

## Возможности применения обратной ходьбы при патологии коленного сустава (обзор литературы)

А.В. Клеменов

Государственное бюджетное учреждение Нижегородской области «Городская клиническая больница № 30», г. Нижний Новгород, Россия

### *Possibilities with backward walking for knee pathology (literature review)*

A.V. Klemenov

City Clinical Hospital № 30, Nizhny Novgorod, Russian Federation

**Введение.** В последнее время в медицине все шире используется обратная ходьба. Изучение кинетики и кинематики обратной ходьбы показало ряд ее преимуществ перед обычным способом передвижения, которые могут быть с успехом использованы для реабилитации больных с патологией коленного сустава. Обратная ходьба сопряжена с меньшей нагрузкой на коленные суставы и является одним из немногих естественных способов укрепления четырехглавой мышцы бедра. При одинаковых параметрах физической активности обратная ходьба приводит к более существенной нагрузке на сердечнососудистую и дыхательную системы и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма. **Материалы и методы.** С целью обобщения имеющихся сведений о возможностях применения обратной ходьбы в лечении и реабилитации больных с патологией коленного сустава проведен систематический поиск литературных источников по англоязычным (Medline, PubMed, Scopus, Web of Science) и русскоязычным (eLIBRARY, CyberLeninka) базам данных за период по февраль 2020 года включительно. Поиск проводился с использованием ключевых слов «backward walking/running», «knee joint», «обратная/реверсивная ходьба/бег», «ходьба спиной вперед», «коленный сустав». **Результаты и обсуждение.** К настоящему времени проведен ряд исследований, посвященных изучению эффективности обратной ходьбы при остеоартрите коленных суставов. Получены убедительные свидетельства того, что добавление обратной ходьбы к традиционному физиотерапевтическому лечению вносит дополнительный вклад в уменьшение боли, улучшение функциональной способности коленного сустава и увеличение силы четырехглавой мышцы бедра. В единичных исследованиях оцениваются возможности применения обратной ходьбы при пателлофemorальном болевом синдроме и повреждении передней крестообразной связки. **Выводы.** Несмотря на то, что возможности обратной ходьбы нуждаются в дальнейшем изучении, уже сейчас можно с оптимизмом расценивать реабилитационный потенциал этого вида физической активности при патологии коленного сустава.

**Ключевые слова:** обратная ходьба, реабилитация, коленный сустав, передняя крестообразная связка, остеоартрит, пателлофemorальный болевой синдром, обзор литературы

**Introduction** Recently backward/retro walking has been increasingly used in medicine. Kinetic and kinematic analysis during backward walking showed advantages over traditional ambulation making it ideal for those who struggle with knee pain. Retro walking is well known for reducing the strain on the knees and it is one of the few natural ways to strengthen the quadriceps of the thigh. Walking backwards leads to a more significant load on the cardiovascular and respiratory systems. This load builds a more substantial increase in both the aerobic and anaerobic capabilities than just walking forward with similar parameters of physical activity. **Material and methods** A systematic search of studies published during the period up to February 2020 was conducted using bibliographic databases in English, including Medline, PubMed, Scopus, Web of Science and in Russian, including eLIBRARY, CyberLeninka to summarize the available information on the possibilities of retro walking in treatment and rehabilitation of patients with knee pathology. Search terms included 'backward/retro walking/running', 'knee joint'. **Results and discussion** Several studies have been performed to explore the effectiveness of backward walking for knee osteoarthritis. There is a strong evidence that backward walking can be a useful adjunct to conventional physiotherapy to improve pain, knee function and strength of the quadriceps muscles. There is a limited number of papers describing effects of backward walking for patellofemoral pain syndrome and anterior cruciate ligament injury. **Conclusions** Although there is little data overall reporting effects of backward walking, and more studies are needed to further explore this topic this version of walking has been shown to provide great beneficial effects in knee joint rehabilitation.

