

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ BALANCE TUTOR ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ РАВНОВЕСИЯ И ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Е. Ю. Сергеевко¹, С. А. Воловец², Л. Ю. Даринская² ✉, И. В. Житарева³, А. И. Журавлева⁴, А. В. Буторина⁵, Ю. А. Яшина², О. В. Волкова²

¹ Кафедра реабилитологии и физиотерапии, факультет дополнительного профессионального образования, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва

² Научно-практический центр медико-социальной реабилитации инвалидов имени Л. И. Швецовой, Москва

³ Кафедра медицинской кибернетики и информатики, медико-биологический факультет, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва

⁴ Кафедра физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации, терапевтический факультет, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва

⁵ Кафедра реабилитации, спортивной медицины и физической культуры, педиатрический факультет, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва

Современное оборудование позволяет проводить координаторные тренировки в статическом и динамическом режиме с целью профилактики падения в статике и при ходьбе. Целью исследования стало обоснование применения системы для восстановления статического и динамического равновесия BalanceTutor у пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения. Обследованы 72 пациента с нарушением постурального баланса в позднем восстановительном периоде. В основной группе отмечено статистически значимое уменьшение площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления как в положении «глаза открыты» ($p = 0,0476$ и $p = 0,0176$ соответственно), так и в положении «глаза закрыты» ($p = 0,0072$ и $p = 0,0037$ соответственно). К окончанию курса реабилитации в основной группе зафиксировано достоверное увеличение амплитуды кривой максимального мышечного напряжения на стороне двигательных нарушений в *m. peroneus longus* ($p = 0,0117$), что было сопоставимо с увеличением мышечной силы в нижних конечностях пораженной стороны согласно 6-балльной шкале оценки мышечной силы (по L. McPeak; M. Вейсс). Отмечено улучшение показателей походки ($p = 0,0513$) и устойчивости ($p = 0,0274$) по шкале Тинетти. Применение системы BalanceTutor в комплексной реабилитации пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения является эффективным и целесообразным.

Ключевые слова: острое нарушение мозгового кровообращения, постуральный баланс, система для восстановления статического и динамического равновесия

✉ Для корреспонденции: Даринская Любовь Юрьевна
ул. Лодочная, д. 15, корп. 2, г. Москва, 125362; bespoyasnaya85@mail.ru

Статья получена: 22.06.2017 Статья принята к печати: 26.06.2017

THE USE OF THE BALANCE TUTOR REHABILITATION TREADMILL FOR BALANCE AND GAIT RECOVERY IN POSTSTROKE PATIENTS

Sergeenko EYu¹, Volovets SA², Darinskaya LYu² ✉, Zhitareva IV³, Zhuravleva AI⁴, Butorina AV⁵, Yashinina YuA², Volkova OV²

¹ Department of Rehabilitation Sciences and Physical Therapy, Faculty of Continuing Professional Education Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² Shvetsova Research and Care Center for Medical and Social Rehabilitation of the Disabled, Moscow, Russia

³ Department of Medical Cybernetics and Informatics, Biomedical Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

⁴ Department of Physical Therapy, Sports Medicine and Medical Rehabilitation, Russian Academy of Continuing Medical Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

⁵ Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Education, Faculty of Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

State-of-the-art rehabilitation equipment offers a wide range of static and dynamic exercise programs for fall prevention by improving balance control during standing or walking. Our study aimed to provide a rationale for the use of the BalanceTutor rehabilitation treadmill to improve static and dynamic balance in patients who had suffered an acute cerebrovascular accident. The study included 72 patients with postural balance impairments in their late recovery period. In the experimental group, center of pressure (COP) sway area and COP velocity decreased significantly, measured with patients' eyes opened ($p = 0.0476$ and $p = 0.0176$, respectively) and closed ($p = 0.0072$ and $p = 0.0037$, respectively). At the end of the rehabilitation program, we observed a statistically significant increase in the electromyographic signal amplitude on the stroke-affected side of the body in *m. peroneus longus* ($p = 0.0117$), consistent with the regained muscle strength in the lower extremities of the affected body side measured by McPeak and Veys 6-point scales. Tinetti gait and balance scores also improved ($p = 0.0513$ and $p = 0.0274$, respectively). Thus, the use of the BalanceTutor treadmill in the rehabilitation of poststroke patients proves to be effective and reasonable.

Keywords: acute cerebrovascular accident, postural balance, equipment for improving static and dynamic balance

✉ Correspondence should be addressed: Lubov Darinskaya
ul. Lodochnaya, d. 15, korp. 2, Moscow, Russia, 125362; bespoyasnaya85@mail.ru

Received: 22.06.2017 Accepted: 26.06.2017

Среди последствий острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), приводящих к инвалидности, наиболее часто встречаются нарушения двигательных и координаторных функций — 81,2 % общего числа пациентов. Одной из основных задач медико-социальной реабилитации больных после инсульта является восстановление статолокомоторных функций, совершенствование которых и определяет социальную независимость и трудоспособность пациента [1–3]. На протяжении ряда лет для восстановления статического равновесия у пациентов после ОНМК применяли координаторные занятия с использованием стабилметрической платформы и виртуальной реальности [4–6].

В мировой реабилитационной практике предложены методики тренировки постурального баланса, направленные на активацию реактивных постуральных синергий, предотвращающих падение человека, за счет возвращения центра тяжести в пределы площади опоры посредством шага в сторону падения. Реализация таких координаторных тренировок осуществляется путем спонтанных дестабилизирующих воздействий на пациента в ходьбе по беговой дорожке со смещением вперед–назад либо в положении стоя на платформе с отклонениями в различные стороны [7–13].

Внедрение современного оборудования в реабилитационную практику позволяет проводить координаторные тренировки в статическом и динамическом режимах с одновременной коррекцией двигательного стереотипа, инициируя неожиданное постуральное возмущение за счет дестабилизирующего воздействия в определенную фазу шага [14]. Перспективным направлением в плане тренировки постурального баланса, коррекции двигательного стереотипа и профилактики падений у пациентов после ОНМК является применение системы для восстановления статического и динамического равновесия BalanceTutor (MediTouch, Израиль) (рис. 1).

