, в том числе ортезированию, редки. Одним из таких типов ортезов является деротационная манжета [48, 49]. Согласно A. Marcucci с соавт. [48], эластичная бедренная деротационная манжета (flexible femur derotator) впервые была изобретена J. Reydelet в 2004 г. и заменила применяемый ранее жёсткий деротатор, использование которого, по мнению изобретателя, приводило к «скованности» ребёнка, ограничению амплитуды движений в суставах и, как следствие, к нарушениям походки. A. Marcucci и соавт. [48], а позже W. Chang и соавт. [49] исследовали эффективность разных моделей гибких деротационных манжет и сообщили о существенном увеличении дистанции и скорости ходьбы, длины шага, амплитуды движений в суставах при их использовании, отметили снижение энергозатрат в связи с улучшением биомеханики ходьбы при ношении ортеза не менее 6 ч в день в течение 12 мес, особенно у детей с уровнями глобальных моторных функций GMFCS 1 и GMFCS 2.

Следует отметить тот факт, что применение деротационной манжеты у детей со спастическими формами ДЦП, возможно, является самым спорным среди всех ортезов. Почвой для таких дискуссий является нередко наблюдаемое в клинической практике усиление ротационных нарушений после отмены манжеты. Однако работ, анализирующих данное явление, нами не обнаружено.

Ортопедическая обувь

Ретроспективный частотный анализ технических средств реабилитации показал, что значительное количество детей со спастическими формами ДЦП в России снабжены сложной или типовой ортопедической обувью, о чём свидетельствуют и результаты анкетирования родителей этих больных [50]. Однако в мировой литературе данная проблема недостаточно исследована и освещена. При анализе количества публикаций в базе данных PubMed по ключевым словам «cerebral palsy» мы нашли 29 934 публикации, тогда как при дополнении критериев поиска ключевыми словами «...orthopedic shoes» и «...footwear» число найденных источников уменьшилось до 11 и 5 соответственно. Интересно, что в части этих публикаций опять же в большей степени рассматриваются различные ортезы на голеностопные суставы либо стельки. Лишь в одной работе

авторы сообщали о роли ортопедической обуви в коррекции косолапости у детей со спастическими формами ДЦП, но при этом основной акцент они делали на демонстрацию технических особенностей изготовления обуви [51].

По аналогичному алгоритму был проведён поиск и в российской базе данных eLibrary, при этом в подавляющем большинстве из 94 найденных источников рассматриваются конструктивные особенности обуви, но не клинические аспекты и эффективность её использования [52].

Таким образом, очевидно несоответствие высокой частоты назначения ортопедической обуви детям с ДЦП, по крайней мере в России, и низкой освещённости этого аспекта в российских и зарубежных источниках.

Стельки

Согласно данным мировой литературы, у детей с церебральными параличами часто встречается мультисенсорная деафферентация, в том числе от скелетно-мышечной системы. Согласно гипотезе L. Сесі и соавт. [53], стимуляция механорецепторов, расположенных на разных участках подошвы стопы, приводит к изменению постурального тонуса. Данный принцип в 1957 г. был применён в тренировочных стельках по Шпицу, инновационных для своего времени [54]. Позже, в 1972 г., стало известно о создании чехословацкой стельки, конструктивно отличной, но принципиально схожей с предыдущим вариантом: в стельке использовались несколько шариков разных размеров, прикреплённых к области вершины продольного свода. Спустя полвека Т. Christovão и соавт. [55] доказали важную роль принципа, применённого в стельках по Шпицу, в постуральном менеджменте, и выявили возможность постурального ответа на раздражители, особенно в долгосрочной перспективе. По мнению авторов, постуральные стельки являются важным инструментом для улучшения функционального баланса у детей с уровнем двигательной активности GMFCS 1 и GMFCS 2. Согласно М. Gross и соавт. [56], постуральные стельки в краткосрочном периоде оказывают положительное влияние как на статический, так и на динамический баланс, и такой эффект может сохраняться длительный период времени. Вместе с тем А. Nobre и соавт. [57] указывали, что использование постуральных стелек у детей с ДЦП приводило к снижению колебаний в переднезаднем направлении не только с открытыми, но и с закрытыми глазами.

