



Тренировки выносливости с биологической обратной связью для реабилитации ходьбы при болезни Паркинсона: нерандомизированное контролируемое исследование

Гусева О.В.* , Жукова Н.Г.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Болезнь Паркинсона — заболевание с самыми высокими темпами роста инвалидности в группе нейродегенеративной патологии, с ведущим моторным симптомом — нарушением ходьбы и повышенным риском падения. Существуют данные, что при болезни Паркинсона сохраняется устойчивость при езде на велосипеде. Невыясненным остается вопрос переноса результата велотренировок на повседневную активность, включающую ходьбу.

ЦЕЛЬ. Оценить влияние курса тренировок на выносливость на велоэргометре с биологической обратной связью (БОС) на ходьбу пациента с болезнью Паркинсона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследование проведено у 69 пациентов со 2–3-й стадией болезни Паркинсона по Хен Яру, группа 1: 34 человека (60,05 ± 7,07 года), группа 2: 35 человек (61,75 ± 7,53 года). Пациентам проводили обследование — сбор анамнеза: длительность болезни Паркинсона, наличие артериальной гипертензии (АГ), спортивный анамнез, медикаментозное лечение, оценку систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД), индекса массы тела (ИМТ), теста 6 минутной ходьбы (ТШХ), моторной функции по шкале MDS UPDRS — часть III. Пациентам группы 1 проводили ежедневно в течение 10 дней занятия на цифровом велоэргометре с БОС, пациентам группы 2 — лечебную гимнастику. Терапию оценивали повторным ТШХ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Стаж болезни Паркинсона был больше у пациентов группы 1. Сопутствующая АГ — у 20 (57 %) пациентов группы 1 и 16 (47 %) пациентов группы 2 ($p > 0,05$). Спортивный анамнез имели 11 человек из группы 1 и 5 из группы 2 ($p = 0,07$). Показатели САД и ДАД групп 1 и 2 при осмотре имели нормальные значения. ИМТ в обеих группах соответствовал избыточной массе тела. Пациенты имели факторы риска современного мира: АГ и избыточную массу тела. Моторные нарушения по шкале MDS UPDRS — часть III были больше в группе 1. Несмотря на большие моторные нарушения в группе 1, после терапии у больных наблюдалось увеличение пройденной дистанции за 6 минут (392,18 ± 96,43 м vs. 476,43 ± 108,08 м; $p < 0,05$). В группе 2 изменений не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Тренировки на выносливость с БОС на велоэргометре эффективны для реабилитации ходьбы пациентов с болезнью Паркинсона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: болезнь Паркинсона, ходьба, биологическая обратная связь, выносливость, тест шестиминутной ходьбы.

Для цитирования / For citation: Гусева О.В., Жукова Н.Г. Тренировки выносливости с биологической обратной связью для реабилитации ходьбы при болезни Паркинсона: нерандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(6):21-27. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-21-27> [Guseva O.V., Zhukova N.G. Biofeedback Endurance Training for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: a Non-Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6):21-27. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-21-27> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Гусева Ольга Владимировна, E-mail: guseva.ov@ssmu.ru

Статья получена: 13.09.2023
Статья принята к печати: 10.11.2023
Статья опубликована: 15.12.2023

Biofeedback Endurance Training for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: a Non-Randomized Controlled Study

 Olga V. Guseva*,  Natalia G. Zhukova

Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Parkinson's disease is a disease with the highest rates of disability growth in the neurodegenerative pathology group, with the leading motor symptom — impaired walking and an increased risk of falling. There is evidence that Parkinson's disease preserves stability for cycling. The issue of extending the effects of cycling training to daily activity, including walking, remains unclear. **AIM.** To evaluate the effect of a course of endurance training on a cycle ergometer with biofeedback (BFB) on a walking ability of a patient with Parkinson's disease.

MATERIALS AND METHODS. A total of 69 patients with stages 2–3 Parkinson's disease according to the Hoehn and Yahr Rating Scale were included in the study, group 1: 34 people (60.05 ± 7.07 years) and group 2: 35 patients (61.75 ± 7.53 years). The patients were examined — anamnesis collection: duration of Parkinson disease, presence of arterial hypertension (AH), sports history, medication, assessment of systolic and diastolic blood pressure (SBP and DBP), body mass index (BMI), "6-minute walk" test (6MWT), motor function according to the MDS UPDRS scale — part III. The patients of group 1 had daily exercises on a digital bicycle ergometer with BOS for 10 days, the patients of group 2 — therapeutic gymnastics. The therapy was assessed by repeated 6MWT.

