

## БОС-СТАБИЛОМЕТРИЯ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ-КОЛЯСОЧНИКОВ

УДК 616-08; 616.8

<sup>1,2</sup>Силина Е.В., <sup>1,3</sup>Комаров А.Н., <sup>2</sup>Шалыгин В.С., <sup>1,3</sup>Ковражкина Е.А., <sup>1</sup>Трофимова А.К., <sup>1</sup>Бикташева Р.М., <sup>3</sup>Школина Л.А., <sup>3</sup>Никитина Е.А., <sup>1,2</sup>Петухов Н.И., <sup>1,2</sup>Степочкина Н.Д., <sup>1,2</sup>Полушкин А.А., <sup>1</sup>Кезина Л.П., <sup>1,3</sup>Иванова Г.Е.

<sup>1</sup>ОАО «Реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление», г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>3</sup>ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова», Москва, Россия

## BIOFEEDBACK STABILOMETRY FOR WHEELCHAIR USERS

<sup>1,2</sup>Silina E.V., <sup>1,3</sup>Komarov A.N., <sup>2</sup>Shalyigin V.S., <sup>1,3</sup>Kovrazhkina E.A., <sup>1</sup>Trofimova A.K., <sup>1</sup>Bictasheva R.M., <sup>3</sup>Shkolina L.A., <sup>3</sup>Nikitina E.A., <sup>1,2</sup>Stepochkina N.D., <sup>1,2</sup>Petuhov N.I., <sup>1,2</sup>Polushkin A.A., <sup>1</sup>Kezina L.P., <sup>1,3</sup>Ivanova G.E.

<sup>1</sup>Rehabilitation Center for Persons with Disabilities "Preodolenie", Moscow, Russia

<sup>2</sup>Medical University «First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov» Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Russian National Research Medical University n.a. N.I. Pirogov», Moscow, Russia

### Введение

Как известно, в поддержании баланса активно участвуют опорно-двигательная, центральная и периферическая нервная система. Из органов чувств за поддержание равновесия ответственны проприорецептивная и зрительная системы. Важную роль в этом физиологическом феномене играет также и вестибулярный аппарат. Для исследования функций организма, связанных с поддержанием равновесия, опоры и координации в клинической медицине применяется метод стабилόμεрии, позволяющий в динамике в цифровом выражении охарактеризовать баланс, зарегистрировать проекции общего центра массы тела на плоскость опоры и его колебаний.

В последние годы большое распространение приобретает реабилитационный метод БОС-стабилόμεрия, позволяющий обучить пациента произвольному перемещению центра тяжести с различной амплитудой, скоростью, степенью точности и направления движения без потери равновесия посредством поиска и оптимизации двигательной стратегии и тренировки двигательного навыка [1,2]. За счет включения в процесс реабилитации баланса органов чувств (зрение, слух и т.д.) и активации соматосенсорной системы БОС-стабилόμεрия позволяет восстановить функции равновесия, опоры, движения и координации. Используемые реабилитационные программы БОС-стабило можно условно разделить на тренинг стратегии произвольного управления центром тяжести, обучение точной вертикально-позовой координации; а также на тренинг статической или динамической устойчивости. При этом большинство программ являются смешанными.

Компьютерная БОС-стабилόμεрия широко используются в клинической практике при различных заболеваниях, при состояниях, сопровождающихся вести-

булярными нарушениями, снижением мышечной силы, в том числе нижних конечностей, в геронтологии, то есть в тех нозологиях, которые вызывают статическую и динамическую нестабильность и, как следствие, снижение качества жизни, опасность падения и травмы [3,4]. Данная реабилитационная методика доказала свою эффективность в ортопедии и неврологии [5,6], в том числе для диагностики и реабилитации постуральных нарушений и функции ходьбы у больных рассеянным склерозом [7], церебральным инсультом [8,9,10]. Однако эти методики применимы для вертикализованных пациентов, имеющих самостоятельную опорную функцию нижних конечностей, позволяющую стоять с опорой или без. Маломобильные группы инвалидов, передвигающиеся на инвалидном кресле, лишены в большинстве случаев возможности реабилитации на данных эффективных аппаратных комплексах. Поэтому поисковые работы в данном направлении являются новыми и актуальными.

