

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr642903>

Современные аппаратные технологии с биологической обратной связью (HandTutor) для нормализации мышечной силы и мышечного тонуса у пациентов после ишемического инсульта

И.В. Сидякина^{1, 2}, К.В. Лупанова³, Е.С. Конева^{1, 3}¹ Группа компаний «Медси», Клиническая больница № 1, Москва, Россия;² Федеральный медицинский центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия;³ Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Значительная распространённость острого нарушения мозгового кровообращения, часто сопровождающаяся стойким нарушением функции верхней конечности, приводит к длительной утрате трудоспособности. Важность данной медико-социальной проблемы определяет поиск новых алгоритмов нейрореабилитации.

Цель исследования — изучить особенности влияния применения аппаратного метода с биологической обратной связью (БОС) в сочетании с функциональной программируемой электро- и магнитной стимуляции на мышечный тонус у пациентов, перенёсших ишемический инсульт.

Материалы и методы. В исследование включили 117 человек с перенесённым ишемическим инсультом, давностью от 3 дней до 12 мес, в возрасте от 50 до 75 лет (средний возраст — $61,2 \pm 3,4$ года), с верифицированным диагнозом по Международной классификации болезней 10 — «постинсультное состояние». Среди них были 68 (58,1%) мужчин и 49 (41,9%) женщин, рандомизированных в четыре группы, в зависимости от комбинаций методов на фоне единой базовой немедикаментозной терапии: группа 1 (контрольная — функциональная программируемая электростимуляция) — 28 пациентов, которым проводили комплекс мероприятий для восстановления тонкой моторики в сочетании с функциональной программируемой электростимуляцией; группа 2 (контрольная — магнитная стимуляция) — 30 пациентов, которым осуществляли дополнительные мероприятия, направленные на восстановление тонкой моторики, в сочетании с магнитной стимуляцией; группа 3 (БОС + функциональная программируемая электростимуляция) — 32 пациента, которым проводили реабилитационные мероприятия с использованием аппаратных технологий с БОС (HandTutor) в сочетании с функциональной программируемой электростимуляцией; группа 4 (БОС + МС) — 27 пациентов, которым выполняли реабилитационные мероприятия с применением аппаратных технологий с БОС (HandTutor) в сочетании с магнитной стимуляцией.

Результаты. Проведение лечебно-реабилитационных мероприятий в отношении пациентов с ишемическим инсультом во всех четырех группах способствовало повышению уровня мышечной силы и нормализации мышечного тонуса, при этом включение метода, выполняемого на аппарате HandTutor, основанного на использовании принципа БОС, в комплекс лечебно-реабилитационных мероприятий, проводимых пациентам с нарушениями тонкой моторики после ишемического инсульта, способствует (относительно показателей групп сравнения) статистически значимому увеличению показателя мышечной силы после реабилитационного курса на 17,7–22,3% (через 12 мес — 22,7–31,6%) и снижению мышечного тонуса по шкале оценки спастичности на 21,3–48,4% (через 12 мес — 21,3–57,3%).

Заключение. Включение методов БОС в сочетании с функциональной программируемой электростимуляцией и магнитной стимуляцией в комплекс реабилитационных мероприятий, проводимых пациентам с нарушениями тонкой моторики верхней конечности после инсульта, приводит к улучшению показателей мышечной силы и мышечного тонуса.

Ключевые слова: аппаратный метод с биологической обратной связью; электро- и магнитная стимуляция; мышечный тонус; ишемический инсульт.

Как цитировать:

Сидякина И.В., Лупанова К.В., Конева Е.С. Современные аппаратные технологии с биологической обратной связью (HandTutor) для нормализации мышечной силы и мышечного тонуса у пациентов после ишемического инсульта // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2024. Т. 23, № 5. С. 272–280. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr642903>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642903>

Modern hardware technologies with biofeedback (HandTutor) for normalizing muscle strength and tone in post-ischemic stroke patients

Irina V. Sidyakina^{1,2}, Ksenia V. Lupanova³, Elizaveta S. Koneva^{1,3}¹ Medsi Group of Companies, Clinical Hospital N. 1, Moscow, Russia;² Federal Medical Center named after A.I. Burnazyan of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia;³ Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The high prevalence of acute cerebrovascular accidents, frequently accompanied by persistent upper limb dysfunction, leads to prolonged disability. Addressing this significant medical and social problem requires the development of novel neurorehabilitation algorithms.

AIM: To assess the effects of using hardware-based biofeedback (BFB) in combination with functional programmed electrical and magnetic stimulation on muscle tone in patients recovering from ischemic stroke.