**Keywords:** backward walking, rehabilitation, knee joint, anterior cruciate ligament, osteoarthritis, patellofemoral pain syndrome, literature review

### ВВЕДЕНИЕ

Коленный сустав – один из самых крупных и сложно устроенных суставов человеческого тела. Он имеет наибольшую амплитуду движения при ходьбе и подвергается серьезной функциональной нагрузке и давлению. Многообразные функции коленного сустава включают, с одной стороны, сгибание и разгибание ноги, ее подвижность, поддержание равновесия и правильного положения тела в пространстве, с другой, амортизацию на уровне сочленения, обеспечение максимальной устойчивости и способности выдерживать массу человеческого тела при интенсивных нагрузках. Выполнение этих функций требует сложной анатомической организации и обеспечения адекватных взаимоотношений бедренной, большеберцовой костей и надколенника.

Сложность строения, многообразие функций и испытываемые нагрузки predispose к повышенной уязвимости коленного сустава – он часто страдает от

травм и различных заболеваний. Травмы и заболевания коленного сустава занимают значительное место в структуре патологии опорно-двигательного аппарата. Около 15 % пациентов травматологических стационаров попадают туда именно из-за проблем с коленными суставами, а боли в колене остаются самой распространенной причиной обращений к хирургам, травматологам и терапевтам.

Лечение разнообразной патологии коленного сустава требует различных подходов: хирургических и консервативных – медикаментозных и немедикаментозных. Неотъемлемой частью лечения пациентов с любой патологией суставов выступает лечебная физкультура. Среди всех методов немедикаментозного лечения лишь она встречает единогласную и бесспорную оценку экспертов как однозначно действенный и имеющий серьезную доказательную базу. В серии систематических

Клеменов А.В. Возможности применения обратной ходьбы при патологии коленного сустава (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 1. С. 128-131. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-1-128-131

Klemenov A.V. Possibilities with backward walking for knee pathology (literature review). *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 1, pp. 128-131. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-1-128-131

обзоров и метаанализов показано благотворное влияние физических упражнений на уменьшение выраженности болевого синдрома и функциональных нарушений при разнообразной суставной патологии [1–6].

Наиболее физиологичным видом физических упражнений является ходьба; она позволяет улучшить функцию сердца и легких, увеличить мышечную массу и укрепить костную ткань, повысить психологический настрой и общий тонус организма. В последнее время в медицине и спорте все шире используется ходьба спиной вперед или обратная ходьба. Изучение биомеханики обратной ходьбы показало ряд ее преимуществ перед обычным способом перемещения. При одинаковых параметрах физической активности обратная ходьба

приводит к более существенной нагрузке на сердечно-сосудистую и дыхательную системы [7, 8] и более значительному повышению как аэробных, так и анаэробных возможностей организма [9, 10]. Особенно выгодной становится обратная ходьба в ситуациях, требующих разгрузки коленного сустава [9, 11], укрепления конкретных мышц нижней конечности (в частности, четырехглавой мышцы бедра) [12–15]. Все эти особенности могут быть с успехом реализованы в ходе медицинской реабилитации больных с патологией коленного сустава.

**Целью** данной работы является обобщение имеющихся сведений о преимуществах обратной ходьбы и возможностях ее применения в лечении и реабилитации больных с патологией коленного сустава.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен систематический поиск литературных источников по англоязычным (Medline, PubMed, Scopus, Web of Science) и русскоязычным (eLIBRARY, CyberLeninka) базам данных за период по февраль 2020 года включительно. Поиск проводился с использованием

ключевых слов «backward walking/running», «knee joint», «обратная/реверсивная ходьба/бег», «ходьба спиной вперед», «коленный сустав». Анализу подвергались полнотекстовые копии потенциально актуальных исследований.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведенного систематического поиска по указанной выше методике было обнаружено 13 ссылок на рандомизированные контролируемые клинические исследования, посвященные изучению эффективности обратной ходьбы при разнообразной патологии коленного сустава, а именно: при остеоартрите (остеоартрозе) коленного сустава (10 исследований), повреждениях передней крестообразной