Целью исследования было обоснование применения системы для восстановления статического и динамического равновесия BalanceTutor у пациентов с последствиями ОНМК.



Рис. 1. Система BalanceTutor

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проходило в НПЦ МСР имени Л. И. Швецовой с марта по июнь 2017 г. В него вошли пациенты с синдромом центрального гемипареза (гемипарезы легкой и умеренной степени выраженности) после ОНМК (длительностью заболевания не более 1 года) в бассейне средней мозговой артерии, имеющие нарушение постурального баланса.

Критериями исключения из исследования были:

- вес пациента более 135 кг;
- контрактуры суставов нижних конечностей;
- состояние после эндопротезирования крупных суставов;
- неконсолидированные переломы позвоночника и конечностей, нестабильный остеосинтез;
- открытые повреждения кожи в области нижних конечностей и туловища;
- заболевания дыхательной и сердечно-сосудистой систем в стадии декомпенсации;
- тяжелые сосудистые заболевания нижних конечностей (тромбофлебит, флеботромбоз);
- выраженный остеопороз;
- терминальная стадия хронической почечной, печеночной недостаточности;
- тяжелые когнитивные нарушения, неконтактное или агрессивное поведение, психоорганический синдром;
- необходимость соблюдения постельного режима.

В исследовании приняли участие 72 пациента с нарушением постурального баланса после ОНМК в бассейне средней мозговой артерии в позднем восстановительном периоде. Методом рандомизации пациенты были распределены на две сопоставимые группы. В основную группу вошли 37 пациентов, средний возраст — $58 \pm 5,3$ года; в группу сравнения — 35 человек, средний возраст — $56 \pm 4,8$ года. В основной группе 30 (81,1 %) пациентов перенесли ишемический инсульт, 7 (18,9 %) — геморрагический; в группе сравнения 27 (77,1 %) — ишемический, 8 (22,9%) — геморрагический. Состав пациентов по половому признаку: в основной группе 20 (54,1 %) мужчин и 17 (45,9 %) женщин; в группе сравнения — 18 (51,4 %) мужчин и 17 (48,6 %) женщин. Длительность заболевания в основной группе составила $6,8 \pm 0,4$ мес., в группе сравнения — $6,4 \pm 0,2$ мес.

В ходе исследования для оценки эффективности предлагаемой методики применяли: электронейромиографическое (ЭНМГ) исследование (комплекс электронейромиографический компьютеризированный четырехканальный «Нейромиограф-01-МБН» с прилагаемым компьютерным программным обеспечением; Научно-медицинская фирма МБН, Россия); компьютерная стабилметрия (КС) (специализированный комплекс «МБН Стабило» с прилагаемым специально разработанным пакетом программного обеспечения «Стабилметрия»; Научно-медицинская фирма МБН, Россия), 6-балльная шкала оценки мышечной силы (по L. McPeak; M. Вейсс), шкала спастичности Ашфорта (по R. Bohannon, V. Smith; D. Wade), функциональная шкала Тинетти.

Реабилитационная программа у пациентов обеих групп была идентичной и включала симптоматическую медикаментозную терапию, физиотерапевтическое лечение (магнитотерапию, парафинотерапию, массаж пораженных конечностей и рефлексорных зон), лечебную физкультуру (координаторную лечебную гимнастику, циклическую механотерапию для верхних и нижних конечностей).

Дополнительно с пациентами основной группы проводили занятия с использованием системы BalanceTutor в течение 20 мин (18 процедур, 6 занятий в неделю).

Авторами данной статьи была разработана методика координаторных тренировок на системе для восстановления статического и динамического равновесия BalanceTutor [15]. Занятия проводили в динамическом режиме «триггерные занятия» в программе «компенсаторная реакция» с акцентом компенсаторного шага на пораженную конечность. С помощью датчиков с обратной связью осуществлялось распределение нагрузки на нижние конечности и контроль их положения в пространстве. Во время тренировки от пациента требовалось удерживать равновесие при ходьбе по беговой дорожке в прямом направлении (рис. 2, А, Б) и боковом — приставным шагом (рис. 2, В).

В процессе реабилитации осуществлялось постепенное увеличение рабочих параметров системы (амплитуды отклонения платформы, скорости движения беговой дорожки, времени тренировки) от первой процедуры к последней. На первом занятии время тренировки составляло 10 мин, из них пациент шел прямо 7 мин (рис. 2 А, Б), далее шел боком приставным шагом в сторону пораженной конечности 3 мин (рис. 2, В). Далее каждую 4-ю процедуру постепенно увеличивалась амплитуда дестабилизирующих воздействий. С 4-й процедуры боковые колебания увеличивались до 15 см в каждую сторону; отклонения вперед и назад — в пределах 10 см в каждую сторону; продолжительность занятия — 12 мин (8 мин прямо, 4 мин приставным шагом). С 8-й процедуры боковые колебания увеличивались до 18 см в каждую сторону; отклонения вперед и назад — в пределах 13 см в каждую сторону; продолжительность занятия — 15 мин (10 мин прямо, 5 мин приставным шагом). С 12-й процедуры боковые колебания увеличивались до 20–22 см в каждую сторону; отклонения вперед и назад — в пределах 15–17 см в каждую сторону; продолжительность занятия составляла 20 мин (13 мин прямо, 7 мин приставным шагом).

Перед включением в исследование всех пациентов подробно информировали о целях и сущности клинического исследования, методах диагностики и составляющих элементах реабилитационной программы, об эффективности исследования и безопасности, о пользе и степени риска при участии в исследовании, о своих правах и обязанностях. От всех пациентов, согласившихся принять участие в исследовании, получено добровольное письменное информированное согласие.

Этическая экспертиза протокола исследования (включая форму информированного согласия) выполнена ло-

кальным этическим комитетом РНИМУ им. Н. И. Пирогова (протокол № 163 от 20.03.2017). Члены локального этического комитета одобрили проведение исследования.