RESULTS AND DISCUSSION. The Parkinson's disease duration was longer in the patients of group 1. Concomitant hypertension was in 20 (57 %) patients of group 1 and 16 (47 %) patients of group 2 ($p > 0.05$). 11 people of group 1 and 5 of group 2 had a sports history ($p = 0.07$). The indicators of SBP and DBP of groups 1 and 2 had normal values during the examination. BMI in both groups corresponded to excess body weight. Patients had risk factors of the modern world: hypertension and overweight. Motor disorders according to the MDS UPDRS — Part III scale were greater in group 1. Despite having serious motor impairments in group 1, after the therapy, the patients demonstrated an increase in the distance traveled in 6 minutes (392.18 ± 96.3 m vs. 476.43 ± 108.08 m; $p < 0.05$), while no changes were found in group 2.

CONCLUSION. BOS endurance training on a cycle ergometer is effective for walking rehabilitation of Parkinson's disease patients.

KEYWORDS: Parkinson's disease, walking, biofeedback, endurance, 6-minute walk test.

For citation: Guseva O.V., Zhukova N.G. Biofeedback Endurance Training for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: a Non-Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(6):21-27. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-6-21-27> (In Russ.).

* **For correspondence:** Olga V. Guseva, E-mail: guseva.ov@ssmu.ru

Received: 13.09.2023

Accepted: 10.11.2023

Published: 15.12.2023

ВВЕДЕНИЕ

Болезнь Паркинсона — нейродегенеративное прогрессирующее заболевание с самыми высокими темпами роста заболеваемости и инвалидности в этой группе болезней [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), показатель «годы жизни, скорректированные по нетрудоспособности» при болезни Паркинсона увеличился за последние 20 лет на 81 % [2]. Затраты системы здравоохранения на пациентов включают медикаментозное и хирургическое лечение, частые госпитализации при ухудшении симптоматики, расходы при лечении в стационаре тяжело протекающей сопутствующей патологии и не прямые затраты, связанные с длительным социальным уходом и вынужденным изменением социального статуса членов семьи.

Заболеванием страдают преимущественно пожилые люди, 91 % пациентов имеет возраст более 65 лет [3]. Высокие темпы роста заболеваемости объясняются прежде всего увеличением продолжительности жизни населения. Причинами возрастания инвалидности при болезни Паркинсона являются позднее обращение больного к врачу-неврологу и недостаток как врачей этого профиля, так и знаний для диагностики этой патологии. Только 23 % стран имеют врачей-неврологов в сельской местности, при этом проживание в селе является фактором риска

развития болезни Паркинсона [4]. Участковые терапевты, к которым чаще всего обращаются пациенты, не знают симптоматики болезни [2]. Реабилитационная помощь еще менее доступна для больного. Только 16 % стран имеют специальные неврологические реабилитационные центры для данной категории больных, в 17 % стран пациенты получают помощь в неврологических реабилитационных центрах общего профиля [5]. Особенностью заболевания являются множественные симптомы, часть которых самой больной и врачи относят к другим болезням или возрастным физиологическим изменениям. Больные страдают от моторных и немоторных нарушений, ограничивающих их участие во всех областях жизнедеятельности.

Одним из моторных симптомов является нарушение ходьбы, ассоциированное со снижением качества жизни, падениями, их осложнениями, ведущими к повышению смертности [3]. К постоянному нарушению ходьбы относят ее гипокинезию, проявляющуюся коротким шагом, пролонгированной фазой двойной опоры и снижением скорости ходьбы [3]. К периодическим нарушениям ходьбы относят замирание, возникающее обычно вначале ходьбы и при поворотах [6]. Патопатология аксиальных нарушений при болезни Паркинсона, к которым относится патология ходьбы, включает недостаток дофамина, специфические изменения ходьбы с последующей цепоч-

кой еще больших ее изменений, нарушения функционирования других нейромедиаторных систем и сенсорно-моторной регуляции [7].

При старте, в процессе ходьбы и при повороте требуется хорошее функционирование мышечно-суставной проприорецепции. При болезни Паркинсона проприорецепция недостаточна [8]. Так как частота заболевания увеличивается с возрастом, на ходьбу пациента оказывает негативное влияние саркопения с атрофией мышечных волокон силового типа, ведущая к дополнительному снижению проприорецепции мышц.

