

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ТРЕНИНГА ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ГЕМИПАРЕЗОМ

Ястребцева И.П.^{1,2}, Манукян К.А.¹, Шумарина Е.Л.¹, Белова В.В.¹

¹ Ивановский государственный медицинский университет, Иваново, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Резюме

Улучшение ходьбы остается важнейшей задачей реабилитации, а эффективность ранее предложенных методов отработки двигательного навыка требует дальнейшего улучшения.

Цель работы — оценить результаты тренинга ходьбы по показателю «период опоры» в комплексной реабилитации пациентов с центральным гемипарезом в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта (ИИ), а также выявить факторы, сопутствующие улучшению походки.

Материал и методы. Обследовано 49 пациентов с центральным гемипарезом (легким и умеренным в стопе) в раннем восстановительном периоде ИИ. Больные были рандомизированы в основную группу из 28 человек и группу сравнения — 21 пациент. Больным основной группы дополнительно к стандартам оказания помощи применялся тренинг с визуальной биологической обратной связью (БОС) по «периоду опоры». Дважды проводилось функциональное тестирование, оценка биомеханических показателей ходьбы и регистрация поверхностной электромиограммы (ЭМГ) с мышц бедра и голени. Курс тренировок состоял из 10 занятий по 15 [10; 20] минут.

Результаты. Тренировки с использованием БОС у пациентов в раннем восстановительном периоде ИИ сопровождалось улучшением ходьбы и оптимизацией биомеханических показателей (периода опоры, длины цикла шага, двойной опоры, бокового отклонения стопы), а также нейрофизиологических — амплитуды ЭМГ с четырехглавой мышцы бедра.

Заключение. У пациентов с центральным гемипарезом в раннем восстановительном периоде ИИ тренинг ходьбы сопровождался ее улучшением одновременно с повышением динамической составляющей равновесия.

Ключевые слова: тренинг ходьбы; период опоры; биологическая обратная связь; гемипарез.

Для цитирования: Ястребцева И.П., Манукян К.А., Шумарина Е.Л., Белова В.В. Российский неврологический журнал. 2024;29(6):44–50. DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-6-44-50

Для корреспонденции: Yastrebtseva I.P., e-mail: ip.2007@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено без финансовой поддержки.

Информация об авторах

Ястребцева И.П., <https://orcid.org/0000-0002-3429-9640>; e-mail: ip.2007@mail.ru

Манукян К.А., <https://orcid.org/0009-0004-5163-3585>; e-mail: m.karine30@mail.ru

Шумарина Е.Л., <https://orcid.org/0009-0009-9760-8007>; e-mail: katiia11062001@mail.ru

Белова В.В., <https://orcid.org/0000-0003-4387-9433>; e-mail: ivoreab37@mail.ru

EFFECTIVENESS OF WALKING TRAINING IN PATIENTS WITH CENTRAL HEMIPARESIS

Yastrebtseva I.P.^{1,2}, Manukyan K.A.¹, Shumarina E.L.¹, Belova V.V.¹

¹ Ivanovo State Medical University, Ivanovo, Russia

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Abstract

Improving walking remains the most important goal of rehabilitation, and the effectiveness of previously proposed methods of practicing the motor skill requires further improvement.

The aim of the work is to evaluate the results of walking training according to «the period of support» in the comprehensive rehabilitation of patients with central hemiparesis in the early recovery period of ischemic stroke, as well as to identify factors concomitant with gait improvement.

Material and methods. 49 patients with central hemiparesis (mild and moderate in the foot) in the early recovery period of ischemic stroke were examined. The patients were randomized into the main group of 28 patients and the comparison group of 21 patients. The patients of the main group in addition to the standards of care were trained with visual biofeedback on the period of support. Functional testing, assessment of biomechanical indicators of walking and taking surface electromyograms from the thigh and lower leg muscles were performed twice. The training course consisted of 10 sessions of 15 [10; 20] minutes each.

Results. Training with the use of biofeedback in patients in the early recovery period of stroke was accompanied by improvement of walking as a daily activity and optimization of biomechanical indices of support period, step cycle length, double support, lateral deviation of the foot, as well as neurophysiological — EMG amplitude of EMG m. Quadriceps femoris.

Conclusion. In patients with central hemiparesis in the early recovery period of ischemic stroke, walking training was accompanied by its improvement simultaneously with an increase in the dynamic component of balance.

Key words: walking training; support period; biofeedback; hemiparesis.

For citation: Yastrebtseva I.P., Manukyan K.A., Shumarina E.L., Belova V.V. Effectiveness of walking training in patients with central hemiparesis. *Russian Neurological Journal (Rossijskij Nevrologicheskij Zhurnal)*. 2024;29(6):44–50. (In Russian). DOI 10.30629/2658-7947-2024-29-6-44-50

For correspondence: Yastrebtseva I.P., e-mail: ip.2007@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare there is no conflict of interest.

