

# Технологии биологической обратной связи в коррекции постинсультных нарушений мышечного тонуса и мышечной силы: открытое рандомизированное контролируемое проспективное исследование

М. С. Филиппов<sup>1</sup>, И. В. Погонченкова<sup>1</sup>, Е. В. Костенко<sup>1,2</sup>, А. М. Щикота<sup>1</sup>, Л. В. Петрова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГАУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С. И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Пироговский университет), Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Нарушения стато-локомоторной функции после перенесенного ишемического инсульта (ИИ) связаны с ухудшением качества жизни пациентов и увеличением риска преждевременной смертности.

**Цель.** Оценить влияние функциональной электростимуляции (ФЭС) и компьютерного стабилометрического тренинга с биологической обратной связью (БОС) на восстановление мышечной силы и мышечного тонуса у пациентов в резидуальном периоде ИИ.

**Материалы и методы.** Обследовано 160 пациентов с гемипарезами легкой (57,5%) и умеренной степени (42,5%) в резидуальном периоде ИИ, рандомизированных на 4 равные группы (n=40) в зависимости от реабилитационного воздействия: 1-я группа применения программируемой ФЭС, 2-я группа – с использованием БОС-стабилотренинга, 3-я группа – сочетанного применения данных методов и 4-я – группа контроля, получавшая стандартную программу медицинской реабилитации (МР). Срок наблюдения составил 6 месяцев. В процессе МР оценивались мышечная сила (MRCs), мышечный тонус (MAS) и функциональная независимость пациентов в повседневной жизни (индекс Бартел).

**Результаты.** Комплексная МР с включением ФЭС и БОС-стабилотренинга достоверно ( $p < 0,05$ ) улучшила силу мышц бедра в группе с программируемой ФЭС – с  $3,48 \pm 0,17$  до  $4,22 \pm 0,15$  балла; силу мышц бедра в группе ФЭС и БОС-стабилотренинга – с  $3,33 \pm 0,22$  до  $4,3 \pm 0,12$  и голени с  $3,18 \pm 0,14$  до  $3,52 \pm 0,12$  балла. Положительная статистически значимая динамика сохранялась к 5-й неделе и 6 мес. наблюдения в 1-й и 3-й группах пациентов и ассоциировалась с улучшением функциональной независимости по индексу Бартел ( $p < 0,05$ ).

**Заключение.** Использование методов, основанных на БОС, в процессе МР способствует восстановлению двигательных функций и функциональной независимости пациента в резидуальном периоде ИИ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ишемический инсульт, медицинская реабилитация, биологическая обратная связь, функциональная электростимуляция, стабилометрический тренинг, функциональная независимость.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## The role of technologies with biofeedback in afterstroke muscle strength and muscle tone correction: an open-label randomized controlled prospective study

M. S. Filippov<sup>1</sup>, I. V. Pogonchenkova<sup>1</sup>, E. V. Kostenko<sup>1,2</sup>, A. M. Shchikota<sup>1</sup>, L. V. Petrova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> N.I. Pirogov Russian National Research Medical University of MOH of Russia (Pirogov University), Moscow, Russia

## SUMMARY

**Relevance.** Stato-locomotor disorders are associated with poor quality of life and risk of premature death in afterstroke patients.

**Aim.** To evaluate the effect of functional electrical stimulation (FES) and biofeedback (BFB) stabilometric training on muscle strength and muscle tone in the chronic period of ischemic stroke (IS) patients.

**Materials and Methods.** The 160 patients in the chronic period of IS were randomized into four equal groups (n=40) depending on the rehabilitation program: 1 group of FES, 2 group using BFB-stabilometric training, 3 group of combined application of FES and BFB-stabilometric training, and 4 control group receiving the standard medical rehabilitation (MR). The follow-up period was 6 months. Muscle strength was assessed using the MRC scale, muscle tone – by the modified Ashworth scale, and patients' functional independence in daily life – by the Barthel index (BI).

**Results.** Complex MR with the FES and BFB-stability training significantly ( $p < 0.05$ ) improved muscle strength: in the group with FES, thigh muscles – from  $3.48 \pm 0.17$  to  $4.22 \pm 0.15$  points (hip); in the group of FES and BFB-stability training – from  $3.33 \pm 0.22$  to  $4.3 \pm 0.12$  (hip) and from  $3.18 \pm 0.14$  to  $3.52 \pm 0.12$  points (shin). The positive statistically significant dynamics were determined by week 5 and 6 months of follow-up in groups 1 and 3 of patients and was associated with an improvement in functional independence according to the BI ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions.** The use of BFB-based methods in the MR process contributes to a recovery of motor functions and functional independence of the patient in the chronic stroke period.

**KEYWORDS:** ischemic stroke, medical rehabilitation, functional electrical stimulation, functional independence, biofeedback, stabilometric training.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare no conflict of interest.

## Введение

Ишемический инсульт (ИИ) и связанные с ним нарушения функционирования являются актуальной медико-социальной проблемой современного здравоохранения. В Российской Федерации регистрируется более 400 тыс. случаев инсульта каждый год; снижение абсолютного числа инсультов за последние годы сопровождается увеличением числа выживших пациентов [1–3]. При этом только 8–10% пациентов, перенесших инсульт, полностью восстанавливают нарушенные или утраченные вследствие заболевания функции в течение 3 месяцев, каждый третий пациент имеет выраженные нарушения функционирования [4, 5].