Для обработки полученных результатов была сгенерирована база данных в среде Microsoft Excel 2007. База данных включала 24 показателя для 72 пациентов. Значения показателей вносили в базу до курса реабилитации, в середине (после 10-й процедуры) и после него, за исключением значений ЭНМГ-исследования, которое проводилось дважды (до и после курса реабилитации). Обработку полученных результатов проводили с помощью пакета статистических программ StatSoft Statistica 10.0. Проверку наблюдений на нормальность проводили с помощью критерия Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Выборки не имели нормального распределения, поэтому применяли критерии Манна–Уитни, Вилкоксона, Фридмана. Для выявления статистических различий между основной группой и группой сравнения использовали критерий Манна–Уитни. Показатели сравнивали три раза: до проведения курса реабилитации, после 10-й процедуры и после окончания курса реабилитации. Для выявления статистических различий по показателям ЭНМГ-исследования до и после проведения курса реабилитации использовался критерий Вилкоксона для двух связанных выборок. Поскольку больные наблюдались в динамике в три разных момента времени отдельно для основной группы и группы сравнения использовали критерий Фридмана. Различия считали статистически достоверными при $p < 0,05$. Если критерий Фридмана выявлял значимые различия по показателям в динамике, то для выяснения вопроса между какими временными срезами они были зафиксированы использовали критерий Вилкоксона. В критерии Вилкоксона множественные сравнения учитывали с помощью метода Бонферрони–Холма при определении критического уровня значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нейромиографическое исследование проводили при помощи электронейромиографа с компьютерной регистрацией и обработкой данных. Электромиограмма (ЭМГ) с мышц верхних (*m. opponens pollicis*) и нижних (*m. peroneus longus*) конечностей записывалась в состоянии покоя и при активном мышечном сокращении. Для анализа электромиограмм использовали классификацию Ю. С. Юсевич. В комплекс электронейромиографического исследования входило вычисление скорости проведения импульса по двигательным волокнам периферических нервов

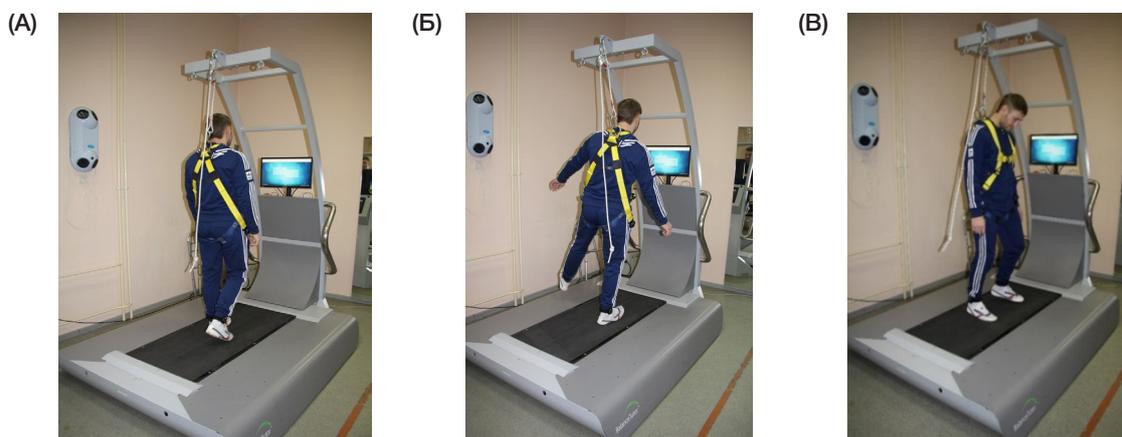


Рис. 2. Занятия на системе BalanceTutor

(*n. medianus*, *n. peroneus*), вычисление амплитуды, латентности и длительности моторного ответа в мышцах верхних и нижних конечностей.

При проведении ЭМГ у больных после ОНМК в пораженных конечностях было выявлено снижение электрогенеза исследованных мышечных групп (*m. opponens pollicis*, *m. peroneus longus*) в виде уменьшения амплитуды био-потенциалов по сравнению с нормальными величинами практически в два раза.

При анализе параметров ЭНМГ-исследования у больных с последствиями ОНМК выявлено снижение амплитуды моторного ответа на стороне пареза по срединному нерву в среднем на 50 %, до $1,73 \pm 0,6$ мВ, по малоберцовому нерву — на 40 %, до $2,09 \pm 0,8$ мВ.

Положительная динамика клинических проявлений у пациентов после ОНМК на стороне пареза в результате реабилитации совпадала с благоприятной динамикой нейрофизиологических данных. В группе больных, получавших реабилитацию с применением системы BalanceTutor, было зарегистрировано улучшение электронейромиографических, электромиографических показателей. После проведенного реабилитационного курса в основной группе с помощью ЭМГ выявлено увеличение амплитуды кривой максимального мышечного напряжения на стороне двигательных нарушений до $243,7 \pm 18,6$ мкВ в *m. opponens pollicis* и $447,26 \pm 24,7$ мкВ в *m. peroneus longus* (рис. 3). В

то время как амплитуда кривой максимального мышечного напряжения до реабилитации в этой группе составляла $181,9 \pm 17$ мкВ в *m. opponens pollicis* ($p = 0,0491$, критерий Вилкоксона) и $236,73 \pm 22$ мкВ в *m. peroneus longus* ($p = 0,0117$, критерий Вилкоксона). У 5 (13,5%) пациентов к окончанию курса реабилитации с применением системы BalanceTutor амплитуда на стороне поражения была сопоставима с показателями на здоровой стороне и составила $317,43 \pm 18,2$ мкВ для верхней конечности (*m. opponens pollicis*) и $538,23 \pm 24,2$ мкВ — для нижней (*m. peroneus longus*); в то время как до курса реабилитации у всех пациентов основной группы амплитуда кривой максимального мышечного напряжения была снижена. В группе сравнения амплитуда кривой максимального мышечного напряжения до реабилитации составила $178,92 \pm 19,0$ мкВ в *m. opponens pollicis* и $226,53 \pm 21,0$ мкВ в *m. peroneus longus*; после курса реабилитации амплитуда на стороне двигательных нарушений увеличилась до $197,3 \pm 18,1$ мкВ в *m. opponens pollicis* ($p = 0,0791$, критерий Вилкоксона) и $277,26 \pm 23,7$ мкВ в *m. peroneus longus* ($p = 0,0511$, критерий Вилкоксона). В обоих случаях статистически значимых различий не выявлено.

