

ОБЗОР

© КЛЕМЕНОВ А.В., 2018
УДК 615.851.83.03:616-036.86

Клеменов А.В.

ОБРАТНАЯ ХОДЬБА КАК НОВАЯ МЕТОДИКА ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИГБУЗ Нижегородской области «Городская клиническая больница № 30 Московского района г. Нижнего Новгорода»
603157, Нижний Новгород, Россия

В спорте и медицине все шире используется ходьба (а также бег) спиной вперед (обратная ходьба). Изучение кинетики и кинематики обратной ходьбы показало ряд ее преимуществ перед обычным способом передвижения, которые могут быть с успехом использованы как в процессе спортивных тренировок, так и для лечения и реабилитации при различных заболеваниях. При спортивных тренировках обратная ходьба/бег может быть использована как одна из методик фитнеса для повышения физической выносливости. Она приводит к более существенной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную системы и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма. Обратная ходьба сопряжена с меньшей нагрузкой на коленные суставы и является одним из немногих естественных способов укрепления четырехглавой мышцы бедра. Обратная ходьба используется для выработки правильного паттерна походки у детей с церебральным параличом, лиц, перенесших мозговой инсульт, страдающих болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом, спинальных больных. Регулярные занятия обратной ходьбой приводят к улучшению пространственно-временных параметров ходьбы и чувства равновесия, увеличивают мышечную силу нижних конечностей при этих заболеваниях. Имеются сведения о применении обратной ходьбы при синдроме диабетической стопы с целью уменьшения плантарного давления и при физической реабилитации послеоперационных больных. Тесты с обратной ходьбой используются в диагностических целях для оценки тяжести нарушения координации и моторики у постинсультных больных, при болезни Паркинсона, для выявления начальных нарушений походки при рассеянном склерозе, для прогнозирования вероятности падения у пожилых лиц и пациентов с головокружением.

Ключевые слова: обратная ходьба, реабилитация, детский церебральный паралич, болезнь Паркинсона, рассеянный склероз, синдром диабетической стопы.

Для цитирования: Клеменов А.В. Обратная ходьба как новая методика физической реабилитации. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2018; 17(1): 4-8.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2018-17-1-4-8>.

Для корреспонденции: Клеменов Алексей Викторович, д-р мед. наук, консультант, Городская клиническая больница № 30, Нижний Новгород. E-mail: klemenov_av@list.ru

Klemenov A.V.

BACKWARD WALKING AS A NEW TECHNIQUE FOR PHYSICAL REHABILITATION

City Clinical Hospital № 30, Nizhny Novgorod, 603157, Russian Federation

Backward locomotion (backward walking and running) is increasingly used in sports and medicine. Kinetic and kinematic analysis of backward walking showed its advantages over the usual method of movement that can be successfully used in the athletic training and for treatment and rehabilitation after various diseases. During sports training backward walking/running can be used as one of the methods of fitness to improve physical endurance. Backward walking leads to a more cardiovascular and respiratory load and a more significant aerobic and anaerobic capacity of the organism compared with forward walking at similar parameters of physical activity. Backward walking is associated with less overload on knee joints, it is also one of the few natural ways of strengthening the quadriceps. Backward walking is used to elaborate the correct pattern of gait in children with cerebral palsy, in persons with hemiplegia after stroke, in patients suffering from Parkinson's disease and multiple sclerosis, in spinal cord injured patients. Regular backward walking trainings improve spatial-temporal parameters of walking and balance, increase muscle strength of the lower limbs in these diseases. There is an information about the application of backward walking exercises in diabetic foot syndrome in order to reduce a plantar pressure and in physical rehabilitation of postoperative patients. Tests with backward walking are used for diagnostic purposes – to assess the severity of impaired coordination and motor skills in post-stroke patients and in Parkinson's disease, to identify the minimal walking impairment in persons with multiple sclerosis and for probability of falling prediction in elderly individuals and patients with dizziness.