Acknowledgements. Funding. The study had no sponsorship.

Information about authors

Yastrebtseva I.P., <https://orcid.org/0000-0002-3429-9640>; e-mail: ip.2007@mail.ru

Manukyan K.A., <https://orcid.org/0009-0004-5163-3585>; e-mail: m.karine30@mail.ru

Shumarina E.L., <https://orcid.org/0009-0009-9760-8007>; e-mail: katal11062001@mail.ru

Belova V.V., <https://orcid.org/0000-0003-4387-9433>; e-mail: ivoreab37@mail.ru

Received 27.01.2024

Accepted 18.03.2024

Сокращения: БОС — биологическая обратная связь; БОСт — боковое отклонение стопы; ВПС — высота подъема стопы; ДО — двойная опора; ДЦШ — длина цикла шага; ИИ — ишемический инсульт; ПО — период опоры; ЭМГ — электромиограмма.

Введение. Функциональные ограничения после инсульта сопровождаются нарушением самостоятельной походки в результате изменения пространственно-временных характеристик двигательного акта. Отмечается снижение силы стопы паретичной конечности, и в процессе ходьбы может возникать асимметрия длины шага [1, 2]. Отклоняющееся перемещение центра массы тела способствует уменьшению положительной части работы, что увеличивает метаболические затраты на перенос ноги и снижается скорость ходьбы [3]. Поскольку показатель «период опоры» состоит из двух фаз двойной опоры и одной фазы одиночной опоры, анализ данных показателей для каждой нижней конечности позволяет оценить симметрию цикла шага [4]. Улучшение симметричности походки остается важной задачей реабилитации [1, 3]. Оптимизация отдельных двигательных функций не гарантирует восстановление целостного локомоторного акта ходьбы. Остается актуальным поиск путей улучшения ходьбы как повседневной активности.

При работе с пациентами широко и успешно используется биологическая обратная связь (БОС), которая позволяет предоставлять человеку информацию о физиологических показателях деятельности организма посредством визуальных, слуховых, тактильных сигналов или комбинации нескольких режимов [5, 6]. Режим обратной связи влияет на процессы двигательного обучения [5]. Задача пациента заключается в управлении сигналом обратной связи, сознательно регулируя заданный биомеханический параметр. Ранее проводились исследования с разнообразным применением БОС для отработки навыка ходьбы [5, 7]. Вопрос эффективности предлагаемых методов требует дальнейшей проработки. В процессе проведения тренинга ходьбы важно учитывать факторы, определяющие процесс ее восстановления. *Цель работы* — оценить результаты тренинга

ходьбы по показателю «период опоры» в комплексной реабилитации пациентов с центральным гемипарезом в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта (ИИ), а также выявить факторы, сопутствующие улучшению походки.

Материал и методы. Обследовано 49 пациентов с центральным гемипарезом (легким и умеренным в стопе) в раннем восстановительном периоде ИИ в среднем возрасте 54 [56,17 ± 10,97] года. Критериями включения были возраст от 36 до 75 лет, центральный гемипарез в раннем восстановительном периоде ИИ, функция силы мышц пораженной стопы по Шкале Комитета медицинских исследований (ШКМ) (Medical Research Council Scale) [8] от 4 до 3 баллов, а также отсутствие речевых, зрительных, выраженных когнитивных нарушений.

Больные были рандомизированы в основную группу и группу сравнения. Пациенты основной группы включали 28 человек в среднем возрасте 53,2 [48,8;63,5] лет. Группа сравнения включала 21 пациента в среднем возрасте 58 [46,0;65,5] лет. Все пациенты проходили реабилитацию согласно стандартам оказания помощи. Больным из основной группы дополнительно применялся тренинг с визуальной БОС по показателю «период опоры» (ПО). Тренировки реализовывались на беговой дорожке, с проекцией интерфейса программного обеспечения «Стэдис» (Нейрософт, Иваново), одновременной регистрацией биомеханических и электромиографических показателей с датчиков, закрепленных на нижних конечностях.

В первый и последний день курса реабилитации выполнялись тестирование двигательных функций по ШКМ, модифицированной шкале Ашфорта (Ashworth Scale of Musclic Spasticity), модифицированная Боханнон (Bohannon) и Смит (Smith) [9], тесту баланса при стоянии Bohannon R.W. (Standing Balance Bohannon R. W.) [10], шкале равновесия Берг (Berg Balance Scale) [11], двигательной активности (Индекс ходьбы Хаузера (Hauser Ambulation Index)) [12], индекс мобильности Ривермид (Rivermead Mobility Index) [13], самоопросник качества жизни EuroQol [14], эмоционального состояния и когнитивных функций (госпитальная шкала тревоги и депрессии, батарея лобных функций).