Двигательные нарушения являются наиболее частым клиническим проявлением инсульта и причиной стойкого снижения трудоспособности. Частота встречаемости ИИ в каротидном бассейне составляет до 90%, клиническая картина которого, наряду с гемипарезом, афазией, аграфией, алексией и анозогнозией, характеризуется гемиплегией [6]. В остром периоде заболевания парезы различной степени отмечены у 85% пациентов, к концу первого года – у 70% [7, 8]. Двигательные расстройства в виде спастических гемипарезов сопровождают нарушения функции равновесия и ходьбы, часто отмечается их сочетание с нарушениями когнитивной сферы (4–68%), психоэмоционального статуса (33–40%) и речи (39–50%) [9–11].

Применение высокотехнологичных методов в составе программ медицинской реабилитации (МР) пациентов после ИИ является перспективным направлением современной неврологии, демонстрирующим доказанные положительные результаты: увеличение выживаемости пациентов, уменьшение степени выраженности функциональных нарушений [9], снижение влияния неврологического дефицита на качество жизни пациентов и их повседневное функционирование [11, 12]. Технологии биологической обратной связи (БОС) и функциональной электростимуляции (ФЭС) позволяют обеспечить мультимодальное воздействие на нарушенные вследствие инсульта функции, в том числе способствуя восстановлению двигательного стереотипа [13–17].

**Цель исследования.** Оценить влияние функциональной электростимуляции и компьютерного стабилометрического тренинга с биологической обратной связью на восстановление мышечной силы и мышечного тонуса у пациентов в резидуальном периоде ИИ.

## Материалы и методы исследования

На базе ГАУЗ МНПЦ МРВСМ им. С. И. Спасокукоцкого ДЗМ проведено открытое рандомизированное сравнительное контролируемое проспективное исследование, включившее 160 пациентов в резидуальном периоде первого полушарного ИИ. Период наблюдения составил 6 мес. после завершения МР. Критерии включения/невключения пациентов в исследование представлены в *табл. 1*.

Все пациенты получали стандартную программу МР (индивидуальная лечебная гимнастика, магнитотерапия, массаж) и базовую терапию основного и сопутствующих заболеваний в соответствии с действующими стандартами и клиническими рекомендациями. Распределение пациентов по группам исследования проводилось в зависимости от программы МР.

*Основная группа* (ОГ) пациентов (n=40) получала стандартную программу МР и комбинацию программируемой ФЭС и компьютерного стабилометрического тренинга с БОС на протяжении 5 недель, 15 процедур через день. Пациентам *группы сравнения 1* (ГС1, n=40) проводился наряду со стандартной программой МР компьютерный стабилометрический тренинг с БОС в течение 5 недель, 15 процедур через день. Пациентам *группы сравнения 2* (ГС2, n=40) в дополнение к стандартному комплексу МР назначали программируемую ФЭС в течение 5 недель, 15 процедур через день. *Группа контроля* (ГК, n=40) получала только стандартную программу МР.

Оценку неврологического статуса, определение мышечной силы по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale, MRCs), мышечного тонуса при помощи модифицированной шкалы Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) и функциональной независимости в повседневной жизни посредством индекса Бартел (БИ) осуществляли на 4 оценочных визитах: исходно (T0), 2-я неделя МР (T1), завершение курса МР (5 недель, T2) и через 6 мес. после завершения МР (T3).

Статистическая обработка полученных данных была выполнена при помощи пакета статистических программ IBM SPSS Statistics 22.0 и StatSoft Statistica 10.0. Для проверки исследуемых совокупностей количественных данных на нормальность распределения применяли критерий Колмогорова – Смирнова. Непрерывные переменные представлены в виде средней и стандартной ошибки среднего ( $M \pm m$ ). Для исследования зависимостей между переменными использовались коэффициент корреляции

Таблица 1  
Критерии включения/невключения пациентов в исследование

| Критерии включения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Критерии неключения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Мужчины и женщины в возрасте 45–75 лет</li><li>Первый ИИ в бассейне правой или левой средней мозговой артерии, верифицированный результатами компьютерной или магнитно-резонансной томографии, давностью более 12 мес.</li><li>Отсутствие речевых нарушений</li><li>Мышечная сила 3–4 балла по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale, MRCs)</li><li>Спаasticность <math>\leq 2</math> баллов по модифицированной шкале Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS)</li><li>Мобильность <math>\geq 11</math> баллов по индексу мобильности Ривермид (Rivermead mobility index).</li><li>Когнитивные функции <math>&gt; 25</math> баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment, MoCA)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Наличие электрокардиостимулятора, антиаритмических и других имплантированных устройств</li><li>Наличие фиксированных контрактур суставов нижних конечностей, препятствующих использованию заявленных методов МР</li><li>Наличие нарушений зрения, препятствующих проведению исследования</li><li>Злокачественные новообразования</li><li>Эпилепсия</li><li>Соматические заболевания в стадии субкомпенсации и декомпенсации</li><li>Индивидуальная непереносимость электрических раздражений</li><li>Заболевания спинного мозга и корешков спинномозговых нервов</li><li>Острые инфекционные заболевания</li><li>Тромбоз и тромбоз флебит глубоких и поверхностных вен</li><li>Беременность и лактация</li></ul> |

