

Обзорная статья / Review

УДК: 616.728.3-002-036.83:796.012.412.4(048.8)

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48>

Возможности применения обратной ходьбы в реабилитации пациентов с гонартрозом: обзор литературы

Клеменов А.В.*

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Остеоартрит (остеоартроз) коленного сустава, или гонартроз (ГА), — один из самых частых вариантов суставной патологии. Медико-социальное значение ГА связано с его высокой распространенностью, ранней и стойкой утратой трудоспособности и значительным снижением качества жизни пациента. Лечение пациентов с ГА включает комбинацию медикаментозных и немедикаментозных подходов; лечебная физкультура выступает ведущим направлением немедикаментозной терапии. К настоящему времени выполнен ряд исследований, посвященных изучению эффективности ходьбы спиной вперед (обратной ходьбы — ОХ) при ГА.

ЦЕЛЬ. Анализ научных данных о возможностях применения ОХ в реабилитации пациентов с ГА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен систематический поиск литературных источников по ключевым словам: «обратная/реверсивная ходьба», «ходьба спиной вперед», «гонартроз», «остеоартрит/остеоартроз», «коленный сустав», «реабилитация», «лечебная физкультура».

ОБСУЖДЕНИЕ. В последние годы в практике медицинской реабилитации и спортивных тренировок широко используется ОХ. Изучение биомеханики ОХ показало ряд ее преимуществ перед ходьбой вперед лицом, которые могут быть с успехом использованы для лечения и реабилитации пациентов с ГА. ОХ сопряжена с меньшей нагрузкой на коленные суставы и является одним из немногих естественных способов укрепления силы квадрицепса бедра. ОХ предотвращает чрезмерное растяжение передней крестообразной связки и улучшает стабильность колена. При сопоставимых объемах физической нагрузки ОХ приводит к более существенной нагрузке на сердце и легкие и более значительному потреблению кислорода.

ВЫВОДЫ. Получены доказательства того, что добавление ОХ к традиционному физиотерапевтическому лечению вносит вклад в уменьшение боли, улучшение функции коленного сустава и увеличению силы квадрицепса бедра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обратная ходьба, реабилитация, лечебная физкультура, гонартроз, остеоартрит, коленный сустав, обзор литературы.

Для цитирования / For citation: Клеменов А.В. Возможности применения обратной ходьбы в реабилитации пациентов с гонартрозом: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48> [Klemenov A.V. Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Клеменов Алексей Викторович, E-mail: klemenov_av@list.ru

Статья получена: 02.02.2024
Статья принята к печати: 01.04.2024
Статья опубликована: 15.04.2024

© 2024, Клеменов А.В.
Alexey V. Klemenov

Эта статья открытого доступа по лицензии CC BY 4.0. Издательство: ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.
This is an open article under the CC BY 4.0 license. Published by the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review

 Alexey V. Klemenov*

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Osteoarthritis of the knee joint or gonarthrosis (GA) is one of the most common joint pathologies. The medical and social significance of GA is associated with its high prevalence and a significant percentage of premature disability and a significant deterioration in the quality of life due to persistent pain syndrome. Modern treatment of patients with GA includes a combination of pharmacological and non-pharmacological methods; physical therapy is the leading method of non-drug therapy. By now, a number of studies have been conducted to research the effectiveness of backward walking (BW) in people with GA.

AIM. Analysis of scientific data on the possibilities of using BW in the rehabilitation of patients with GA.

MATERIALS AND METHODS. A systematic search of literary sources by keywords was carried out: "backward walking", "gonarthrosis", "knee osteoarthritis", "knee joint", "rehabilitation", "physical therapy".

DISCUSSION. Recently, backward locomotion is increasingly used in medicine. Kinetic and kinematic analysis during BW showed a number of advantages over the usual method of movement, which can be successfully used for rehabilitation of patients with GA. BW is associated with less overload on knee joints. It is also one of the few natural ways of strengthening the quadriceps. It prevents excessive stretching of the anterior cruciate ligament and improves the stability of the knee joint. BW 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.

CONCLUSION. There is evidence that adding BW to conventional physiotherapy treatment may further reduce pain, functional disability and improve the strength of the quadriceps muscles.

KEYWORDS: backward walking, rehabilitation, physical therapy, gonarthrosis, osteoarthritis, knee joint, review.

