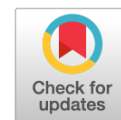


DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

Нормализация параметров мочеиспускания у мальчика с детским церебральным параличом после реабилитации в экзоскелете «ExoAtlet»

Т.Л. Божендаев^{1,2}, Н.Б. Гусева¹⁻³, Е.В. Письменная⁴

¹ Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

² Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия;

³ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;

⁴ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Дисфункцией нижних мочевыводящих путей страдают 30–55,5 % пациентов с детским церебральным параличом. В статье представлен клинический пример медицинской реабилитации ребенка с детским церебральным параличом и дисфункциональным мочеиспусканием методом вертикализации с помощью экзоскелета «ExoAtlet». У мальчика 15 лет имели место нарушения мочеиспускания в виде подтекания мочи после акта мочеиспускания, неполного опорожнения мочевого пузыря и эпизодов энуреза. Мочеиспускание учащенное, которое ребенок совершал в положении сидя. Походка неустойчивая с помощью костылей с опорой под локоть. Проведено обследование, включающее урофлоуметрию отдельно и совместно с электромиографией. Результаты свидетельствовали о снижении сократительной способности и нарушении эвакуаторной функции детрузора. Проведено 15 сеансов реабилитации с использованием экзоскелета «ExoAtlet», после завершения которых у пациента появилась самостоятельная походка с опорой на трость, ребенка приучили к мочеиспусканию в положении стоя. При повторном урологическом обследовании получены данные о положительном изменении параметров мочеиспускания с частичным купированием поллакиурии и полным купированием остаточного объема мочевого пузыря. Вертикализация и активизация поперечнополосатой мускулатуры, полученные в результате использования экзоскелета у ребенка с детским церебральным параличом и дисфункциональным мочеиспусканием, в сочетании с восстановленной гендерной позой, позволили достигнуть нормализации функции нижних мочевых путей.

Ключевые слова: дисфункциональное мочеиспускание; детский церебральный паралич; урофлоуметрия; реабилитация; экзоскелет; дети; клинический случай.

Как цитировать

Божендаев Т.Л., Гусева Н.Б., Письменная Е.В. Нормализация параметров мочеиспускания у мальчика с детским церебральным параличом после реабилитации в экзоскелете «ExoAtlet» // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

Normalization of urination parameters in a boy with cerebral palsy after rehabilitation using an “ExoAtlet” exoskeleton

Timofey L. Bozhendaev^{1,2}, Natalia B. Guseva^{1–3}, Elena V. Pismennaya⁴¹ Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;² G.N. Speransky Children's Hospital No. 9, Moscow, Russia;³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;⁴ Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ABSTRACT

Lower urinary tract dysfunction occurs in 30%–55.5% of patients with cerebral palsy. The article presents a clinical example of medical rehabilitation of a child with cerebral palsy and dysfunctional urination using the verticalization method and ExoAtlet exoskeleton. Description of observation. A 15-year-old boy had urinary disorders in the form of urine leakage after urination, incomplete emptying of the bladder, episodes of enuresis, and frequent urination while sitting. The gait was unsteady and aided with crutches supported by the elbow. Examinations included uroflowmetry and electromyography. The results indicated a decrease in contractility and impaired evacuation function of the detrusor. In total, 15 rehabilitation sessions were performed using the ExoAtlet exoskeleton, after which the patient gained an independent gait supported by a cane, and the child was taught to urinate in a standing position. A repeat urological examination revealed a positive change in urination parameters with partial relief of pollakiuria and complete relief of the residual bladder volume. Verticalization and activation of striated muscles, obtained following the use of an exoskeleton in a child with cerebral palsy and dysfunctional urination, in combination with restored posture, helped normalize lower urinary tract function.

Keywords: dysfunctional urination; cerebral palsy; uroflowmetry; rehabilitation; exoskeleton; children; case report.

To cite this article

Bozhendaev TL, Guseva NB, Pismennaya EV. Normalization of urination parameters in a boy with cerebral palsy after rehabilitation using an “ExoAtlet” exoskeleton. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

Received: 25.08.2023

Accepted: 19.03.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

小儿脑瘫患儿在使用 ExoAtlet 外骨骼进行康复训练后尿液参数恢复正常

Timofey L. Bozhendaev^{1,2}, Natalia B. Guseva¹⁻³, Elena V. Pismennaya⁴¹ Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;² G.N. Speransky Children's Hospital No. 9, Moscow, Russia;³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;⁴ Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

摘要

30–55.5%的小儿脑瘫患者会出现下尿路功能障碍。本文介绍了一个通过使用 ExoAtlet 外骨骼进行垂直化治疗,对小儿脑瘫排尿功能障碍的患儿进行医疗康复的临床案例。一名 15 岁的男孩患有泌尿系统疾病,表现为排尿后漏尿、膀胱排空不完全和遗尿。小便次数频繁,而且是坐着小便。拄着有肘部支撑的拐杖,步态不稳。检查包括分别进行尿流率测量和肌电图检查。结果显示收缩力下降,排尿功能受损。在使用ExoAtlet外骨骼进行了15次康复治疗后,患者能够在拐杖的支撑下独立行走,患儿也学会了站立排尿。重复泌尿系统检查显示,发现部分停尿、半尿和完全停尿、残余膀胱容量等排尿参数有积极变化。对小儿脑瘫排尿功能障碍患儿因使用外骨骼而导致横纹肌垂直化和激活,再加上恢复了性别姿势,从而使下尿路参数恢复正常。