Таблица 2

Сравнительная характеристика пациентов по выраженности нарушений мышечной силы, мышечного тонуса и функциональной независимости ( $M \pm m$ ), баллы

| Показатель                                     | Группы пациентов   |            |            |            |            | F    | p    |
|------------------------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------|------|
|                                                | Вся группа (n=160) | ОГ (n=40)  | ГС1 (n=40) | ГС2 (n=40) | ГК (n=40)  |      |      |
| MRCS, нижняя конечность<br>мышцы бедра, баллы  | 3,54±0,18          | 3,33±0,22  | 3,63±0,21  | 3,48±0,17  | 3,7±0,11   | 0,49 | 0,69 |
| MRCS, нижняя конечность<br>мышцы голени, баллы | 3,15±0,11          | 3,24±0,18  | 3,18±0,14  | 3,07±0,03  | 3,10±0,07  | 0,41 | 0,67 |
| MAS, нижняя конечность<br>мышцы бедра, баллы   | 1,52±0,16          | 1,57±0,16  | 1,60±0,12  | 1,43±0,16  | 1,47±0,18  | 0,18 | 0,91 |
| MAS, нижняя конечность<br>мышцы голени, баллы  | 1,77±0,12          | 1,83±0,11  | 1,86±0,11  | 1,69±0,14  | 1,70±0,12  | 0,19 | 0,93 |
| БИ, баллы                                      | 63,92±0,23         | 64,49±0,29 | 63,47±0,25 | 65,38±0,19 | 62,36±0,18 | 0,34 | 0,80 |

Примечание. F – значения однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA); p – уровень значимости.

Таблица 3

Динамика показателя мышечной силы в исследуемых группах по шкале MRCS (баллы,  $M \pm m$ )

| Группы мышц  | MRCS, баллы |            |             |             |
|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|              | T0          | T1         | T2          | T3          |
| ОГ (n=40)    |             |            |             |             |
| Мышцы бедра  | 3,33±0,22   | 3,93±0,14* | 4,12±0,20*  | 4,3±0,12*†  |
| Мышцы голени | 3,24±0,30   | 3,74±0,17* | 4,10±0,22*† | 4,0±0,20*†  |
| ГС1 (n=40)   |             |            |             |             |
| Мышцы бедра  | 3,63±0,21   | 3,70±0,11  | 3,80±0,18   | 3,78±0,11   |
| Мышцы голени | 3,18±0,14   | 3,34±0,12  | 3,52±0,12   | 3,48±0,23   |
| ГС2 (n=40)   |             |            |             |             |
| Мышцы бедра  | 3,48±0,17   | 4,02±0,20* | 4,22±0,15*  | 4,18±0,05*† |
| Мышцы голени | 3,07±0,23   | 3,28±0,12  | 3,83±0,18*† | 3,78±0,11*  |
| ГК (n=40)    |             |            |             |             |
| Мышцы бедра  | 3,70±0,18   | 3,80±0,14  | 3,82±0,11   | 3,72±0,20   |
| Мышцы голени | 3,10±0,16   | 3,20±0,30  | 3,30±0,20   | 3,24±0,12   |

Примечание. \* –  $p < 0,05$  – значимость различий по сравнению с исходными показателями; † –  $p < 0,05$  – значимость различий по сравнению с группой сравнения 1 и группой контроля.

большеберцовой мышце – до 1,94±0,05 балла. Таким образом, характерным было повышение мышечного тонуса в дистальной группе мышц нижней конечности (медиальной и латеральной головке икроножной мышцы, задней большеберцовой и камбаловидной мышце).

Исследование функциональной независимости пациентов в повседневной жизни по БИ выявило умеренное ограничение повседневной активности у большинства пациентов, среднее значение составило 63,92±0,23 балла. Дополнительные средства опоры были необходимы 67 пациентам (41,9%). Достоверных межгрупповых различий исследованных показателей выявлено не было,  $p > 0,05$ .

При проведении МР были получены следующие результаты (табл. 3). Оценка показателей мышечной силы и тонуса в динамике через 2 недели МР (Т1) выявила статистически значимое увеличение мышечной силы по сравнению с исходными параметрами у пациентов ОГ как в мышцах бедра (3,93±0,14 балла), так и в мышцах голени (3,74±0,17 балла); у пациентов ГС2 – в мышцах бедра (4,02±0,20 балла). Прирост мышечной силы в ГС1 и ГК не достигал достоверных значений ( $p > 0,05$ ).

По окончании МР (5 недель, Т2) отмечено дальнейшее увеличение силы мышц голени в ОГ (4,10±0,22 балла) и ГС2 (3,83±0,18 балла), прослеживались статистически значимые межгрупповые различия показателей групп ОГ и ГС2 по сравнению с показателями ГС1 и ГК ( $p < 0,05$ ). Наилучшие результаты увеличения мышечной силы мышц бедра и голени были зафиксированы в ОГ; статистически значимых межгрупповых различий ОГ с ГС2 не зарегистрировано.