For citation: Klemenov A.V. Possibilities of Backward Walking Application in the Rehabilitation of Patients with Gonarthrosis: Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):42-48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-42-48>

* **For correspondence:** Alexey V. Klemenov, E-mail: klemenov_av@list.ru

Received: 02.02.2024

Accepted: 01.04.2024

Published: 15.04.2024

ВВЕДЕНИЕ

Остеоартрит, или по уже вышедшей из употребления терминологии остеоартроз, — одна из наиболее распространенных патологий суставов, при которой в процесс вовлечены синовиальная оболочка, суставной хрящ и другие околосуставные структуры. Медико-социальное значение остеоартрита определяется его распространенностью, ранней и стойкой утратой трудоспособности и значительным снижением качества жизни пациента, главным образом в связи с выраженными артралгиями. Наиболее часто остеоартрит локализуется в коленном суставе — гонартроз (ГА). Частота ГА существенно нарастает с возрастом и в среднем составляет 99,6 случая на 10 тыс. жителей [1], причем у каждого третьего в процесс вовлекаются оба коленных сустава.

Современное комплексное ведение пациентов с ГА включает комбинацию медикаментозных и немедикаментозных подходов; в числе последних значимое место занимают ношение ортопедической обуви с хорошо амортизирующей подошвой, рациональное и сбалансированное питание, комплекс мер по снижению лишнего веса, дополнительная опора на трость,

тейпирование и ортезирование сустава, физиотерапия, лечебная физкультура, направленная на укрепление мышц бедра и голени [2, 3]. При очевидной неэффективности использованной консервативной терапии, в частности при плохо поддающемся купированию болевом синдроме, проводится эндопротезирование коленного сустава [2].

В соответствии с современными подходами ведения пациентов с ГА статус основного метода нефармакологического воздействия придается лечебной физкультуре [2, 4]. При регулярных занятиях посильная физическая активность и силовые нагрузки умеренной интенсивности стимулируют мышечный тонус, укрепляют механическую прочность костной ткани, повышают степень сатурации гемоглобина, благотворно влияют на функциональные возможности кардиореспираторной системы, увеличивают компенсаторные и адаптивные реакции организма. Физическая активность однозначно рассматривается сообществом медицинских экспертов как общедоступный, рациональный и, что особенно важно, имеющий серьезную доказательную базу нефармакологический метод терапии обменно-метаболических и воспали-

тельных суставных процессов, включая остеоартрит. В серии проведенных к настоящему времени зарубежных метаанализов наглядно продемонстрировано значимое влияние рациональной физической активности на уменьшение боли и улучшение функции крупных суставов при ряде ревматологических заболеваний [4–6].

Лечебная физкультура при ГА включает как аэробные упражнения, так и силовые нагрузки умеренной интенсивности. Физические упражнения направлены на расширение объема движений, увеличение гибкости и равновесия, улучшение работы мышц, поддержание оптимальной массы тела [3–6]. Лечебной физкультурой можно заниматься в специализированных группах под руководством инструктора (тренера) и самостоятельно, в том числе и в домашних условиях. Существуют методики проведения занятий лечебной физкультурой в бассейне, босиком, на песке, с использованием скандинавской ходьбы, приспособлений дополнительной поддержки (ходунков) и т. д. [4–6]. Все эти варианты рассчитаны на разный контингент пациентов и позволяют учесть их индивидуальные особенности — возраст, тяжесть и локализацию поражения суставов, фенотип заболевания, степень функциональных нарушений, исходный уровень физической подготовки, наличие коморбидной патологии и старческой астении, приверженность лечению.

В последние годы в практике медицинской реабилитации и спортивных тренировок все шире используется методика ходьбы спиной вперед (обратная ходьба, backward walking). В отличие от обычной ходьбы, обратная ходьба (ОХ) рассматривается как вспомогательное упражнение, обладающее, тем не менее, существенным лечебным потенциалом для восстановительной медицины [7].