связки (2 исследования), пателлофemorальном болевом синдроме (1 исследование). Остальные включенные в настоящий обзор литературные источники приведены для объяснения биомеханических особенностей обратной ходьбы, выступающих патогенетическим обоснованием возможности применения этого метода при реабилитации больных с патологией коленного сустава.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Самым частым заболеванием суставов является остеоартрит (остеоартроз) (ОА), им страдает более 10 % населения земного шара [16–19]. Поражение коленного сустава (гонартроз) представляет собой наиболее типичную и актуальную локализацию ОА. Гонартроз сопровождается хроническим болевым синдромом, функциональной недостаточностью, приводит к ранней инвалидизации и существенному нарушению качества жизни.

К настоящему времени обнародованы результаты ряда рандомизированных клинических исследований, в которых изучался реабилитационный потенциал обратной ходьбы при ОА коленных суставов [20–29]. Дизайн большинства из них предусматривал сравнение эффективности традиционных реабилитационных мероприятий (лечебная физкультура и/или физиотерапия) с аналогичным лечением, дополненным обратной ходьбой. Так, A. Alghadir с соавт., оценивая влияние обратной ходьбы на выраженность болевого синдрома, степень функциональных нарушений и силу четырехглавой мышцы бедра, рандомизировали 68 больных с гонартрозом на три группы, в которых комплекс стандартных физических упражнений использовался либо изолированно (контроль), либо был дополнен 6-недельным курсом обычной или обратной ходьбы [20]. На фоне обратной ходьбы отмечалось достоверное снижение интенсивности болевых ощущений и выраженности функциональной недостаточности по опроснику WOMAC наряду с увеличением мышечной силы четырехглавой мышцы бедра.

Статистически значимое уменьшение выраженности болей в коленных суставах под влиянием обратной ходьбы отмечено и в других исследованиях [21–26, 28, 29].

Уменьшение интенсивности болевого синдрома в процессе занятий обратной ходьбой связывают с тем, что при этом виде передвижения из-за отсутствия контакта пятки с землей в начале фазы опоры ударная волна в большей степени поглощается голеностопным, а не коленным суставом [17, 23, 28, 30]. Определенное значение может иметь меньший диапазон движений коленного сустава, присущий обратной ходьбе [21, 23, 28, 29].

В большинстве указанных исследований [21, 23–29] наряду со стиханием болевого синдрома отмечалось и улучшение функции коленных суставов. Уменьшение выраженности функциональных нарушений под влиянием обратной ходьбы объясняется не только ослаблением болей, но и изменением биомеханики движения в суставе, в частности, ограничением моментов приведения колена [21, 28, 29].

Обратная ходьба признана одним из немногих естественных способов укрепления четырехглавой мышцы бедра [17, 30, 31], выступающей основным стабилизатором коленного сустава как при движении, так и в покое. Увеличение силы этого мышечного комплекса имеет непосредственное отношение к восстановлению нарушенной функции коленного сустава и уменьшению болевого синдрома при ОА [32]. В ряде исследований было отмечено статистически значимое увеличение силы четырехглавой мышцы бедра под влиянием курса реабилитации с применением обратной ходьбы [21–23].

Следует, однако, отметить, что в ряде исследований преимущества обратной ходьбы при гонартрозе оказались не столь разительными при ее сопоставлении с аналогичным по интенсивности курсом обычной ходьбы [20, 27]. К сожалению, работы иного дизайна, где

бы проводилось прямое сравнение обратной ходьбы с другими видами физических тренировок у больных ОА коленных суставов, практически отсутствуют.

Так или иначе, в опубликованном в 2019 г. Т. Balasukumaran и соавт. метаанализе семи рандомизированных клинических исследований [33] было подтверждено, что обратная ходьба, включенная в комплекс традиционных реабилитационных мероприятий, эффективна для уменьшения боли, улучшения функциональной способности и мышечной силы у пациентов с ОА коленного сустава.