По данным ЭНМГ-исследования, в основной группе и группе сравнения значения скорости проведения импульса по двигательным волокнам, латентности, длительности моторного ответа после курса реабилитации не

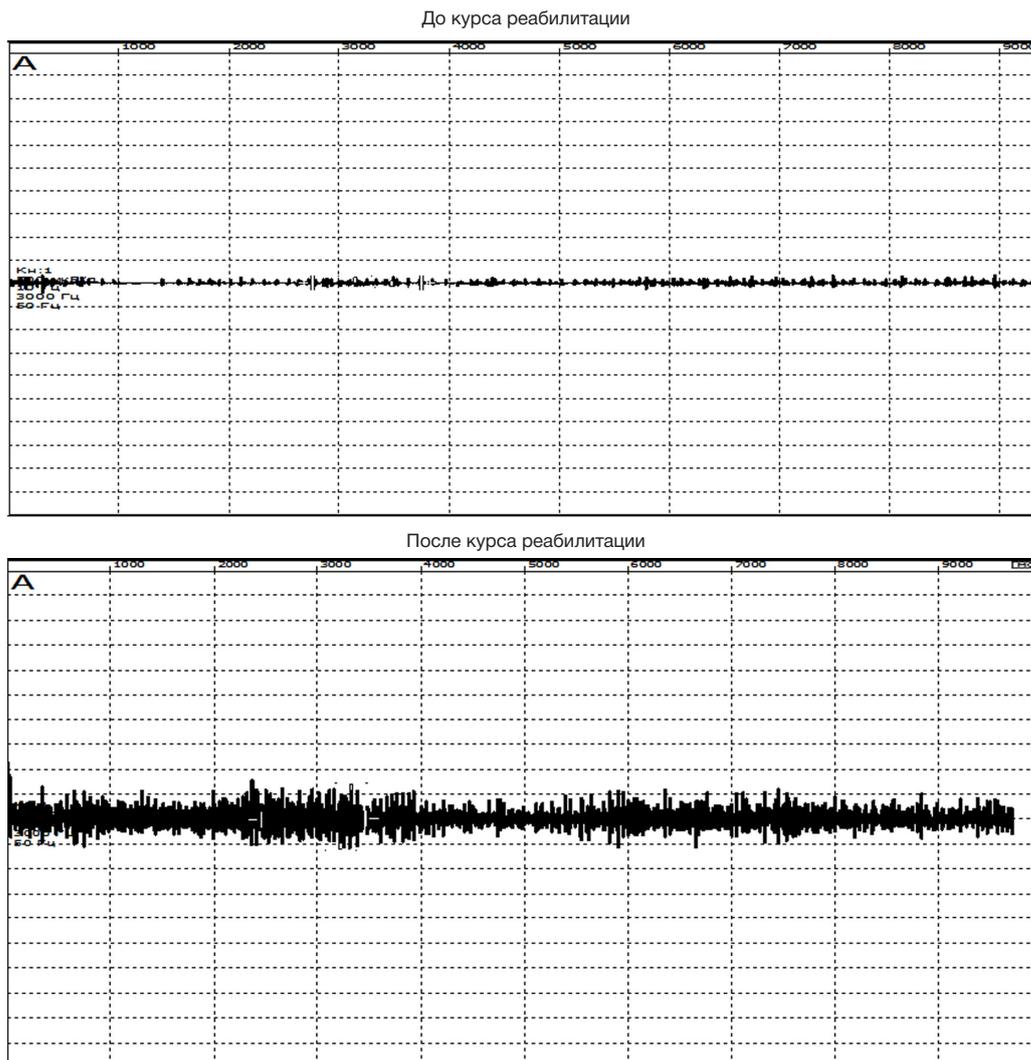


Рис. 3. Электромиограммы одного из пациентов основной группы с *m. peroneus longus* до и после курса реабилитации

отличались от таковых до курса реабилитации. В результате комплексной реабилитации пациентов с включением системы BalanceTutor отмечено увеличение амплитуды моторного ответа по срединному нерву с паретичной стороны до $2,54 \pm 0,9$ мВ, в группе сравнения — до $1,87 \pm 0,5$ мВ ($p = 0,0563$, критерий Манна–Уитни); перед началом курса реабилитации амплитуда моторного ответа по срединному нерву в основной группе составила $1,8 \pm 0,7$ мВ, в группе сравнения — $1,75 \pm 0,7$ мВ. К окончанию реабилитационного курса амплитуда моторного ответа по малоберцовому нерву в основной группе с паретичной стороны возросла до $2,97 \pm 0,9$ мВ, в группе сравнения — до $1,97 \pm 0,5$ мВ ($p = 0,0063$, критерий Манна–Уитни); до реабилитационного курса амплитуда моторного ответа по малоберцовому нерву в основной группе составляла $1,87 \pm 0,8$ мВ, в группе сравнения — $1,78 \pm 0,8$ мВ.