Keywords: backward walking, rehabilitation, cerebral palsy, Parkinson's disease, multiple sclerosis, diabetic foot syndrome.

For citation: Klemenov A.V. Backward walking as a new technique for physical rehabilitation. *Fizioterapiya, Bal'neologiya i Reabilitatsiya (Russian Journal of the Physical Therapy, Balneotherapy and Rehabilitation)*. 2018; 17(1): 4-8. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1681-3456-2018-17-1-4-8>.

For correspondence: Klemenov Aleksey Viktorovich, MD, PhD, DSc, consultant, City Clinical Hospital No. 30, Nizhny Novgorod. E-mail: klemenov_av@list.ru.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Received 23 March 2017
Accepted 26 December 2017

Самым естественным и привычным видом физической нагрузки для человека любого возраста и пола является ходьба; она положительно влияет на опорно-двигательный аппарат, сердечно-сосудистую, дыхательную и нервную системы. Регулярная ходьба выступает не только мерой профилактики болезней образа жизни, но способствует их лечению, улучшая функцию легких, тренируя сердечную мышцу, укрепляя костную ткань, повышая силу, выносливость и устойчивость к стрессу. Последнее время в медицине и спорте все шире используется ходьба (а также бег) спиной вперед (обратная ходьба). Изучение кинетики и кинематики обратной ходьбы показало ряд ее преимуществ перед обычным способом передвижения, которые могут быть с успехом использованы в спортивных тренировках и для реабилитации при различных заболеваниях. Современным представлениям о тренирующем и лечебном эффекте обратной ходьбы и посвящен настоящий обзор.

Применение обратной ходьбы в спортивных тренировках многогранно. Она может быть использована как одна из методик фитнеса для повышения физической выносливости. Убедительно показано, что при одинаковых параметрах физической активности обратная ходьба/бег приводят к более существенной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную системы [1] и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма [2, 3]. При сопоставимой скорости движения потребление кислорода и частота сердечных сокращений во время обратной ходьбы намного больше, чем при обычной ходьбе [4], что предполагает более высокую потребность в энергии. Действительно, перемещение спиной вперед оказалось сопряжено с большими энергетическими затратами [4, 5]. Более высокое потребление энергии в процессе обратной ходьбы сочетается с уменьшением длины шага [5, 6]. Неэкономичность обратной ходьбы/бега с обыденной точки зрения становится выгодной с позиций тренировочного процесса и реабилитации. Сведения о влиянии обратной ходьбы на состав тела противоречивы. Отмечено, что у молодых женщин обратная ходьба вызывает значительные антропометрические изменения в виде снижения процента жира и уменьшения толщины кожной складки [1]. Вместе с тем, в когорте молодых мужчин и спортсменов подобных закономерностей не отмечено [3, 7]. Высказано предположение, что для значимых изменений состава тела требуются тренировки большей длительности или интенсивности [3].

Казалось бы, указанные выше преимущества могут быть легко компенсированы увеличением скорости обычного перемещения. Существуют, однако, случаи, когда обычная ходьба как метод тренировки невозможна или невыгодна для спортсмена. Речь идет о ситуациях, требующих минимизировать нагрузку на коленный сустав в момент соприкосновения с опорой [2, 8], в частности, при травмах колена. Механика обычной ходьбы такова, что значительную часть ударной нагрузки в фазу опоры берут на себя голеностопный и коленный суставы. Если при обычной ходьбе шаг начинается с пятки, то при обратной ходьбе – с пальцев

ног; отсутствие контакта пятки с грунтом в начале фазы опоры сопряжено с меньшей нагрузкой на суставы нижней конечности [9]. Обратная ходьба оказывает меньшее воздействие на колено, поскольку и пропульсивное движение, и поглощение ударной волны в фазе опоры обеспечивает голеностопный сустав [5, 10].