Показатели оценивались для дальнейшего анализа потенциальных факторов, определяющих восстановление и улучшение ходьбы.

В начале и конце курса реабилитации, а также перед каждой тренировкой с БОС производилась оценка биомеханических показателей. В работе представлены результаты показателей, демонстрирующих статистическую значимость а именно: длина цикла шага (ДЦШ, в см), период опоры (ПО, %), двойная опора (ДО, %), высота подъема стопы (ВПС, в см), боковое отклонение стопы (БОСт, в см). Одновременно осуществлялась регистрация максимальной амплитуды поверхностной электромиограммы (ЭМГ) с мышц бедра и голени в цикле шага.

После завершения диагностического блока получали протокол с пространственно-временными параметрами ходьбы, на основании которого проводилась тренировка с БОС, заключающаяся в передвижении больного на тредмиле в виртуальной среде. Пациенту предлагалось идти, удерживая равными два столба, отражающих показатель «периода опоры», что отражалось в автоматическом сборе расположенных вдоль дороги предметов (для формирования заинтересованности в проводимых игровых действиях и достижения лучших результатов с каждой последующей тренировкой). Курс состоял из 10 занятий, не менее 5 дней в неделю, продолжительностью 15 минут в начале курса и с увеличением до 20 минут к концу курса (рис. 1). Тренировка прекращалась, если пациент сообщал об усталости или его ПО уменьшался.

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием Statistica 12.0. В связи с ненормальным распределением полученных показателей по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка количественные значения представлены в виде медианы и интерквартильного размаха Me [25%;75%]. Для зависимых выборок (в начале и конце курса реабилитации) применялся непараметрический метод Вилкоксона, для независимых групп изучения между собой до и после курса реабилитации — Манна-Уитни. Для определения факторов, влияющих на восстановление ходьбы, проводился корреляционный анализ с расчетом коэффициента Спирмена и регрессионный анализ. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты. Пациенты основной группы и группы сравнения исходно, в начале курса реабилитации, были сопоставимы по степени двигательных нарушений ($p > 0,05$). Показатели двигательных функций (равновесия, силы и тонуса мышц) за курс реабилитации улучшились в обеих группах, а характеристики двигательной активности — только у лиц, получивших целенаправленный тренинг ходьбы (табл. 1). При выписке показатели функциональных тестов у пациентов основной и группы сравнения не различались.

Данные анализа биомеханических параметров ходьбы представлены в табл. 2. При сравнении биомеханических и нейрофизиологических показателей по критерию Манна-Уитни основной

группы и группы сравнения в пораженной конечности при поступлении, различия оказались статистически не значимыми, то есть группы были сопоставимыми. Аналогично различия не выявлены при сопоставлении данных показателей пораженной и контралатеральной стороны при выписке у пациентов основной группы. У пациентов основной группы статистически значимо по критерию Вилкоксона увеличилась ДЦШ с обеих сторон, а также уменьшился показатель «периода опоры» на контралатеральную конечность и двойной опоры с двух сторон. В день выписки показатель бокового отклонения стопы в контралатеральной нижней конечности у пациентов основной группы статистически значимо (по критерию Манна-Уитни) отличался от аналогичного группы сравнения, что отражало результативность целенаправленного тренинга.

Данные анализа ЭМГ представлены в табл. 3. При поступлении пациенты обеих групп были сопоставимы по изучаемым показателям ЭМГ. У больных основной группы амплитуда ЭМГ с m. Quadriceps femoris статистически значимо увеличилась на обеих конечностях ($p < 0,05$).

Для выделения факторов, потенциально влияющих на ходьбу, нами изучены показатели равновесия, когнитивные и эмоционально-волевые функции с проведением корреляционного анализа и подсчетом коэффициента Спирмена. По результатам выявленной сильной связи выполнен регрессионный анализ для определения факторов, влияющих на качество походки. Улучшение ходьбы отмечалось одновременно с повышением динамического равновесия (при сопоставлении результатов Индекса ходьбы Хаузера и Шкалы равновесия Берга -0,73, рис. 2). При оценке влияния когнитивных, эмоциональных нарушений, возрастных и гендерных характеристик пациентов на показатели ходьбы не получены сильные корреляционные связи.