У пациентов ГС1 и ГК наблюдалась положительная динамика увеличения мышечной силы в мышцах бедра и голени, которые не достигали степени статистической значимости (табл. 3).

Пирсона и коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для сравнительного анализа двух независимых выборок применяли t-критерий Стьюдента и критерий  $\chi^2$  Пирсона. Для сравнения трех и более независимых групп использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANalysis Of VAriance – ANOVA). Сравнение зависимых групп определялось с использованием t-критерия Стьюдента для зависимых выборок. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты

Характеристика групп пациентов по исследованным клинко-функциональным показателям представлена в табл. 2.

По данным неврологического осмотра у 94 пациентов (58,7%) выявлен правосторонний гемипарез, у 66 пациентов (41,3%) – левосторонний. Согласно шкале MRCS, у большей части – 92 пациента (57,5%) – диагностирован парез легкой степени, у 68 пациентов (42,5%) – умеренной степени выраженности.

Значение среднего суммарного числа баллов по шкале MRCS составило 3,54±0,18 для проксимального отдела и 3,15±0,11 балла для дистального отдела нижней конечности. При оценке мышечного тонуса пораженной нижней конечности среднее значение для всех пациентов составило 1,52±0,16 балла для проксимальных мышц и 1,77±0,12 балла для дистальных мышц. Это соответствовало легкому (54,4%) и умеренному (45,6%) повышению мышечного тонуса.

В проксимальном отделе нижней конечности мышечный тонус превалировал в прямой мышце бедра – 1,54±0,16 балла и большой ягодичной мышце – 1,50±0,15 балла. Для дистального отдела нижней конечности отмечалось повышение мышечного тонуса в латеральной головке икроножной мышцы до 1,93±0,06 балла, в медиальной головке икроножной мышцы – до 1,75±0,10 балла, в камбаловидной мышце – до 1,73±0,13 балла, мышце-длинном сгибателе большого пальца стопы – до 1,59±0,13 балла, мышце-длинном сгибателе пальцев стопы – до 1,60±0,15 балла, задней

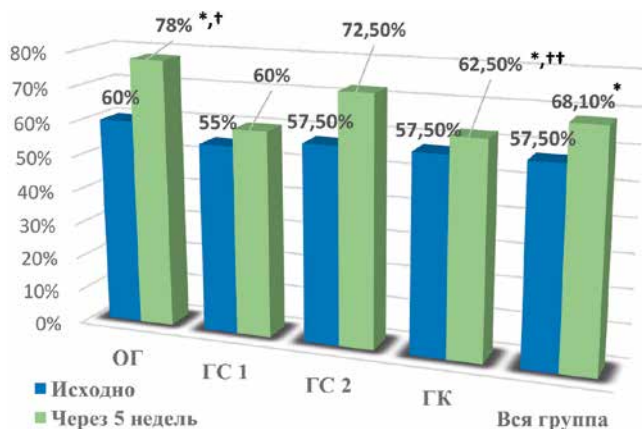


Рисунок 1. Динамика распределения пациентов с легкой степенью пареза в процессе МР

Примечание. \* –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с исходными показателями; † –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с GS1, GS2 и GK; ‡ –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с GS1 и GK.

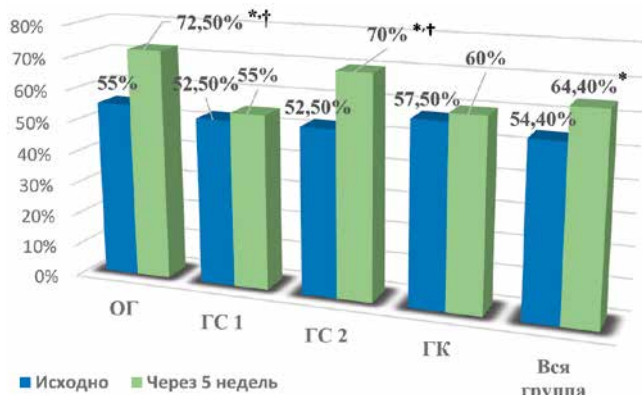


Рисунок 2. Динамика распределения пациентов с легкой степенью выраженности спастичности в процессе МР

Примечание. \* –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с исходными показателями; † –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с GS1 и GS2.

Таким образом, статистически значимое нарастание мышечной силы на уровне бедра и голени в паретичной конечности отмечалось в ОГ пациентов уже на 2-й неделе курса реабилитации, у пациентов GS2 – на 2-й неделе реабилитации в мышцах бедра и к 5-й неделе реабилитации – в мышцах голени.

В отдаленном периоде через 6 мес. после МР прослеживалась стабилизация показателей мышечной силы на достигнутом уровне во всех группах исследования. При этом у пациентов ОГ и GS2 сохранялись статистически значимые более высокие показатели мышечной силы по сравнению с остальными двумя группами.