Приоритет при лечении болезни Паркинсона отдается лекарственной терапии. Тем не менее не все двигательные симптомы, в том числе ходьба, поддаются медикаментозному лечению, и оно наиболее эффективно только вначале заболевания [9]. Применение глубокой стимуляции головного мозга у больных улучшает клиническую картину, но сильно зависит от положения электродов и режима стимуляции, вызывая нередко побочные эффекты со стороны нервной системы [10].

Одной из задач по снижению темпов роста заболеваемости, по мнению экспертов ВОЗ, является комплексное нефармакологическое лечение, включающее физические тренировки [2]. Пока эффект различных методов и схем физической нагрузки в реабилитации болезни Паркинсона не доказан [11]. Это оправдывает попытки применить разные методики физических тренировок. Как и всем здоровым лицам, пациентам с нейродегенеративной патологией, включая болезнь Паркинсона, ВОЗ рекомендует аэробную нагрузку на выносливость [12]. Аэробная нагрузка улучшает функцию сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем, снижает риск депрессии, в этом проявляется ее общеукрепляющее воздействие [13]. Специальный эффект нагрузки на выносливость при болезни Паркинсона состоит в снижении проявлений моторных нарушений с улучшением функционального прогноза [11, 13].

Большинство исследований по влиянию аэробной нагрузки на пациента проведено на стационарном тредмиле или велотренажере [11, 13]. Выбор велотренажера у пациента с болезнью Паркинсона, а не тредмила оправдан тем, что даже при выраженных нарушениях ходьбы и баланса пациент способен на нем тренироваться [7]. Если есть условия, то реабилитационную терапию лучше проводить на современном цифровом велоэргометре, который позволяет врачу добавлять индивидуально дозированное сопротивление для повышения тренированности мышц нижних конечностей и улучшения мышечной проприорецепции. Дополнительная биологическая обратная связь корригирует движения больного посредством повышения внимания и мотивации. Аппаратура, используемая для биологической обратной связи, воспринимает сигналы с тела пациента, кодирует информацию, переводя ее в сенсорные сигналы (слуховые, зрительные, вибротактильные) и возвращает пациенту в режиме реального времени с целью коррекции неправильного действия [14]. Таким образом, выбранный комплексный подход включает тренировку выносливости с дозированной нагрузкой и сенсомоторный тренинг. Неясным остается вопрос переноса результатов тренировок на велоэргометре с биологической обратной связью на ежедневную моторную активность, включающую ходьбу.

ЦЕЛЬ

Оценить влияние курса тренировок на выносливость на велоэргометре с биологической обратной связью на ходьбу пациента с болезнью Паркинсона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование, проводившееся на базе клиник ФГБОУ ВО СибГМУ, включены 69 пациентов с болезнью Паркинсона (группа 1: $n = 34$ [60,05 ± 7,07 года], группа 2: $n = 35$ [61,75 ± 7,53 года]) со 2–3-й стадией болезни по Хен Яру. Пациенты не имели общих противопоказаний к занятиям физическими упражнениями, таких как острые инфекционные заболевания, тяжелая сопутствующая патология сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Участники исследования были госпитализированы для коррекции или подбора медикаментозной терапии и разделены на группы случайным методом. Пациентам из группы 1 был назначен метод физической реабилитации на велоэргометре с биологической обратной связью. Пациентам из группы 2 назначена лечебная гимнастика.

Всем пациентам до начала тренировочных занятий проводили:

1. Сбор анамнеза: стаж моторных симптомов, наличие артериальной гипертензии (АГ), медикаментозная терапия болезни Паркинсона, спортивный анамнез (длительное занятие спортом в течение жизни с наличием спортивных разрядов).
2. Определение индекса массы тела (ИМТ [кг/м²]).
3. Определение систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД [мм рт. ст.]) в положении сидя.
4. Тест 6-минутной ходьбы (ТШХ) с определением дистанции, пройденной за 6 минут. Тест проводился для всех пациентов в один и тот же промежуток времени с 11 до 12 часов на фоне медикаментозного лечения болезни Паркинсона в состоянии «включено», в случае наличия допаминергической терапии. За 2 часа до проведения теста участникам ограничивали значительные физические нагрузки. Перед тестированием проводился подробный доступный инструктаж о методике теста. Больные ходили в привычном темпе в помещении (по коридору длиной 50 м) по ровному полу в удобной для ходьбы обуви. При необходимости пациент мог останавливаться для отдыха. Через каждую минуту врач визуально оценивал состояние и настраивал пациента (по возможности) на продолжение выполнения теста. Время начала и окончания теста фиксировали секундомером, во время возможной остановки секундомер не выключали. Нормальные показатели: 400–700 м за 6 минут. Тест проводили дважды: до и после терапии [15].
5. Оценку моторной функции проводили, используя унифицированную шкалу оценки болезни Паркинсона Международного общества расстройств движения (MDS UPDRS) — часть III.