ЦЕЛЬ

Целью настоящего литературного обзора явился анализ имеющихся научных данных о лечебном потенциале методики обратной ходьбы и возможностях ее применения в комплексном лечении и реабилитации пациентов с остеоартритом/остеоартрозом коленных суставов (ГА).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами проведен систематический поиск литературных источников по англо- и русскоязычным базам данных (PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka) за период с 2012 г. по февраль 2024 г. включительно. Поиск проводился по следующим ключевым словам (терминам) на английском и русском языках: «backward walking», «gonarthrosis», «knee osteoarthritis», «knee joint», «rehabilitation», «physical therapy», «обратная/реверсивная ходьба», «ходьба спиной вперед», «гонартроз», «остеоартрит/остеоартроз», «коленный сустав», «реабилитация», «лечебная физкультура». Поиск проводился с использованием ключевых слов как в заголовках, так и в тексте статей. В большинстве случаев анализу подвергались только полнотекстовые копии потенциально актуальных для настоящего обзора исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности биомеханики и лечебный потенциал ОХ

Изучение закономерностей биомеханики ОХ дало основание говорить о ее потенциальных выгодах перед обычным способом перемещения в пространстве и рекомендовать для применения с лечебной и профилактической целью при целом ряде патологических состояний. В частности, в настоящее время ОХ уже используется для коррекции нарушенной моторики у пациентов с детским церебральным параличом, постинсультными двигательными расстройствами, страдающих рассеянным склерозом и нейродегенеративными заболеваниями головного мозга, радикулярными синдромами, при спортивных и бытовых травмах коленного сустава, а также при ГА.

Внимание медицинской общественности к ОХ при ГА обусловлено рядом существенных обстоятельств. Значительный лечебный потенциал при ОХ заключается в реальной способности уменьшить нагрузку на коленный сустав в процессе перемещения в момент контакта стопы с поверхностью опоры. Кинематика обычной ходьбы заключается в том, что основную часть компрессионной нагрузки в фазу опоры последовательно принимают на себя голеностоп и колено. Если обычная ходьба начинается с постановки ноги с пятки на поверхность опоры, то при ОХ шаг начинается с пальцев ног [8]. То важное обстоятельство, что в процессе циклического движения начало фазы опоры осуществляется без касания пяткой грунта, обеспечивает меньшее ударное воздействие на локомоторный аппарат нижней конечности [9]. В процессе ОХ коленный сустав испытывает меньший момент силы в связи с тем, что и перемещение в пространстве, и поглощение ударной волны в начале фазы опоры обеспечивает именно голеностоп [10, 11].

Разница при ходьбе лицом вперед и ОХ затрагивает и околосуставные мягкие ткани. Если при обычном перемещении в пространстве ключевое значение имеют сокращения икроножной мышцы с мощным ахилловым сухожилием, то при ОХ — передняя группа мышц бедра и мышцы-разгибатели колена [12, 13]. Очевидным преимуществом ОХ является ее способность укреплять четырехглавую мышцу (квадрицепс) бедра, что особенно важно для пациентов с ГА. Представления о связи ГА с локальной слабостью (гипотрофией) квадрицепса являются общепринятыми; мышечная сила в нем при этом суставном процессе может снижаться вдвое или даже больше [3].

Увеличение нагрузки на четырехглавую мышцу бедра приводит к еще одному положительному при ГА эффекту — предупреждению избыточного растяжения передней крестообразной связки [10, 14] и улучшению ее стабильности [15, 16]. Заметим, что передняя крестообразная связка обеспечивает предотвращение переднего смещения голени при движении и выполняет функцию укрепления и повышения стабильности коленного сустава в целом.

Одним из частых спутников ГА при его вальгусной деформации является пателлофеморальный синдром — болевые ощущения, связанные с увеличением

компрессии пателлофemorального сустава, приводящей к смещению хрящевой ткани и персистирующей деградациии хряща на суставных поверхностях, оголению поверхности костной ткани и травматизации богатой нервными окончаниями надкостницы. ОХ, в отличие от привычной нам ходьбы уменьшает нагрузку на пателлофemorальный сустав и, соответственно, предотвращает деструкцию хряща [17].

Важно подчеркнуть, что и сам коленный сустав, и околосуставные мягкие ткани функционируют как единое целое так, что неэффективность пателлофemorальной области через уязвимость тибιοфemorального отдела коленного сустава может predisполагать к слабости четырехглавой мышцы бедра, что в итоге нарушает стабильность коленного сустава, ограничивает объем движений в нем, меняет кинематику походки и неблагоприятно отражается на других крупных суставах (тазобедренный, голеностопный) нижней конечности [3].