关键词: 排尿功能障碍; 脑瘫; 尿流率测量; 康复; 外骨骼; 儿童; 临床病例。

引用本文

Bozhendaev TL, Guseva NB, Pismennaya EV. 小儿脑瘫患儿在使用 ExoAtlet 外骨骼进行康复训练后尿液参数恢复正常. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

收到: 25.08.2023

接受: 19.03.2024

发布日期: 28.03.2024

ВВЕДЕНИЕ

Дисфункцией нижних мочевыводящих путей (НМП) различной степени выраженности страдают 30–55,5 % пациентов с детским церебральным параличом (ДЦП) [1]. В реабилитации детей с ДЦП в последние годы все более широкое применение находят экзоскелеты, которые показали эффективность в восстановлении походки и уменьшении спастичности [2]. Исследований по влиянию ходьбы с экзоскелетом на уродинамику нижних мочевых путей у детей с ДЦП в доступной литературе нами не обнаружено.

ОПИСАНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В Центр детской урологии-андрологии и патологии органов малого таза Детской городской клинической больницы № 9 им. Г.Н. Сперанского обратился мальчик 15 лет с ДЦП и с дисфункциональным мочеиспусканием, проявляющимся подтеканием мочи после акта мочеиспускания, неполным опорожнением мочевого пузыря и эпизодами энуреза. Мочеиспускание учащенное, самостоятельное, безболезненное, ребенок совершал опорожнение мочевого пузыря сидя. В течение дня отмечались частые императивные позывы и 2–4 эпизода энуреза в неделю. Родители представили дневник мочеиспускания (табл. 1).

Таблица 1. Дневник мочеиспускания до лечения

Table 1. Urination diary before treatment

Время	Объем мочи
10:00	200 мл
11:30	120 мл
13:00	80 мл
14:30	100 мл
16:20	90 мл
18:00	110 мл
19:45	100 мл
21:00	85 мл
22:45	95 мл

По дневнику мочеиспускания имеют место частые микции в течение дня, средний объем 100 мл, что не соответствует физиологической норме 200 мл.

При осмотре отмечались неустойчивая походка с помощью «канадок» (канадки — костыли с опорой под локоть), самостоятельно ребенок проходил несколько шагов, долго стоять без опоры не мог. Ребенку в движении мешало наличие спастичности мышц. Двигательные нарушения соответствовали III уровню функциональной классификации ДЦП — Система классификации больших моторных функций (Gross Motor Function Classification System) GMFCS [3].

Была проведена урофлоуметрия (УФМ), на которой выявлены нарушения (рис. 1).

По данным обследования видно, что кривая имеет вид прерывистого мочеиспускания, скорость потока низкая, что говорит о снижении сократительной способности детрузора, также увеличено время достижения максимального потока, что свидетельствует о слабом волевом контроле. Наличие остаточной мочи больше 10 % от выделенного объема говорит о нарушении эвакуаторной функции детрузора. Для оценки состояния мышц тазового дна во время микции была проведена УФМ с электромиографией (рис. 2).

Как следует из данных исследования, во время микции не происходит расслабления мышц тазовой диафрагмы, что способствует затруднению работы детрузора и, как следствие, неполному опорожнению мочевого пузыря.

Учитывая нарушение посылки и неправильную работу опорно-двигательного аппарата, была проведена реабилитация с помощью экзоскелета «ExoAtlet» (модель «Exoatlet 1», разработчик ООО «ЭкзоАтлет», Москва, Россия), который способствует укреплению мышц спины и нижних конечностей, вырабатывает правильный патерн походки путем принудительной работы, с учетом биомеханики походки, нижних конечностей, что способствует купированию спастических нарушений в мышцах, укреплению и развитию мышечной памяти для правильного хождения [4].

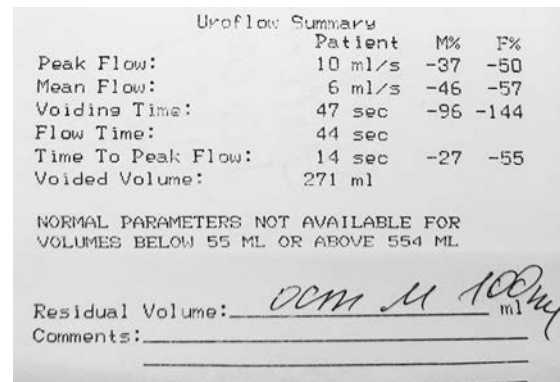
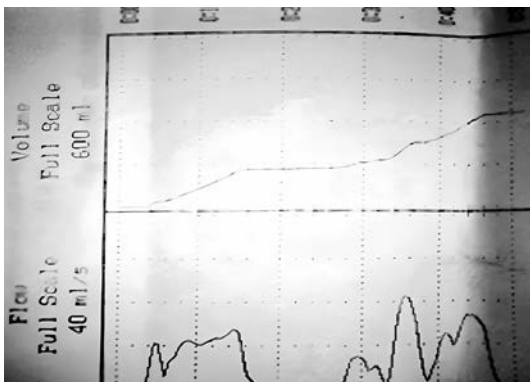