При проведении КС соблюдались все требования, установленные Московским консенсусом по применению стабиллометрии и биоуправления по опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях [16]. Диагностическое исследование проводили в положении пациента стоя на стабиллоплатформе двумя ногами с определением коэффициента Ромберга и оценкой следующих показателей: площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления (ЦД) в положениях «глаза открыты» (ГО) и «глаза закрыты» (ГЗ). При анализе результатов КС до реабилитационного курса в обеих группах были выявлены наиболее выраженные отклонения от нормальных значений в положении ГО и ГЗ как площади статокинезиограммы, так и скорости перемещения ЦД. Площадь статокинезиограммы в положении ГО превысила норму и составила для пациентов основной группы $120,4 \pm 31,24$ мм², для группы сравнения — $123,16 \pm 34,87$ мм². Скорость перемещения ЦД в положении ГО также заметно превысила норму в обеих группах и составила $18,63 \pm 1,79$ мм/с у пациентов основной группы и $18,09 \pm 1,99$ мм/с у пациентов группы сравнения. Отклонение значений стабиллометрических показателей от нормы значительно возросло в обеих группах при выключении зрительного контроля. В положении ГЗ зафиксировано увеличение площади статокинезиограммы: $254,5 \pm 27,5$ мм² в основной группе и $269,86 \pm 32,71$ мм² в группе сравнения; и скорости смещения ЦД: $28,25 \pm 2,56$ мм/с в основной группе и $29,61 \pm 4,03$ мм/с в группе сравнения. Функциональное состояние обследованных пациентов до курса реабилитации характеризовалось снижением стабильности баланса тела в вертикальном положении. Высокие значения коэффициента Ромберга — $211,37 \pm 16,24$ % в основной группе и $219,11 \pm 20,31$ % в группе сравнения — свидетельствовали о недостаточном контроле со стороны проприоцептивной системы, в связи с чем больший удельный вес в поддержании баланса тела приходился на зрительную систему. В середине курса реабилитации определен вектор положительной направленности показателей площади статокинезиограммы и скорости перемещения ЦД в положениях ГО и ГЗ, коэффициента Ромберга в обеих группах без регистрации статистически значимых различий.

После курса реабилитации с применением системы BalanceTutor отмечен положительный вектор в изменении стабиллометрических показателей. Уменьшение площади статокинезиограммы в положении ГО наблюдали в обеих группах, но с более выраженной динамикой в основной группе: $82,3 \pm 21,43$ мм² в основной группе и

$115,4 \pm 31,56$ мм² в группе сравнения; $p = 0,0476$, критерий Манна–Уитни. Статистически значимые изменения площади статокинезиограммы отмечены в положении ГЗ с более значимым результатом в основной группе: $160,45 \pm 24,63$ мм² в основной группе и $247,58 \pm 41,39$ мм² в группе сравнения; $p = 0,0072$, критерий Манна–Уитни. Это является очевидным показателем возрастания роли проприоцептивной системы в удержании вертикального положения и некоторого улучшения функции зрительно-моторной связи. Вышеуказанные данные подтверждают тенденцией к уменьшению значений коэффициента Ромберга к окончанию реабилитационного курса с более заметной положительной динамикой в основной группе: $194,91 \pm 21,62$ % в основной группе, $214,54 \pm 19,74$ % в группе сравнения; $p = 0,0798$, критерий Манна–Уитни, различия статистически не значимы. К окончанию курса реабилитации выявлена положительная динамика изменения скорости ЦД в обеих группах. Однако статистически значимое изменение в виде уменьшения скорости ЦД определено в основной группе: в положении ГО скорость перемещения ЦД составила $11,09 \pm 1,06$ мм/с, а в группе сравнения $17,05 \pm 1,42$ мм/с ($p = 0,0176$, критерий Манна–Уитни); в положении ГЗ скорость смещения ЦД равнялась $18,09 \pm 2,08$ мм/с в основной группе и $27,91 \pm 4,5$ мм/с в группе сравнения ($p = 0,0037$, критерий Манна–Уитни). Уменьшение скорости перемещения ЦД после завершения реабилитационного курса свидетельствует об улучшении статического равновесия и увеличении устойчивости пациентов, причем преимущественно в основной группе.

Динамику изменения мышечной силы и степени пареза оценивали с помощью 6-балльной шкалы (по McPeak; Вейсс). После курса реабилитации у пациентов обеих групп зафиксировали увеличение мышечной силы в конечностях, что подтверждалось увеличением количества пациентов, перешедших из группы с умеренным парезом в группу с легким парезом. Достоверные изменения отмечены в основной группе в отношении мышечной силы пораженной нижней конечности. В основной группе после курса реабилитации парез легкой степени выраженности в нижних конечностях выявлен у 33 (89,2 %) пациентов, что статистически значимо ($p = 0,0247$, критерий хи-квадрат с поправкой Йейтса) отличалось от аналогичного показателя в группе сравнения — 18 (51,4 %). До реабилитационного курса парез легкой степени в нижних конечностях фиксировался у 13 (35,1 %) пациентов основной группы и у 12 (34,3 %) пациентов группы сравнения; парез средней степени — у 24 (64,9 %) пациентов основной группы и у 23 (65,7 %) — группы сравнения. В верхней конечности на стороне пареза отмечена лишь тенденция к увеличению мышечной силы с небольшим превосходством в основной группе. В середине курса реабилитации у пациентов обеих групп отмечена тенденция к увеличению мышечной силы в пораженных конечностях с превосходством показателей мышечной силы в нижней конечности у пациентов основной группы (рис. 4).

Комплексная реабилитация пациентов с нарушением постурального баланса после ОНМК способствовала изменению показателей мышечного тонуса в паретичных конечностях, которые определяли с помощью шкалы спастичности Ашфорта (по Bohannon, Smith; Wade). До начала реабилитационных мероприятий у пациентов обеих групп значения спастичности в пораженных конечностях соответствовали умеренному повышению тонуса: средний балл мышечного тонуса для верхней конечности в основной группе составил $3,25 \pm 0,48$, в группе