Отдельный благотворный вклад при остеоартрите любой локализации, не исключая ГА, могут вносить хорошо известные аэробные эффекты физической активности. Аэробные, совершаемые с достаточным количеством кислорода, нагрузки способствуют питанию суставов и околосуставных мягких тканей, а за счет увеличения продукции эндогенных опиоидов в головном мозге улучшают настроение и помогают легче переносить болевые ощущения [18]. Существенно, что при сопоставимых объемах физической нагрузки ОХ требует более значительного обеспечения со стороны сердца и легких, повышает аэробную производительность, а потому может рассматриваться как эффективная методика кардиотренировки [15, 19]. При одинаковой интенсивности выполнения физических нагрузок величина потребления кислорода и частота пульса в процессе занятий ОХ выше в сравнении с ходьбой лицом вперед [10, 14].

Очевидно, что к дополнительным преимуществам ОХ относятся также проприоцептивная и равновесная тренировка. Необычность перемещения спиной вперед в отсутствие зрительных сигналов может способствовать развитию равновесия в пространстве и большей уверенности при движении [14].

Клинические исследования применения ОХ при ГА: особенности дизайна и ограничения

К настоящему времени накоплен определенный клинический материал, раскрывающий потенциал ОХ в реабилитации пациентов с ГА. Дизайн большинства проведенных исследований заключался в сопоставлении ОХ, примененной в комплексе с традиционным физиотерапевтическим лечением (тепловые аппликации, ультразвук, ванны, лазеротерапия, чрескожная электронейростимуляция, массаж), и изолированного физиотерапевтического лечения [20–27]. К сожалению, работ иного плана, к примеру, сопоставления ОХ с другими видами физических тренировок совместно с физиотерапевтическим лечением или отдельно от него у пациентов с остеоартритом, немного [28, 29]. Минимальная продолжительность сеанса ходьбы в этих исследованиях составляла от 10 минут, периодичность — обычно два или три раза в неделю,

длительность курса варьировала от 2 до 12 недель. Возраст пациентов, включенных в указанные исследования, начинался от 40 лет, в единичных работах, посвященных гериатрическим больным [22], — от 60 лет. Поскольку ГА ассоциирован с болевым синдромом и нарушением функции сустава, оценивалась главным образом динамика именно этих проявлений.

Влияние ОХ на болевой синдром при ГА

Главной проблемой пациентов, страдающих ГА, являются артралгии. Боль носит механический характер, локализуется обычно по передней и медиальной поверхности коленного сустава и в типичных случаях возникает при ходьбе, подъеме и особенно спуске по лестнице, длительном пребывании на ногах. Интенсивность боли возрастает при присоединении вторичного синовита, свидетельством которого является припухлость сустава и ощущение скованности в нем. Механизмы суставной боли разнообразны и складываются из нескольких компонентов. Принципиально, что боли обусловлены не разрушением хрящевой ткани, как известно, лишенной нервных окончаний, а совокупностью изменений в хорошо иннервированной надкостнице и субхондральной кости (остеосклероз, остеофитоз, микротрещины, повышение внутрикостного давления), синовии (воспалительный отек), внутри- и околосуставных мягких тканях (избыточное натяжение связок, мышечное перенапряжение, растяжение капсулы сустава, уменьшение выработки синовиальной жидкости). Ослабление болевых ощущений под влиянием ОХ отмечено в большинстве проведенных исследований [20–23, 25–27]. Для оценки выраженности болевых ощущений чаще всего использовались общепринятый в исследованиях подобного рода индекс WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis Index) и числовую шкалу оценки боли (Numeric rating Scale for pain, NRS). Полученные результаты дали основание утверждать, что лечебно-реабилитационные программы, включающие, наряду с комплексом перечисленных выше физиотерапевтических процедур, еще и ОХ, отличаются более высокой эффективностью.

В одном из немногочисленных метаанализов, обобщивших результаты исследований по проблеме влияния ОХ на жалобы (главным образом, болевой синдром), мышечную силу и разнообразные параметры походки у лиц с нарушениями равновесия [30], в числе прочих вошло семь работ [20–25, 28], оценивавших динамику болевого синдрома у 202 пациентов с ГА. Уменьшение интенсивности болевых ощущений у пациентов, занимающихся ОХ, включенной в дополнение к указанному выше физиотерапевтическому лечению, было отмечено во всех клинических исследованиях; в большинстве из них [21–25] эффект оказался статистически значимым. Величина статистического эффекта, рассчитанная по стандартизованной средней разности (standardised mean difference, SMD), составила $-0,87$ (95%-й доверительный интервал [95% ДИ] от $-1,14$ до $-0,60$).

