

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЖИЛЫХ ЛИЦ С НАЧАЛЬНЫМИ ПРОЯВЛЕНИЯМИ ОСТЕОАРТРОЗА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И ДИНАМИКА СКОРОСТИ ХОДЬБЫ ПРИ ТРЕНИРОВКАХ СИЛОВОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

О.В. Гусева, gusolvi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8659-9832>

Н.Г. Жукова, z.natali@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6547-6622>

Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Аннотация. Цель: повышение функциональных возможностей нижних конечностей пожилых лиц с начальными проявлениями остеоартроза тренировками силовой выносливостью с биологической обратной связью. **Материалы и методы.** Исследование проведено у 42 женщин ($65,78 \pm 3,83$ лет) с начальными проявлениями остеоартроза коленных и (или) тазобедренных суставов: 25 человек в основной группе (1) и 17 – в группе контроля (2). Предварительное обследование лиц групп (1) и (2) включало определение индекса массы тела, динамометрию кисти, заполнение вопросника LEFS. Измерение скорости ходьбы осуществляли дважды: до и после курса занятий (через 5 недель). Курс для пациентов группы (1) состоял из 10 занятий (2 – в неделю) на велотренажере для нижних конечностей с биологической обратной связью при сочетании силовой нагрузки и нагрузки на выносливость. **Результаты.** Пациентки групп (1) и (2) имели избыточную массу тела, сниженную силу мышц кисти, затруднения при выполнении интенсивных физических нагрузок статического и динамического характера, скорость ходьбы соответствовала нижней границе нормальных значений параметра. После тренировок у лиц группы (1) определено повышение скорости ходьбы, тогда как в группе (2) изменений не обнаружено. **Заключение.** Тренировки силовой выносливостью с биологической обратной связью у пожилых пациенток с начальными проявлениями остеоартроза улучшают функцию нижних конечностей.

Ключевые слова: выносливость, сила, биологическая обратная связь, остеоартроз, нижние конечности, пожилые люди

Для цитирования: Гусева О.В., Жукова Н.Г. Функциональная характеристика пожилых лиц с начальными проявлениями остеоартроза нижних конечностей и динамика скорости ходьбы при тренировках силовой выносливостью с биологической обратной связью // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 1. С. 159–164. DOI: 10.14529/hsm230121

Original article
DOI: 10.14529/hsm230121

WALKING SPEED AND FUNCTIONAL PROFILE OF ELDERLY PEOPLE WITH EARLY SYMPTOMS OF LOWER LIMB OSTEOARTHRITIS DURING STRENGTH ENDURANCE EXERCISE WITH BIOFEEDBACK

O.V. Guseva, gusolvi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8659-9832>

N.G. Zhukova, z.natali@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6547-6622>

Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to improve the functional abilities of elderly people with early symptoms of lower limb osteoarthritis by means of strength and endurance exercise with biofeedback. **Materials and methods.** The study involved 42 female patients (65.78 ± 3.83 years) with early symptoms of knee and/or hip osteoarthritis. All patients were divided into the main ($n = 25$) and control ($n = 17$) groups. The body mass index, grip strength, and lower extremity functional scale (LEFS) were used at the preliminary examination. Walking speed was evaluated twice: before and after training (after 5 weeks). The training program

consists of 10 sessions (biweekly) on the exercise bike with biofeedback and combines strength and endurance exercise. **Results.** The patients of the main and control groups had excessive body weight, reduced grip strength, difficulties with intensive physical exercise of a static and dynamic nature, and a walking speed that corresponded to the lower limit of reference values. After treatment, increased walking speed was recorded in the main group, while in the control group there were no changes. **Conclusion.** Strength endurance training with biofeedback improves lower limb functional performance in elderly patients with early symptoms of lower limb osteoarthritis.