**Цель исследования:** оценить эффективность комплексной реабилитации с включением аппарата БОС МБН-Парастобило у инвалидов, перенесших спинальную травму и больных детским церебральным параличом (ДЦП).

### Материалы и методы

Проведено обследование и лечение 43 инвалидов I-II групп в возрасте 20 до 47 лет, в том числе 26 (60,5%) женщин и 17 (39,5%) мужчин, передвигающихся с помощью кресла-коляски самостоятельно. Причиной инвалидизации 33 (76,7%) человек была травматическая болезнь спинного мозга (ТБСМ) продолжительностью от 9 месяцев до 10 лет. Травму шейного (С) отдела позвоночника была у 8 (18,6%), грудного (Т) – у 25 (55,8%) инвалидов. 10 пациентов (23,3%) страдали детским церебральным параличом (таб.1).

При оценке функционального статуса по индексу мобильности Ривермид установлено, что пациенты с ТБСМ имели 3-4 балла, с ДЦП – от 3 до 6 баллов.

Все пациенты были госпитализированы в реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление» с целью прохождения 30-дневного курса комплексной мультидисциплинарной медико-социальной реабилитации, включающей кинезо- и гидрокинезотерапию, механотерапию, физиотерапию, эрготерапию, а также психологическую и многокомпонентную социальную реабилитацию. Компьютерные БОС-стабило тренировки проводили на адаптированной для маломобильных групп населения (параплегиков) на модификации аппарата МБН-Стабило – МБН-Парастабило (ООО «Научно-Медицинская Фирма МБН», Россия), интегрированной в кресло. Для БОС коррекции равновесия и стабильности использовали тренажеры «Пчела» и «Стрелок», при этом продолжительность каждого ежедневного занятия балансотерапии составляла 15 минут. До и после БОС-тренинга осуществляли 20-секундное тестирование с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ) с анализом следующих основных стабилметрических показателей: 1. коэффициент Ромберга (КР) – отношение площади статокинезиограммы при ЗГ к одноименному показателю при ОГ, измеряемый в процентах; 2. скорость отклонения центра давления (СОЦД) при ОГ и ЗГ, мм/с; 3. площадь статокинезиограммы (ПСК) при ОГ и ЗГ, измеряемой в мм<sup>2</sup>; 4. Стабильность (Стаб, %) при ОГ и ЗГ. Поскольку курс балансотерапии был индивидуальным, количество занятий варьировало от 7 до 20, для унификации полученных результатов проводили трехкратную оценку динамики стабилограммы на 1-е, 5-е занятие и в конце курса.

**Статистическая обработка** материалов исследования проведена с использованием программного обеспечения SPSS 15.0. по общепринятым методикам. Различия считались значимыми при уровне ошибки  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение**

В ходе исследования стабилметрии выявлены различия в механизмах удержания равновесия раз-

ных групп пациентов. Так, коэффициент Ромберга при шейной травме был минимальным, в то время как при грудной травме и ДЦП данный показатель был соответственно в 3,7 раза и 2,6 раза выше ( $p < 0,05$ ), что говорит о более значимой роли зрительного анализатора в процессе удержания равновесия пациентов с грудным уровнем спинальной травмы и при ДЦП. При этом максимально выраженной сенсетивная атаксия была в группе ДЦП, что подтверждалось наивысшими показателями площади статокинезиограммы при закрытых глазах. Зарегистрирована тенденция разнонаправленности скорости отклонения ЦД: при шейной травме она была выше при открытых глазах, в остальных случаях – при открытых. При этом зарегистрировано недостоверное различие по показателю СОЦД ЗГ пациентов с шейным уровнем травмы от групп пациентов с грудным уровнем травмы и с ДЦП, что говорит о большей двигательной вариации последних. Показатель стабильности был на высоком уровне и в среднем был выше 95%. Это связано с тем, что в отличие от традиционной стабилметрии, при которой пациент находится вертикальном положении, на данном аппарате разгрузка массы тела и дополнительные точки опоры.