Влияние ОХ на функцию коленного сустава и силу четырехглавой мышцы бедра при ГА

С ослаблением болевого синдрома и иной биомеханикой движения в коленных суставах в процессе за-

нятий ОХ тесно связано и улучшение их функциональных возможностей. Нормализация стереотипа сокращения мышц бедра (в первую очередь квадрицепса) в виде уменьшения момента движения к средней линии тела в колене обеспечивает гашение напряжения и избыточной нагрузки на медиальную часть коленного сустава [31, 32].

Динамика функциональных суставных нарушений при ГА под влиянием курса занятий ОХ оценивалась в восьми рандомизированных клинических исследованиях, включивших наблюдения всего за 242 участниками [20–23, 25, 27–29]. Упомянутый выше метаанализ [30] позволяет говорить о том, что дополнительное включение ОХ в программу проводимой реабилитации пациентов с ГА оказало статистически значимый эффект по уменьшению степени тяжести нарушения функции коленных суставов (стандартизованная средняя разность –1,19; 95% доверительный интервал от –1,84 до –0,55).

Следует еще раз отметить, что как уменьшение болей в коленных суставах, так и улучшение функциональных возможностей пациентов во многом обусловлено увеличением силы четырехглавой мышцы бедра. В трех исследованиях с участием 80 пациентов с ГА [20, 21, 24] было проанализировано влияние ОХ на силу и выносливость этой мышцы. Статистически значимое увеличение силы квадрицепса, отмеченное в указанных исследованиях (стандартизованная средняя разность 1,22; 95% ДИ от 0,73 до 1,70) [30], может служить дополнительным веским аргументом в пользу включения ОХ в реабилитационные программы при ГА.

Отдельной проблемой пациентов с ГА, во многом связанной с болевыми ощущениями, уменьшением мышечной силы и нестабильностью коленного сустава, является нарушение статической устойчивости и проприоцепции, повышающее риск падений. Последнее обстоятельство особенно актуально для пожилых, у которых падения выступают основной причиной бытового и общего травматизма и выходят на первое место среди причин смертности от повреждений. В отдельных работах, к сожалению, ограниченных по числу участников, показано, что занятия ОХ в дополнении к традиционному лечению способны значительно улучшить показатели статической стабильности и проприоцепции (длина и площадь раскачивания, средняя ошибка траектории) у пациентов, страдающих ГА [14, 33].

Влияние ОХ на качество жизни пациентов с ГА

Боль в коленном суставе и нарушение физической активности — наиболее значимые факторы, отрицательно влияющие на качество жизни пациентов с ГА. Уменьшение интенсивности болей и повышение повседневной активности благоприятно сказывается на самоощущении — субъективном представлении человека о своем здоровье [5, 34]. Качество жизни пациентов с ГА в процессе занятий ОХ подверглось детальному анализу в двух клинических исследованиях и продемонстрировало заметную тенденцию к улучшению по мере постепенного снижения болевых ощущений и улучшения функции коленных суставов [20, 28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных к настоящему времени клинических исследований и данные метаанализа [30] свидетельствуют о том, что ОХ, включенная в комплекс реабилитационных мероприятий при ГА, позволяет более эффективно справиться с болевым синдромом, улучшить функциональные возможности и статическую стабильность пациента, повысить мышечную активность и увеличить силу четырехглавой мышцы бедра. Большинство исследователей положительно оценивает возможности методики ОХ при патологии суставов и считает обоснованным ее включение ОХ в существующие программы реабилитации пациентов с ГА. Однако недостаточно высокое качество упомянутых исследований и относительно небольшое количество участников, включенных в них, пока не позволяют в должной мере оценить лечебный потенциал ОХ. Целесообразность применения ОХ в целях лечения и реабилитации пациентов с ГА, равно как и методические аспекты этого применения (оптимальная продолжительность сеанса, длительность курса, рациональные комбинации лечебных мероприятий и т. д.), безусловно, нуждаются в дальнейшем изучении. В настоящее время проводится ряд клинических исследований [7, 35], результаты которых, возможно, расширят наши представления о возможностях использования ОХ в восстановительной медицине и вооружат медицинскую общественность дополнительными аргументами в пользу применения этого метода физической активности при ГА.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Клеменов Алексей Викторович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: klemenov_av@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3403-0713>

Вклад автора. Автор подтверждает свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (автор внес единоличный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитал и одобрил окончательный вариант до публикации). Клеменов А.В. —

обзор и анализ публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи.