Если ОА является все же прерогативой лиц зрелого и пожилого возраста, то одной из наиболее распространенных причин болей в колене у физически активных молодых людей выступает пателлофemorальный болевой синдром (ПФБС), известный еще как колено бегуна или прыгуна.

Ведущую роль в развитии ПФБС играет нарушение расположения надколенника относительно желобка блока бедренной кости и его латеральное смещение при движении в коленном суставе. Перерастяжение структур, поддерживающих надколенник, проявляется в виде болевых ощущений, а нарушение нормальной биомеханики движений в бедренно-надколенниковом сочленении приводит к увеличению компрессионного воздействия и ускоренному разрушению хряща на суставных поверхностях. В механизме чрезмерного латерального смещения надколенника большое значение придается дисбалансу мышечной активности головок четырехглавой мышцы бедра [34–36].

Поскольку паттерны активации мышц нижней конечности при обычном и обратном перемещении существенно различаются, представляется логичным использовать возможности обратной ходьбы в лечении и реабилитации больных с ПФБС. О. Abdelraouf с соавт. оценивали электромиографическую активность мышц бедра у 20 молодых женщин с ПФБС (20 здоровых женщин вошли в группу контроля) в ходе занятий обычной и обратной ходьбой [37]. Выяснилось, что под влиянием

обратной ходьбы у пациенток с ПФБС достоверно повышается активность медиальной широкой мышцы бедра и приближается к идеальному (1/1) соотношению активности медиальной и латеральной широких мышц бедра.

Распространенной травмой коленного сустава являются растяжения и повреждения передней крестообразной связки (ПКС), выступающей одним из главных стабилизаторов коленного сустава, удерживающих голень от смещения впереди и внутрь. Среди всех других связок колена ПКС травмируется значительно чаще остальных, нередко во время занятий профессиональным спортом или интенсивных физических нагрузок.

Различные способы реконструкции ПКС после спортивной травмы подразумевают неизбежный период иммобилизации, приводящий к потере силы четырехглавой мышцы бедра, кардиореспираторной детренированности и затрудняющей возвращение к занятиям спортом. В связи с этим в многочисленных исследованиях отстаивается интенсивный подход к реабилитации таких пациентов [38, 39].

Включение обратной ходьбы в программы реабилитации пациентов, перенесших растяжение или реконструктивную операцию на ПКС, является оправданным, поскольку при этом виде физической активности усиливается работа четырехглавой мышцы бедра, что увеличивает силу задней и, главное, предотвращает чрезмерное растяжение ПКС. Дополнительный тренирующий эффект оказывает повышение аэробной нагрузки, присущее обратной ходьбе в большей степени, чем обычному способу перемещения.

В работе М. Shen с соавт. и F. Zampeli с соавт. оценивались возможности применения обратной ходьбы при реабилитации больных с повреждением ПКС [40, 41]. Отмечено, что занятия обратной ходьбой приводили к улучшению проприорецепции и функции коленного сустава.

Отдельная область применения обратной ходьбы раскрывается в работе S. Rezazadeh с соавт., испытывавшими эту методику для тестирования биомеханических протезов коленного сустава [42].

## ВЫВОДЫ

Коленный сустав – важная часть кинетической цепи нижних конечностей, в силу сложности строения и функционирования восприимчивая к разнообразным поражениям. Важнейшим методом лечения и реабилитации больных с патологиями коленного сустава является лечебная физкультура и, в частности, ходьба как наиболее простой и доступный вид физической активности. Особенно перспективной представляется методика обратной ходьбы, обеспечивающая несколько уникальных эффектов, которые с успехом могут быть использованы

при реабилитации пациентов с патологией коленного сустава. В числе этих эффектов – снижение нагрузки на пателлофemorальный сустав, предотвращение перенапряжения ПКС, увеличение силы четырехглавой мышцы бедра, обеспечение более интенсивной, чем при обычной ходьбе, аэробной тренировки.