Обсуждение. В ходе проведенных реабилитационных мероприятий у пациентов обеих групп



Рис. 1. Процесс тренинга навыка ходьбы на беговой дорожке
Fig. 1. The process of training the skill of walking on a treadmill

Таблица 1

Результаты функционального тестирования двигательных функций и возможностей в группах изучения

Инструмент оценки (тест)	Основная группа		Группа сравнения	
	поступление	Выписка	поступление	выписка
Индекс ходьбы Хаузера	3,0 [2,0;4,0]	2,0 [1,0;3,0]*	3,0 [2,0;4,0]	2,5 [1,5;3,25]
Индекс мобильности Ривермид	13,0 [11,75;14,0]	14,0 [13,0;14,0]*	13,0 [11,5;14,0]	14,0 [12,0;14,0]
Шкала равновесия Берга	48,0 [44,0;51,0]	53,0 [49,0;55,0]*	48,0 [44,5;52,0]	52,0 [49,0;54,5]*
Тест баланса при стоянии R.W.Bohannon	5,0 [3,0;4,75]	5,0 [4,0;5,25]*	5,0 [3,0;5,0]	5,0 [4,0;5,25]*
Самоопросник качества жизни EuroQoL	8,0 [4,5; 9,0]	6,0 [4,5;7,25]*	8,0 [5,0; 9,0]	6,0 [5,0;7,25]*
Шкала Комитета медицинских исследований	4,0 [3,0;4,0]	4,0 [4,0;5,0]*	4,0 [3,0;4,0]	4,0 [4,0;5,0]*
Модифицированная шкала Ашфорта	2,0 [2,0;2,0]	1,0 [1,0;2,0]*	2,0 [2,0;2,0]	1,0 [1,0;2,0]*

Примечание: * — $p < 0,05$ при сравнении двух зависимых выборок (пациенты одной группы при поступлении и выписке).

Table 1

Results of functional testing of motor functions and abilities in the study groups

Assessment Tool (Test)	Main group		Comparison group	
	Admission	Discharge	Admission	Discharge
Hauser Ambulation Index	3,0 [2,0;4,0]	2,0 [1,0;3,0]*	3,0 [2,0;4,0]	2,5 [1,5;3,25]
The Rivermead Mobility Index	13,0 [11,75;14,0]	14,0 [13,0;14,0]*	13,0 [11,5;14,0]	14,0 [12,0;14,0]
The Berg Balance Scale	48,0 [44,0;51,0]	53,0 [49,0;55,0]*	48,0 [44,5;52,0]	52,0 [49,0;54,5]*
Single limb stance R.W.Bohannon	5,0 [3,0;4,75]	5,0 [4,0;5,25]*	5,0 [3,0;5,0]	5,0 [4,0;5,25]*
The EuroQoL	8,0 [4,5; 9,0]	6,0 [4,5;7,25]*	8,0 [5,0; 9,0]	6,0 [5,0;7,25]*
Medical research council	4,0 [3,0;4,0]	4,0 [4,0;5,0]*	4,0 [3,0;4,0]	4,0 [4,0;5,0]*
Modified Ashworth Scale	2,0 [2,0;2,0]	1,0 [1,0;2,0]*	2,0 [2,0;2,0]	1,0 [1,0;2,0]*

Note: * — $p < 0,05$ when comparing two dependent samples (patients of the same group at admission and discharge).

Таблица 2

Биомеханические показатели ходьбы у пациентов основной группы и группы сравнения[#]

Показатель	Пациенты основной группы				Пациенты группы сравнения			
	Поступление		Выписка		Поступление		Выписка	
	ПС	КС	ПС	КС	ПС	КС	ПС	КС
ДЦШ (см)	65,5 [41,0;80,8]		74,0 [61,3;99,5]*		71,2 [67,0;91,0]		72,0 [53,0;91,0]	
ПО (%)	68,9 [66,2;70,8]	71,2 [68,7;74,7]	68,9 [65,9;69,8]	70,4 [67,6;71,9]*	68,2 [63,9;70,2]	70,7 [68,7;75,1]	68,2 [63,9;69,7]	70,6 [68,4;73,0]
ДО (%)	39,2 [35,1;44,2]	39,2 [36,5;43,0]	37,2 [33,6;40,2]*	37,4 [33,6;40,2]*	39,6 [35,4;42,0]	39,3 [34,1;42,1]	37,2 [33,9;41,3]	36,4 [30,4;41,8]
ВПС (см)	9,0 [7,0;11,0]	10,0 [9,0;10,0]	9,0 [7,0;11,0]	11,0 [9,0;12,0]	10,0 [7,5;11,5]	10,8 [9,0;12,8]	10,2 [7,3;12,1]	10,0 [7,3;12,8]
БОСт (см)	3,0 [2,0;4,0]	2,0 [2,0;3,0]	2,0 [2,0;5,0]	2,0 [2,0;3,0]**	3,2 [2,0;5,1]	2,2 [2,0;4,0]	4,2 [2,3;5,8]	2,5 [2,0;4,0]

Примечание: [#] — представлены только характеристики, изменившиеся статистически значимо за курс реабилитации, * — $p < 0,05$ при сравнении двух зависимых выборок (по сравнению показателей одной стороны до и после курса реабилитации), ** — результат $p < 0,05$ при сравнении двух независимых выборок (пациенты основной группы и группы сравнения при выписке), ПС — пораженная сторона, КС — контралатеральная сторона, ДЦШ — длина цикла шага, ПО — период опоры, ДО — двойная опора, ВПС — высота подъема стопы, БОСт — боковое отклонение стопы.