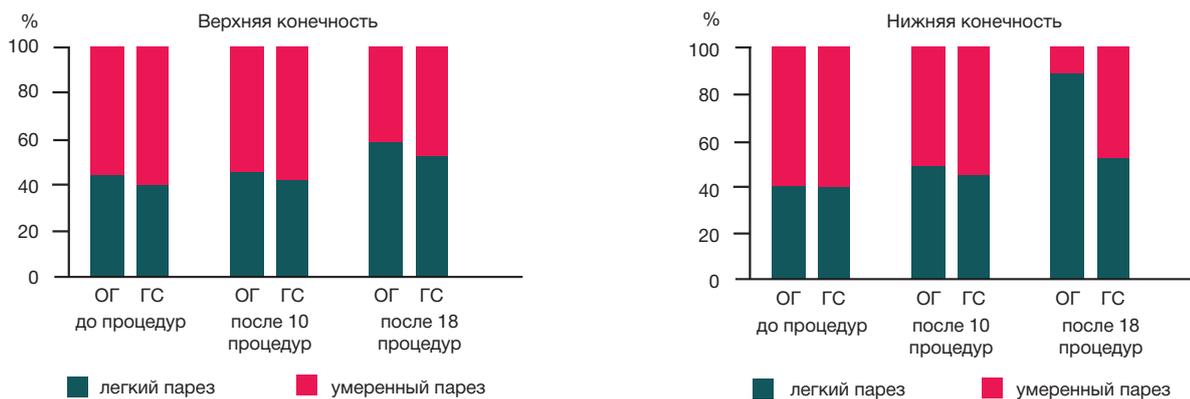


Рис. 4. Распределение пациентов основной группы (ОГ) и группы сравнения (ГС) по степени выраженности пареза конечностей на этапах реабилитации

сравнения — $3,31 \pm 0,53$; для нижней конечности в основной группе — $3,04 \pm 0,38$ и в группе сравнения — $3,11 \pm 0,42$. После 10-й процедуры отмечена незначительная тенденция к уменьшению спастичности в пораженных конечностях обеих групп. К выписке пациентов из реабилитационного центра в обеих группах зафиксировано изменение мышечного тонуса в пораженных конечностях в виде его снижения со статистически значимой динамикой в основной группе преимущественно в нижней конечности ($p = 0,0041$, критерий Фридмана): для нижней конечности средний балл мышечного тонуса составил $2,29 \pm 0,23$ в основной группе и $2,82 \pm 0,39$ в группе сравнения; для верхней — $2,88 \pm 0,38$ и $2,93 \pm 0,41$ соответственно.

Функциональная шкала Тинетти позволила оценить успешность выполнения статических и динамических двигательных заданий и степень имеющихся нарушений равновесия. При поступлении в реабилитационный стационар зафиксированы изменения показателей походки и устойчивости в основной группе — $11,42 \pm 0,26$ и $15,87 \pm 0,31$ балла соответственно и в группе сравнения — $11,38 \pm 0,28$ и $15,58 \pm 0,34$ балла, что сопоставимо с умеренной степенью выраженности нарушений в обеих группах. В середине курса реабилитации определен вектор положительной направленности показателей походки и устойчивости в обеих группах без регистрации статистически значимых различий. К окончанию реабилитационного курса функциональная шкала Тинетти позволила выявить положительные изменения в обеих группах с более выраженной динамикой в сторону изменения показателей, соответствующих легкой степени нарушений в основной группе: показатель походки — $14,97 \pm 0,28$ балла ($p = 0,0513$, критерий Вилкоксона); устойчивости — $21,9 \pm 0,37$ балла ($p = 0,0274$, критерий Вилкоксона). Улучшились показатели походки и устойчивости и у пациентов группы сравнения, однако, они не превысили значений, соответствующих умеренным нарушениям: $12,02 \pm 0,29$ балла ($p = 0,0931$, критерий Вилкоксона) и $17,02 \pm 0,27$ балла ($p = 0,0671$, критерий Вилкоксона) соответственно. В обоих случаях статистически значимых различий не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В последние годы были проведены исследования, в ходе которых применяли методики с включением стабилметрической платформы и виртуальной реальности, направленные на восстановление статического равновесия у пациентов после ОНМК. Возможности подобных методик позволяют корректировать только статическое равновесие, что определяет необходимость использования

методов восстановления динамического равновесия. Тем не менее эффективность их применения была доказана изменением показателей КС в виде уменьшения значений площади статокинезиограммы с $802,61$ до $799,36$ мм² ($p = 0,0034$) и скорости перемещения центра давления с $18,61$ до $16,53$ мм/с ($p = 0,414$) [4, 17]. После координаторных тренировок было определено увеличение показателей устойчивости по шкале Тинетти с $15,33 \pm 0,65$ до $19,69 \pm 0,73$ балла ($p < 0,05$) [18]. В то же время была использована онтогенетически обусловленная кинезотерапия, что повлекло за собой изменение ЭМГ-картины в виде регистрации своеобразного дискоординационного синдрома, выявляемого при постинсультных двигательных расстройствах в большинстве мышц и проявляющегося асимметрией мышечной активности при симметричных движениях [19]. По данным электронейромиографического обследования было отмечено увеличение максимальной амплитуды мышечного ответа в *m. soleus* на стороне поражения с $399,9 \pm 33,8$ мВ до $420,9 \pm 37,7$ мВ, амплитуды моторного ответа *n. tibialis* с $6,49 \pm 0,25$ мВ до $6,69 \pm 0,3$ мВ на фоне применения дифференцированной лечебной гимнастики [20].

Включение в комплексную реабилитацию методики тренировки с использованием системы BalanceTutor, которая позволяет корректировать как статическое, так и динамическое равновесие, расширяет возможности реабилитационного процесса, поскольку координаторные занятия проводятся не только в положении стоя, но и во время ходьбы путем инициации неожиданного пострального возмущения за счет дестабилизирующего воздействия с изменяемой амплитудой в различных режимах движения. В результате проведенного исследования показано, что полученные данные превосходят по значениям показатели стабилметрического исследования и функционального тестирования, представленные ранее в литературе при баланс-тренинге в статике. Система BalanceTutor является новой для российской системы реабилитации и была введена в эксплуатацию в нашей стране только в 2016 г., исследование выполнено впервые как в России, так и за рубежом, что не позволяет провести сравнительный анализ результатов использования данной системы у больных с ОНМК.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных данных позволяет полагать цель, сформулированную в начале исследования, достигнутой, что подтверждается данными объективных исследований и цифровыми значениями результатов оценки с

использованием шкал. На фоне применения предлагаемой методики у пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения на стороне пареза отмечено изменение кривой электромиографического исследования в виде увеличения амплитуды максимального мышечного напряжения, преимущественно в пораженной нижней конечности, а также показателей электронейромиографического исследования в виде увеличения амплитуды моторного ответа в большей степени по малоберцовому нерву.