Несмотря на то, что возможности обратной ходьбы нуждаются в дальнейшем изучении, перспективы этой методики лечебной физкультуры при суставной патологии уже сейчас могут быть расценены высоко.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kelley G.A., Kelley K.S., Callahan L.F. Aerobic Exercise and Fatigue in Rheumatoid Arthritis Participants: A Meta-Analysis Using the Minimal Important Difference Approach // *Arthritis Care Res.* (Hoboken). 2018. Vol. 70, No 12. P. 1735-1739. DOI: 10.1002/acr.23570
2. Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews / L.J. Geneen, R.A. Moore, C. Clarke, D. Martin, L.A. Colvin, B.H. Smith // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017. Vol. 4, No 4. P. CD011279. DOI: 10.1002/14651858.CD011279.pub3
3. Relative efficacy of different exercises for pain, function, performance and quality of life in knee and hip osteoarthritis: systematic review and network meta-analysis / S.L. Goh, M.S.M. Persson, J. Stocks, Y. Hou, N.J. Welton, J. Lin, M.C. Hall, M. Doherty, W. Zhang // *Sports Med.* 2019. Vol. 49, No 5. P. 743-761. DOI: 10.1007/s40279-19-01082-0
4. Efficacy of strengthening or aerobic exercise on pain relief in people with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // R. Tanaka, J. Ozawa, N. Kito, H. Moriyama // *Clin. Rehabil.* 2013. Vol. 27, No 12. P. 1059-1071. DOI: 10.1177/0269215513488898
5. The effectiveness of incidental physical activity interventions compared to other interventions in the management of people with low back pain: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials // H. Alzahrani, M. Mackey, E. Stamatakis, M.B. Pinheiro, M. Wicks, D. Shirley // *Phys. Ther.* 2019. Vol. 36. P. 34-42. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.12.008
6. Physical activity and autoimmune diseases: Get moving and manage the disease / K. Sharif, A. Watad, N.L. Bragazzi, M. Lichtbroun, H. Amital, Y. Shoenfeld // *Autoimmun. Rev.* 2018. Vol. 17, No 1. P. 53-72. DOI: 10.1016/j.autrev.2017.11.010