По окончании первого БОС стабилотренинга коэффициент Ромберга достоверно повысился в 2,0 раза у пациентов с ТБСМ на шейном уровне и понизился у пациентов с ТБСМ на грудном уровне в 1,4 раза, при ДЦП – в 1,3 раза за счет соответствующих изменений показателей площади статокинезиограммы. При всех формах патологии повысилась ПСК ОГ как результат нагрузки, а наивысшие значения данного показателя зарегистрированы при ДЦП, что связано с гиперкинезами. Показатель стабильности не изменялся при грудном уровне травмы, при шейном – отличался тенденцией к повышению при ОГ и снижению при ЗГ, а при ДЦП, наоборот, к повышению при ЗГ и снижению при ОГ (табл.2).

В ходе исследования установлен постепенный регресс коэффициента Ромберга, оцененного до начала каждого БОС-тренинга, в среднем со 121,9% до 76,5% ( $p < 0,05$ ), что является подтверждением улучшения поддержки баланса инвалидов-колясочников за счет зрительно-моторных связей, активированных в процессе комплексной реабилитации.

Показатель скорость отклонения ЦД незначимо увеличивался к 5-му занятию, что является результатом активации реакции контроля баланса тела и механических колебаний. К моменту окончания курса БОС-парастабило данный показатель регрессировал в среднем на 30% до 9,6 мм/с при ОГ и 9,3 мм/с при ЗГ, демонстрируя тем самым стабильность (рис.2).

Это также подтверждается значимой регрессирующей динамикой площади статокинезиограммы, которая после 1-го тренинга достоверно возросла преимущественно у пациентов с шейным уровнем травмы и ДЦП, недостоверно увеличилась после 5 занятия и уменьшилась после заключительного БОС – тренинга. В среднем данный показатель уменьшился в 2,5 раза при ОГ и ЗГ ( $p < 0,05$ ). Это говорит об активации роли проприоцептивной системы в процессе поддержания равновесия, в положении сидя (рис.3).

**Таблица 1.** Распределение больных по полу и причине инвалидизации

Причина инвалидности	Стат. хар-ка	Пол		Итого
		муж	жен	
ТБСМ (С)	Абс.	7	1	8
	% диагноз	87,5%	12,5%	100,0%
	% пол	41,2%	3,8%	18,6%
ТБСМ (Т)	Абс.	6	19	25
	% диагноз	24,0%	76,0%	100,0%
	% пол	35,3%	73,1%	55,8%
ДЦП	Абс.	4	6	10
	% диагноз	40%	60%	100,0%
	% пол	23,5%	23,1%	23,3%
Итого	Абс.	17	26	43
	%	39,5%	60,5%	100,0%