Table 2

Biomechanical parameters of walking in the patients of the main and comparison groups[#]

Indicator	Patients of the main group				Patients of the comparison group			
	Admission		Discharge		Admission		Discharge	
	AS	CS	AS	CS	AS	CS	AS	CS
SCL (sm)	65,5 [41,0;80,8]		74,0 [61,3;99,5]*		71,2 [67,0;91,0]		72,0 [53,0;91,0]	
SP (%)	68,9 [66,2;70,8]	71,2 [68,7;74,7]	68,9 [65,9;69,8]	70,4 [67,6;71,9]*	68,2 [63,9;70,2]	70,7 [68,7;75,1]	68,2 [63,9;69,7]	70,6 [68,4;73,0]
DS (%)	39,2 [35,1;44,2]	39,2 [36,5;43,0]	37,2 [33,6;40,2]*	37,4 [33,6;40,2]*	39,6 [35,4;42,0]	39,3 [34,1;42,1]	37,2 [33,9;41,3]	36,4 [30,4;41,8]
EF (sm)	9,0 [7,0;11,0]	10,0 [9,0;10,0]	9,0 [7,0;11,0]	11,0 [9,0;12,0]	10,0 [7,5;11,5]	10,8 [9,0;12,8]	10,2 [7,3;12,1]	10,0 [7,3;12,8]
LDF (sm)	3,0 [2,0;4,0]	2,0 [2,0;3,0]	2,0 [2,0;5,0]	2,0 [2,0;3,0]**	3,2 [2,0;5,1]	2,2 [2,0;4,0]	4,2 [2,3;5,8]	2,5 [2,0;4,0]

Note: [#] — only the characteristics that changed statistically significantly during the course of rehabilitation are presented. * — $p < 0,05$ when comparing two dependent samples (comparing the parameters of one side before and after the rehabilitation course), ** — result $p < 0,05$ when comparing two independent samples (patients of the main group and the comparison group at discharge), AS — affected side, CS — contralateral side, SCL — step cycle length, SP — support period, DS — double support, EF — elevation of the foot, LDF — lateral deviation of the foot.

улучшились двигательные функции (сила и тонус мышц, динамическое и статическое равновесие),

что можно объяснить прохождением всеми больными комплексной реабилитационной программы,

Таблица 3

Результаты электромиографии у пациентов основной группы и группы сравнения

Показатель амплитуды ЭМГ	Пациенты основной группы				Пациенты группы сравнения			
	Поступление		Выписка		Поступление		Выписка	
	ПС	КС	ПС	КС	ПС	КС	ПС	КС
m. Quadriceps femoris (мкВ)	62,3 [38,8; 86,2]	126,0 [80,9; 185,0]	88,6 [75,3; 110,8]*	131,4 [90,0; 195,0]*	79,8 [24,0; 160,0]	130,0 [66,0; 177,9]	90,5 [55,5; 162,5]	134,5 [71,6; 207,2]
m. Gastrocnemius lateralis (мкВ)	55,9 [42,0; 112,5]	88,0 [37,8; 175,1]	79,0 [60,3; 216,0]	143,5 [77,5; 259,3]	43,6 [34,3; 169,5]	97,4 [59,9; 179,3]	78,0 [38,1; 165,0]	114,0 [54,3; 187,7]

Примечание: # — приводятся только показатели, — имеющие статистически значимое изменение, * — $p < 0,05$ при сравнении двух зависимых выборок (по сравнению показателей одной стороны до и после курса реабилитации), ПС — пораженная сторона, КС — контралатеральная сторона.

Table 3

Electromyography results in the patients of the main and comparison groups

EMG amplitude index	Patients of the main group				Patients of the comparison group			
	Admission		Discharge		Admission		Discharge	
	AS	CS	AS	CS	AS	CS	AS	CS
m. Quadriceps femoris (mcV)	62,3 [38,8; 86,2]	126,0 [80,9; 185,0]	88,6 [75,3; 110,8]*	131,4 [90,0; 195,0]*	79,8 [24,0; 160,0]	130,0 [66,0; 177,9]	90,5 [55,5; 162,5]	134,5 [71,6; 207,2]
m. Gastrocnemius lateralis (mcV)	55,9 [42,0; 112,5]	88,0 [37,8; 175,1]	79,0 [60,3; 216,0]	143,5 [77,5; 259,3]	43,6 [34,3; 169,5]	97,4 [59,9; 179,3]	78,0 [38,1; 165,0]	114,0 [54,3; 187,7]

Note: # — only the indicators with statistically significant improvement are given here. * — $p < 0,05$ when comparing two dependent samples (comparing indices of one side before and after the rehabilitation course), AS — affected side, CS — contralateral side.