Keywords: endurance, strength, biofeedback, osteoarthritis, lower limbs, elderly people

For citation: Guseva O.V., Zhukova N.G. Walking speed and functional profile of elderly people with early symptoms of lower limb osteoarthritis during strength endurance exercise with biofeedback. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(1):159–164. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230121

Введение. Возрастные изменения тканей, органов и систем пожилого человека являются естественным процессом. Одним из таких изменений является атрофия мышечных волокон быстрого типа, ответственных за силовую нагрузку [1, 15]. Кроме физиологических изменений развиваются и патологические, частота которых увеличивается с возрастом, например, остеоартроз. Дегенерация суставных хрящей встречается у 50 % пожилых лиц, причем в 40 % случаев наблюдается остеоартроз коленного и тазобедренного суставов [14]. Основной жалобой пожилых людей является неприятное ощущение или боль в суставах при физических нагрузках. Развитие и течение остеоартроза зависит от наличия факторов риска и степени вовлечения в процесс сустава, а также от морфологических и функциональных изменений периартикулярных структур [7–8, 9, 14]. При жалобе на дискомфорт в коленных и тазобедренных суставах большое значение имеет состояние мышц, ответственных за их функцию. Возрастную саркопению, связанную со снижением количества мышечных волокон быстрого типа, остановить нельзя, но замедлить данный процесс возможно. Необходимым решением является применение дозированной физической нагрузки для укрепления мышц нижних конечностей и улучшения проприорецепции [5, 7–9, 18]. Для поддержания физической формы пожилого человека Всемирная организация здравоохранения рекомендует использовать не менее 2 раз в неделю силовую (анаэробную) нагрузку, которая повышает мышечную силу, в дополнение к нагрузке на выносливость (аэробной), поддерживающей функционирование сердца и легких посредством оптимального потребления кислорода мышцами [20]. Современные компьютерассистированные тренажеры с биологической обратной связью

позволяют использовать одновременно силовую нагрузку и нагрузку на выносливость. Эффективность физических тренировок с биологической обратной связью у пациентов с остеоартрозом коленного и тазобедренного суставов, включая состояние после эндопротезирования, не доказана [4, 6], вероятно, из-за широты дизайна биологической обратной связи. Кроме того, литературные данные посвящены проблеме остеоартроза на выраженной стадии, связанной с болью, когда больным кроме физической реабилитации требуются высокочастотные фармакологические и хирургические вмешательства, и послеоперационным пациентам [7, 14]. Часть пожилых людей имеет умеренные морфологические и функциональные возрастные изменения и, желая сохранить свою независимость и активный образ жизни, включается в различные обучающие и лечебно-профилактические программы, снижая, в том числе в будущем, экономическое бремя государства по социальному уходу и лечению. Мы предполагаем, что тренировки с биологической обратной связью позволяют через постоянное регулирование мышечной проприорецепции и укрепление мышц нижних конечностей улучшать функциональный статус пожилого человека с начальными проявлениями остеоартроза.

Цель исследования – повышение функциональных возможностей нижних конечностей пожилых лиц с начальными проявлениями остеоартроза тренировками силовой выносливостью с биологической обратной связью.

Материалы и методы. В исследование, проводившееся амбулаторно в ФГБОУ ВО СибГМУ в 2019 году, включены 42 женщины (25 человек в основной группе (1) и 17 – в группе контроля (2)). Группы были сопоставимы по возрасту ($65,78 \pm 3,83$ vs. $65,78 \pm 3,83$ года; $p > 0,05$). Пациенты имели жалобы на дис-

комфорт в коленных и тазобедренных суставах при выраженной физической нагрузке (согласно заключению магнитно-резонансной томографии: признаки остеоартроза I степени). Критериями исключения были тяжелые заболевания органов и систем. Всем женщинам проводили:

1. Измерение роста (см) и массы тела (кг) с расчетом индекса массы тела (ИМТ ($\text{кг}/\text{м}^2$)).

2. Измерение силы кисти посредством динамометрии (кг) с расчетом силового индекса обеих кистей (%) = (сила кисти / масса тела) \times 100 (%). Нормальные показатели для женщин: справа – 35,6 кг, слева – 30,3 кг, индексы – 48–50 %.

3. Для субъективной функциональной оценки нижних конечностей использовали вопросник LEFS, разработанный для оценки широкого спектра ортопедических патологий нижних конечностей. Он включает 20 вопросов в виде шкалы Ликерта, отражающих повседневную активность. Суммарная оценка находится в интервале от 0 до 80 баллов (80 – наилучший результат). Каждый вопрос оценивается по 5-балльной системе от 0 до 4 (0 – чрезвычайно трудно либо невозможно выполнить, 1 – достаточно трудно, 2 – умеренно трудно, 3 – немного трудно, 4 – совсем не трудно) [19].