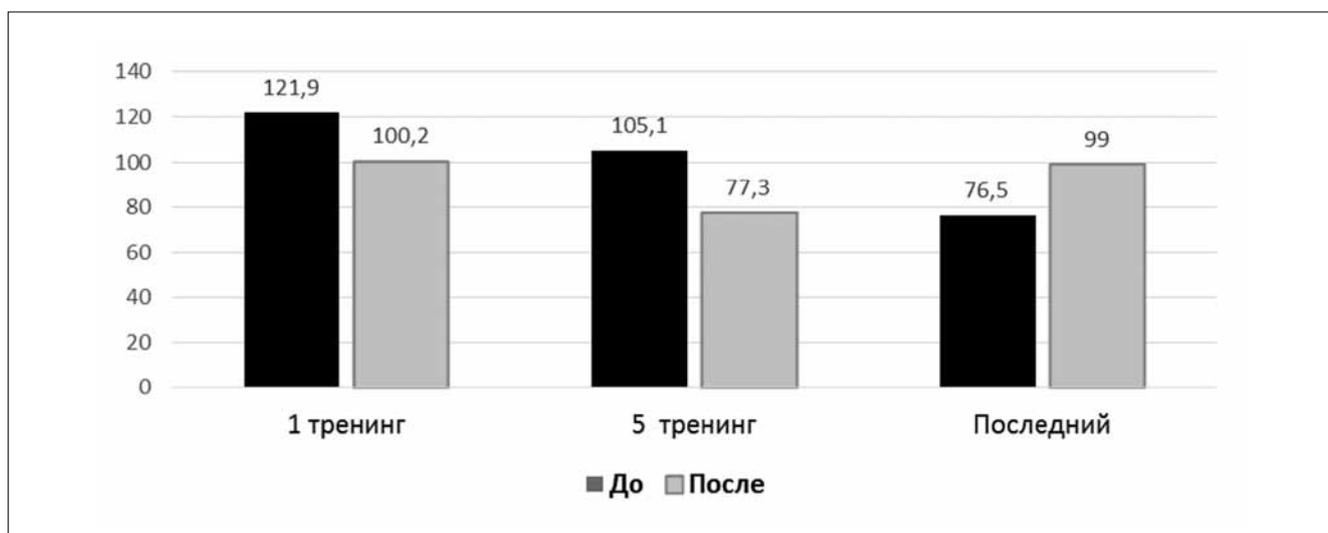
**Таблица 2.** Стабилометрические показатели у инвалидов разных групп до и после первого БОС тренинга на адаптированной стабилотформе МБН-Парастабилло.

	Показатель	1.ТБСМ (С) (n=8)	2.ТБСМ (Т) (n=25)	3.ДЦП (n=10)	р
<b>До</b>	<b>КР, %</b>	46,5	170,6	122,3	1/2
		10,1/87,7	85,8/272,1	78,4/206,1	1/3
	<b>СОЦД ОГ, мм/с</b>	9,6	13,4	11,2	
		8,9/14,5	8,9/22,5	7,2/42,4	
	<b>СОЦД ЗГ, мм/с</b>	8,1	14,0	13,8	
		7,6/8,9	8,0/22,3	7,6/34,4	
	<b>ПСК ОГ, мм<sup>2</sup></b>	45,5	19,8	17,1	
		4,8/76,3	8,9/36,6	9,8/258,3	
	<b>ПСК ЗГ, мм<sup>2</sup></b>	17,9	27,4	39,8	1/3
		4,6/25,6	13,9/49,2	11,9/102,7	
	<b>Стаб ОГ</b>	92,3	96,5	96,0	
		87,8/98,2	94,6/98,0	87,2/97,6	
	<b>Стаб ЗГ</b>	96,8	95,1	95,4	
		96,5/98,6	91,9/97,3	91,4/96,2	
<b>После</b>	<b>КР, %</b>	93,9 *	122,2 *	90,6 *	2/3
		41,1/152,6	47,7/273,5	5,8/100,2	
	<b>СОЦД ОГ, мм/с</b>	12,9	12,5	16,5	
		8,5/12,9	7,1/23,0	10,9/42,6	
	<b>СОЦД ЗГ, мм/с</b>	8,8	13,7	13,9	
		7,3/12,8	7,6/27,1	6,7/32,8	
	<b>ПСК ОГ, мм<sup>2</sup></b>	94,3*	24,7	234,2 *	2/3
		3,1/107,3	5,7/87,8	109,9/336,3	1/3
	<b>ПСК ЗГ, мм<sup>2</sup></b>	18,9	23,4	119,2 *	
		10,9/143,8	15,3/61,5	10,4/293,6	
	<b>Стаб ОГ</b>	90,9	96,0	87,7	2/3
		90,1/98,5	91,5/97,2	83,0/89,6	
	<b>Стаб ЗГ</b>	92,7	95,4	91,9	
		89,0/97,1	93,8/97,1	85,6/97,8	

Статистические показатели представлены в виде медианы и 25%/75% перцентилей.

\* – достоверное отличие показателя при  $p < 0,05$  до и после БОС тренинга в одной группе.