включающей в себя технологии двигательной реабилитации, в том числе лечебную физкультуру, механо-, физио- и эрготерапию. При этом повседневная двигательная активность улучшилась только у пациентов основной группы, что указывает

на результативность применения целенаправленного тренинга ходьбы с визуальной БОС.

Ранее проведенное исследование, в отличие от нашего, показывает положительное влияние БОС-тренировок на уменьшение спастичности мышц паретичной нижней конечности и состояние баланса [15]. Режим тренировок, составляющий пять дней в неделю, был аналогичен частоте их проведения в нашей работе, но продолжительность курса — больше и составила 4 недели. Возможно, именно в связи с более длительным курсом тренировок получена положительная динамика показателей мышечного тонуса и равновесия у аналогичной группы пациентов [15].

По результатам тестов Индекса ходьбы Хаузера и Индекса мобильности Ривермид нами получено существенное улучшение у пациентов основной группы, что отражало позитивное влияние целенаправленного тренинга на повседневную двигательную активность. По-видимому, полученный результат обусловлен целенаправленной работой над ходьбой пациентов, что позитивно сказалось на их повседневных возможностях. Такой результат соответствовал ранее полученным данным и других авторов (по Индексу ходьбы Хаузера [16]). Также у всех пациентов наблюдалось улучшение качества жизни на основании данных самоопросника качества жизни, что демонстрировало эффективность проводимой работы еще и с позиций пациента. По ранее опубликованным результатам тренировка ходьбы улучшала ее и, в некоторой степени, самообслуживание [17]. В подобных работах акцент часто делался на пространственно-временные биомеханические характеристики [18, 19]. В проведенной нами работе статистически значимо возрастала ДЦШ, что соответствует результатам других авторов [18].

Кроме того, по нашим данным уменьшался ПО на контралатеральную конечность, что отражало положительную динамику относительно

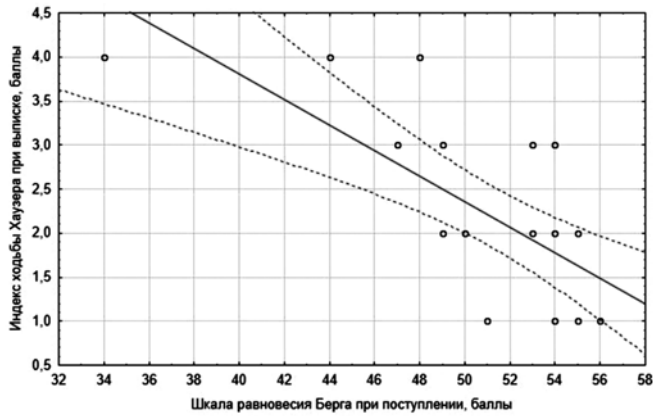


Рис. 2. Регрессионный анализ между Индексом ходьбы Хаузера и показателями Шкалы равновесия Берга

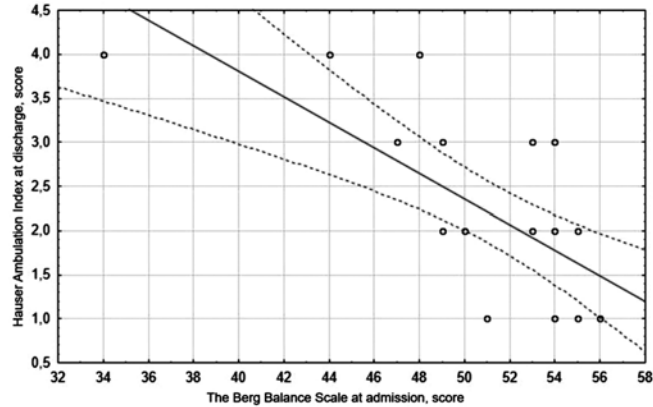


Image 2. Regression analysis between Hauser Walking Index and Berg Balance Scale scores

улучшения симметрии шага. Полученные результаты соответствовали ранее опубликованным данным [18]. По мнению авторов этой работы, такой результат повышения симметричности походки у больных в кратко- и долгосрочной перспективе 6-месячного периода наблюдения отмечался вне зависимости от использования БОС. Другие авторы указывают на позитивную роль как визуальной, так и слуховой обратной связи на биомеханику походки у лиц с инсультом [19].

По нашим данным, период ДО уменьшался с двух сторон у пациентов основной группы ($p < 0,05$). Подобные результаты у пациентов с инсультом были получены и ранее [16, 20].