Структура занятия на велоэргометре

10 минут — период «разогрева», включающий суставную разминку.

15 минут с увеличением по возможности до 30 минут — основная часть с использованием велоэргометра для нижних конечностей со встроенным цифровым дисплеем и программой биологической обратной связи при неврологической патологии. Использовали режим ак-

тивного упражнения с игровой программой «машина». Обгон машин справа и слева достигался путем большего давления на левую или правую педали.

На дисплее тренажера доступны следующие параметры тренировки:

- тормозное сопротивление или мощность нагрузки в диапазоне от 1 до 12 Вт. Значения можно изменять в процессе тренировки и курса;
- скорость движения — число оборотов кривошипа;
- пройденная дистанция в километрах на каждый момент тренировки;
- время на каждый момент тренировки;
- число поданных программой машин для обгона и число удачных обгонов.

Звуковое сопровождение включало поощрительные звуки при положительном результате обгона, звуки удара при аварии и призовую мелодию при обгоне каждых 10 машин.

В конце тренировки результаты отображались на дисплее в виде таблицы с возможностью сохранения в цифровом виде на флеш-карте. Результаты включали длительность тренировки, процент общей активности нижних конечностей, процент активности правой и левой нижних конечностей, пройденную дистанцию, количество спазмов, затраченные калории, число поданных программой машин и удачных обгонов, включение мотора в начале и в конце занятия с показателями мощности поддержки.

5 минут — заключительная часть включала дыхательные упражнения и расслабление.

Частоту сердечных сокращений (ЧСС) определяли до тренировки в покое, в период разминки, основной и заключительной частей тренировки. Интенсивность тренировок варьировала от низкой в начале до умеренной в конце курса. Занятия проводились каждый день, всего 10 процедур.

Пациентам группы 2 проводилась стандартная лечебная гимнастика, включающая суставную разминку (10 минут), тренировку крупных, средних и мелких мышечных групп (20–25 минут) и заключительную часть (5 минут) — дыхательные упражнения и расслабление.

ЧСС определяли до тренировки в покое, в периоде разминки, основной и заключительной части тренировки. Занятия проводились каждый день, всего 10 процедур.

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

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ STATISTICA-6.0. Достоверность различий количественных переменных при нормальном распределении определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа; при распределении, отличающемся от нормального, использовали непараметрический тест Краскела — Уоллиса. Достоверность различий качественных переменных определяли анализом таблиц сопряженности. Достоверность различий связанных величин определяли по непараметрическому критерию Вилкоксона. Результаты представлены в виде $M \pm SD$, где M — среднее арифметическое, SD — среднеквадратичное отклонение; при непараметрическом распределении — M ; P25; P75, где M — медиана, P25 — 25-й процентиль, P75 — 75-й процентиль.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные клинические характеристики пациентов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов с болезнью Паркинсона
Table 1. Clinical features in patients with Parkinson's disease

Показатель / Index	M ± SD (M; P25; P75) группа 1 / group 1	M ± SD (M; P25; P75) группа 2 / group 2
Возраст, годы / Age, years	60,05 ± 7,07	61,75 ± 7,53
Пол, мужчины/женщины / Sex, male/female	21/13	22/13
Длительность болезни Паркинсона, годы / Parkinson's disease duration, years	5,91 ± 3,38 (5,00; 1,00; 14,00)	4,52 ± 3,44* (3,00; 2,00; 5,5)
Количество противопаркинсонических препаратов / Number of medicines for Parkinson's disease	0–5	0–5
Количество пациентов с наличием АГ / Number of patients with hypertension	20	16
Количество пациентов со спортивным анамнезом / Number of patients with sport history	11	5
ИМТ, кг/м² / BMI, kg/m²	27,00 ± 5,00	26,00 ± 5,00
САД, мм рт. ст. / SBP mm Hg	128,55 ± 16,22	126,17 ± 23,14
ДАД, мм рт. ст. / DBP mm Hg	77,64 ± 10,32	80,31 ± 12,04
Количество баллов (MDS UPDRS — часть III) / Scores (MDS UPDRS — part III)	19,62 ± 6,04 (19,50; 15,00; 24,50)	16,52 ± 7,13* (14,50; 9,00; 21,00)