Рис. 1. Урофлоуметрия до лечения
Fig. 1. Uroflowmetry before treatment

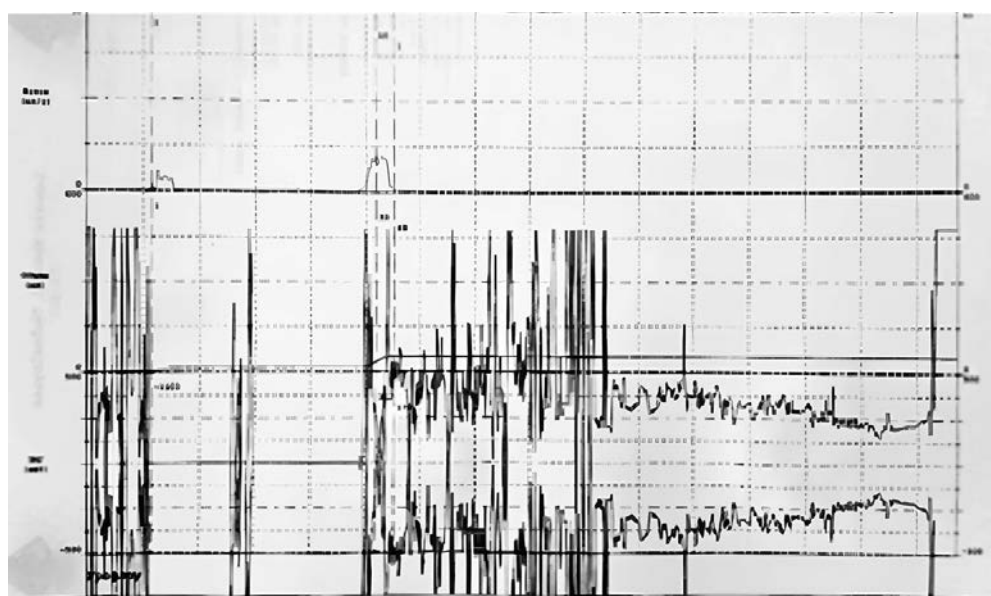


Рис. 2. Урофлоуметрия с электромиографией тазового дна
 Fig. 2. Uroflowmetry with electromyography of the pelvic floor

Было проведено 15 сеансов в экзоскелете «ЕхоAtlet» по 40–50 мин, сигналом к окончанию тренировки служили усталость ребенка или болезненность мышц. После 10-го сеанса с экзоскелетом у ребенка появилась устойчивость при стоянии без опоры, тогда ребенка стали приучать к соблюдению гендерной позы при мочеиспускании. После 15-го сеанса у пациента появилась самостоятельная походка с опорой на трость под левую руку.

К концу сеансов реабилитации мальчик соблюдал гендерную позу при мочеиспускании, что нашло отражение в показателях УФМ и параметрах мочеиспускания. При устойчивой вертикализации и свободном мочеиспускании каждый раз в положении стоя в течение суток параметры акта мочеиспускания стали близкими физиологическим.

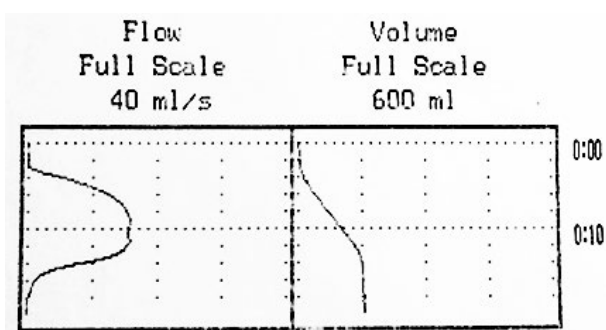
По дневнику мочеиспускания, записанному после окончания курса лечения, отмечалось уменьшение кратности микций с 9 до 6 за день и увеличение среднего физиологического объема мочи с 100 до 250 мл (табл. 2).

По результатам УФМ, проведенной после лечения, улучшились параметры скорости, средний поток мочи увеличился с 6 до 14 мл/с, максимальный поток — с 10 до 18 мл/с. Улучшился волевой контроль, время потока и мочеиспускания стали совпадать: было 44 и 47 с, стало 12 и 12 с соответственно; время достижения максимального потока стало 5 с, было 14 с. Таким образом, улучшился контроль над актом мочеиспускания и нормализовалась эвакуаторная функция детрузора (рис. 3).

На проведенной УФМ с электромиографией отмечалось расслабление тазовой диафрагмы во время микции, что является физиологически характерным для мужчин (рис. 4).