При анализе нейрофизиологических данных в нашем исследовании амплитуда ЭМГ с m.Quadriceps femoris статистически значимо увеличилась на обеих конечностях, затрагивая, в первую очередь, интактную контралатеральную сторону. Ранее Д.В. Скворцов и соавт. в ходе аналогичной БОС-тренировки также отметили возрастание показателей максимальной амплитуды ЭМГ для икроножной мышцы, которые статистически отличались по сравнению с таким же значением в группе нормы как до, так и после курса реабилитации [9]. Существенное возрастание амплитуды ЭМГ мышц бедра исследователи не отметили, что несколько отличается от наших результатов и позволяет отметить полученные новые данные.

При определении факторов, влияющих на функцию ходьбы, мы выявили, что ходьба как повседневная активность улучшалась одновременно с повышением динамического равновесия. Улучшение последнего показателя явилось основой для этапного восстановления двигательных возможностей пациентов.

По нашим данным состояние когнитивных функций существенно не влияло на изучаемые двигательные показатели. Утверждать об отсутствии такой взаимосвязи на основании проведенной работы не представляется возможным в связи с отсутствием выраженного снижения когнитивных функций в изученной выборке больных (пациенты с грубыми речевыми и когнитивными нарушениями были исключены из исследования).

В ранее реализованном исследовании уже краткосрочная курсовая работа с применением тренинга с БОС длительностью в пять занятий позволила уменьшить эмоциональные расстройства согласно результатам Госпитальной шкалы тревоги и депрессии [21]. По нашим данным значимые эмоционально-волевые нарушения выявлены не были. Возможно в связи с этим и не было их существенного влияния на ходьбу. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

По нашим данным улучшение ходьбы в общей выборке существенно не коррелировало со скоростью ходьбы. По данным ранее опубликованных работ, с возрастанием пройденного расстояния и сокращением использования вспомогательных средств передвижения увеличивалась скорость ходьбы [18, 19].

Более высокая асимметрия походки при легкой степени пареза была отмечена ранее М. Drużbicki и соавт. при низкой скорости ходьбы [22]. Возможно, дальнейший углубленный анализ восстановления функций ходьбы, с учетом степени пареза мышц нижней конечности, позволит отметить особенности двигательных возможностей после церебральной катастрофы.

Заключение. У пациентов с центральным гемипарезом в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта на фоне комплексной реабилитации отмечалась положительная динамика двигательных функций и повышение показателей качества жизни. Тренировки с использованием БОС сопровождалось улучшением ходьбы как повседневной активности и отражались на биомеханических показателях (периода опоры, длины цикла шага, двойной опоры, бокового отклонения стопы), а также нейрофизиологических — амплитуды электромиограммы с Quadriceps femoris. У пациентов основной группы улучшение ходьбы отмечалось одновременно с повышением динамической составляющей равновесия.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено без финансовой поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Kaźmierczak K., Wareńczak-Pawlicka A., Miedzyblocki M., Lisiński P. Effect of Treadmill Training with Visual Biofeedback on Selected Gait Parameters in Subacute Hemiparetic Stroke Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(24):16925. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416925>
2. Roelker S.A., Bowden M.G., Kautz S.A., Neptune R.R. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review. *Gait Posture*. 2019;68:6–14. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.027>
3. Padmanabhan P., Rao K.S., Gulhar S., Cherry-Allen K.M. Persons post-stroke improve step length symmetry by walking asymmetrically. *J Neuroeng Rehabil*. 2020;17(1):105. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00732-z>
4. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Иваново: Стимул.1996;65-77. ISBN 5-86139-066-5. https://rehabrus.ru/Docs/kniga_Skvorcov_DV_Analiz_Pohodki.pdf?ysclid=ltmyj41bl425749104. Skvortsov D.V. Clinical analysis of movements. Analysis of gait. Ivanovo: Stimul.1996;65-77. (Russian). ISBN 5-86139-066-5. https://rehabrus.ru/Docs/kniga_Skvorcov_DV_Analiz_Pohodki.pdf?ysclid=ltmyj41bl425749104
5. Spencer J., Wolf S.L., Kesar T.M. Biofeedback for Post-stroke GAIT Retraining: A review of current evidence and future research directions in the context of emerging technologies. *Front Neurol*. 2021;12:1-12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.637199>
6. Liu J., Kim H.B., Wolf S.L., Kesar T.M. Comparison of the immediate effects of Audio, Visual, or Audiovisual GAIT biofeedback on propulsive force generation in Able-Bodied and Post-stroke individuals. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2020;45(3):211–220. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09464-1>
7. Нигаматьянов Н.Р., Цыкунов М.Б., Иванова Г.Е., Лукьянов В.И. Эффективность тренировки с биологической обратной связью по опорной реакции при дефектах осанки у детей. *Вестник Ивановской медицинской академии*. 2017; 22(2). 21-25. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-trenirovki-s-biologicheskoy-obratnoy-svyazyu-po-opornoy-reaktsii-pri-defektah-osanki-u-detey/viewer>