Примечание: * $p < 0,05$; АГ — артериальная гипертензия; ДАД — диастолическое артериальное давление; ИМТ — индекс массы тела; САД — систолическое артериальное давление; MDS UPDRS — Унифицированная шкала оценки болезни Паркинсона международного общества расстройств движения.

Note: * $p < 0.05$; BMI — body mass index; DBP — diastolic blood pressure; MDS UPDRS — Movement Disorder Society Unified Parkinson's Disease Rating Scale; SPB — systolic blood pressure.

По результатам обследования показатели возраста, пола, ИМТ, САД и ДАД для групп 1 и 2 не различались. Стаж болезни Паркинсона и моторные нарушения, оцениваемые по шкале MDS UPDRS — часть III, были больше в группе 1. АГ страдали 20 (57 %) пациентов группы 1 и 16 (47 %) пациентов группы 2 ($p > 0,05$). Часть пациентов принимала антигипертензивную терапию. Пациентов со спортивным анамнезом было больше в группе 1 по сравнению с группой 2, но различия были недостоверны ($p = 0,07$; $\chi^2 = 3,16$). Средний ИМТ в обеих группах соответствовал избыточной массе тела. При индивидуальном анализе установлено, что в группе 1 только 10 (29 %) пациентов имели нормальное значение ИМТ, 8 были с ожирением, остальные пациенты имели избыточную массу тела — 16 (47 %). В группе 2 нормальный ИМТ имели 8 (23 %) человек, недостаток массы тела — 1, ожирение — 5, остальные пациенты имели избыточную массу тела — 21 (40 %). Уровни САД и ДАД в обеих группах соответствовали нормальным значениям. Участники исследования находились на терапии препаратами при болезни Паркинсона по индивидуальной суточной схеме, кроме 1 пациента группы 1 и 3 пациентов группы 2.

Динамика показателей теста ТШХ у пациентов показана в табл. 2.

Таблица 2. Динамика ТШХ у пациентов с болезнью Паркинсона

Table 2. The difference of “6-minute walk test” in patients with the Parkinson’s disease

Группы пациентов / The groups of atients	Расстояние за 6 минут ходьбы, м / The 6-minute walk distance, m	
	M ± SD; M; P25; P75	M ± SD; M; P25; P75
	до терапии / before the therapy	после терапии / after the therapy
Группа 1 / Group 1	392,18 ± 96,43; 417,50; 367,00; 457,00	476,43 ± 108,08; 475,00; 440,00; 500,00
Группа 2 / Group 2	381,80 ± 187,44; 425,00; 300,00; 510,00	339,10 ± 176,18; 380,00; 300,00; 475,00

Примечание: * $p < 0,05$.

Note: * $p < 0.05$.

Средние значения ТШХ соответствовали нижней границе нормальных значений. После терапии у пациентов группы 1 наблюдалось увеличение толерантности к физической нагрузке (пройденной дистанции за 6 минут), в группе 2 значимого изменения пройденного расстояния не обнаружено.

Группы пациентов не различались по возрасту, полу, ИМТ, САД и ДАД. Показатели ИМТ соответствовали избыточной массе тела. Повышенный ИМТ является фактором риска заболеваний современного мира (кардиоваскулярной патологии, сахарного диабета 2-го типа и некоторых видов рака). Однако влияние ИМТ на течение и прогноз болезни Паркинсона неоднозначно. Отмечено, что при болезни Паркинсона средний ИМТ ниже, чем у людей без этой патологии. Сниженный ИМТ относят к немоторным симптомам болезни Паркинсона с более ранним появле-

нием в истории заболевания, чем моторные нарушения [16]. Высокий ИМТ, наоборот, служит превентивным фактором появления заболевания. С другой стороны, повышенный ИМТ может наблюдаться у пациентов и приводить к развитию метаболического синдрома, сахарного диабета 2-го типа с тяжелым течением коморбидности и быстрой прогрессией болезни Паркинсона [13]. Поэтому тренировки на выносливость являются выбором физической терапии у данной группы пациентов. Необходимо помнить, что на энергетический баланс оказывает влияние много факторов, в связи с этим значимого изменения ИМТ при применяемых нами объеме и интенсивности тренировок не ожидалось. Целью было воздействие на моторную симптоматику для улучшения функционального прогноза. В дальнейшем, с учетом непрерывного процесса реабилитации пациентов, при условии повышения интенсивности и продолжительности тренировок на домашнем велотренажере у пациентов возможно изменение массы тела и снижение ожирения.