7. The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women / E. Terblanche, C. Page, J. Kroff, R.E. Venter // *Int. J. Sports Med.* 2005. Vol. 26, No 3. P. 214-219. DOI: 10.1055/s-2004-820997
8. Thomas K.S., Hammond M., Magal M. Graded forward and backward walking at a matched intensity on cardiorespiratory responses and postural control // *Gait Posture.* 2018. Vol. 65. P. 20-25. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.06.168
9. Hoogkamer W., Meyns P., Duysens J. Steps forward in understanding backward gait: from basic circuits to rehabilitation // *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2014. Vol. 42, No 1. P. 23-29. DOI: 10.1249/JES.0000000000000000
10. Effect of forward and backward locomotion training on anaerobic performance and anthropometrical composition / S.J. Kachanathu, A.M. Alenazi, A.D. Algarni, A.R. Hafez, U.A. Hameed, S. Nuhmani, G. Melam // *J. Phys. Ther. Sci.* 2014. Vol. 26, No 12. P.1879-1882. DOI: 10.1589/jpts.26.1879
11. Roos P.E., Barton N., van Deursen R.W. Patellofemoral joint compression forces in backward and forward running // *J. Biomech.* 2012. Vol. 45, No 9. P. 1656-1660. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2012.03.020
12. Hao W.Y., Chen Y. Backward walking training improves balance in school-aged boys // *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther. Technol.* 2011. Vol. 3. P. 24. DOI: 10.1186/1758-2555-3-24
13. 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. Vol. 28, No 6. P. 1901-1905. DOI: 10.1589/jpts.28.1901
14. Lamb T., Yang J.F. Could different directions of infant stepping be controlled by the same locomotor central pattern generator? // *J. Neurophysiol.* 2000. Vol. 83, No 5. P. 2814-2824. DOI: 10.1152/jn.2000.83.5.2814
15. Schneider C., Lavoie B.A., Capaday C. On the origin of the soleus H-reflex modulation pattern during human walking and its task-dependent differences // *J. Neurophysiol.* 2000. Vol. 83, No 5. P. 2881-2890. DOI: 10.1152/jn.2000.83.5.2881
16. Kloppenburg M., Berenbaum F. Osteoarthritis year in review 2019: epidemiology and therapy // *Osteoarthritis Cartilage.* 2020. Vol. 28, No 3. P. 242-248. DOI: 10.1016/j.joca.2020.01.000
17. Vina E.R., Kwok C.K. Epidemiology of osteoarthritis: literature update // *Curr. Opin. Rheumatol.* 2018. Vol. 30, No 2. P. 160-167. DOI: 10.1097/BOR.0000000000000479
18. Johnson V.L., Hunter D.J. The epidemiology of osteoarthritis // *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2014. Vol. 28, No 1. P. 5-15. DOI: 10.1016/j.berh.2014.01.004
19. Neogi T., Zhang Y. Epidemiology of osteoarthritis // *Rheum. Dis. Clin. North. Am.* 2013. Vol. 39, No 1. P. 1-19. DOI: 10.1016/j.rdc.2012.10.004
20. Effect of 6-week retro or forward walking program on pain, functional disability, quadriceps muscle strength, and performance in individuals with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial (retro-walking trial) // A.H. Alghadir, S. Anwer, B. Sarkar, A.K. Paul, D. Anwar // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2019. Vol. 20, No 1. P. 159. DOI: 10.1186/s12891-019-2537-9
21. Gondhalekar G.A., Deo M.V. Retrowalking as an adjunct to conventional treatment versus conventional treatment alone on pain and disability in patients with acute exacerbation of chronic knee osteoarthritis: a randomized clinical trial // *N. Am. J. Med. Sci.* 2013. Vol. 5, No 2. P. 108-112. DOI: 10.4103/1947-2714.107527
22. Khyatee, Mittal K., Gupta S.K. Retro treadmill walking as a rehabilitative tool in knee pain and quadriceps insufficiency // *International Journal of Research in Science and Technology.* 2013. Vol. 2, No 4, P. 1-8.
23. Rathi M., Palekar T., Varghese A. Efficacy of backward walking on patients with osteoarthritis of knee on quadriceps strength, pain and physical functions // *Indian J. Physiother. Occup. Ther.* 2014. Vol. 8, No 4. P. 192-196.
24. Anadkat H., Ajith S., Dhanesh Kumar K.U. Effectiveness of retro walking treadmill training on pain and disability in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial // *Int. J. Pharm. Bio. Sci.* 2015. Vol. 6, No 4. P. 43-50.
25. Manisha N., Joginder Y., Priyanka R. Effect of retro walking on pain, balance and functional performance in osteoarthritis of knee // *Indian J. Physiother. Occup. Ther.* 2015. Vol. 9, No 3. P. 154-159.