Помимо снижения нагрузки на коленные суставы, обратная ходьба способна улучшить стабильность передней крестообразной связки [2, 6], что значимо при ее травмах. Перерастяжение передней крестообразной связки при обратной ходьбе предотвращается увеличением нагрузки на четырехглавую мышцу бедра [4, 5]. Обратная ходьба выступает одним из немногих естественных способов укрепления этой мышцы. Особенности мышечной активности при обратной ходьбе интересовали многих исследователей [4, 11, 12]. Предположение о том, что при обратной ходьбе происходит всего лишь активация мышц нижних конечностей в обратном порядке, опровергнуто. Отмечены кардинальные различия в мышечной активации для передней большеберцовой мышцы, прямой мышцы бедра, задних мышц бедра, латеральной головки икроножной мышцы, латеральной широкой мышцы бедра и большой ягодичной мышцы [11, 12]. В то время как при прямой ходьбе движущей силой является икроножная мышца, при обратной – передняя мышца бедра и разгибатели колена [13]. Повышенная активность разгибателей коленного сустава сглаживает дисбаланс в соотношении сил четырехглавой мышцы и задних мышц бедра, а ближе к оптимальному соотношению активности сгибателей и разгибателей коленного сустава снижает риск возможных травм колена [2]. Возможный профилактический эффект обратной ходьбы/бега в отношении травм колена может быть дополнительно объяснен увеличением гибкости подколенного сухожилия [14].

Растущий интерес к применению обратной ходьбы в целях реабилитации заставил многих исследователей сосредоточить свое внимание на людях пожилого возраста, у которых подобные тренировки могут оказаться особенно выгодны [15-19]. Применение обратной ходьбы у пожилых требует особой осторожности, поскольку они могут испытывать затруднения, связанные с сохранением равновесия [16]. В качестве компромиссного варианта могут быть рассмотрены модификации методики в виде скандинавской ходьбы спиной вперед [15], занятий без обуви [18] и тренировок в обратной ходьбе в бассейне [20], где сила сопротивления воды облегчает поддержание равновесия. В целом, методика обратной ходьбы без особых затруднений осваивается пожилыми людьми, в том числе теми, кто пользуется колесными ходунками [19]. Тест с обратной ходьбой применяется и в диагностических целях – у пожилых он оказался надежным предиктором предрасположенности к падению [16].

Отсутствие возможности визуального контроля для сохранения равновесия при обратной ходьбе заставляет проявлять осмотрительность при внедрении методики у пациентов, наиболее уязвимых к падению. Тем не менее обучение обратной ходьбе нашло свое место в программах реабилитации разных категорий неврологических больных с целью восстановления устой-

чивого положения тела и походки. В частности, обратная ходьба с успехом использована для выработки правильного паттерна походки у детей с церебральным параличом (ДЦП), лиц, перенесших мозговую инсульт, страдающих болезнью Паркинсона и рассеянным склерозом, спинальных больных.

Реабилитация детей с ДЦП традиционно направлена на тренировку моторных навыков и укрепление мышц. Тренировки в ходьбе улучшают моторику и чувство равновесия, увеличивают мышечную силу нижних конечностей, активизируют двигательные центры мозга и позволяют детям выработать навыки, благоприятно влияющие на их функциональные возможности [21]. Поскольку обратная ходьба задается тем же центральным генератором паттерна, что и обычная, она может быть предложена как способ улучшения обычной походки [22]. Благоприятное влияние обратной ходьбы на детей с ДЦП объясняется снижением нагрузки на коленные суставы нижних конечностей, более эффективным использованием моторных единиц, повышением силы мышц коленного сустава и улучшением способности сохранения равновесия [11]. Улучшение способности к ходьбе, поддержанию баланса тела и других двигательных навыков в ходе занятий обратной ходьбой при ДЦП продемонстрировано во многих работах [9, 12, 23–25]. В исследовании [24] в группе детей с гемипаретической формой ДЦП обучение обратной ходьбе в дополнение к обычной программе физических тренировок привело к статистически значимому улучшению длины шага, скорости и ритма ходьбы, соотношению фаз ходьбы и параметров моторики. Аналогичные результаты были достигнуты при занятиях обратной ходьбой на беговой дорожке [25]. Продолжительность обучения составляла 8-12 нед, достигнутый положительный эффект сохранялся в течение 1 мес последующего наблюдения [24, 25].