САД и ДАД в покое соответствовали нормальным значениям артериального давления. Из данных анамнеза получено, что 57 % пациентов группы 1 и 47 % пациентов группы 2 имели в анамнезе АГ; часть пациентов принимала антигипертензивную терапию. Аэробные тренировки используются как протективная кардиоваскулярная нагрузка при наличии у пациента АГ. При регулярных тренировках снижается не только симпатический тонус, но и в большей мере САД, чем ДАД, а также среднее артериальное давление — за счет снижения периферического сосудистого сопротивления при нормализации функции эндотелия.

Считалось, что АГ нехарактерна для пациентов с болезнью Паркинсона, поскольку лекарственные препараты, применяемые для лечения заболевания, обладают гипотензивным действием [17]. Однако в последнее время появились данные, что пациенты могут страдать коморбидностью (болезнь Паркинсона и АГ), при этом АГ негативно влияет на скорость прогрессии болезни Паркинсона [13, 18]. В связи с этим при сочетании болезни Паркинсона и АГ пациентам можно рекомендовать в дальнейшем продолжение аэробных тренировок на велотренажере в домашних условиях.

Длительность болезни Паркинсона и моторные нарушения до терапии были больше у пациентов группы 1. В то же время в этой когорте чаще отмечалось наличие спортивного анамнеза. Для пациентов со спортивным анамнезом характерны знание основ физической культуры и понимание ее необходимости для сохранения здоровья. Возможно, это располагало к большей мотивации при реабилитации на велоэргометре.

В ходе тренировок пациент выполнял нагрузку на выносливость. Для оценки эффективности воздействия нагрузки на моторную функцию для пациентов с болезнью Паркинсона наиболее часто используют ТШХ [11]. Тест дает неспецифическую оценку систем организма, вовлеченных в процесс выполнения физической нагрузки. ТШХ широко используется в практике для диагностики состояния кардиореспираторной и мышечно-скелетной патологии, например, в неврологии — для диагностики функциональных нарушений при болезни Паркинсона, спинальной мышечной атрофии и рассеянного склероза. У всех пациентов тест был завершён к концу 6-й минуты, при этом средний показатель был несколько ниже нормы.

Остановок во время теста вследствие усталости или зами- рания (один из тяжелых симптомов болезни Паркинсона на развернутой стадии) никто из пациентов не делал.

В программе реабилитации пациентов группы 1 к на- грузке добавлялось индивидуально подобранное для каждого пациента небольшое сопротивление (1–12 Вт) и применялась биологическая обратная связь. Контроль движения, включая ходьбу, осуществляется посред- ством сложных связей со спинным мозгом. Програма — автоматическая, но регулируется вышестоящими отделами центральной нервной системы через механиз- мы обратной и прямой связей. Если механизм прямой связи опирается на предыдущий опыт, то при механизме обратной связи активация мышц происходит при не- стандартной ситуации с целью поддержания гомеоста- за [14]. При прямой и обратной связи при правильной информации, поступающей от сенсорных рецепторов (проприорецепторов) мускулатуры, суставов, сухожи- лий и кожи (соматорецепторов), происходит скоорди- нированная мышечная активность со стабилизацией су- ставов. Это осуществимо на тренажере с биологической обратной связью.

Использовались текущий и результативный типы ре- ализации обратной связи. Текущую информацию пациент получал в ходе занятия постоянно, в виде виртуальных машин для обгона справа и слева. Результативная ин- формация была представлена в виде цифровой таблицы после занятия. Пациент мог анализировать результаты с целью изменения на следующей тренировке либо сим- метричности нагрузки, либо прикладываемых усилий. Данные более высокого уровня результативной связи пациент получал после всего курса терапии при выпол- нении ТШХ. После тренировок значение пройденного расстояния за 6 минут в группе 1 возросло, в группе 2 — значимо не изменилось, несмотря на то что исходные по- казатели моторных нарушений, оцениваемые по шкале MDS UPDRS — часть III, больше в группе 1.