4. Тест 6 minutes working (6-минутной ходьбы) с определением длины дистанции, пройденной за 6 минут с последующим расчетом скорости ходьбы. Участницы исследования ходили привычным шагом в привычной обуви в помещении (по коридору длиной 50 м) по ровному (без ступенек и уклонов) полу. Время начала и конца теста фиксировали секундомером. Скорость ходьбы рассчитывали по формуле: пройденное расстояние (м) / время (мин) [3, 11, 17]. Тест 6 minutes working проводили дважды: до и после терапии.

Пациентам группы (1) проводили физические тренировки.

Структура занятия:

1. 10 минут – период подготовительный («разогрева»), включающий суставную разминку и ходьбу;

2. 15 минут – основная часть с использованием компьютер-ассистированного велотренажера для нижних конечностей с опцией Ortho и биологической обратной связью.

Для пациентов применялась мощность нагрузки (тормозное сопротивление) 30–40 Вт.

Контент виртуальной реальности с биоло-

гической обратной связью в режиме Ortho представлял поддержание симметрии движения на виртуальной улице. На дисплее виртуальный велосипед должен двигаться симметрично по дороге, что достигалось равномерным распределением силы на правую и левую нижние конечности после коррекции посредством биологической обратной связи. Биологическая обратная связь обеспечивалась оперативно визуальным компонентом на дисплее во время тренировки и интегративного контроля после занятия в виде таблицы суммарной активности и активности каждой нижней конечности.

3. 5 минут – заключительная часть – дыхательные упражнения и упражнения на расслабление в сочетании с ходьбой.

Занятия проводились курсом 2 раза в неделю, курс состоял из 10 процедур.

Работа проведена при соблюдении основных биоэтических правил и требований с получением информированного согласия каждого участника исследования.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0. Достоверность различий связанных величин определяли по t-критерию. Достоверность межгрупповых различий величин определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Результаты представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее арифметическое, SD – среднеквадратичное отклонение.

Результаты. Данные ИМТ, динамометрии, общего числа баллов по шкале LEFS представлены в табл. 1.

По всем показателям предварительного обследования лица групп (1) и (2) достоверно не различались. ИМТ соответствовал избыточной массе тела, ожирение является фактором риска остеоартроза, так как повышает нагрузку на суставы и негативно воздействует на них при выработке жировой ткани провоспалительных факторов (адипоцитокинов) [10, 13]. Выбор велоэргометра для повышения силовой выносливости пожилого человека с избыточной массой тела при остеоартрозе нижних конечностей более благоприятен, чем тренировка на тредмиле [7, 18]. Показатели динамометрии и индексы правой и левой кисти были снижены. Сила мышц кисти является достоверным предиктором прогноза пожилого человека и взаимосвязана со значением силы мышц нижних конечностей [13]. Уменьшение числа баллов по шкале LEFS определено за

Таблица 1
Table 1

Клиническая характеристика, данные вопросника LEFS обследованных лиц
Clinical characteristics and LEFS results of the sample

Показатель Parameter	M ± SD группа (1) / main group	M ± SD группа (2) / control group
ИМТ (кг/м ²) BMI (kg/m ²)	27,00 ± 4,39	28,25 ± 3,92
Кистевая динамометрия справа (кг) Grip strength, right hand (kg)	22,79 ± 3,94	22,71 ± 3,64
Индекс кистевой динамометрии справа (%) Grip strength index, right hand (%)	33,21 ± 6,41	31,97 ± 7,00
Кистевая динамометрия слева (кг) Grip strength, left hand (kg)	20,50 ± 4,96	20,00 ± 3,57
Индекс кистевой динамометрии слева (%) Grip strength index, left hand (%)	29,77 ± 7,15	27,88 ± 5,12
Число баллов по шкале LFES LFES scores	59,76 ± 11,32	60,46 ± 10,87

Примечание. *p < 0,05 – изменения достоверны между группами.
Note. *p < 0.05 – changes are significant between the groups.

Таблица 2
Table 2

Динамика показателей теста 6-минутной ходьбы у обследованных лиц
Results of the 6-minute walking test in the sample

Показатель Parameter	M ± SD группа (1) / main group		M ± SD группа (2) / control group	
	исход baseline	5 недель 5 weeks	исход baseline	5 недель 5 weeks
Скорость ходьбы (м/мин) Walking speed (m/min)	82,17 ± 10,68	87,59 ± 13,61*	84,34 ± 9,21	84,02 ± 9,47

Примечание. □p < 0,05 – изменения достоверны между группами; *p < 0,05 – изменения достоверны относительно исходных данных.