Табл. 2. Дневник мочеиспускания после лечения
 Table 2. Urination diary after treatment

Время	Объем мочи
9:00	250 мл
11:00	200 мл
14:00	300 мл
17:00	250 мл
19:00	280 мл
21:00	300 мл



Peak Flow	18 мл/с
Mean Flow	14 м/с
Voiding time	12 с
Flow time	12 с
Time to Peak Flow	5 с
Voided Volume	172 мл
Residual Volume	10 мл

Рис. 3. Урофлоуметрия после проведенного лечения
 Fig. 3. Uroflowmetry after treatment

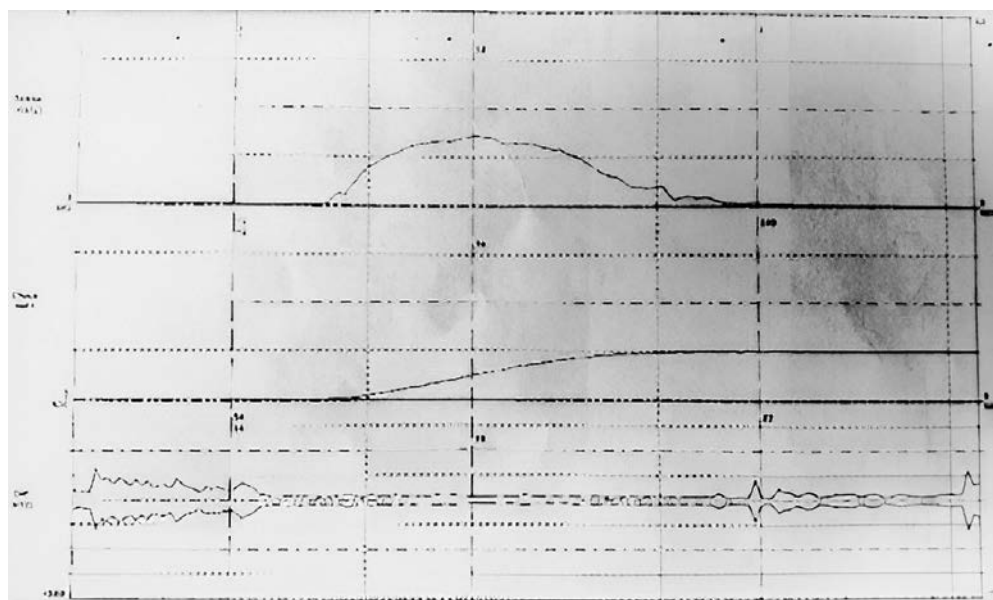


Рис. 4. Урофлоуметрия с электромиографией тазового дна после лечения
Fig. 4. Uroflowmetry with electromyography of the pelvic floor after treatment

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время растет признание полиорганной дисфункции, связанной с церебральным параличом, особенно у детей с более высоким уровнем двигательных нарушений. Следовательно, ДЦП следует рассматривать не как неизменяемое расстройство, вызванное единичным поражением, а скорее, как состояние, которое развивается с течением времени. Оценка функции нескольких органов и соответствующая коррекция может помочь предотвратить осложнения в более позднем детском или взрослом возрасте [5].

Нарушение походки является одним из основных факторов, влияющих на качество жизни и развитие осложнений у пациентов с ДЦП. Наиболее передовое направление двигательной реабилитации на сегодняшний день — применение роботизированных устройств или комплексов с обратной визуальной связью от датчиков на нижних и верхних конечностях. Такие устройства, тренируя функции нижних и верхних конечностей, вовлекают в работу все мышцы организма и, как следствие, активируют когнитивные функции управления телом при изменении положения в пространстве [6]. Преимущество робототерапии состоит в более высоком качестве тренировок за счет большей длительности, точности циклических движений, а также создании программы тренировок под индивидуального пациента [7, 8]. Экзоскелет «ExoAtlet» является медицинским оборудованием, используемым для роботизированной механотерапии по восстановлению навыков ходьбы у людей с ограниченной или полной неподвижностью нижних конечностей при поражении нервной системы или опорно-двигательного аппарата, как у взрослых [9, 10], так и у детей с ДЦП [4, 11].

Не менее важным, влияющим на качество жизни пациентов, является дисфункция НМП, наиболее частыми проявлениями которой были сниженная емкость мочевого пузыря, гиперактивность детрузора и увеличение остаточной мочи после мочеиспускания [1, 12]. При урологическом обследовании детей с ДЦП прослеживается определенная закономерность. Так, S. Bross и соавт. [13] пришли к выводу, что симптомы мочеиспускания и патологические уродинамические показатели усиливаются вместе со степенью нарушения двигательной функции, определенной по GMFCS. Патологические данные уродинамики могут быть обнаружены как у симптоматических, так и у бессимптомных пациентов. В работе W. Jiang и соавт. [14] показано, что двигательная функция, возраст и порог развития корешков спинномозговых нервов, связанных со сфинктером мочевого пузыря, воздействуют на аномальные результаты уродинамики.

Можно предположить, что и двигательная активность будет оказывать положительное влияние на восстановление функции НМП. А.М.М. Williams и соавт. [15] изучили, как ходьба с использованием экзоскелета у людей с травмой спинного мозга влияет на мышцы тазового дна (МТД) и функцию нижних отделов мочевыводящих путей. Это пилотное исследование демонстрирует возможность проведения тренинга с использованием экзоскелета для улучшения функции МТД у людей с повреждением спинного мозга. Результаты исследования свидетельствуют, что ходьба в экзоскелете вызывает активность МТД. Улучшение уродинамики НМП у пользователей экзоскелета так же обнадеживает, но учитывая относительно небольшой размер выборки, для изучения этих результатов необходимы дополнительные исследования [15].