К моменту завершения МР наблюдалось увеличение доли пациентов с парезом легкой степени на 17 человек (10,6%), составив 68,1 %, в первую очередь за счет пациентов ОГ и GS2 (78,0 % и 72,5 % соответственно), при этом количество пациентов с умеренной степенью пареза пропорционально уменьшилось (рис. 1).

В процессе проведения МР и в отдаленном периоде выявлена тенденция к снижению мышечного тонуса во всех группах исследования, однако статистически значимые изменения показателей MAS отмечены только в ОГ и GS2 к моменту завершения МР (T2) (табл. 4). При этом снижение мышечного тонуса зафиксировано как в мышцах

Таблица 4  
Динамика мышечного тонуса в ближайший и отдаленный периоды по шкале MAS (баллы,  $M \pm m$ )

| Группы мышц  | MAS, баллы |           |                        |                        |
|--------------|------------|-----------|------------------------|------------------------|
|              | T0         | T1        | T2                     | T3                     |
| ОГ (n=40)    |            |           |                        |                        |
| Мышцы бедра  | 1,57±0,16  | 1,36±0,12 | 1,02±0,2 <sup>†</sup>  | 1,06±0,06 <sup>†</sup> |
| Мышцы голени | 1,83±0,13  | 1,43±0,18 | 1,29±0,18 <sup>†</sup> | 1,32±0,14 <sup>†</sup> |
| GS1 (n=40)   |            |           |                        |                        |
| Мышцы бедра  | 1,60±0,12  | 1,44±0,11 | 1,40±0,14              | 1,58±0,09              |
| Мышцы голени | 1,86±0,11  | 1,80±0,12 | 1,75±0,13              | 1,84±0,19              |
| GS2 (n=40)   |            |           |                        |                        |
| Мышцы бедра  | 1,43±0,16  | 1,24±0,08 | 0,91±0,2 <sup>†</sup>  | 1,04±0,08 <sup>†</sup> |
| Мышцы голени | 1,69±0,14  | 1,36±0,20 | 1,09±0,12 <sup>†</sup> | 1,18±0,11 <sup>†</sup> |
| GK (n=40)    |            |           |                        |                        |
| Мышцы бедра  | 1,47±0,18  | 1,42±0,12 | 1,33±0,11              | 1,52±0,12              |
| Мышцы голени | 1,70±0,18  | 1,64±0,14 | 1,52±0,19              | 1,68±0,10              |

Примечание. \* –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с исходными показателями; † –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с группой сравнения 1 и группой контроля.

Таблица 5  
Динамика функциональной независимости пациентов в повседневной жизни (БИ, баллы,  $M \pm m$ )

| Группы пациентов | Визиты оценки |                         |                         |                         |
|------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                  | T0            | T1                      | T2                      | T3                      |
| ОГ (n=40)        | 64,49±0,29    | 69,52±0,34 <sup>*</sup> | 75,36±0,52 <sup>*</sup> | 78,47±0,45 <sup>*</sup> |
| GS1 (n=40)       | 63,47±0,25    | 66,28±0,36 <sup>*</sup> | 69,32±0,51 <sup>†</sup> | 72,58±0,44 <sup>†</sup> |
| GS2 (n=40)       | 65,38±0,19    | 68,73±0,24 <sup>*</sup> | 72,29±0,36 <sup>*</sup> | 76,42±0,38 <sup>*</sup> |
| GK               | 62,36±0,18    | 64,15±0,33 <sup>†</sup> | 66,12±0,12 <sup>†</sup> | 70,35±0,47 <sup>†</sup> |

Примечание: \* –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с исходными показателями; † –  $p<0,05$  – значимость различий по сравнению с основной группой.

бедра (1,02±0,2 балла в ОГ и 0,91±0,2 балла в GS2), так и в мышцах голени (1,29±0,18 балла и 1,09±0,12 балла соответственно).

Через 6 мес. после завершения МР наблюдалось сохранение достигнутых показателей мышечного тонуса в группах ОГ и GS2 с тенденцией к дальнейшему его снижению, достоверными межгрупповыми различиями в отношении GS1 и GK ( $p<0,05$ ).

В целом к моменту завершения МР наблюдалось увеличение процента пациентов с легкой степенью спастичности до 64,4 %, которое достигало статистической значимости в ОГ (72,5 %, 29 пациентов) и GS2 (70,0 %, 28 пациентов) (рис. 2).

Таким образом, включение в комплексную МР программируемой ФЭС и стабилотренинга с БОС (ОГ) и программируемой ФЭС (GS2) оказывает достоверное положительное влияние на показатели мышечной силы и мышечного тонуса паретичной конечности пациентов, перенесших ИИ. Наиболее значимая динамика была зафиксирована в ОГ; результаты были стойкими и сохранялись в отдаленный период через 6 мес. наблюдения. При проведении только стандартной программы МР или ее сочетания со стабилотренингом с БОС статистически значимых различий не зарегистрировано на всех этапах наблюдения.

Динамика показателей функциональной независимости пациентов в повседневной жизни при проведении МР представлена в *таблице 5*.