Note. □p < 0.05 – changes are significant between the groups; *p < 0.05 – changes are significant compared to the baseline

счет снижения субъективной оценки следующих действий: приседание на корточки – 2,86 ± ± 1,06 (2; 4) баллов, выполнение тяжелой физической работы по дому – 2,22 ± 1,04 (2; 3), стояние в течение 1 часа – 2,52 ± 0,84 (2; 3), сидение в течение 1 часа – 2,86 ± 0,81 (2; 3), бег по ровной поверхности – 2,82 ± 1,07 (2; 4), бег по пересеченной местности – 2,47 ± 1,04 (2; 3), резкий поворот в процессе бега – 2,52 ± ± 1,12 (2; 3), подпрыгивание – 2,17 ± 1,26 (1; 3). Ощутимые затруднения вызывали длительные статические нагрузки (стояние и сидение), приводящие к мышечному утомлению, и движения, связанные с повышенной нагрузкой на мышцы и суставы [1, 2, 12, 16]. Например, приседание повышает нагрузку на надколенник в 7 раз, а ходьба – только в 0,3 раза. Такие нагрузки, как бег, изменяют фазы цикла шага. Во-первых, отсутствует фаза двойной опоры ног, повышается скорость шага и, хотя фаза

стояния на одной ноге по времени укорачивается, но нагрузка на суставы и мышцы в этот период шага увеличивается в 2–3 раза.

Динамика теста 6-минутной ходьбы приведена в табл. 2.

Полученные средние значения скорости ходьбы у пациенток соответствуют нижней границе нормальных значений параметра [10, 16, 17]. У молодых людей и у спортсменов данный показатель доходит до 120 м/мин. После тренировок на силовую выносливость скорость ходьбы участниц основной группы увеличилась, в группе контроля значимых изменений не обнаружено.

Заключение. Проведенное обследование показало снижение функциональных возможностей нижних конечностей пожилых людей с начальной стадией остеоартроза. Новые реабилитационные технологии обеспечивают сохранение и восстановление функций ниж-

них конечностей, так как компьютерассистированная терапия позволяет использовать биологическую обратную связь для повышения эффективности физических тренировок и независимости от тренера. Последнее особенно актуально в настоящее время, поскольку кроме дорогостоящего стационарного оборудования существует и ряд недорогих доступных платформ для домашнего использования [6]. В ходе тренировок кроме основной цели

пожилым людям, часто незнакомым с новыми технологиями, показаны современные возможности реабилитации. Данные технологии способствуют формированию healthy aging (здорового старения), зависящего от стиля жизни пожилого человека. Через 5 недель тренировок определено увеличение скорости ходьбы, что является показателем переноса результатов тренировок из компьютерной реальности в обычную жизнь.