Укрепление МТД помогает наружному сфинктеру мочеиспускательного канала закрывать мочеиспускательный канал для поддержания удержания мочи [16]. Имеются также доказательства, что сокращения МТД могут рефлекторно расслаблять мышцу детрузора, эффективно снижая его гиперактивность и увеличивая емкость мочевого пузыря [17].

В нашем наблюдении после завершения тренировочного курса ходьбы с экзоскелетом у ребенка не только значительно улучшилась походка, но и появилась возможность осуществлять мочеиспускание в вертикальном положении. В литературе есть исследования, в которых оценивается влияние позы при мочеиспускании на параметры УФМ у взрослых мужчин. В работе A. Goel и соавт. [18] существенных различий в параметрах УФМ у мужчин в возрасте до 50 лет между положениями тела (ПТ) при мочеиспускании не было. Однако у лиц старше 50 лет объем остаточной мочи был значительно ниже в положении сидя, чем в положении стоя, тогда как время мочеиспускания было значительно выше в положении сидя, чем в положении стоя [18]. Результаты исследования R.N. Khan и S.Z. Zaidi [19] показали, что положение при мочеиспускании стоя у здоровых молодых мужчин влияло на результаты УФМ и было связано с более высокой скоростью мочеиспускания. В метаанализе Y. de Jong и соавт. [20] приводятся данные, что у здоровых мужчин при изменении ПТ не обнаружено различий ни в одном из уродинамических параметров. У пациентов с симптомами НМП сидячее положение связано с улучшением уродинамического профиля [20]. Исследование S. Choudhury и соавт. [21] напротив доказало, что у молодых мужчин (средний возраст 26,6 года) показатели УФМ при мочеиспускании сидя значительно хуже. По итогам отечественной работы авторы сделали заключение, что в среднем в общей когорте взрослых мужчин и женщин параметры мочеиспускания при изменении положения тела достоверно не менялись ни у мужчин, ни у женщин. Однако в каждой группе были пациенты, продемонстрировавшие достоверные различия в скорости потока мочи при изменении положения тела [22].

Результаты исследований, проведенных среди взрослых, позволяют предположить, что могут быть некоторые различия в максимальной скорости потока мочи (Q_{\max}), времени мочеиспускания и остаточного объема после мочеиспускания в некоторых случаях. Однако заслуживает внимания тот факт, что эти различия, как правило, не приводят к клинически значимому влиянию на функцию НМП у здоровых людей. Существенный эффект, по видимому, наблюдается у пациентов с уже существующей дисфункцией НМП. Например, у мужчин со значительным остаточным объемом после мочеиспускания из-за симптомов НМП, вторичных по отношению к доброкачественной гиперплазии предстательной железы [23].

В немногочисленных исследованиях, проведенных по этой проблеме в детской урологии, были получены

противоречивые результаты. В статье P.S. Furtado и соавт. [24] оценка связи ПТ с паттерном УФМ и активностью МТД, зарегистрированной с помощью электромиографии у пациенток с дисфункцией мочеиспускания, показала отсутствие существенных различий между вариантами проведения УФМ. Однако более высокая электрическая активность была зарегистрирована у девочек с атипичным ПТ. При отдельной оценке у мальчиков не было выявлено различий между положениями в отношении электрической активности промежности ($p = 0,412$) или электрической активности брюшной полости ($p = 0,202$) [24]. После проведения исследования влияния ПТ на динамику мочеиспускания у детей с неврогенной дисфункцией мочевого пузыря сделан вывод, что у мальчиков при мочеиспускании в положении стоя скорость потока мочи выше [25]. Исследование, включившее наибольшее число обследуемых, проведено A. Ibrahimov и соавт. [26]. В нем предоставлена информация о влиянии ПТ на параметры УФМ, как у здоровых детей, так и у детей с дисфункцией мочеиспускания. Результаты показали значительно более высокий Q_{\max} в положении стоя у здоровых мальчиков по сравнению с положением сидя и на корточках. Однако на основании анализа полученных данных авторы сделали вывод, что еще имеет значение приобретенная привычка в отношении ПТ при мочеиспускании [26].

Суммируя данные из приведенных источников, следует отметить ограниченное количество работ, посвященных детям, и определенную противоречивость в исследованиях, большинство из которых включало небольшое число участников. Тем не менее, параметры, характеризующие функцию мочеиспускания у молодых мужчин и мальчиков, имели лучшие показатели в положении стоя. Это находит объяснение с анатомо-физиологических позиций: когда мужчина во время микции находится в вертикальном положении, тазовая диафрагма расслабляется, шейка мочевого пузыря опускается, мочеиспускательный канал в простатической части выпрямляется, что способствует лучшему оттоку мочи [27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вертикализация и тренировка поперечнополосатой мускулатуры, полученные в результате использования экзоскелета у ребенка с ДЦП и дисфункциональным мочеиспусканием, оказывают положительное влияние на улучшение микроциркуляции и функции нервных окончаний и проводящих путей. Благодаря активизации мышц тазового дна, принимающих участие в акте мочеиспускания, в сочетании с восстановленным гендерным положением, достигнута нормализация функции нижних мочевых путей.