Обнадеживающие результаты получены при изучении эффективности обучения обратной ходьбе постинсультных больных [26, 27]. Способность к ходьбе рассматривается как важнейший предиктор уровня физической активности и социальной адаптации лиц, перенесших мозговую инсульт. Тесты с обратной ходьбой включены в шкалы для оценки мобильности и способности сохранять равновесие у больных с гемиплегией [28]. Для преодоления двигательных расстройств после перенесенного инсульта традиционный способ реабилитации в виде занятий на беговой дорожке может быть с успехом дополнен обратной ходьбой [29]. Сочетание обратной ходьбы с традиционной физической подготовкой обеспечивало более значительное улучшение равновесия, пространственно-временных параметров ходьбы (скорости ходьбы, длины и симметричности шага), удлинение проходимой дистанции по сравнению с контрольной группой [26, 27, 30]. Особенно важно для этой категории пациентов, что под влиянием обратной ходьбы уменьшалась асимметричность походки [27]. Справедливости ради необходимо отметить, что асимметричный паттерн ходьбы у больных с постинсультной гемиплегией все же лучше поддавался коррекции в ходе тренировок по ходьбе боковым шагом [31].

Ограничение мобильности и нарушение походки представляют серьезную проблему и при болезни Паркинсона. У больных паркинсонизмом нередко выявляются уменьшение длины шага, скорости ходьбы и нарушение координации [32–34]. С нарушением координации и равновесия связывают затруднения при выполнении более сложных движений вроде поворотов и ходьбы спиной вперед [35]. Между тем такие движения неизбежны в повседневной жизни (например, присаживание на унитаз) и часто приводят к падениям [36]. Тренировки в обратной ходьбе при паркинсонизме могут быть использованы для улучшения скорости ходьбы, а также для предотвращения падений [34, 37]. В частности, занятия обратной ходьбой на тредмиле в начальных стадиях болезни Паркинсона уже к концу 1-й недели приводили к увеличению скорости движения и длины шага, уменьшению вариабельности длины шага и продолжительности фазы двойной опоры [37].

Особенно активно обратная ходьба используется у больных паркинсонизмом для решения разного рода диагностических задач. Тесты с обратной ходьбой нашли применение для выявления предикторов ограничения мобильности [33], при оценке влияния мозговой активности на параметры походки [32], для определения лечебного действия леводопы [38]. Особые затруднения у больных паркинсонизмом вызывает необходимость одновременного решения нескольких задач (например, двигательных и когнитивных) [34, 39]. Двойной тест, включающий выполнение несложных интеллектуально-мнестических заданий во время физической нагрузки, используется для оценки предрасположенности больных паркинсонизмом к падениям [40, 41]. Поскольку менее привычная обратная ходьба требует усиленной сосредоточенности, она была предложена для модификации двойного теста [35].

Нарушения походки очень распространены у больных рассеянным склерозом, 85% которых испытывают трудности при перемещении [42]. Неслучайно тесты с ходьбой широко используются для выявления заболевания и контроля за его прогрессированием. Одновременно высказываются опасения по поводу недостаточной чувствительности указанных тестов при рассеянном склерозе, что может задержать проведение реабилитации [43], и обсуждаются разные подходы к повышению их эффективности [44, 45]. D.A. Wajda и соавт. [46] выдвинули гипотезу о том, что различия в пространственно-временных параметрах походки (скорость, ритм ходьбы, длина шага) у больных рассеянным склерозом в сравнении со здоровыми будут наиболее отчетливы при выполнении обратной ходьбы с параллельным решением когнитивных задач. Ими предложено использовать обратную ходьбу, дополненную психологическим тестом, для выявления начальных нарушений походки при рассеянном склерозе.