Улучшение статического равновесия и увеличение устойчивости пациентов с ОНМК подтверждается уменьшением показателей площади статокинезиограммы и скорости перемещения центра давления, преимущественно в основной группе, как в положении «глаза открыты», так и в положении «глаза закрыты»; уменьшение значений коэффициента Ромберга свидетельствует об увеличении роли проприоцептивной системы в удержании вертикальной позы.

Показатели устойчивости и походки у пациентов основной группы после реабилитации возросли до значений, соответствующих легкой степени нарушений по шкале Ти-

нетти (в группе сравнения указанные показатели остались в пределах значений, соответствующих умеренным нарушениям).

После курса реабилитации отмечена положительная динамика показателей шкал оценки мышечной силы и мышечного тонуса преимущественно в нижней конечности со стороны пареза у больных основной группы. К окончанию курса процедур отмечено увеличение количества пациентов с легкой степенью пареза в нижней конечности в основной группе практически в 2 раза относительно аналогичных пациентов группы сравнения. До реабилитационного курса число пациентов с легкой и умеренной степенью выраженности пареза в нижней конечности было сопоставимо в обеих группах. К концу стационарного лечения спастичность в нижней конечности со стороны пареза в основной группе уменьшилась практически в 1,5 раза относительно группы сравнения.

Проведенное исследование показало эффективность применения и целесообразность включения системы BalanceTutor в комплексную реабилитацию пациентов после ОНМК, имеющих статолокомоторные нарушения.

Литература

1. Гусарова С. А., Стяжкина Е. М., Гуркина М. В., Чесникова Е. И., Сычева А. Ю. Новые технологии кинезитерапии в реабилитации пациентов с постинсультными двигательными нарушениями. *Вопр. курортол., физиотер. и леч. физ. культ.* 2016; 93 (2): 4–8.
2. Даминов В. Д. Роботизированная локомоторная терапия в нейрореабилитации. *Вестн. восстановит. мед.* 2012; 47 (1): 54–9.
3. Разумов А. Н., Мельникова Е. А. Современные подходы к индивидуальному прогнозированию восстановления больных с инсультом в процессе реабилитации: обзор литературы и результаты собственного исследования. *Вопр. курортол., физиотер. и леч. физ. культ.* 2015; 92 (6): 11–6.
4. Прокопенко С. В., Ондар В. С., Аброськина М. В. Синдром центрального гемипареза и нарушение равновесия. *Вестн. восстановит. мед.* 2012; 51 (5): 23–8.
5. McCombe Waller S, Prettyman MG. Arm training in standing also improves postural control in participants with chronic stroke. *Gait Posture.* 2012 Jul; 36 (3): 419–24.
6. Mao Y, Chen P, Li L, Huang D. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regen Res.* 2014 Sep 1; 9 (17): 1628–34.
7. Crenshaw JR, Kaufman KR. The intra-rater reliability and agreement of compensatory stepping thresholds of healthy subjects. *Gait Posture.* 2014 Feb; 39 (2): 810–5.
8. Inness EL, Mansfield A, Biasin L, Brunton K, Bayley M, Mcllroy WE. Clinical implementation of a reactive balance control assessment in a sub-acute stroke patient population using a “lean-and-release” methodology. *Gait Posture.* 2015 Feb; 41 (2): 529–34.
9. Inness EL, Mansfield A, Lakhani B, Bayley M, Mcllroy WE. Impaired reactive stepping among patients ready for discharge from inpatient stroke rehabilitation. *Phys Ther.* 2014 Dec; 94 (12): 1755–64.
10. Lakhani B, Mansfield A, Inness EL, Mcllroy WE. Compensatory stepping responses in individuals with stroke: a pilot study. *Physiother Theory Pract.* 2011 May; 27 (4): 299–309.
11. Mansfield A, Inness EL, Lakhani B, Mcllroy WE. Determinants of limb preference for initiating compensatory stepping poststroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012 Jul; 93 (7): 1179–84.
12. Mansfield A, Inness EL, Wong JS, Fraser JE, Mcllroy WE. Is impaired control of reactive stepping related to falls during inpatient stroke rehabilitation? *Neurorehabil Neural Repair.* 2013 Jul-Aug; 27 (6): 526–33.
13. Sibley KM, Straus SE, Inness EL, Salbach NM, Jaglal SB. Balance assessment practices and use of standardized balance measures among Ontario physical therapists. *Phys Ther.* 2011 Nov; 91 (11): 1583–91.
14. Воловец С. А., Сергеенко Е. Ю., Даринская Л. Ю., Яшина Ю. А., Рубейкин И. С., Житарова И. В. и др. Методика восстановления постурального баланса у пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения на основе использования системы для восстановления статического и динамического равновесия. В сб.: *Избранные вопросы нейрореабилитации [электронная версия]: Материалы IX международного конгресса «Нейрореабилитация-2017»;* 1–2 июня 2017 г.; Москва, Россия. М.; 2017. с. 45–7; [дата обращения: 30 июня 2017 г.] Доступно по: http://congress-neuro.ru/sites/default/files/Materials_NR2017.pdf
15. Воловец С. А., Сергеенко Е. Ю., Даринская Л. Ю., Яшина Ю. А., Рубейкин И. С. Способ реабилитации пациента с нарушением постурального баланса. Заявка на патент на изобретение Российской Федерации RU 2016138709. 30 сентября 2016 г.
16. Московский консенсус по применению стабилотрии и биоуправления по опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях [Интернет]. М.: НИИ нормальной физиологии имени П. К. Анохина; ©2017 [дата обращения: 30 июня 2017 г.]; 10 с. Доступно по: <http://moscowstabilometryconsensus.ru>
17. Шишкина Е. С., Бейн Б. Н. Динамика устойчивости пациентов, перенесших ишемический инсульт в каротидном и вертебрально-базилярном бассейнах. *Мед. альманах.* 2014; 33 (3): 45–9.
18. Ястребцева И. П. Патогенез формирования нарушений постурального баланса при инсульте и алгоритм их коррекции. В кн.: *Ильинских Н. Н., редактор. Фундаментальные науки и практика: сборник научных трудов.* Томск: СибГМУ; 2010. 1 (4): 37.
19. Скворцов Д. В., Булатова М. А., Ковражкина Е. А., Суворов А. Ю., Иванова Г. Е., Скворцова В. И. Комплексное исследование биомеханики движений у пациентов с постинсультными гемипарезами. *Журн. неврол. и психиатр.* 2012; 112 (6): 45–9.
20. Пеленицына Е. М. Электромиографические критерии эффективности применения различных методов лечебной физкультуры у больных с церебральным инсультом [диссертация]. М.: РГМУ; 2004.