Источники финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Alexey V. Klemenov, Dr.Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at the Department of Internal Diseases, Privolzhsky Research Medical University.

E-mail: klemenov_av@list.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3403-0713>

Author Contribution. The author confirms his authorship according to the international ICMJE criteria (author contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before

publication). Alexey V. Klemenov — review and analysis of publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, checking critical content, scientific editing of the text of the manuscript.

Funding. The author declares no external funding in the conduct of the study.

Disclosure. The author declares no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Галушко Е.А., Насонов Е.Л. Распространенность ревматических заболеваний в России. Альманах клинической медицины. 2018; 46(1): 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39> [Galushko E.A., Nasonov E.L. Galushko E.A., Nasonov E.L. Prevalence of rheumatic diseases in Russia. *Almanac of Clinical Medicine*. 2018; 46(1): 32–39. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2018-46-1-32-39> (In Russ.).]
2. Остеоартрит коленного сустава. Алгоритмы диагностики и лечения. Терапия. 2023; 9(45): 164–188. <https://clck.ru/3AjDBo> [Osteoarthritis of the Knee Joint. Algorithms of Diagnosis and Treatment. *Therapy*. 2023; 9(45): 164–188. <https://clck.ru/3AjDBo> (In Russ.).]
3. Маргазин В.А., Ачкасов Е.Е., Коромыслов А.В. (ред.) Лечебная физкультура при заболеваниях суставов. Санкт-Петербург. СпецЛит. 2017: 223 с. [Margazin V.A., Achkasov E.E., Koromyslov A.V. (eds.). *Lechebnaja fizkul'tura pri zabolevaniyah sustavov*. Saint-Peterburg. SpecLit. 2017: 223 p. (In Russ.).]
4. Osthoff A.K., Juhl C.B., Knittle K., et al. Effects of exercise and physical activity promotion: meta-analysis informing the 2018 EULAR recommendations for physical activity in people with rheumatoid arthritis, spondyloarthritis and hip/knee osteoarthritis. *RMD Open*. 2018; 4(2): e000713. <https://doi.org/10.1136/rmdopen-2018-000713>
5. Goh S.L., Persson M.S.M., Stocks J., et al. Relative efficacy of different exercises for pain, function, performance and quality of life in knee and hip osteoarthritis: systematic review and network metaanalysis. *Sports Medicine*. 2019; 49(5): 743–761. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01082-0>
6. Tanaka R., Ozawa J., Kito N., Moriyama H. Effects of exercise therapy on walking ability in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 2016; 30(1): 36–52. <https://doi.org/10.1177/0269215515570098>
7. Wu Y., Lei C., Huangfu Z., et al. Effect of backward walking training on knee osteoarthritis: protocol of a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2020; 10(10): e040726. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-040726>
8. Abdel-Aziem A.A., Abdelraouf O.R., El-Basatiny H.M.Y., Draz A.H. The Effects of Stabilization Exercises Combined With Pelvic Floor Exercise in Women With Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Clinical Study. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2021; 20(4): 229–238. <https://clck.ru/3AjDLE>
9. Uthoff A., Zois J., Van Den Tillaar R., Nagahara R.J. Acceleration mechanics during forward and backward running: A comparison of step kinematics and kinetics over the first 20 m. *Journal of Sports Sciences*. 2021; 39(16): 1816–1821. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1898193>
10. Cha H.G., Kim T.H., Kim M.K. Therapeutic efficacy of walking backward and forward on a slope in normal adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(6): 1901–1903. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1901>
11. Donno L., Monoli C., Frigo C.A., Galli M. Forward and Backward Walking: Multifactorial Characterization of Gait Parameters. *Sensors*. 2023; 23(10): 4671. <https://doi.org/10.3390/s23104671>
12. Soda N., Ueki T., Aoki T. Three-dimensional motion analysis of the ankle during backward walking. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013; 25(6): 747–749. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.747>
13. Shigemori K., Nagino K., Nakamata E., et al. Motor Learning in the Community-dwelling Elderly during Nordic Backward Walking. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014; 26(5): 741–743. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.741>
14. Moon Y., Bae Y. The effect of backward walking observational training on gait parameters and balance in chronic stroke: randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*; 2022; 58(1): 9–15. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06869-6>
15. Chang K.W., Lin C.M., Yen C.W., et al. The Effect of Walking Backward on a Treadmill on Balance, Speed of Walking and Cardiopulmonary Fitness for Patients with Chronic Stroke: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(5): 2376. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052376>
16. Shen M., Che S., Ye D., et al. Effects of backward walking on knee proprioception after ACL reconstruction. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2021; 37(10): 1109–1116. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1681040>
17. Uthoff A., Oliver J., Cronin J., et al. New Direction to Athletic Performance: Understanding the Acute and Longitudinal Responses to Backward Running. *Sports Medicine*. 2018; 48(5): 1083–1096. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0877-5>
18. Brosseau L., Taki J., Desjardins B., et al. The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part three: aerobic exercise programs. *Clinical Rehabilitation*. 2017; 31(5): 612–624. <https://doi.org/10.1177/0269215517691085>
19. Thomas K.S., Hammond M., Magal M. Graded forward and backward walking at a matched intensity on cardiorespiratory responses and postural control. *Gait and Posture*. 2018; (65): 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.06.168>
20. 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. *North American Journal of Medicine and Science*. 2013; (5): 108–112. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.107527>
21. Rathi M., Palekar T., Varghese A. Efficacy of backward walking on patients with osteoarthritis of knee on quadriceps strength, pain and physical functions. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2014; (8): 192–196. <https://doi.org/10.5958/0973-5674.2014.00036.7>
22. Wadhwa D.N., Hande D.N. Effects of retro walking on osteoarthritis of knee in geriatric population. *IOSR Journal of Sports and Physical Education*. 2016; (3): 37–43.
23. Manisha N., Joginder Y., Priyanka R. Effect of retro walking on pain, balance and functional performance in osteoarthritis of knee. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2015; (9): 154.