1/2 – достоверное отличие показателя при  $p < 0,05$  в группе ТБСМ (С) и ТБСМ (Т); 1/3 – ТБСМ (С) и ДЦП; 2/3 – ТБСМ (Т) и ДЦП (критерий Манна-Уитни).

**Рис. 1.** Динамика коэффициента Ромберга.

Результатом стал рост показателя общей стабильности в динамике до 97,5% при ОГ и 96,6% при ЗГ. Важно отметить, что после 7 занятия практически у всех пациентов БОС тренинг приводил к улучшению данного показателя сразу после занятия, чего не было в первые 5 тренировок (рис.4).

Это является свидетельством результата адаптации системы контроля с одной стороны и проприорецепции с другой.

Результатом комплексной реабилитации стало улучшение функционального состояния по индексу мобильности Ривермид у 18 (41,9%) инвалидов, 67,4% (29 цело-

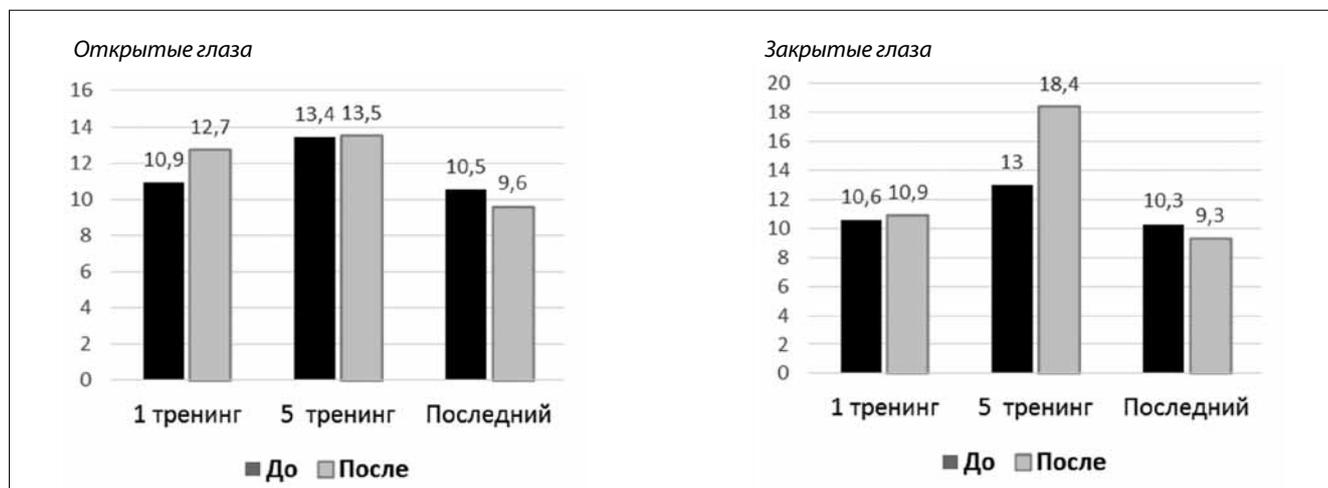


Рис. 2. Динамика показателя скорости отклонения центра давления.