Во всех группах пациентов получена статистически значимая динамика БИ по сравнению с исходным уже через 2 недели МР, с дальнейшим увеличением на всем протяжении наблюдения (завершение курса МР, 6 мес.). В ОГ при использовании программируемой ФЭС и стабилотренинга с БОС среднее значение БИ составило  $69,52 \pm 0,34$  балла, в ГС1 и ГС2 –  $66,28 \pm 0,36$  балла и  $69,32 \pm 0,51$  балла соответственно,  $p < 0,05$ . Наиболее выраженная положительная динамика отмечена в ОГ за счет увеличения среднего суммарного балла после курса МР по показателям раздела «Движение» (подъем по лестнице – у 46 %, пересаживание – 40 %, ходьба – у 80,6 % пациентов) и «Навыки самообслуживания» (прием пищи – у 53,3 %, прием ванны – у 60 %, пользование туалетом – у 46,7 % пациентов).

Таким образом, показано положительное влияние применяемых реабилитационных методов на базовую функциональную независимость пациентов, по данным БИ, во всех группах исследования с сохранением эффекта в отдаленный период наблюдения.

## Обсуждение

Моторные нарушения являются одним из наиболее инвалидизирующих последствий ИИ. Снижение мышечной силы в сочетании с развитием спастического пареза нижней конечности приводит к нарушению биомеханики двигательного паттерна, статолокомоторной дисфункции, меняя кинематику движений и значительно повышая энергозатраты на поддержание вертикального положения в процессе ходьбы [18, 19]. Актуальным является изучение влияния на двигательные нарушения комплексного применения методов ФЭС и БОС-стабилотренинга, имеющих доказанную эффективность изолированного применения в реабилитационных программах у пациентов после инсульта.

Сравнительная оценка эффективности применения программируемой ФЭС, стабилотренинга с БОС и их комбинации в сочетании со стандартной программой МР продемонстрировала выраженное положительное влияние совместного применения методик как в процессе проведения реабилитации, так и в отдаленном периоде наблюдения. Комплексное применение ФЭС и стабилотренинга с БОС показало снижение выраженности клинических проявлений спастического пареза по шкале MRCS на 0,79 балла в проксимальных и на 0,86 балла в дистальных отделах ( $p < 0,05$ ) паретичной конечности и по MAS на 0,55 и 0,52 балла ( $p < 0,05$ ) соответственно, что значимо превосходит эффективность изолированного применения данных методов и стандартного комплекса МР.

Анализ сравнительной эффективности использования программируемой функциональной электрической стимуляции (ФЭС), стабилотренинга с биологической обратной связью (БОС) и их сочетания со стандартной программой МР показал значительное позитивное влияние комбинированного применения этих методов как в ходе реабилитации, так и в отдаленный период наблюдения.

Использование ФЭС в комбинации с тренингом на БОС-стабилоплатформе привело к уменьшению клинических симптомов спастического пареза по шкале MRCS на 0,79 балла в проксимальных отделах и на 0,86 балла в дистальных отделах паретичной конечности ( $p < 0,05$ ), а также по шкале MAS на 0,55 и 0,52 балла соответственно ( $p < 0,05$ ). Это значительно превосходило эффективность изолированного использования каждого из этих методов и стандартной программы МР.

Также установлено, что все группы пациентов демонстрируют улучшение функциональной самостоятельности по шкале Бартел, а наибольшие улучшения наблюдаются при совмещении ФЭС и стабилотренинга с БОС. Полученные данные подтверждают усиление терапевтического воздействия при объединении методов ФЭС и БОС-стабилотренинга, тем самым расширяя перспективы их применения в коррекции двигательных нарушений пациентов, перенесших инсульт.

## Выводы

1. Комплексное применение ФЭС и компьютерного стабилотренинга с БОС в программе медицинской реабилитации пациентов с постинсультными статолокомоторными нарушениями показало снижение выраженности клинических проявлений спастического пареза непосредственно после лечения по сравнению с изолированным применением данных методов и стандартным комплексом МР ( $p < 0,05$ ).
2. Комплексное применение ФЭС и стабилотренинга с БОС по сравнению с их изолированным применением и стандартным комплексом МР демонстрирует стабильность достигнутых результатов на протяжении 6 мес. в отношении выраженности спастического гемипареза ( $p < 0,05$ ) и функциональной независимости пациентов ( $p < 0,05$ ).
3. Включение в процесс реабилитации методов, основанных на БОС, повышает функциональную независимость пациентов, улучшая возможности передвижения и навыки самообслуживания как в процессе МР, так и в отдаленный период.