Имеются единичные работы, в которых авторы наблюдали улучшение скорости походки у больных ДЦП с уровнем двигательной активности GMFCS 1 и GMFCS 2 при использовании постуральных стелек [55]. Традиционно в изучении роли технических средств реабилитации важная роль отводится анализу длительности использования изделия. Так, Е. Palluel и соавт. [58] не выявили значимых статодинамических изменений сразу после применения стелек, но отметили значительное улучшение функции сохранения ортостатического положения тела после адаптационного периода.

Вся имеющаяся информация о методах лечения пациентов с ДЦП впервые была глобально систематизирована с точки зрения эффективности в 2013 г. группой австралийских исследователей во главе с I. Novak [59], которые с точки зрения доказательной медицины проанализировали 118 методов. Через 7 лет эта же группа авторов представила результаты анализа уже 182 манипуляций, в том числе ортезирования. Авторы, проанализировав на основании имеющейся литературы эффективность ортезов по их влиянию на моторные функции и возможность коррекции контрактуры, выявили, что АФО, возможно, способствуют увеличению скорости и длины шага, улучшению кинематики ходьбы, что в целом способствует повышению уровня глобальных моторных функций. Вместе с тем не обнаружены данные о глобальном влиянии АФО на контрактуры.

Взгляд I. Novak на эффективность ортезов в коррекции статодинамических нарушений через «призму доказательной медицины» противоречит данным других авторов [28], что, на наш взгляд, может быть обусловлено не всегда достаточно полным описанием технической характеристики ортеза, клинко-биомеханической картины (на всех этапах исследования) и вышеуказанными терминологическими сложностями.

Заключение

Обзор литературы выявил значительное число публикаций, исследующих роль ортезирования в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ДЦП. Авторы большинства публикаций рассматривают самостоятельно передвигающихся, так называемых амбулаторных пациентов с уровнями глобальной моторной активности GMFCS 1–2, тогда как в клинической практике мы чаще наблюдаем более тяжёлых детей групп GMFCS 3–5. Преимущественно анализируются различные конструкции ортезов на голеностопные суставы, но работ, посвящённых аппаратам «на всю нижнюю конечность» и на «нижние конечности и туловище», мы не встретили, несмотря на популярность этих технических средств реабилитации в России.

В изученных публикациях основная роль отводится исследованию пространственно-временных и кинематических параметров ходьбы. Представлены лишь единичные публикации, посвящённые различным аспектам применения ортопедической обуви, несмотря на чрезвычайную популярность ортопедической обуви в России. В этих работах авторы рассматривают преимущественно конструктивные особенности обуви и практически не уделяют внимания её клинической роли.

Мы не обнаружили статей, содержащих глобальные обзоры и метаанализы по теме ортезирования пациентов с ДЦП, в том числе анализирующих частотную характеристику всего спектра ортезов, вероятность их повторного использования, отказа от них. С точки зрения доказательной медицины, уровень доказательности ортезирования по-прежнему остается низким. Нами не найдено ни одной публикации, рассматривающей эффективность комбина-

ции нескольких ортезов с учётом многоуровневости деформаций.

Таким образом, проведение дальнейших исследований по изучению роли ортезирования в медицинской реабилитации детей с ДЦП представляется актуальной задачей.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Финансирование. Отсутствует.