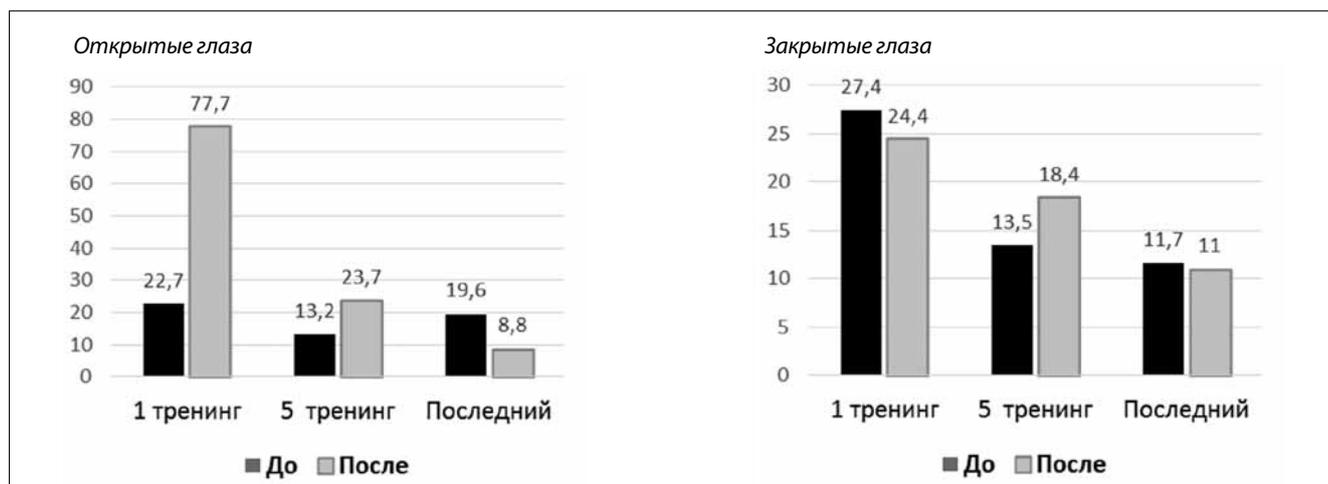


Рис. 3. Динамика площади статокинезиограммы.

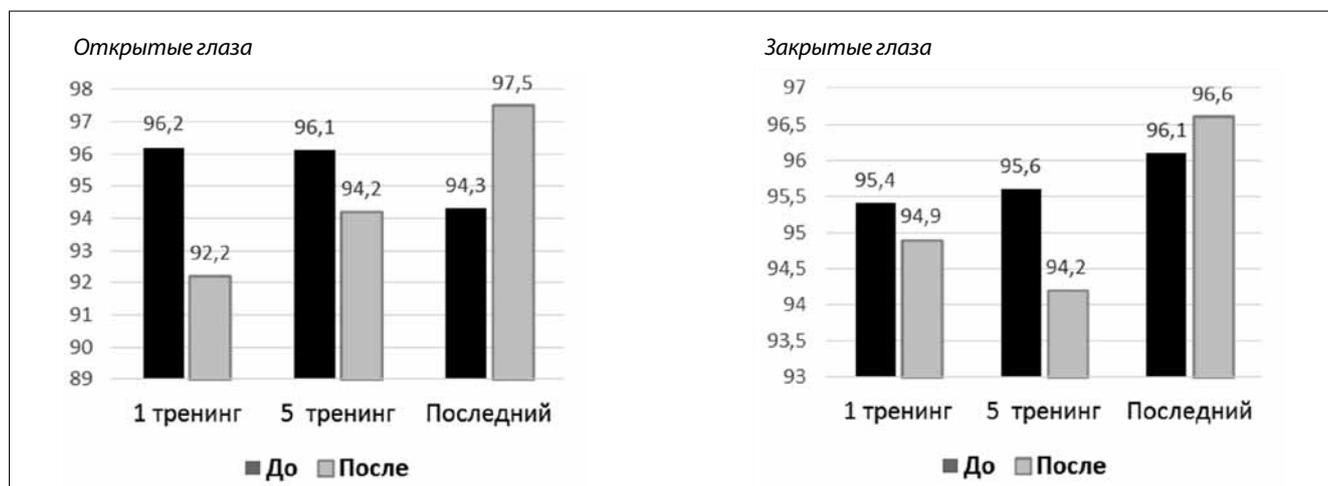


Рис. 4. Динамика показателя общей стабильности.

век) расширили навыки самообслуживания (одевание, личная гигиена и т.д.), что позволяет улучшить реинтеграцию инвалидов в социум.