## Список литературы / References

1. Игнатова В.И., Вознюк И.А., Шамалов Н.А., Резник А.В., Виницкий А.А., Деркач Е.В. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2023; 123 (8-2): 5–15.  
Ignatyeva V.I., Voznyuk I.A., Shamalov N.A., Reznik A.V., Vinitskiy A.A., Derkach E.V. Social and economic burden of stroke in Russian Federation. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2023; 123 (8-2): 5–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230825>
2. Lavados P.M., Hoffmeister L., Moraga A.M. et al. Incidence, risk factors, prognosis, and health-related quality of life after stroke in a low-resource community in Chile (NANDU): a prospective population-based study [published correction appears in Lancet Glob Health. 2021 Jun; 9 (6): e758. DOI: 10.1016/S2214-109X(21)00169-8]. Lancet Glob Health. 2021; 9 (3): e340–e351. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30470–8
3. Ahmad F.B., Anderson R.N. The Leading Causes of Death in the US for 2020. JAMA. 2021; 325 (18): 1829–1830. DOI: 10.1001/jama.2021.5469
4. Сковорова В.И., Шетова И.М., Какорина Е.П. и др. Снижение смертности от острых нарушений мозгового кровообращения в результате реализации комплекса мероприятий по совершенствованию медицинской помощи пациентам с сосудистыми заболеваниями в Российской Федерации. Профилактическая медицина. 2018; 21 (1): 4–10.  
Skvorsova V.I., Shetova I.M., Kakorina E.P. et al. Reduction in stroke death rates through a package of measures to improve medical care for patients with vascular diseases in the Russian Federation. Russian Journal of Preventive Medicine. 2018; 21 (1): 4–10. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20182114-10>
5. Anderlini D. Global Burden of Disease: on the need for transcending national borders. Int J Biometeorol. 2020; 64 (1): 155–156. DOI: 10.1007/s00484-019-01798-8

6. Dusenbury W, Alexandrov AW. Clinical Localization of Stroke. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2020; 32 (1): 1–19. DOI: 10.1016/j.cnc.2019.10.001
7. Кранчюкайте-Бутылкиниене Д. Связь между качеством и особенностями образа жизни лиц, перенесших церебральный инсульт: Результаты исследования EROS / Д. Кранчюкайте-Бутылкиниене, Д. Растяните, Г. Горинене. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2015; 115 (2–12): 26–32.  
Kranchyukaite-Bottlikiniene D. The relationship between the quality and lifestyle characteristics of people who have suffered a cerebral stroke: The results of the EROS study / D. Kranchyukaite-Bottlikiniene, D. Stretch, G. Gorinene. *Journal of Neurology and Psychiatry named after C. C. Korsakov*. 2015; 115 (2–12): 26–32. (In Russ.).
8. Powers W. J. Guidelines for the Early Management of Patients with Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association / N. C. Bambakidis, K. Becker [et al.]. *Stroke*. 2019 Dec; 50 (12): 344–418.
9. Гусев Е. И., Коновалов А. Н., Скворцова В. И., Гехт А. Б. Неврология: Национальное руководство. Т. 1. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 880 с.  
Gusev E. I., Kononov A. N., Skvortsova V. I., Gekt A. B. *Neurology: National Guidelines*. – vol. 1. – Moscow: GEOTAR-Media, 2018. – 880 p. (In Russ.).
10. Левин О. С., Боголепова А. Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2020; 120 (11): 99–107.  
Levin O. S., Bogolepova A. N. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2020; 120 (11): 99–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202012011199>
11. Скворцов В. И., Шетова И. М., Какорина Е. П. и др. Результаты реализации «Комплекса мероприятий по совершенствованию медицинской помощи пациентам с острыми нарушениями мозгового кровообращения в Российской Федерации». Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2018; 118 (4): 5–12.  
Skvortsova V. I., Shetova I. M., Kakorina E. P. et al. Results of implementation of a «Complex of measures to improve medical care for patients with stroke in the Russian Federation». *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2018; 118 (4): 5–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro201811841512>
12. Tse T., Binte Yusoff S. Z., Churilov L. et al. Increased work and social engagement is associated with increased stroke specific quality of life in stroke survivors at 3 months and 12 months post-stroke: a longitudinal study of an Australian stroke cohort. *Top Stroke Rehabil*. 2017; 24 (6): 405–414. DOI: 10.1080/10749357.2017.1318339
13. Петрова Л. В., Костенко Е. В., Погонченкова И. В., Рыльский А. В., Камчатнов П. Р. Мульти-модальная технология коррекции постинсультных двигательных нарушений. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. Спецвыпуски. 2023; 123 (3–2): 58–67.  
Petrova L. V., Kostenko E. V., Pogonchenkova I. V., Rylsky A. V., Kamchatnov P. R. Multimodal technology in the correction of post-stroke motor disorders. *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2023; 123 (3–2): 58–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202312303258>
14. Lee JB, Kim SB, Lee KW, Lee JH, Park JG, Lee SJ. Combined Therapy With Functional Electrical Stimulation and Standing Frame in Stroke Patients. *Ann Rehabil Med*. 2019; 43 (1): 96–105. DOI: 10.5535/arm.2019.43.1.96
15. Костенко Е. В., Петрова Л. В., Рыльский А. В., Зуев Д. С., Горшков Д. В. Особенности коррекции статолокомоторных нарушений у пациентов после инсульта с эмоциональными и когнитивными расстройствами: рандомизированное клиническое открытое контролируемое исследование. Фарматека. 2020; 27 (3): 78–88.  
Kostenko E. V., Petrova L. V., Rylsky A. V., Zuev D. S., Gorshkov D. V. Features of correction of statolocomotor disorders in stroke patients with emotional and cognitive disorders: a randomized clinical open controlled trial. *Pharmateca*. 2020; 27 (3): 78–88. (In Russ.). DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/pharmateca.2020.3.78-88>
16. Коновалова Н. Г., Шаропова И. Н., Горохова Л. Г., Ромашевская Н. И., Макарова Л. Н. Постуральная регуляция пациентов в остром периоде ишемического инсульта по данным стабилометрии. Медицина в Кузбассе. 2021; 20 (1): 40–44.  
Kononov N. G., Sharapova I. N., Gorokhova L. G., Romashevskaya N. I., Makarova L. N. Postural regulation of patients in the acute period of ischemic stroke according to stabilometry data. *Medicine in Kuzbass*. 2021; 20 (1): 40–44. (In Russ.).
17. Ambrasin E., Peri E., Nava C. et al. A multimodal training with visual biofeedback in subacute stroke survivors: a randomized controlled trial. *Eur. J. Phys Rehabil. Med*. 2020; 56 (1): 24–33. DOI: 10.23736/S1973-9087.19.05847-7
18. Ostrowska PM, Studnicki R, Rykaczewski M, Spychala D, Hansdorfer-Korzon R. Evaluation of the Effect of SPIDER System Therapy on Weight Shifting Symmetry in Chronic Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19 (23): 16214. Published 2022 Dec 4. DOI: 10.3390/ijerph192316214
19. Wang FC, Chen SF, Lin CH. et al. Detection and Classification of Stroke Gait by Deep Neural Networks Employing Inertial Measurement Units. *Sensors (Basel)*. 2021; 21 (5): 1864. Published 2021 Mar 7. DOI: 10.3390/s21051864