Необходимо накопление опыта по урологическому обследованию детей с ДЦП в процессе вертикализации для обобщения получаемых данных в рандомизированных исследованиях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ИСМЖЕ. Личный вклад каждого автора: Т.Л. Божендаев — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; Н.Б. Гусева — концепция и дизайн исследования; Е.В. Письменная — сбор и обработка материалов.

Источник финансирования. Все авторы заявили об отсутствии финансовой поддержки при подготовке рукописи.

Конфликт интересов. Все авторы подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо заявить.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациента на публикацию медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Indicate the contribution of each author to the study: T.L. Bozhendaev — collection and processing of materials, analysis of received data, writing the text; N.B. Guseva — study concept and design; E.V. Pismennaya — collection and processing of materials.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Samijn B., Van Laecke E., Renson C., et al. Lower urinary tract symptoms and urodynamic findings in children and adults with cerebral palsy: A systematic review // *Neurourol Urodyn.* 2017. Vol. 36, N. 3. P. 541–549. doi: 10.1002/nau.22982
2. Bunge L.R., Davidson A.J., Helmore B.R., et al. Effectiveness of powered exoskeleton use on gait in individuals with cerebral palsy: A systematic review // *PLoS One.* 2021. Vol. 16, N. 5. ID e0252193. doi: 10.1371/journal.pone.0252193
3. Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy // *Dev Med Child Neurol.* 1997. Vol. 39, N. 4. P. 214–223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x
4. Петрова Л.Н., Шевцов А.В., Петров А.А., Яхин Д.Х. Опыт разработки пассивного экзоскелета для реабилитации нижних конечностей у детей с ДЦП // *Человек. Спорт. Медицина.* 2019. Т. 19, № 2S. С. 103–109. EDN: JHTUJV doi: 10.14529/hsm19s214
5. Allen J., Zareen Z., Doyle S., et al. Multi-organ dysfunction in cerebral palsy // *Front Pediatr.* 2021. Vol. 9. ID 668544. doi: 10.3389/fped.2021.668544
6. Романов А.И., Ступин В.А., Сирина Е.В. Перспективы и значение аппаратов внешнего управления (экзоскелетов) для эффективной реабилитации пациентов с нарушениями двигательной функции // *Здравоохранение Российской Федерации.* 2021. Т. 65, № 3. С. 287–294. EDN: AVEOGB doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-3-287-294
7. Янушевич О.О. *Медицинская робототехника.* Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 384 с.
8. Hunt M., Everaert L., Brown M., et al. Effectiveness of robotic exoskeletons for improving gait in children with cerebral palsy: systematic review // *Gait Posture.* 2022. Vol. 98. P. S343–S354. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.082
9. Письменная Е.В., Петрушанская К.А., Котов С.В., и др. Клинико-биомеханическое обоснование применения экзоскелета «Экзоатлет» при ходьбе больных с последствиями ишемического инсульта // *Российский журнал биомеханики.* 2019. Т. 23, № 2. С. 204–230. EDN: TKLWKI doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04
10. Котов С.В., Лиждвой В.Ю., Секирин А.Б., и др. Эффективность применения экзоскелета «Экзоатлет» для восстановления

функции ходьбы у больных рассеянным склерозом // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2017. Т. 117, № 10-2. С. 41–47. EDN: YMEPDM doi: 10.17116/jnevro201711710241-47

11. Голубова Т.Ф., Власенко С.В., Марусич И.И., и др. Динамика локомоторных функций у больных ДЦП после комбинированного санаторно-курортного лечения и ходьбы в экзоскелете «ЭкзоАтлет» // *Детская и подростковая реабилитация.* 2022. № 3. С. 12–19. EDN: ZWRHWA

12. Fernandes Silva J.A., Alvares R.A., Barboza A.L., Maciel Monteiro R.T. Lower urinary tract dysfunction in children with cerebral palsy // *Neurourol Urodyn.* 2009. Vol. 28, N. 8. P. 959–963. doi: 10.1002/nau.20714

13. Bross S., Honeck P., Kwon S.T., et al. Correlation between motor function and lower urinary tract dysfunction in patients with infantile cerebral palsy // *Neurourol Urodyn.* 2007. Vol. 26, N. 2. P. 222–227. doi: 10.1002/nau.20329

14. Jiang W., Sun H., Gu B., et al. Urodynamic study findings and related influential factors in pediatric spastic cerebral palsy // *Sci Rep.* 2022. Vol. 12, N. 1. ID 6962. doi: 10.1038/s41598-022-11057-3

15. Williams A.M.M., Deegan E., Walter M., et al. Exoskeleton gait training to improve lower urinary tract function in people with motor-complete spinal cord injury: A randomized pilot trial // *J Rehabil Med.* 2021. Vol. 53, N. 8. ID JRM 00222. doi: 10.2340/16501977-2864