- Nigamadianov N.R., Tsykunov M.B., Ivanova G.E., Lukianov V.I. The effectiveness of training with biological feed back by supporting reaction in posture defects in children. *Bulletin of Ivanovo Medical Academy*. 2017;22(2):21–25.(Russian). <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-trenirovki-s-biologicheskoy-obratnoy-svyazyu-po-opornoy-reaktsii-pri-defektah-osanki-u-detey/viewer>.
8. Van der Ploeg R.J., Oosterhuis H.J., Reuvekamp J. Measuring muscle strength. *J Neurol*. 1984;231(4):200–203. <https://doi.org/10.1007/BF00313939>
9. Bohannon R.W., Smith M.B. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. Feb;1987;67(2):206–207. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.206>
10. Bohannon R.W. Objective measures. *Phys Ther*. 1989;69(7):590–593. <https://doi.org/10.1093/ptj/69.7.590>
11. Berg K., WoodDauphine S., Williams J., Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *PhysiotherCan*. 1989;41(6):304–311. <https://doi.org/10.3138/ptc.41.6.304>
12. Hauser S.L., Dawson D.M., Lehigh J.R., Beal M.F., Kevy S.V., Propper R.D., Mills J.A., Weiner H.L. Intensive immunosuppression in progressive multiple sclerosis. A randomized, three-arm study of high-dose intravenous cyclophosphamide, plasma exchange, and ACTH. *N Engl J Med*. 1983;308(4):173–180. <https://doi.org/10.1056/NEJM198301273080401>
13. Collen F.M., Wade D.T., Robb G.F., Bradshaw C.M. The Rivermead Mobility Index: a further development of the Rivermead Motor Assessment. *Int Disabil Stud*. 1991;13(2):50–54. <https://doi.org/10.3109/03790799109166684>
14. Williams A. EuroQol: a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health Policy*. 1990.16(3):199–208. [https://doi.org/10.1016/0168-8510\(90\)90421-9](https://doi.org/10.1016/0168-8510(90)90421-9)
15. Mańdziuk M., Krawczyk-Suszek M., Maciejewski R., Bednarski J., Kotyra A., Cyganik W. The Application of Biological Feedback in the Rehabilitation of Patients after Ischemic Stroke. *Sensors (Basel)*. 2022;22(5):1769. <https://doi.org/10.3390/s22051769>
16. Скворцов Д.В., Кауркин С.Н., Иванова Г.Е., Поляев Б.Б., Булатова М.А. Целенаправленная тренировка ходьбы в раннем восстановительном периоде у больных с церебральным инсультом (предварительное исследование). *Клиническая практика*. 2021;12(4):12–22. <https://doi.org/10.17816/clinpract77334>
- Skvortsov D.V., Kaurkin S.N., Ivanova G.E., Polyayev B.B., Bulatova M.A. Targeted Walking Training of Patients in the Early Recovery Period of Cerebral Stroke (Preliminary Research). *Journal of Clinical Practice*. 2021;12(4):12–22 (Russian). <https://doi.org/10.17816/clinpract77334>
17. Peurala S.H., Karttunen A.H., Sjögren T., Paltamaa J., Heinen A. Evidence for the effectiveness of walking training on walking and self-care after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2014;46(5):387–399. <https://doi.org/10.2340/16501977-1805>
18. Druzbicki M., Guzik A., Przysada G., Kwolek A., Brzozowska-Magoń A., Sobolewski M. Changes in Gait Symmetry After Training on a Treadmill with Biofeedback in Chronic Stroke Patients: A 6-Month Follow-Up From a Randomized Controlled Trial. *Med Sci Monit*. 2016;22:4859–4868. <https://doi.org/10.12659/msm.898420>
19. Bishnoi A., Shankar M., Lee R., Yang H., Hernandez M.E. Effects of therapeutic intervention on spatiotemporal GAIT parameters in adults with neurologic Disorder: systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2023;104(3):451–474. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.06.003>
20. Hyun S.J., Liu J., Lee B.H. The Effects of Sit-to-Stand Training Combined with Real-Time Visual Feedback on Strength, Balance, Gait Ability, and Quality of Life in Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(22):12229. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212229>
21. Zaborova V., Fesyun A., Gurevich K., Oranskaya A., Rylsky A., Kryuchkova K., Malakhovskiy V., Shestakov D. Changes in kinesistabilogram parameters and movement speed of stroke patients while increasing their physical activity due to the use of biofeedback method. *Eur J Transl Myol*. 2021;31(4). <https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9360>
22. Mizuta N., Hasui N., Nakatani T., Takamura Y., Fujii Sh., Tsutsumi M., Taguchi J., Morioka Sh. Walking characteristics including mild motor paralysis and slow walking speed in post-stroke patients. *Sci Rep*. 2020;10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68905-3>