Статья поступила / Received 04.10.2024

Получена после рецензирования / Revised 14.10.2024

Принята к публикации / Accepted 16.10.2024

## Сведения об авторах

**Филиппов Максим Сергеевич**, зав. филиалом № 3, врач физической реабилитации медицинской помощи<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-9522-5082

**Погонченкова Ирэна Владимировна**, д.м.н., доцент, директор<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-5123-5991

**Костенко Елена Владимировна**, д.м.н., проф., зам. директора по научной работе<sup>1</sup>, проф. кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики<sup>2</sup>. E-mail: [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru). ORCID: 0000-0003-0629-9659

**Шикота Алексей Михайлович**, к.м.н., доцент, ученый секретарь<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-8643-1829

**Петрова Людмила Владимировна**, к.м.н., зав. отделом медицинской реабилитации<sup>1</sup>. ORCID: 000-0003-0353-553X

<sup>1</sup> ГАУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С. И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Пироговский университет), Москва, Россия

**Автор для переписки:** Костенко Елена Владимировна. E-mail: [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru)

**Для цитирования:** Филиппов М. С., Погонченкова И. В., Костенко Е. В., Шикота А. М., Петрова Л. В. Технологии биологической обратной связи в коррекции постинсультных нарушений мышечного тонуса и мышечной силы: открытое рандомизированное контролируемое проспективное исследование. *Медицинский алфавит*. 2024; (33): 7–12. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-33-7-12>

## About authors

**Filippov Maxim S.**, Head of branch No. 3, Doctor of physical rehabilitation medicine<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-9522-5082

**Pogonchenkova Irena V.**, DM Sci (habil.), Director<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-5123-5991

**Kostenko Elena V.**, DM Sci (habil.), professor, deputy director for Scientific Work<sup>1</sup>, professor at Dept of Neurology<sup>2</sup>. E-mail: [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru). ORCID: 0000-0003-0629-9659

**Shchikota Alexey M.**, PhD Med, docent, Academic Secretary<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0001-8643-1829

**Petrova Ludmila V.**, PhD Med, head of Dept of Medical Rehabilitation<sup>1</sup>. ORCID: 0000-0003-0353-553X

<sup>1</sup> S. I. Spasokukotsky Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup> N. I. Pirogov Russian National Research Medical University of MOH of Russia (Pirogov University), Moscow, Russia

**Corresponding author:** Kostenko Elena V. E-mail: [ekostenko58@mail.ru](mailto:ekostenko58@mail.ru)

**For citation:** Filippov M. S., Pogonchenkova I. V., Kostenko E. V., Shchikota A. M., Petrova L. V. The role of technologies with biofeedback in afterstroke muscle strength and muscle tone correction: an open-label randomized controlled prospective study. *Medical alphabet*. 2024; (33): 7–12. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-33-7-12>



## Подписка на журнал. 2024–2025 год



## Медицинский алфавит

### «Медицинский алфавит». Серия «Неврология и психиатрия»

Стоимость печатной версии журнала при подписке через редакцию составляет 700 руб. за номер, электронной версии – 500 руб. за номер.

Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес [medalfavit@mail.ru](mailto:medalfavit@mail.ru).

**Годовая подписка** на журнал «Медицинский алфавит». Серия «Неврология и психиатрия» – 4 выпуска в год.

Цена: 2800 руб. в год (печатная версия) или 2000 руб. (электронная версия).

### Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются в том случае, если вы сообщили адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail [medalfavit\\_pr@bk.ru](mailto:medalfavit_pr@bk.ru) или [podpiska.ma@mail.ru](mailto:podpiska.ma@mail.ru).
2. Оплата через онлайн-банки издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе «Издательство медицинской литературы».