Отдельным аспектом выступает применение обратной ходьбы в реабилитации больных, перенесших спинальную травму. В ряде работ, представленных в основном описанием отдельных случаев успешной реабилитации спинальных больных, сообщается о некоторых преимуществах обратной ходьбы по сравнению с обычной [47–50], однако эта проблема требует

более глубокого изучения. Предложено также использовать обратную ходьбу в числе тестов, позволяющих оценить восприятия ощущений, специфичных для хронической боли в спине [51].

Сведения о применении обратной ходьбы при иных патологических состояниях единичны, но, безусловно, заслуживают внимания, иллюстрируя универсальный характер этой методики и ее возможные перспективы. В частности, новую грань применения обратной ходьбы открывает работа, демонстрирующая лечебно-профилактические возможности методики при синдроме диабетической стопы. Важнейшим фактором, способствующим поражению стопы при диабете, является высокое плантарное (подошвенное) давление. На величину и распределение плантарного давления оказывают влияние многочисленные анатомические и кинематические факторы (вес, возраст, пол, скорость ходьбы, особенности обуви и др.). С точки зрения профилактики синдрома диабетической стопы существенно, что в процессе обратной ходьбы за счет иной – «зеркальной» кинематики стопы во время фазы опоры создается более равномерное плантарное давление [52, 53]. Таким образом, идея применить обратную ходьбу с лечебно-профилактической целью у больных диабетом очевидна. В двойном слепом рандомизированном исследовании [54] занятия обратной ходьбой в сочетании с приемом альфа-липовой кислоты обеспечивали более равномерное распределение плантарного давления, чем изолированное медикаментозное лечение.

Любопытны попытки использовать обратную ходьбу для физической реабилитации послеоперационных больных. Серьезные хирургические операции и наркоз нередко сопровождаются слабостью скелетной мускулатуры и нарушением равновесия, что может привести к увеличению числа послеоперационных осложнений. По данным [55], при реабилитации больных, оперированных по поводу аневризмы брюшной аорты, обратная ходьба зарекомендовала себя как приемлемая альтернатива традиционной физиотерапии, хотя и не показала очевидных преимуществ по среднему койко-дню, результатам 6-минутного теста с ходьбой, частотой сердечных сокращений и параметрам спирометрии.