16. Dumoulin C., Cacciari L.P., Hay-Smith E.J.C. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women // *Cochrane Database Syst Rev.* 2018. Vol. 10, N. 10. ID CD005654. doi: 10.1002/14651858.CD005654.pub4

17. Godec C., Cass A.S., Ayala G.F. Bladder inhibition with functional electrical stimulation // *Urology.* 1975. Vol. 6, N. 6. P. 663–666. doi: 10.1016/0090-4295(75)90791-8

18. Goel A., Kanodia G., Sokhal A.K., et al. Evaluation of impact of voiding posture on uroflowmetry parameters in men // *World J Mens Health.* 2017. Vol. 35, N. 2. P. 100–106. doi: 10.5534/wjmh.2017.35.2.100

19. Khan R.N., Zaidi S.Z. Comparison of position-related changes on uroflowmetric parameters in healthy young men // *J Pak Med Assoc.* 2017. Vol. 67, N. 6. P. 839–842.

20. de Jong Y., Pinckaers J.H.F.M., ten Brinck R.M., et al. Urinating standing versus sitting: position is of influence in men with prostate enlargement. A systematic review and meta-analysis // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, N. 7. ID e101320. doi: 10.1371/journal.pone.0101320

21. Choudhury S., Agarwal M.M., Mandal A.K., et al. Which voiding position is associated with lowest flow rates in healthy adult men? Role of natural voiding position // *Neurourol Urodyn*. 2010. Vol. 29, N. 3. P. 413–417. doi: 10.1002/nau.20759

22. Кульчавеня Е.В., Неймарк А.И., Плугин П.С., и др. Сравнение параметров мочеиспускания при различном положении тела // *Экспериментальная и клиническая урология*. 2017. № 3. С. 104–109. EDN: ZSRQRL

23. Aghamir S.M., Mohseni M., Arasteh S. The effect of voiding position on uroflowmetry findings of healthy men and patients with benign prostatic hyperplasia // *Urol J*. 2005. Vol. 2, N. 4. P. 216–221.

24. Furtado P.S., Lordêlo P., Minas D., et al. The influence of positioning in urination: an electromyographic and uroflowmetric evaluation // *J Pediatr Urol*. 2014. Vol. 10, N. 6. P. 1070–1075. doi: 10.1016/j.jpuro.2014.03.013

25. Ulucok N., Oktar T., Acar O., et al. Positional changes in voiding dynamics of children with non-neurogenic bladder dysfunction // *Urology*. 2008. Vol. 72, N. 3. P. 530–535. doi: 10.1016/j.urology.2008.02.067

26. İbrahimov A., Özkıdık M., Akıncı A., et al. Does urination position have an effect on evaluation of lower urinary tract function in children? A uroflowmetric study // *Afr J Urol*. 2022. Vol. 28. ID 30. doi: 10.1186/s12301-022-00299-2

27. Пытель Ю.А., Борисов В.В., Симонов В.А. Физиология человека. Мочевые пути. 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1992. 287 с.

REFERENCES

1. Samijn B, Van Laecke E, Renson C, et al. Lower urinary tract symptoms and urodynamic findings in children and adults with cerebral palsy: A systematic review. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(3):541–549. doi: 10.1002/nau.22982

2. Bunge LR, Davidson AJ, Helmore BR, et al. Effectiveness of powered exoskeleton use on gait in individuals with cerebral palsy: A systematic review. *PLoS One*. 2021;16(5):e0252193. doi: 10.1371/journal.pone.0252193

3. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(4):214–223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x

4. Petrova LN, Shevtsov AV, Petrov AA, Yakhin DKh. The development of a passive exoskeleton for rehabilitation of the lower extremities in children with cerebral palsy. *Human. Sport. Medicine*. 2019;19(2S):103–109. EDN: JHTUJV doi: 10.14529/hsm19s214

5. Allen J, Zareen Z, Doyle S, et al. Multi-organ dysfunction in cerebral palsy. *Front Pediatr*. 2021;9:668544. doi: 10.3389/fped.2021.668544

6. Romanov AI, Stupin VA, Silina EV. Perspectives and value of external control devices (exoskeletons) for effective rehabilitation of patients with impaired motor function. *Health care of the Russian Federation*. 2021;65(3):287–294. EDN: AVEOGB doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-3-287-294

7. Januszewicz OO. *Medical robotics*. Moscow: GEOTAR-Media, 2023. 384 p. (In Russ.)

8. Hunt M, Everaert L, Brown M, et al. Effectiveness of robotic exoskeletons for improving gait in children with cerebral palsy: systematic review. *Gait Posture Oct*. 2022;98:S343–S354. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.082

9. Pismennaya EV, Petrushanskaya KA, Kotov SV, et al. Clinical and biomechanical foundation of application of the exoskeleton exoatlet at walking of patients with poststroke disturbances. *Russian journal of biomechanics*. 2019;23(2):204–230. EDN: TKLWKI doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04

10. Kotov SV, Ljldvoy VYu, Sekirin AB, et al. The efficacy of the exoskeleton exoatlet to restore walking in patients with multiple sclerosis. *S.S. Korsakov journal of neurology and psychiatry*. 2017;117(10-2):41–47. EDN: YMEPDM doi: 10.17116/jnevro201711710241-47