Участие авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Valentina J, Davidson SA, Bear N, et al. A prospective study investigating gross motor function of children with cerebral palsy and GMFCS level II after long-term botulinum toxin type A use. *BMC Pediatr*. 2020;20(1):7. doi: 10.1186/s12887-019-1906-8.
2. Ielapi A, Forward M, de Beule M. Computational and experimental evaluation of the mechanical properties of ankle foot orthoses: a literature review. *Prosthet Orthot Int*. 2019;43(3):339–348. doi: 10.1177/0309364618824452.
3. Lindskov L, Huse AB, Johansson M, Nygård S. Muscle activity in children with spastic unilateral cerebral palsy when walking with ankle-foot orthoses: an explorative study. *Gait Posture*. 2020;80:31–36. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.05.011.
4. Demet O. [Orthotic management in cerebral palsy. (In Turkish)]. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2009;43(2):165–172. doi: 10.3944/AOTT.2009.165.
5. Young J, Jackson S. Improved motor function in a pre-ambulatory child with spastic bilateral cerebral palsy, using a custom rigid ankle-foot orthosis-footwear combination: a case report. *Prosthet Orthot Int*. 2019;43(4):453–458. doi: 10.1177/0309364619852239.
6. Lintanf M, Bourseul JS, Houx L, et al. Effect of ankle-foot orthoses on gait, balance and gross motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2018;32(9):1175–1188. doi: 10.1177/0269215518771824.
7. 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. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98(9):759–770. doi: 10.1097/PHM.0000000000001185.
8. Son I, Lee D, Hong S, et al. Comparison of gait ability of a child with cerebral palsy according to the difference of dorsiflexion angle of hinged ankle-foot orthosis: a case report. *Am J Case Rep*. 2019;20:1454–1459. doi: 10.12659/AJCR.916814.
9. Tavernese E, Petrarca M, Rosellini G, et al. Carbon Modular Orthosis (Ca.M.O.): an innovative hybrid modular ankle-foot orthosis to tune the variable rehabilitation needs in hemiplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*. 2017;40(3):447–457. doi: 10.3233/NRE-161432.
10. Wahid F, Begg R, Sangeux M, et al. The effects of an ankle foot orthosis on cerebral palsy gait: a multiple regression analysis. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2015;5509–12. doi: 10.1109/EMBC.2015.7319639.
11. Meyns P, Kerkum YL, Brehm MA, et al. Ankle foot orthoses in cerebral palsy: effects of ankle stiffness on trunk kinematics, gait stability and energy cost of walking. *Eur J Paediatr Neurol*. 2020;26:68–74. doi: 10.1016/j.ejpn.2020.02.009.
12. Middleton EA, Hurley GR, McIlwain JS. The role of rigid and hinged polypropylene ankle-foot-orthoses in the management of cerebral palsy: a case study. *Prosthet Orthot Int*. 1988;12(3):129–135. doi: 10.3109/03093648809079396.
13. Radtka SA, Skinner SR, Dixon DM, Johanson ME. A comparison of gait with solid, dynamic, and no ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy. *Phys Ther*. 1997;77(4):395–409. doi: 10.1093/ptj/77.4.395.
14. 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;43:101660. doi: 10.1016/j.foot.2019.101660.
15. Contini BG, Bergamini E, Alvin M, 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. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019;70:177–185. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2019.08.009.
16. Lam WK, Leong JC, Li YH, et al. Biomechanical and electromyographic evaluation of ankle foot orthosis and dynamic ankle foot orthosis in spastic cerebral palsy. *Gait Posture*. 2005;22(3):189–197. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.09.011.
17. Abel MF, Juhl GA, Vaughan CL, Damiano DL. Gait assessment of fixed ankle-foot orthoses in children with spastic diplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(2):126–133. doi: 10.1016/s0003-9993(98)90288-x.
18. Buckon CE, Thomas SS, Jakobson-Huston S, et al. Comparison of three ankle-foot orthosis configurations for children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46(9):590–598. doi: 10.1017/s0012162204001008.
19. Campbell J, Ball J. Energetics of walking in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am*. 1978;9(2):374–377.
20. Smiley SJ, Jacobsen FS, Mielke C, 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.
21. Caliskan Uckun A, Celik C, Ucan H, Ordu Gokkaya NK. Comparison of effects of lower extremity orthoses on energy expenditure in patients with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*. 2014;17(6):388–392. doi: 10.3109/17518423.2013.830653.
22. Brehm MA, Harlaar J, Schwartz M. Effect of ankle-foot orthoses on walking efficiency and gait in children with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2008;40(7):529–534. doi: 10.2340/16501977-0209.
23. Harris SR, Riffle K. Effects of inhibitive ankle-foot orthoses on standing balance in a child with cerebral palsy. A single-subject design. *Phys Ther*. 1986;66(5):663–667. doi: 10.1093/ptj/66.5.663.
24. Wingstrand M, Hagglung G, Rodby-Bousquet E. Ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: a cross sectional population based study of 2200 children. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:327. doi: 10.1186/1471-2474-15-327.
25. Carlberg EB, Hadders-Algra M. Postural dysfunction in children with cerebral palsy some implications for therapeutic guidance. *Neural Plast*. 2005;12(2-3):221–228. doi: 10.1155/NP.2005.221.
26. Khaled A, Sahar OM, El-Din N, Ibrahim MB. Role of three side support ankle-foot orthosis in improving the balance in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Egypt j med hum genet*. 2013;14(1):77–85. doi: 10.1016/j.ejmhg.2012.10.001.