Таким образом, обратная ходьба/бег довольно широко используются в спорте и программах физической реабилитации. Обладая совокупностью биомеханических и кардиопульмональных преимуществ перед обычной ходьбой, она оказывается востребованной в определенных клинических ситуациях – в случаях, когда необходимо минимизировать нагрузку на коленный сустав, укрепить конкретные группы мышц нижней конечности, улучшить моторику и чувство равновесия, восстановить навык обычной ходьбы при его утрате в результате заболевания. Тесты с обратной ходьбой используются для оценки тяжести нарушения координации и моторики и для прогнозирования вероятности падения при ряде неврологических нарушений. Представляется, что прикладные аспекты применения обратной ходьбы далеко не исчерпаны, а круг показаний к использованию этой методики будет расширяться по мере дальнейшего изучения кинетики, кинематики и механизмов нервной регуляции перемещения спиной вперед.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Terblanche E., Page C., Kroff J., Venter R.E. The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women. *Int. J. Sports Med.* 2005; 26(3): 214–9.
2. Hoogkamer W., Meyns P., Duysens J. Steps forward in understanding backward gait: from basic circuits to rehabilitation. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 2014; 42(1): 23–9.
3. Kachanathu S.J., Alenazi A.M., Algarni A.D., Hafez A.R., Hameed U.A., Nuhmani S. et al. Effect of forward and backward locomotion training on anaerobic performance and anthropometrical composition. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014; 26(12): 1879–82.
4. Hao W.Y., Chen Y. Backward walking training improves balance in school-aged boys. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* 2011; (3): 24.
5. Cha H.G., Kim T.H., Kim M.K. Therapeutic efficacy of walking backward and forward on a slope in normal adults. *J. Phys. Ther. Sci.* 2016; 28(6): 1901–3.
6. Viggiano D., Corona K., Cerciello S., Vasso M., Schiavone-Panni A. The kinematic control during the backward gait and knee proprioception: insights from lesions of the anterior cruciate ligament. *J. Hum. Kinet.* 2014; 41: 51–7.
7. Ordway J.D., Laubach L.L., Vanderburgh P.M., Jackson K.J. The effects of backwards running training on forward running economy in trained males. *J. Strength Cond. Res.* 2016; 30(3): 763–7.
8. Roos P.E., Barton N., van Deursen R.W. Patellofemoral joint compression forces in backward and forward running. *J. Biomech.* 2012; 45(9): 1656–60.
9. El-Basatiny H.M., Abdel-Aziem A.A. Effect of backward walking training on postural balance in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled study. *Clin. Rehabil.* 2015; 29(5): 457–67.
10. Lee M., Kim J., Son J., Kim Y. Kinematic and kinetic analysis during forward and backward walking. *Gait. Posture.* 2013; 38(4): 674–8.
11. Kim C.S., Gong W., Kim S.G. The effects of lower extremity muscle strengthening exercise and treadmill walking exercise on the gait and balance of stroke patients. *J. Phys. Ther. Sci.* 2011; 23(3): 405–8.
12. Kim W.H., Kim W.B., Yun C.K. The effects of forward and backward walking according to treadmill inclination in children with cerebral palsy. *J. Phys. Ther. Sci.* 2016; 28(5): 1569–73.
13. Soda N., Ueki T., Aoki T. Three-dimensional motion analysis of the ankle during backward walking. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013; 25(6): 747–9.
14. Whitley C.R., Dufek J.S. Effects of backward walking on hamstring flexibility and low back range of motion. *Int. J. Exerc. Sci.* 2011; 4: 192–8.
15. Shigemori K., Nagino K., Nakamata E., Nagai E., Izuta M., Nishii M. et al. Motor learning in the community-dwelling elderly during nordic backward walking. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014; 26(5): 741–3.
16. Fritz N.E., Worstell A.M., Kloos A.D., Siles A.B., White S.E., Kegelmeyer D.A. Backward walking measures are sensitive to age-related changes in mobility and balance. *Gait. Posture.* 2013; 37(4): 593–7.
17. Laufer Y. Effect of age on characteristics of forward and backward gait at preferred and accelerated walking speed. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2005; 60(5): 627–32.
18. Elboim-Gabyzon M., Rotchild S. Spatial and temporal gait characteristics of elderly individuals during backward and forward walking with shoes and barefoot. *Gait. Posture.* 2016; 52: 363–6.
19. Lindemann U., Schwenk M., Klenk J., Kessler M., Weyrich M., Kurz F. et al. Problems of older persons using a wheeled walker. *Aging Clin. Exp. Res.* 2016; 28(2): 215–20.