#### Заключение

Таким образом, проведенное исследование показало эффективность комплексной реабилитации с включением

аппарата БОС МБН – Парастабилло («Научно-Медицинская Фирма МБН», Россия) у инвалидов-колясочников, перенесших спинальную травму и больных ДЦП, у которых удалось значительно улучшить функции равновесия, опоры и координации в положении сидя, расширить навыки самообслуживания и улучшить функциональное состояние.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сковрцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. / М.: Т.М. Андреева, 2007 – 640 с.
2. Jancova J. Measuring the balance control system-review. Acta Medica (Hradec Kralove). 2008;51(3):129-37.
3. Brouwer B, Musselman K, Culham E. Physical function and health status among seniors with and without fear of falling. Gerontology 2004;50:135-14
4. Cumming RG, Saltkeld G, Thomas M, et al. Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 Scores, and nursing and home admission. Journal of Gerontology in Medical Science 2000; 55A: M229-M305.
5. Батышева Т. Т., Сковрцов Д. В., Труханов А. И. Современные технологии диагностики и реабилитации в неврологии и ортопедии. М.: Медика, 2005 – 244 с.
6. Сковрцова В.И., Иванова Г.Е., Сковрцов Д.В., Климов Л.В. Оценка постральной функции в клинической практике. / ЛФК и массаж, 2013.-N 6.-С.8-15.
7. Захаров А.В., Власов Я.В., Повереннова И.Е., Хивинцева Е.В., Антипов О.И. Особенности постральных нарушений у больных рассеянным склерозом / Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова. Рассеянный склероз, 2014.-N 2.-С.55-58.
8. Проккопенко С.В., Ондар В.С., Аброськина М.В. Синдром центрального гемипареза и нарушение равновесия. / Вестник восстановительной медицины, 2012.-N 5.-С.23-28.
9. Романова М.В., Исакова Е.В., Котов С.В., Кубряк О.В., Гроховский С.С. Стабилметрический мониторинг вертикальной устойчивости пациентов после инсульта. / Клиническая геронтология, 2013.-N 9.-С.3-7.
10. Сковрцова В.И., Иванова Г.Е., Климов Л.В., Сковрцов Д.В. Тестирование баланса в вертикальном положении и функции ходьбы у больных с церебральным инсультом / Вестник восстановительной медицины, 2012.-N 6.-С.22-26.

#### REFERENCES:

1. Skvortsov D.V. Diagnosis of motor pathology instrumental methods: gait analysis, stabilometry. / M.: TM Andreeva, 2007 - 640 p.
2. Jancova J. Measuring the balance control system-review. Acta Medica (Hradec Kralove). 2008, 51 (3): 129-37.
3. Brouwer B, Musselman K, Culham E. Physical function and health status among seniors with and without fear of falling. Gerontology 2004; 50: 135-14
4. Cumming RG, Saltkeld G, Thomas M, et al. Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 Scores, and nursing and home admission. Journal of Gerontology in Medical Science 2000; 55A: M229-M305.
5. Batysheva T.T., Skvortsov D.V., Truhanov A.I. Modern technologies of diagnostics and rehabilitation in neurology and orthopedics. M.: Medica, 2005 - 244 p.
6. Skvortsova V.I., Ivanova G.E., Skvortsov D.V., Klimov L.V. Evaluation postural function in clinical practice. / Exercise therapy and massage, 2013.-N 6.-P.8-15.
7. Zakharov A.V., Vlasov Y.V., Poverennova I.E., Hivintseva E.V., Antipov O.I. Features of postural disorders in patients with multiple sclerosis / Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakov. Multiple sclerosis, 2014.-N 2.-P.55-58.
8. Prokopenko S.V., Ondar V.S., Abros'kina M.V. Syndrome central hemiparesis and impaired balance. / Bulletin of regenerative medicine, 2012.-N 5.- P.23-28.
9. Romanov M.V., Isakova E.V., Kotov S.V., Kubryak O.V., Grokhovsky S.S. Stabilometric vertical stability monitoring of patients after a stroke. / Clinical Gerontology, 2013.-N 9.-P.3-7.
10. Skvortsova V.I., Ivanova G.E., Klimov L.V., Skvortsov D.V. Testing balance upright and walking function in patients with cerebral stroke / Bulletin of regenerative medicine, 2012.-N 6.-P.22-26.