Влияние аэробных тренировок на ходьбу, возможно, маскировалось приемом препаратов при болезни Пар- кинсона, в состоянии «включения», так как проводить тренировки пациентам с 3-й стадией по Хен Яру без спец- ифической терапии было бы невозможно. Больным с 1–2-

й стадией по Хен Яру можно было бы выбрать и другие программы тренировок на выносливость (тредмил-тре- нировки, скандинавская ходьба), тогда как при 2–3-й ста- дии болезни по Хен Яру выбор велоэргометра необходим для снижения риска травматизма и исключения возмож- ной постуральной нестабильности и замиранья в сочета- нии с фестинацией, которые проявляются в ходьбе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор метода реабилитации болезни Паркинсона определяется прежде всего воздействием на особенно беспокоящие пациента моторные симптомы. Ведущий моторный симптом — нарушение ходьбы со специфиче- ским ее паттерном. Для коррекции ходьбы в нашем ис- следовании у пациентов основной группы была выбра- на тренировочная нагрузка на выносливость.

Кроме ожидаемого нами воздействия на моторные симптомы, нагрузка на выносливость обладает обще- укрепляющим эффектом и необходима каждому че- ловеку, в том числе пациенту с болезнью Паркинсона. Пациентам в нашем исследовании общеукрепляющий эффект был необходим, так как они имели факторы ри- ска современного мира: избыточную массу тела и АГ, способствующие быстрой прогрессии болезни Паркин- сона и более тяжелому ее течению.

Для тренировок был использован велоэргометр с программным обеспечением и положительной обрат- ной связью. Использование велоэргометра у пациен- та с болезнью Паркинсона на 2–3-й стадии по Хен Яру оправдано тем, что при выраженных нарушениях ходь- бы и баланса пациент мог на нем тренироваться со сни- женным риском травматизма.

Наличие биологической обратной связи использо- ванного программного обеспечения позволяло паци- енту анализировать и корректировать симметричность прикладываемых усилий, обеспечивало активное уча- стие в тренировочном процессе. Результатом трениро- вок явилось улучшение ходьбы: увеличение пройденно- го расстояния, оцениваемое по ТШХ в группе пациентов, которым проводили тренировки на выносливость, не- смотря на исходно более высокие баллы моторных на- рушений по шкале MDS UPDRS — часть III.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Гусева Ольга Владимировна, кандидат медицинских наук, врач по лечебной физкультуре отделения физиотерапии, доцент кафедры госпитальной терапии с курсом реабили- тации, физиотерапии и спортивной медицины ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

E-mail: guseva.ov@ssmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8659-9832>

Жукова Наталья Григорьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6547-6622>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают свое автор- ство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концеп- цию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочита- ли и одобрили окончательный вариант до публикации).

Наибольший вклад распределен следующим образом: Гусева О.В. — разработка концепции статьи, обеспечение инструментариумом, получение и анализ фактических дан- ных, статистическая обработка данных, поиск и анализ полнотекстовых англоязычных источников, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверж- дение текста статьи, обоснование научной значимости; Жукова Н.Г. — обеспечение материалом, проверка и ут- верждение текста статьи.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками фи- нансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все про- цедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследо-

вание, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России (протокол № 9503 от 19.06.2023).

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы

этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора. Данные не являются общедоступными, поскольку содержат информацию, ставящую под угрозу конфиденциальность участников исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Olga V. Guseva, Ph.D. (Med.), Physical therapy doctor of the Department of Physiotherapy, Associate Professor of the Department of Hospital Therapy with a course of Rehabilitation, Physiotherapy and Sports Medicine of Siberian State Medical University.

E-mail: guseva.ov@ssmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8659-9832>

Natalia G. Zhukova, Dr.Sci. (Med.), Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, Siberian State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6547-6622>

Author Contributions. All the authors confirm their authorship in accordance with the ICMJE international criteria (all the authors have made a significant contribution to the concept, design of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The largest contribution is distributed as follows: Guseva O.V. — developing the concept of the article, providing the toolkit, obtaining and analyzing factual data, statistical processing

of data, searching and analyzing full—text English-language sources, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article, justification of the scholarly importance; Zhukova N.G. — providing material, checking and approving the text of the article.

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

Disclosure. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethical Statement. The authors state that all procedures used in this article meet the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 version of the Declaration of Helsinki. The study was approved by the local Ethics Committee of Federal State Budgetary Educational Institution of Siberian State Medical University (Protocol No. 9503 of 06.19/2023).