20. Cadenas-Sanchez C., Arellano R., Vanrenterghem J., López-Contreras G. Kinematic adaptations of forward and backward walking on land and in water. *J. Hum. Kinet.* 2015; 49: 15–24.
21. Takao T., Tanaka N., Iizuka N., Saitou H., Tamaoka A., Yanagi H. Improvement of gait ability with a short-term intensive gait rehabilitation program using body weight support treadmill training in community dwelling chronic poststroke survivors. *J. Phys. Ther. Sci.* 2015; 27(1): 159–63.
22. Meyns P., Molenaers G., Desloovere K., Duysens J. Interlimb coordination during forward walking is largely preserved in backward walking in children with cerebral palsy. *Clin. Neurophysiol.* 2014, 125(3): 552–61.
23. Hösl M., Böhm H., Arampatzis A., Keymer A., Döderlein L. Contractile behavior of the medial gastrocnemius in children with bilateral spastic cerebral palsy during forward, uphill and backward-downhill gait. *Clin. Biomech.* 2016; 36: 32–9.
24. Abdel-Aziem A.A., El-Basatiny H.M. Effectiveness of backward walking training on walking ability in children with hemiparetic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 2017; 31(6): 790–7.
25. Kim S.G., Ryu Y.U., Je H.D., Jeong J.H., Kim H.D. Backward walking treadmill therapy can improve walking ability in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *Int. J. Rehabil. Res.* 2013; 36(3): 246–52.
26. Weng C.S., Wang J., Pan X.Y., Yu Z.Z., Wang G., Gao L.P. et al. Effectiveness of backward walking treadmill training in lower extremity function after stroke. *Zhonghua. Yi. Xue. Za. Zhi.* 2006; 86(37): 2635–8.
27. Yang Y.R., Yen J.G., Wang R.Y., Yen L.L., Lieu F.K. Gait outcomes after additional backward walking training in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 2005; 19(3): 264–73.
28. Lee K.B., Lee P., Yoo S.W., Kim Y.D. Reliability and validity of the Korean version of the community balance and mobility scale in patients with hemiplegia after stroke. *J. Phys. Ther. Sci.* 2016; 28(8): 2307–10.
29. Michaelsen S.M., Ovando A.C., Romaguera F., Ada L. Effect of backward walking treadmill training on walking capacity after stroke: a randomized clinical trial. *Int. J. Stroke.* 2014; 9(4): 529–32.
30. Kim K., Lee S., Lee K. Effects of progressive body weight support treadmill forward and backward walking training on stroke patients' affected side lower extremity's walking ability. *J. Phys. Ther. Sci.* 2014; 26(12): 1923–37.
31. Kim C.Y., Lee J.S., Kim H.D. Comparison of the effect of lateral and backward walking training on walking function in patients with poststroke hemiplegia: a pilot randomized controlled trial. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2017; 96(2): 61–7.
32. Peterson D.S., Pickett K.A., Duncan R.P., Perlmutter J.S., Earhart G.M. Brain activity during complex imagined gait tasks in Parkinson disease. *Clin. Neurophysiol.* 2014; 125(5): 995–1005.
33. Christoforetti G., McNeely M.E., Campbell M.C., Duncan R.P., Earhart G.M. Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease. *Hum. Mov. Sci.* 2016; 49: 308–14.
34. Hackney M.E., Earhart G.M. The effects of a secondary task on forward and backward walking in Parkinson's disease. *Neurorehabil. Neural. Repair.* 2010; 24(1): 97–106.
35. Peterson D.S., Plotnik M., Hausdorff J.M., Earhart G.M. Evidence for a relationship between bilateral coordination during complex gait tasks and freezing of gait in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat. Disord.* 2012; 18(9): 1022–6.
36. Bloem B.R., Hausdorff J.M., Visser J.E., Giladi N. Falls and freezing of gait in Parkinson's disease: a review of two interconnected, episodic phenomena. *Mov. Disord.* 2004; 19(8): 871–84.
37. Tseng I.J., Yuan R.Y., Jeng C. Treadmill training improves forward and backward gait in early Parkinson disease. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2015; 94(10): 811–9.