#### РЕЗЮМЕ

Проведено пилотное исследование, целью которого была оценка эффективности комплексной реабилитации с включением аппарата БОС МБН – Парастабилло у инвалидов, передвигающихся с помощью кресла-коляски. Включенные в исследование 43 пациента в возрасте 20 до 47 лет с травматической болезнью спинного мозга шейного и грудного отделов (n = 33) и детским церебральным параличом (n = 10) были госпитализированы в Реабилитационный центр для инвалидов «Преодоление» для прохождения 30-дневного курса комплексной реабилитации, включающей кинезо- и гидрокинезотерапию, механотерапию, физиотерапию, эрготерапию, а также психологическую и социальную реабилитации. Компьютерные БОС-стабл тренировки проводили на адаптированной для маломобильных групп населения (параплегиков) на аппарате МБН-Парастабилло, интегрированной в кресло. До и после индивидуального БОС-тренинга балансотерапии, проводимой в течении 10-15 минут, осуществляли 20-секундное тестирование с открытыми (ОГ) и закрытыми глазами (ЗГ) с анализом стабилметрических показателей: 1. коэффициент Ромберга – отношение площади статокинезиограммы при ЗГ к одноименному показателю при ОГ; 2. скорость отклонения центра давления при ОГ и ЗГ; 3. площадь статокинезиограммы при ОГ и ЗГ; 4. Стабильность при ОГ и ЗГ.

Создана новая методика БОС-стабл реабилитации для маломобильных групп населения, имеющих ограничения прямохождения, в том числе для инвалидов с параплегией. Выявлены различия в механизмах удержания равновесия разных групп пациентов. Показана эффективность (в т.ч. цифровая) комплексной реабилитации с включением аппарата БОС МБН-Парастабилло у инвалидов, у которых удалось значительно улучшить функции равновесия, опоры и координации в положении сидя и расширить навыки самообслуживания, что позволяет улучшить реинтеграцию инвалидов в социум.

**Ключевые слова:** стабилметрия, биологическая обратная связь (БОС), балансотерапия, БОС-стабило, травма спинного мозга, шейная травма, грудная травма, детский церебральный паралич, плегия, параплегия, реабилитация.

**ABSTRACT**

Aim of this study was to assess the effectiveness of comprehensive rehabilitation to include biofeedback machine MBN-Parastobilo in wheelchair. The pilot study consists of 43 disabled people aged 20-47 years with cervical and thoracic traumatic spinal cord injury (n = 33) and infantile cerebral paralysis (n = 10), which were hospitalized to the rehabilitation center «Preodolenie» for passage of a 30-day course of comprehensive rehabilitation. Computer Stabia biofeedback training was performed on adapted for people with limited mobility (paraplegics) on the unit MBN-Parastabilo, integration into a chair. Before and after the individual biofeedback training balansoterapii conducted for 10-15 minutes, carried out in 20-second test with open (OE) and closed eyes (CE) with the analysis stabilometric indicators: 1. Romberg's factor – ratio of the tatokineziogrammy area OE to the same indicator at CE; 2. speed deviation of center of pressure at OE and CE; 3. area statokineziogrammy at OE and CE; 4 Stability at OE and CE.

A new method was created and its efficiency. The differences in the mechanisms of retention equilibrium of different groups of patients. The effectiveness of comprehensive rehabilitation to include biofeedback machine MBN – Parastobilo in wheelchair, who managed to significantly improve balance function, support and coordination in the sitting position and expand the skills of self thereby improving renitegratsiyu disabled into society.

**Keywords:** stabilometry, biofeedback (BFB), balansoterapiya, BFB-stabilo, spinal cord injury, neck injury, thoracic trauma, cerebral palsyspinal, plegia, paraplegia, rehabilitation.

---

**Контакты:**

**Силина Екатерина Владимировна.** E-mail: silinaekaterina@mail.ru

---