27. Zhao X, Xiao N, Li H, Du S. Day vs. day-night use of ankle-foot orthoses in young children with spastic diplegia: a randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92(10):905–911. doi: 10.1097/PHM.0b013e318296e3e8.
28. Hainsworth F, Harrison MJ, Sheldon TA, Roussounis SH. A preliminary evaluation of ankle orthoses in the management of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39(4):243–247. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07419.x.
29. Totah D, Menon M, Jones-Hershinow C, et al. The impact of ankle-foot orthosis stiffness on gait: a systematic literature review. *Gait Posture.* 2019;69:101–111. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.01.020.
30. Agarwal KN, Chen C, Scher DM, Dodwell ER. Migration percentage and odds of recurrence/subsequent surgery after treatment for hip subluxation in pediatric cerebral palsy: a meta-analysis and systematic review. *J Child Orthop.* 2019;13(6):582–592. doi: 10.1302/1863-2548.13.190064.
31. Letts M, Shapiro L, Mulder K, Klassen O. The windblown hip syndrome in total body cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1984;4(1):55–62. doi: 10.1097/01241398-198401000-00013.
32. Miller F, Slomczykowski M, Cope R, Lipton GE. Computer modeling of the pathomechanics of spastic hip dislocation in children. *J Pediatr Orthop.* 1999;19(4):486–492. doi: 10.1097/00004694-199907000-00012.
33. Graham HK, Boyd R, Carlin JB, et al. Does botulinum toxin a combined with bracing prevent hip displacement in children with cerebral palsy and «hips at risk»? A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(1):23–33. doi: 10.2106/JBJS.F.01416.
34. Pountney TE, Mandy A, Green E, Gard PR. Hip subluxation and dislocation in cerebral palsy — a prospective study on the effectiveness of postural management programmes. *Physiother Res Int.* 2009;14(2):116–127. doi: 10.1002/pri.434.
35. Willoughby K, Ang SG, Thomason P, Graham HK. The impact of botulinum toxin A and abduction bracing on long-term hip development in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54(8):743–747. doi: 10.1111/j.1469-8749.2012.04340.x.
36. Семенова К.А. Лечение двигательных расстройств при детских церебральных параличах. — М.: Медицина, 1976. — 185 с. [Semenova KA. Treatment of motor disorders in children with cerebral palsy. Moscow: Meditsina; 1976. 185 p. (In Russ.)]
37. Ключкова О.А., Куренков А.Л., Кенис В.М. Формирование контрактур при спастических формах детского церебрального паралича: вопросы патогенеза // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. — 2018. — Т.6. — №1. — С. 58–66. [Klochkova OA, Kurenkov AL, Kenis VM. Development of contractures in spastic forms of cerebral palsy: pathogenesis and prevention. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2018;6(1):58–66. (In Russ.)]. doi: 10.17816/PTORS6158-66.
38. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat.* 1978;127(Pt 3):459–468.
39. Tardieu C, Lespargot A, Tabary C, et al. For how long must the soleus muscle be stretched each day to prevent contractures. *Dev Med Child Neurol.* 1986;30(1):3–10. doi: 10.1111/j.1469-8749.1988.tb04720.x.
40. Soares AG, Aoki MS, Miyabara EH, et al. Ubiquitin-ligase and deubiquitinating gene expression in stretched rat skeletal muscle. *Muscle Nerve.* 2007;36(5):685–693. doi: 10.1002/mus.20866.
41. Desloovere K, Molenaers G, de Cat J, et al. Motor function following multilevel botulinum toxin type A treatment in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(1):56–61. doi: 10.1017/s001216220700014x.
42. Anderson JP, Snow B, Dorey FJ, Kabo JM. Efficacy of soft splints in reducing severe knee-flexion contractures. *Dev Med Child Neurol.* 1988;30(4):502–508. doi: 10.1111/j.1469-8749.1988.tb04777.x.
43. Pin T, Dyke P, Chan M. The effectiveness of passive stretching in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(10):855–862. doi: 10.1017/S0012162206001836.
44. Zöllner AM, Abilez OJ, Böl M, Kuhl E. Stretching skeletal muscle: chronic muscle lengthening through sarcomerogenesis. *PLoS One.* 2012;7(10):e45661. doi: 10.1371/journal.pone.0045661.
45. Kerckhoffs RC, Omens JH, McCulloch AD. A single strain-based growth law predicts concentric and eccentric cardiac growth during pressure and volume overload. *Mech Res Commun.* 2012;42:40–50. doi: 10.1016/j.mechrescom.2011.11.004.
46. Maas JC, Dallmeijer AJ, Huijings PA, et al. Splint: the efficacy of orthotic management in rest to prevent equinus in children with cerebral palsy, a randomised controlled trial. *BMC Pediatr.* 2012;12:38. doi: 10.1186/1471-2431-12-38.
47. Barret RS, Lichtwark GA. Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: systematic review. *Dev Med Child Neurol.* 2010;52(9):794–804. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03686.x.
48. Marcucci A, Edouard P, Loustalet E, et al. Efficiency of flexible derotator in walking cerebral palsy children. *Ann Phys Rehabil Med.* 2011;54(6):337–347. doi: 10.1016/j.rehab.2011.07.960.
49. Chang WD, Chang NJ, Lin HY, Lai PT. Changes of plantar pressure and gait parameters in children with mild cerebral palsy who used a customized external strap orthosis: a crossover study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:813942. doi: 10.1155/2015/813942.
50. Кольцов А.А., Джомардлы Э.И. Анализ динамики типов технических средств реабилитации и частоты их использования у пациентов с детским церебральным параличом // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. — 2020. — Т.8. — №2. — С. 55–64. [Koltsov AA, Dzhomardly EI. Analysis of type and frequency dynamics of rehabilitation assistive devices in children with cerebral palsy. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and reconstructive Surgery.* 2020;8(2):55–64. (In Russ.)]. doi: 10.17816/PTORS18953.
51. Murri A, Zechner G. [Corrective dynamic shoe fitting of the functional clubfoot in patients with infantile cerebral palsy. (In German)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132(3):214–220. doi: 10.1055/s-2008-1039965.
52. Bekk NV, Belova LA, Lapina TS. Feature customization of orthopedic shoes for children with cerebral palsy. *Theoret Appl Sci.* 2018;68(12):117–121. doi: 10.15863/TAS.2018.12.68.21.
53. Ceci LA, Salgado AS, Przysieszny WL. Modificação das aferências sensitivas podais e sua influência na amplitude. *Rer Fisio Magazine.* 2004;1:116–119.
54. Циркунова Н.А., Шуленкина Н.М. Новые и усовершенствованные конструкции ортопедических изделий при деформациях стоп (ортопедические стельки). — М., 1957. — С. 27–31. [Tsirkunova NA, Shulenina NM. *Novye i usovershenstvovannye konstruksii ortopedicheskikh izdelii pri deformatsiyakh stop (ortopedicheskie stel'ki).* Moscow; 1957. P. 27–31. (In Russ.)]