References

- Gusarova SA, Styazhkina EM, Gurkina MV, Chesnikova EI, Sycheva AYU. [The new technologies of kinesiotherapy for the rehabilitation of the patients suffering from the post-stroke locomotor disorders]. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2016 Mar-Apr; 93 (2): 4–8. Russian.
- Daminov VD. Robotizirovannaya lokomotornaya terapiya v neyroreabilitatsii. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny.* 2012; 47 (1): 54–9. Russian.
- Razumov AN, Melnikova EA. [The modern approaches to the prognostication of rehabilitation of the patients after stroke on an individual basis: a review of the literature and the results of original investigations]. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2015 Nov-Dec; 92 (6): 11–6. Russian.
- Prokopenko SV, Ondar VS, Abros'kina MV. Sindrom tsentral'nogo gemipareza i narushenie ravnovesiya. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny.* 2012; 51 (5): 23–8. Russian.
- McCombe Waller S, Prettyman MG. Arm training in standing also improves postural control in participants with chronic stroke. *Gait Posture.* 2012 Jul; 36 (3): 419–24.
- Mao Y, Chen P, Li L, Huang D. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regen Res.* 2014 Sep 1; 9 (17): 1628–34.
- Crenshaw JR, Kaufman KR. The intra-rater reliability and agreement of compensatory stepping thresholds of healthy subjects. *Gait Posture.* 2014 Feb; 39 (2): 810–5.
- Inness EL, Mansfield A, Biasin L, Brunton K, Bayley M, Mcllroy WE. Clinical implementation of a reactive balance control assessment in a sub-acute stroke patient population using a “lean-and-release” methodology. *Gait Posture.* 2015 Feb; 41 (2): 529–34.
- Inness EL, Mansfield A, Lakhani B, Bayley M, Mcllroy WE. Impaired reactive stepping among patients ready for discharge from inpatient stroke rehabilitation. *Phys Ther.* 2014 Dec; 94 (12): 1755–64.
- Lakhani B, Mansfield A, Inness EL, Mcllroy WE. Compensatory stepping responses in individuals with stroke: a pilot study. *Physiother Theory Pract.* 2011 May; 27 (4): 299–309.
- Mansfield A, Inness EL, Lakhani B, Mcllroy WE. Determinants of limb preference for initiating compensatory stepping poststroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012 Jul; 93 (7): 1179–84.
- Mansfield A, Inness EL, Wong JS, Fraser JE, Mcllroy WE. Is impaired control of reactive stepping related to falls during inpatient stroke rehabilitation? *Neurorehabil Neural Repair.* 2013 Jul-Aug; 27 (6): 526–33.
- Sibley KM, Straus SE, Inness EL, Salbach NM, Jaglal SB. Balance assessment practices and use of standardized balance measures among Ontario physical therapists. *Phys Ther.* 2011 Nov; 91 (11): 1583–91.
- Volovets SA, Sergeenko EYu, Darinskaya LYu, Yashinina YuA, Rubeykin IS, Zhitareva IV, et al. Metodika vosstanovleniya postural'nogo balansa u patsientov posle ostrogo narusheniya mozgovoogo krovoobrashcheniya na osnove ispol'zovaniya sistemy dlya vosstanovleniya staticheskogo i dinamicheskogo ravnovesiya. In: *Izbrannye voprosy neyroreabilitatsii [electronic edition]: Materialy IX mezhdunarodnogo kongressa «Neyroreabilitatsiya-2017»;* 2017 Jun 1–2; Moscow, Russia. Moscow; 2017. p. 45–7; [cited 2017 Jun 30] Available from: http://congress-neuro.ru/sites/default/files/Materials_NR_2017.pdf Russian.
- Volovets SA, Sergeenko EYu, Darinskaya LYu, Yashinina YuA, Rubeykin IS. Sposob reabilitatsii patsienta s narusheniem postural'nogo balansa. Russian patent application RU 2016138709. 2016 Sept 30. Russian.
- Moscow Consensus on applying of stabilometry and biosteering for the footing reaction in practical health and research [Internet]. Moscow: P Kh Anokhin Science and research institute for normal physiology; c2017 [cited 2017 Jun 30]; 10 p. Available from: <http://moscowstabilometryconsensus.ru> Russian.
- Shishkina ES, Beyn BN. [Persistence dynamics of patients who suffered from ischemic stroke in carotid and vertebrobasilar territories]. *Medicinskij al'manah.* 2014; 33 (3): 45–9. Russian.
- Yastrebtseva IP. Patogenez formirovaniya narusheniy postural'nogo balansa pri insul'te i algoritm ikh korrektsii. In: *Il'inskikh NN, editor. Fundamental'nye nauki i praktika: sbornik nauchnykh trudov.* Tomsk: SSMU; 2010. 1 (4): 37. Russian.
- Skvortsov DV, Bulatova MA, Kovrazhkina EA, Suvorov Alu, Ivanova GE, Skvortsova VI. [A complex study of the movement biomechanics in patients with post-stroke hemiparesis]. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* 2012; 112 (6): 45–9. Russian.
- Pelenitsyna EM. Elektromiograficheskie kriterii effektivnosti primeneniya razlichnykh metodov lechebnoy fizkul'tury u bol'nykh s tserebral'nym insul'tom [dissertation]. Moscow: RSMU; 2004. Russian.