38. Bryant M.S., Rintala D.H., Hou J.G., Collins R.L., Protas E.J. Gait variability in Parkinson's disease: levodopa and walking direction. *Acta Neurol. Scand.* 2016; 134(1): 83–6.
39. Giladi N., Hausdorff J.M. The role of mental function in the pathogenesis of freezing of gait in Parkinson's disease. *J. Neurol. Sci.* 2006; 248(1-2): 173–6.
40. Yogeve-Selgimann G., Hausdorff J.M., Giladi N. The Role of executive function and attention in gait. *Mov. Disord.* 2008; 23(3): 329–42.
41. Melzer I., Oddsson L.I. The effect of a cognitive task on voluntary step execution in healthy elderly and young individuals. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2004; 52(8): 1255–62.
42. LaRocca N.G. Impact of walking impairment in multiple sclerosis: perspectives of patients and care partners. *The Patient.* 2011; 4(3): 189–201.
43. Spain R.I., St. George R.J., Salarian A., Mancini M., Wagner J.M., Horak F.B. et al. Body-worn motion sensors detect balance and gait deficits in people with multiple sclerosis who have normal walking speed. *Gait. Posture.* 2012; 35(4): 573–8.
44. Kalron A., Dvir Z., Achiron A. Walking while talking – difficulties incurred during the initial stages of multiple sclerosis disease process. *Gait. Posture.* 2010; 32(3): 332–5.
45. Hamilton F., Rochester L., Paul L., Rafferty D., O'Leary C.P., Evans J.J. Walking and talking: an investigation of cognitive-motor dual tasking in multiple sclerosis. *Mult. Scler.* 2009; 15(10): 1215–27.
46. Wajda D.A., Sandroff B.M., Pula J.H., Motl R.W., Sosnoff J.J. Effects of walking direction and cognitive challenges on gait in persons with multiple sclerosis. *Mult. Scler. Int.* 2013; 2013: 859323.
47. Grasso R., Ivanenko Y.P., Zago M., Molinari M., Scivoletto G., Lacquaniti F. Recovery of forward stepping in spinal cord injured patients does not transfer to untrained backward stepping. *Exp. Brain Res.* 2004; 157(3): 377–82.
48. Moriello G., Pathare N., Cirone C., Pastore D., Shears D., Sulehri S. Comparison of forward versus backward walking using body weight supported treadmill training in an individual with a spinal cord injury: a single subject design. *Physiother. Theory Pract.* 2014; 30(1): 29–37.
49. Foster H., DeMark L., Spigel P.M., Rose D.K., Fox E.J. The effects of backward walking training on balance and mobility in an individual with chronic incomplete spinal cord injury: A case report. *Physiother. Theory Pract.* 2016; 32(7): 536–45.
50. Chan K., Guy K., Shah G., Golla J., Flett H.M., Williams J. et al. Retrospective assessment of the validity and use of the community balance and mobility scale among individuals with subacute spinal cord injury. *Spinal. Cord.* 2016, 55(3): 294–9.
51. de Lussanet M.H., Behrendt F., Puta C., Schulte T.L., Lappe M., Weiss T. et al. Impaired visual perception of hurtful actions in patients with chronic low back pain. *Hum. Mov. Sci.* 2013; 32(5): 938–53.
52. Han D.B., Xu D.Q. Research progress on the biomechanics of backward walking. *Chin. J. Rehabil. Med.* 2011; 26: 990–3.
53. Zhao H.B., Huo H.F., Zhang J., Jin F.X. Foot pressure and gait features during fitness backward walking of the elders. *Chin. J. Rehabil. Med.* 2010; 25: 435–8.
54. Zhang X., Zhang Y., Gao X., Wu J., Jiao X., Zhao J. et al. Investigating the role of backward walking therapy in alleviating plantar pressure of patients with diabetic peripheral neuropathy. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2014; 95(5): 832–9.
55. Wnuk B.R., Durmała J., Ziaja K., Kotyla P., Woźniewski M., Błaszczak E. A Controlled trial of the efficacy of a training walking program in patients recovering from abdominal aortic aneurysm surgery. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2016; 25(6): 1241–371.

Поступила 23.03.2017

Принята в печать 26.12.2017