11. Golubova TF, Vlasenko SV, Bogdanova LA, et al. Dynamics of locomotor functions in patients with cerebral palsy after combined spa treatment and walking in the exoatlet Exoskeleton. *Child and adolescent rehabilitation*. 2022;(3):12–19. EDN: ZWRHWA

12. Fernandes Silva JA, Alvares RA, Barboza AL, Maciel Monteiro RT. Lower urinary tract dysfunction in children with cerebral palsy. *Neurourol Urodyn*. 2009;28(8):959–963. doi: 10.1002/nau.20714

13. Bross S, Honeck P, Kwon ST, et al. Correlation between motor function and lower urinary tract dysfunction in patients with infantile cerebral palsy. *Neurourol Urodyn*. 2007;26(2):222–227. doi: 10.1002/nau.20329

14. Jiang W, Sun H, Gu B, et al. Urodynamic study findings and related influential factors in pediatric spastic cerebral palsy. *Sci Rep*. 2022;12(1):6962. doi: 10.1038/s41598-022-11057-3

15. Williams AMM, Deegan E, Walter M, et al. Exoskeleton gait training to improve lower urinary tract function in people with motor-complete spinal cord injury: A randomized pilot trial. *J Rehabil Med*. 2021;53(8):JRM 00222. doi: 10.2340/16501977-2864

16. Dumoulin C, Cacciari LP, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;10(10):CD005654. doi: 10.1002/14651858.CD005654.pub4

17. Godec C, Cass AS, Ayala GF. Bladder inhibition with functional electrical stimulation. *Urology*. 1975;6(6):663–666. doi: 10.1016/0090-4295(75)90791-8

18. Goel A, Kanodia G, Sokhal AK, et al. Evaluation of impact of voiding posture on uroflowmetry parameters in men. *World J Mens Health*. 2017;35(2):100–106. doi: 10.5534/wjmh.2017.35.2.100

19. Khan RN, Zaidi SZ. Comparison of position-related changes on uroflowmetric parameters in healthy young men. *J Pak Med Assoc*. 2017;67(6):839–842.

20. de Jong Y, Pinckaers JHFM, ten Brinck RM, et al. Urinating standing versus sitting: position is of influence in men with prostate enlargement. A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(7):e101320. doi: 10.1371/journal.pone.0101320

21. Choudhury S, Agarwal MM, Mandal AK, et al. Which voiding position is associated with lowest flow rates in healthy adult men?

Role of natural voiding position. *Neurol Urodyn.* 2010;29(3):413–417. doi: 10.1002/nau.20759

22. Kulchavenya EV, Neymark AI, Plugin PS, et al. A comparison of urination parameters in different body positions. *Experimental and clinical urology.* 2017;(3):104–109. EDN: ZSRQRL

23. Aghamir SM, Mohseni M, Arasteh S. The effect of voiding position on uroflowmetry findings of healthy men and patients with benign prostatic hyperplasia. *Urol J.* 2005;2(4):216–221.

24. Furtado PS, Lordêlo P, Minas D, et al. The influence of positioning in urination: an electromyographic and uroflowmetric evaluation. *J Pediatr Urol.* 2014;10(6):1070–1075. doi: 10.1016/j.jpuro.2014.03.013

25. Uluocak N, Oktar T, Acar O, et al. Positional changes in voiding dynamics of children with non-neurogenic bladder dysfunction. *Urology.* 2008;72(3):530–535. doi: 10.1016/j.urol.2008.02.067

26. İbrahimov A, Özkıdık M, Akıncı A, et al. Does urination position have an effect on evaluation of lower urinary tract function in children? A uroflowmetric study. *Afr J Urol.* 2022;28:30. doi: 10.1186/s12301-022-00299-2

27. Pytel YuA, Borisov VV, Simonov VA. *Human physiology. Urinary tracts.* Moscow: Vysshaya Shkola, 1992. 287 p. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

***Тимофей Леонидович Божендаев**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, д. 29;
ORCID: 0000-0002-8819-0771; eLibrary SPIN: 3445-2020;
e-mail: dr.bozhendaev@gmail.com

Наталья Борисовна Гусева, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-1583-1769; eLibrary SPIN: 3704-0679;
e-mail: guseva-n-b@yandex.ru

Елена Валентиновна Письменная, канд. техн. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-7833-1235; eLibrary SPIN: 9522-7017;
e-mail: epismen@yandex.ru

AUTHORS INFO

Timofey L. Bozhendaev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 29 Shmitovsky proezd, Moscow, 123317, Russia;
ORCID: 0000-0002-8819-0771; eLibrary SPIN: 3445-2020;
e-mail: dr.bozhendaev@gmail.com

Natalya B Guseva, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-1583-1769; eLibrary SPIN: 3704-0679;
e-mail: guseva-n-b@yandex.ru

Elena V. Pismennaya, MD, Cand. Sci. (Engineering);
ORCID: 0000-0002-7833-1235; eLibrary SPIN: 9522-7017;
e-mail: epismen@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author