MATERIALS AND METHODS: The study included 117 patients (mean age 61.2 ± 3.4 years) diagnosed with ischemic stroke within 3 days to 12 months prior to enrollment, verified as *post-stroke condition* according to ICD-10. The cohort comprised 68 men (58.1%) and 49 women (41.9%), who were randomized into four groups based on combinations of methods applied alongside a unified non-pharmacological therapy: Group 1 (Control—Functional Electrical Stimulation) included 28 patients who underwent fine motor skill restoration activities combined with functional programmed electrical stimulation; Group 2 (Control—Magnetic Stimulation) included 30 patients who underwent fine motor skill restoration activities combined with magnetic stimulation; Group 3 (BFB + Functional Electrical Stimulation) comprised 32 patients who received rehabilitation using HandTutor biofeedback technologies combined with functional programmed electrical stimulation; and Group 4 (BFB + Magnetic Stimulation) comprised 27 patients who underwent rehabilitation using HandTutor biofeedback technologies combined with magnetic stimulation.

RESULTS: Rehabilitation measures contributed to improved muscle strength and normalized muscle tone in all groups. However, incorporating biofeedback-based HandTutor into the rehabilitation program resulted in statistically significant enhancements compared with the control groups. Muscle strength increased by 17.7–22.3% after the rehabilitation course (22.7–31.6% after 12 months), while muscle tone decreased by 21.3–48.4% (21.3–57.3% after 12 months) as assessed using the spasticity scale.

CONCLUSION: Integrating biofeedback methods with functional programmed electrical and magnetic stimulation into rehabilitation programs for patients with upper limb fine motor impairments after ischemic stroke significantly improves muscle strength and normalizes muscle tone.

Keywords: biofeedback hardware method; electrical and magnetic stimulation; muscle tone; ischemic stroke.

To cite this article:

Sidyakina IV, Lupanova KV, Koneva ES. Modern hardware technologies with biofeedback (HandTutor) for normalizing muscle strength and tone in post-ischemic stroke patients. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2024;23(5):272–280.

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642903>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642903>

利用生物反馈现代设备技术 (HandTutor) 对缺血性脑卒中患者肌肉力量和肌肉张力的正常化研究

Irina V. Sidyakina^{1,2}, Ksenia V. Lupanova³, Elizaveta S. Koneva^{1,3}¹ Medsi Group of Companies, Clinical Hospital N. 1, Moscow, Russia;² Federal Medical Center named after A.I. Burnazyan of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia;³ Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

摘要

背景。急性脑血流障碍的广泛流行性常伴随上肢功能的持久损害，导致长期丧失劳动能力。这一医学和社会问题的严重性促使我们寻求新的神经康复方案。

研究目的。研究结合生物反馈(Biofeedback, BFB)的设备方法与功能性可编程电刺激和磁刺激对缺血性脑卒中患者肌肉张力的影响特点。

材料与方法。本研究纳入了117名缺血性脑卒中患者，病程为3天至12个月，年龄在50至75岁之间（平均年龄为 61.2 ± 3.4 岁），诊断依据《国际疾病分类第10版》（ICD-10）明确为“卒中后状态”。患者中男性68人（58.1%），女性49人（41.9%），随机分为4组，根据非药物基础治疗背景下不同方法的组合进行分组：第1组（对照组—功能性可编程电刺激）— 28名患者，进行结合功能性可编程电刺激的精细运动功能恢复措施；第2组（对照组—磁刺激）— 30名患者，接受结合磁刺激的精细运动功能恢复措施；第3组（BFB + 功能性可编程电刺激）— 32名患者，使用带有生物反馈功能的设备（HandTutor）与功能性可编程电刺激相结合的康复措施；第4组（BFB + 磁刺激）— 27名患者，采用带有生物反馈功能的设备（HandTutor）与磁刺激相结合的康复措施。

结果。四组患者的康复治疗均促进了肌肉力量的提高和肌肉张力的正常化。与对照组相比，使用基于生物反馈原理的HandTutor设备进行的康复措施显著改善了患者的肌肉力量和肌肉张力：康复疗程结束后，肌肉力量提高了17.7% - 22.3%（12个月后为22.7% - 31.6%），肌肉张力（根据痉挛评估量表）降低了21.3% - 48.4%（12个月后为21.3% - 57.3%）。

结论。将生物反馈技术与功能性可编程电刺激和磁刺激相结合，纳入卒中后上肢精细运动功能受损患者的康复治疗方案，可显著改善患者的肌肉力量和肌肉张力。

关键词： 生物反馈设备技术；电刺激和磁刺激；肌肉张力；缺血性脑卒中。

引用本文：

Sidyakina IV, Lupanova KV, Koneva ES. 利用生物反馈现代设备技术 (HandTutor) 对缺血性脑卒中患者肌肉力量和肌肉张力的正常化研究. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2024;23(5):272–280.