55. Christovão TC, Pasini H, Grecco LA, et al. Effect of postural insoles on static and functional balance in children with cerebral palsy: a randomized controlled study. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(1):44–51. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0072.
56. Gross MT, Mercer VS, Lin FC. Effects of foot orthoses on balance in older adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(7):649–657. doi: 10.2519/jospt.2012.3944.
57. Nobre A, Monteiro FF, Golin MO, et al. Analysis of postural oscillation in children with cerebral palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2010;50(5):239–244.
58. Palluel E, Nougier V, Olivier I. Do spike insoles enhance postural stability and plantar-surface cutaneous sensitivity in the elderly? *Age (Dordr).* 2008;30(1):53–61. doi: 10.1007/s11357-008-9047-2.
59. Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of evidence traffic lights 2019: Systematic review of intervention for preventing and treating children with cerebral palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020;20(2):3. doi: 10.1007/s11910-020-1022-z.

Поступила 12.12.2020

Принята к печати 25.01.2021

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Автор, ответственный за переписку:

Кольцов Андрей Анатольевич, к.м.н. [**Andrey A. Koltsov**, MD, PhD]; e-mail: katandr2007@yandex.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-8826>

Соавтор:

Джомарды Эльнур Исфандиярович, врач травматолог-ортопед, аспирант по специальности «травматология и ортопедия» [**Elnur I. Dzhomardly**, MD], e-mail: mamedov.ie@yandex.ru, SPIN-код: 5853-0260,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0281-3262>