26. Somashekar R.R., Sridharamurthy J.N., Timsina S., Jha V. A study to compare the effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation with retro-walking versus ultrasound therapy with retro-walking in chronic osteoarthritis of knee // *J. Evolution Med. Dent. Sci.* 2015. Vol. 4, No 60. P. 10494-10503. DOI: 10.14260/jemds/2015/1512
27. Rangey P.S., Sheth M.S., Vyas N.J. Comparison of effectiveness of forward and backward walking on pain, physical function, and quality of life in subjects with osteoarthritis of knee // *Int. J. Health Allied Sci.* 2016. Vol. 5, No 4. P. 220. DOI: 10.4103/2278-344X.194085
28. Wadhwa D.N., Hande D.N. Effects of retro walking on osteoarthritis of knee in geriatric population // *IOSR J. Sports Phys. Educ. (IOSR-JSPE).* 2016. Vol. 3, No 2. P. 37-43. DOI: 10.9790/6737-03023743 www.iosrjournals.org 37
29. Shankar P., Bhandiwad R.M.A., Pai H. Effectiveness of retrowalking in chronic osteoarthritis of knee joint // *Innovative Journal of Medical and Health Science.* 2013. Vol. 3, No 1.
30. Kinematic and kinetic analysis during forward and backward walking / M. Lee, J. Kim, J. Son, Y. Kim // *Gait Posture.* 2013. Vol. 38, No 4. P. 674-678. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.02.014
31. Proprioception, gait kinematics, and rate of loading during walking: are they related? / Riskowski J.L., Mikesky A.E., Bahamonde R.E., Alvey T.V. 3<sup>rd</sup>, Burr D.B. // *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* 2005. Vol. 5, No 4. P. 379-387.
32. Hasan S. Quadriceps Femoris Strength Training: Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation vs Isometric Exercise in OA of Knee // *Indian J. Physiother. Occup. Ther.* 2015. Vol. 9, No 3. P. 129-134. DOI: 10.5958/0973-5674.2015.00110.0
33. Balasukumaran T., Olivier B., Ntsiea M.V. The effectiveness of backward walking as treatment for people with gait impairments: a systematic review and meta-analysis // *Clin. Rehabil.* 2019. Vol. 33, No 2. P. 171-182. DOI: 10.1177/0269215518801430
34. Fagan V., Delahunt E. Patellofemoral pain syndrome: a review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options // *Br. J. Sports Med.* 2008. Vol. 42, No 10, P. 789-795. DOI: 10.1136/bjism.2008.046623
35. Rethinking patellofemoral pain: Prevention, management and long-term consequences / K.M. Crossley, M. van Middelkoop, C.J. Barton, A.G. Culvenor // *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* 2019. Vol. 33, No 1. P. 48-65. DOI: 10.1016/j.berh.2019.02.004
36. Gaitonde D.Y., Erickson A., Robbins R.C. Patellofemoral Pain Syndrome // *Am. Fam. Physician.* 2019. Vol. 99, No 2. P. 88-94.
37. Backward walking alters vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratio in females with patellofemoral pain syndrome / O.R. Abdelraouf, A.A. Abdel-Aziem, A.A. Ahmed, N.S. Nassif, A.G. Matar // *Turk. J. Phys. Med. Rehabil.* 2019. Vol. 65, No 2. P. 169-176. DOI: 10.5606/tftrd.2019.2445
38. Shelbourne K.D., Klotz C. What I have learned about the ACL: Utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction // *J. Orthop. Sci.* 2006. Vol. 11, No 3. P. 318-325. DOI: 10.1007/s00776-006-1007-z
39. Anterior cruciate ligament reconstruction: Bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial / P. Aglietti, F. Giron, R. Buzzzi, F. Biddau, F. Sasso // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2004. Vol. 86, No 10. P. 2143-2155.
40. Effects of backward walking on knee proprioception after ACL reconstruction / M. Shen, S. Che, D. Ye, Y. Li, F. Lin, Y. Zhang // *Physiother. Theory Pract.* 2019. P. 1-8. DOI: 10.1080/09593985.2019.1681040
41. Stride-to-stride variability is altered during backward walking in anterior cruciate ligament deficient patients / F. Zampeli, C.O. Moraiti, S. Xergia, V.A. Tsiaras, N. Stergiou, A.D. Georgoulis // *Clin. Biomech. (Bristol, Avon).* 2010. Vol. 25, No 10. P. 1037-1041. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2010.07.015
42. A Phase Variable Approach to Volitional Control of Powered Knee-Ankle Prostheses / S. Rezazadeh, D. Quintero, N. Divekar, R.D. Gregg // *Rep. U. S.* 2018. P. 2292-2298. DOI: 10.1109/IROS.2018.8594023

Рукопись поступила 23.03.2020

**Сведения об авторе:**

Клеменов Алексей Викторович, д. м. н.,  
ГБУЗ НО ГКБ № 30, г. Нижний Новгород, Россия,  
Email: klemenov\_av@list.ru

**Information about the author:**

Aleksey V. Klemenov, M.D., Ph.D.,  
City Clinical Hospital № 30, Nizhny Novgorod, Russian Federation,  
Email: klemenov\_av@list.ru