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpbr642903>

收到: 13.12.2024

接受: 21.12.2024

发布日期: 09.01.2025

АКТУАЛЬНОСТЬ

Инсульт представляет собой клинический синдром, для которого характерно быстрое развитие очаговых или общемозговых функциональных нарушений, сохраняющихся более 24 ч, либо приводящих к гибели пациента в течение более короткого срока вследствие цереброваскулярных нарушений [1]. Несмотря на произошедший в последние годы прорыв в профилактике и лечении острого периода инсультов, острые нарушения мозгового кровообращения по-прежнему прочно удерживают пятую строчку в рейтинге основных причин смерти в экономически развитых странах и остаются ведущей причиной приобретения стойкой инвалидности населением [2]. Более чем в 80% случаев после инсульта у пациентов развивается гемипарез и сохраняются нарушения функций верхней конечности, что существенно снижает качество жизни и функциональную активность больных [1, 2].

Современная концепция нейрореабилитации наряду с использованием классического лечебного массажа и суставной гимнастики включает применение различных кинезиологических и физиотерапевтических методов, а также современных биоинформационных технологий, в частности, виртуальной реальности [3–26].

В то же время следует отметить, что сообщения о результатах применения методов реабилитации тонкой моторики у пациентов, представленные в доступной литературе, немногочисленны, не систематизированы. Отсутствуют данные об эффективности использования подобного подхода в комбинации с другими методами реабилитации, не разработаны подходы к стандартизации их применения в клинической практике. Всё это свидетельствует о высокой актуальности исследований, направленных на оценку результатов применения аппаратных методов для восстановления нарушенной тонкой моторики кисти у пациентов, перенёвших инсульт.

Цель исследования — изучить особенности влияния применения аппаратного метода с биологической обратной связью (БОС) в сочетании с функциональной программируемой электро- (ФПЭС) и магнитной стимуляцией (МС) на мышечную силу и мышечный тонус у пациентов, перенёвших ишемический инсульт (ИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 117 человек с перенесённым ИИ, давностью от 3 дней до 12 мес, в возрасте от 50 до 75 лет (средний возраст — $61,2 \pm 3,4$ года), с верифицированным диагнозом по Международной классификации болезней 10 — «постинсультное состояние». Среди них были 68 (58,1%) мужчин и 49 (41,9%) женщин, рандомизированных в четыре группы в зависимости от комбинаций методов на фоне единой базовой немедикаментозной терапии:

- группа 1 (контрольная — ФПЭС) — 28 пациентов, которым проводили комплекс мероприятий для восстановления тонкой моторики в сочетании с ФПЭС;
- группа 2 (контрольная — МС) — 30 больных, которым выполняли дополнительные мероприятия, направленные на восстановление тонкой моторики, в сочетании с МС;
- группа 3 (БОС + ФПЭС) — 32 пациента, которым осуществляли реабилитационные мероприятия с использованием аппаратных технологий с БОС (HandTutor) в сочетании с ФПЭС;
- группа 4 (БОС + МС) — 27 пациентов, которым проводили реабилитационные мероприятия с использованием аппаратных технологий с БОС (HandTutor) в сочетании с МС.

Сопоставимость групп пациентов подтверждена отсутствием значимых различий по полу, возрасту, проявлениям сопутствующей патологии, локализации очага ИИ.

Схема применения реабилитационных методов:

- функциональную программируемую электростимуляцию (ФПЭС) проводили с использованием аппарата АКорд ежедневно в течение 10 дней;
- МС выполняли с помощью аппарата Magstim Rapid ежедневно в течение 10 дней;
- дополнительный комплекс мероприятий для восстановления тонкой моторики конечности осуществляли в группах 1 и 2 групп в течение 30 мин 5 раз в неделю, всего — 20 процедур;
- процедуры с использованием аппаратных технологий с БОС (HandTutor) проводили пациентам 3-й и 4-й групп в течение 30 мин 5 раз в неделю, всего — 20 процедур [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ

У абсолютного большинства пациентов, включённых в исследование, в исходном состоянии выявлен неврологический дефицит в виде гемипареза от 2 до 5 баллов по шкале оценки мышечной силы, лишь у 6 (5,1%) больных отмечали сохранённую мышечную силу в кисти, однако у них наблюдали нарушения координационного характера. Мышечный тонус пациентов, включённых в исследование, соответствовал диапазону 0–2 балла, что согласовывалось с лёгким и умеренным повышением мышечного тонуса с возможностью выполнения пассивных движений.