Data Access Statement. Data supporting the findings of this study are available upon request from the corresponding author. The data are not publicly available because they contain information that jeopardizes the confidentiality of study participants.

Список литературы / References

1. Michael B., Ellul M. Global, regional, and national burden of neurological disorders. 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet. Neurology.* 2019; 8(5): 459–480. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30499-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30499-X)
2. Launch of WHO's Parkinson disease technical brief. WHO. 2022. <https://www.who.int/news/item/14-06-2022-launch-of-who-s-parkinson-disease-technical-brief> (accessed on: 17.06.2023)
3. Bloem B.R., Okun M.S., Klein C. Parkinson's disease. *Lancet.* 2021; 387(10291): 2284–2303. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00218-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00218-x)
4. Fothergill-Misbah N., Walker R., Kwasa J. et al. "Old people problems", uncertainty and legitimacy: Challenges with diagnosing Parkinson's disease in Kenya. *Social Science & Medicine.* 2021; 114:148. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114148>
5. Bloem B.R., Henderson E.J., Dorsey E.R. et al. Integrated and patient-centred management of Parkinson's disease: a network model for reshaping chronic neurological care. *Lancet. Neurology.* 2020; 19(7): 623–634. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(20\)30064-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(20)30064-8)
6. Dijkstra B.W., Gilat M., D'Cruz N. et al. Neural underpinnings of freezing-related dynamic balance control in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders.* 2023; 112: 105444. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2023.105444>
7. Chen R., Berardelli A., Bhattacharya A. et al. Clinical neurophysiology of Parkinson's disease and parkinsonism. *Clinical Neurophysiology Practice.* 2022; 7: 201–227. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2022.06.002>
8. Wang Y., Witchalls J., Preston E. et al. The Relationship Between Ankle Proprioception and Functional Mobility in People with Parkinson's Disease: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Neurology.* 2020; 11. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.603814>
9. Kulisevsky J. Pharmacological management of Parkinson's disease motors symptoms: update and recommendation from expert. *Rev Neurol.* 2022; 75(s04): 1–10. <https://doi.org/10.33588/rn.75s04.2022217>
10. Surisetti B.K., Prasad S., Holla V.V. et al. Movement disorders associated with radiotherapy and surgical procedures. *J Mov Disord.* 2023; 16(1): 42–51. <https://doi.org/10.14802/jmd.22092> (Epub 2023 Jan 12.)
11. Osborne J.A., Botkin R., Colon-Semenza C. et al. Physical therapist management of Parkinson disease: a clinical practice guideline from the American Physical Therapy Association. *Phys Ther.* 2022; 102(4): 302. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab302>
12. WHO guidelines on physical activity and sedentary behavior. WHO. 2020. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240015128> (accessed on:17.06.2023)
13. Schootemeijer S., van der Kolk N.M., Bloem B.R., de Vries N.M. Current perspectives on aerobic exercise in people with Parkinson's disease. *Neurotherapeutics.* 2020; 17(4): 1418–1433. <https://doi.org/10.1007/s13311-020-00904-8>
14. Gonçalves H.R., Rodrigues A.M., Santos C.P. Vibrotactile biofeedback devices in Parkinson's disease: a narrative review. *Medical & Biological Engineering & Computing.* 2021; 59(6): 1185–1199. <https://doi.org/10.1007/s11517-021-02365-3>
15. Agarwala P., Salzman S.H. Six-Minute Walk Test. *Chest.* 2020; 157(3): 603–611. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.10.014>
16. Urso D., van Wamelen D.J., Batzu L. et al. Clinical trajectories and biomarkers for weight variability in early Parkinson's disease. *NPJ Parkinson's Disease.* 2022; 8: 95. <https://doi.org/10.1038/s41531-022-00362-3>
17. Csoti I., Jost W.H., Reichmann H. Parkinson's disease between internal medicine and neurology. *J Neural Transm.* 2016; 123(1): 3–17. <https://doi.org/10.1007/s00702-015-1443-z>
18. Mollenhauer B., Zimmermann J., Sixel-Döring F. et al. Baseline predictors for progression 4 years after Parkinson's disease diagnosis in the De Novo Parkinson Cohort (DeNoPa). *Mov Disord.* 2019; 34(1): 67–77. <https://doi.org/10.1002/mds.27492>