24. 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; 2(4): 1–8.
25. 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. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2015; (6): 43–50.
26. Alghadir A.H., Anwer S., Sarkar B., et al. 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). *BMC Musculoskelet Disord*. 2019; 20(1): 159. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2537-9>
27. Shabbir S., Hashim M., Sajjad R., et al. Effects of Retro-Walking on Pain, Functional Disability and Performance in Knee Osteoarthritis. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*. 2022; 16(2): 38–41. <https://doi.org/10.53350/pjmhs2216238>
28. Rangey P., Sheth M., Vyas N. Comparison of effectiveness of forward and backward walking on pain, physical function, and quality of life in subjects with osteoarthritis of knee. *International Journal of Health and Allied Sciences*. 2016; (5): 220.
29. Goonasegaran A.R., Suhaimi A., Mokhtar A.H. A randomized control trial on retro-walking improves symptoms, pain, and function in primary knee osteoarthritis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2022; 62(2): 229–237. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11686-4>
30. Balasukumaran T., Olivier B., Ntsiea M.V. The effectiveness of backward walking as a treatment for people with gait impairments: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2019; 33(2): 171–182. <https://doi.org/10.1177/0269215518801430>
31. Jansen K., Groote F.D., Massaad F., et al. Similar muscles contribute to horizontal and vertical acceleration of center of mass in forward and backward walking: implications for neural control. *Journal of Neurophysiol*. 2012; 107(12): 3385–3396. <https://doi.org/10.1152/jn.01156.2011>
32. Homma H., Suzuki H., Suzuki M., et al. Muscle activity of backward walking. *Rigakuryoho Kagaku*. 2013; 28(3): 323–328. <https://clck.ru/3AjDQG>
33. Chen Z., Ye X., Wang Y., et al. The Efficacy of Backward Walking on Static Stability, Proprioception, Pain, and Physical Function of Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Complementary and Alternative Therapies for Pain Management*. 2021: 5574966. <https://doi.org/10.1155/2021/5574966>
34. Enomoto H., Fujikoshi S., Ogawa K., et al. Relationship Between Pain Reduction and improvement in Health-Related Quality of Life in Patients with Knee Pain Due to Osteoarthritis Receiving Duloxetine: Exploratory Post Hoc Analysis of a Japanese Phase 3 Randomized Study. *Journal of Pain Research*. 2020; (13): 181–191. <https://doi.org/10.2147/JPR.S211072>
35. Almutairi S.M., Almutairi M.K., Alotaibi M.M., et al. Effects of backward walking exercise using lower body positive pressure treadmill on knee symptoms and physical function in individuals with knee osteoarthritis: a protocol for RCT. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2023; (18): 264. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03711-x>