Список литературы / References

1. Уайб, В.В. Олимпийское руководство по спортивной медицине. М.: Практика, 2011. 671 с. [Uayb V.V. *Olimpiyskoe rukovodstvo po sportivnoy medicine* [Olympic Textbook of Medicine in Sport]. Moscow, Practice Publ., 2011. 671 p.]
2. Adelaar R. The Practical Biomechanics of Running. *American Journal Sports Medicine*, 1986, vol. 14, pp. 497–500. DOI: 10.1177/036354658601400613
3. Bennel A., Dobson F., Hinmann R. Measures of Physical Performance Assessments. Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (SCT), Chair Stand Test (CST), Timed Up&Go (TUG), Sock Test, Lifting and Carry Test (LCT) and Car Test. *Arthritis Care & Research*, 2011, vol. 63 (11), pp. 350–370. DOI: 10.1002.acr.20538
4. Brennan L., Dorrozo E., Calfield B. Feedback Design in Targeted Exercise Digital Biofeedback Systems for Home Rehabilitation: a Scoping Review. *Sensors*, 2019, vol. 20 (1), p. 181. DOI: 10.3390/s20010181
5. Bosomworth N. Exercise and Knee Osteoarthritis: Benefit or Hazard? *Can Fam Physican*, 2009, vol. 55, pp. 871–878.
6. Byra J., Czernincki K. The Effectiveness of Virtual Reality in Rehabilitation in Patients with Knee and Hip Osteoarthritis. *Journal of Clinical Medicine*, 2020, vol. 9 (8), p. 2639. DOI: 10.3390/jcm9082639
7. Dekker J. Exercise and Physical Functioning in Osteoarthritis / Medical, Neuromuscular and Behavioral Perspectives. *Springer*, 2014, 132 p. DOI: 10.1007/978-1-4614-7215-5_8
8. Dieppe P., Lohmander L. Pathogenesis and Management of Pain in Osteoarthritis. *Lancet*, 2005, vol. 365 (9463), pp. 965–973. DOI: 10.1016/s0140-6736(05)71086-2
9. Khalaj N., Abu Osman N., Mokhtar A. et al. Effect of Exercise and Gait Retraining on Knee Adduction Moment in People with Knee Osteoarthritis / Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H. *Journal of Engineering in Medicine*, 2014, vol. 228 (2), pp. 190–199. DOI: 10.1177/0954411914521155
10. Gay C., Guiguet-Auclair C., Mourgues C. Physical Activity Level and Association with Behavioral Factors in Knee Osteoarthritis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2019, vol. 62, pp. 14–20. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.09.005
11. Inai N., Takabayashi T., Edama M. Decrease in Walking Speed Increases hip Moment Impulse in the Frontal Plane During the Stance Phase. *Peer Journal*, 2019, vol. 7, e8110. DOI: 10.7717/peerj.8110
12. Matijacic Z., Zadavec M., Olensek A. Influence of Treadmill Speed and Perturbation Intensity on Selection of Balancing Strategies During Slow Walking Perturbed in the Frontal Plane. *Applied Biomechanics and Biomechanics*, 2019, vol. 2019, pp. 1–14. DOI: 10.1155/2019/1046459
13. Van Dijk G., Veenhof C., Spreeuwenberg P. et al. Prognosis of Limitations in Activities in Osteoarthritis of the Hip or Knee: a Three Year Cohort Study. *Arch Physical Medicine Rehabilitation*, 2010, vol. 91 (1), p. 586. DOI: 10.1016/j.apmr.2009.08.147
14. Rovensky J. Gerontorheumatology. *Springer*, 2017, 377 p. DOI: 10.1007/978-3-319-31169-2_13
15. Cruz-Jentoft A., Baeyens J., Bauer J. et al. Sacropenia: European Consensus on Definition and Diagnosis: Report of the European Working Group on Sacropenia in Older People. *Age. Aging.*, 2010, vol. 39 (4), pp. 412–423. DOI: 10.1093/ageing/afq034

16. Baggaley V., Vernillo G., Martinez A. et al. Step Length and Grade Effects on Energy Absorption and Impact Attenuation in Running. *European Journal Sport Science*, 2019, vol. 24, pp. 1–11. DOI: 10.1080/17461391.2019.1664639

17. Dube J., Rousseau J., Boudreau H. et al. Test-Retest Reliability of the Grille d'Evaluation de la Sacurite a la Marche (GEM). *Gait&Posture*, 2005, vol. 21, p. 114. DOI: 10.1016/s0966-6362(05)80373-x

18. Liang J., Lang S., Zheng Y. et al. The Effect of Anti-Gravity Treadmill Training for Knee Osteoarthritis Rehabilitation on Joint Pain, Gait and EMG. *Medicine*, 2019, vol. 98 (18), e15386. DOI: 10.1097/md.00000000000015386

19. Binkley J., Stratford P., Lott S., Riddle D. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): Scale Development, Measurement Properties and Clinical Application. *Physical Therapy*, 1999, vol. 79 (4), pp. 371–383. DOI: 10.1093/ptj/79.4.371

20. *World Health Organization. Physical Activity*, 2018. World Health Organization, Geneva. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

Информация об авторах

Гусева Ольга Владимировна, кандидат медицинских наук, врач по лечебной физкультуре, Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия.

Жукова Наталья Григорьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии, Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия.

Information about the authors

Olga V. Guseva, Candidate of Medical Sciences, Physical Therapist, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia.

Natalya G. Zhukova, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, Siberian State Medical University, Tomsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 11.09.2022

The article was submitted 11.09.2022