Подтверждено наличие в каждой группе пациентов с минимальными признаками нарушений моторики и пациентов с допустимыми грубыми поражениями в сходных пропорциях.

Оценка мышечной силы и мышечного тонуса

Установлено, что до начала реабилитационных мероприятий у пациентов всех четырех групп исследования

величина оценки мышечной силы по шестибальной шкале была схожей и находилась в диапазоне от $2,71 \pm 0,29$ балла (в группе 2) до $2,78 \pm 0,28$ балла (в группе 3) (табл. 1). Большинство пациентов осуществляли движение пальцев поражённой конечности в горизонтальной плоскости.

По окончании реабилитационных мероприятий во всех группах отмечали положительную динамику в виде увеличения мышечной силы, причём наиболее выраженный прирост показателя мышечной силы по шестибальной шкале наблюдали в группе БОС + ФПЭС, где средняя оценка мышечной силы после курса реабилитации составила $3,68 \pm 0,41$ балла. Несколько менее выраженная динамика была в группе БОС + МС, где оценка мышечной силы непосредственно после реабилитации повысилась до $3,58 \pm 0,36$ балла. В группах контроля после окончания реабилитационных мероприятий средняя оценка мышечной силы достигла величины $3,04 \pm 0,33$ балла (контроль — ФПЭС) и $3,01 \pm 0,32$ балла (контроль — МС).

Через 3 мес после окончания реабилитации сохранялась положительная динамика мышечной силы в основных группах исследования, где отмечен дальнейший прирост средней оценки мышечной силы до $4,01 \pm 0,42$ балла в группе БОС + ФПЭС и $3,97 \pm 0,35$ балла в группе БОС + МС. В группах контроля 1 и 2 дополнительный прирост через 3 мес после окончания реабилитационных мероприятий был незначительным — средняя оценка мышечной силы в указанных группах составила $3,22 \pm 0,31$ и $3,18 \pm 0,32$ балла соответственно.

Через 6 мес после окончания реабилитации во всех группах исследования наблюдали дальнейший прирост динамики мышечной силы: в основных группах исследования БОС + ФПЭС и БОС + МС средняя оценка мышечной силы по шестибальной шкале повысилась до $4,28 \pm 0,48$ и $4,12 \pm 0,44$ балла соответственно. В группах контроля через полгода наблюдения средние оценки мышечной силы были практически равны $3,34 \pm 0,35$ балла (контроль — ФПЭС) и $3,27 \pm 0,34$ балла (контроль — МС).

Через 12 мес после окончания курса реабилитации мышечная сила во всех группах исследования существенно не изменилась по сравнению с предшествующей временной точкой. В основных группах 3 и 4 средняя оценка мышечной силы составила $4,37 \pm 0,49$ и $4,16 \pm 0,47$ балла соответственно. В группах контроля среднее значение указанного показателя было равно $3,39 \pm 0,37$ балла в группе 1 и $3,32 \pm 0,39$ балла в группе 2. Таким образом, после пройденного реабилитационного курса большинство пациентов из 3-й и 4-й группы были способны поднимать пальцы поражённой конечности против небольшого сопротивления и фиксировать до 5 с.

Следует отметить, что во все сроки исследования после окончания реабилитационных мероприятий, у пациентов, в лечении которых использовали метод БОС, значение данного параметра было выше ($p < 0,05$) по сравнению с соответствующими показателями в группах контроля.

Значение показателя в группе 3 (БОС+ФПЭС) в течение этого времени было выше соответствующего уровня у пациентов группы 4 (БОС+МС), хотя при этом значимых межгрупповых отличий выявлено не было.

Величина показателя оценки мышечного тонуса до начала реабилитационных мероприятий во всех группах исследования составляла около одного балла по шкале Ашфорт (в диапазоне от $1,25 \pm 0,09$ балла в группе 4 до $1,31 \pm 0,07$ балла в группе 3) (табл. 2).

По окончании реабилитационных мероприятий в каждой из групп отметили положительную динамику в виде улучшения показателей мышечного тонуса. При этом в основных группах, где средние показатели оценки мышечного тонуса по шкале Ашфорт после окончания реабилитации составили $0,48 \pm 0,06$ балла в группе БОС + ФПЭС и $0,63 \pm 0,08$ балла в группе БОС + МС, динамика была статистически значимо более выраженной ($p < 0,05$), чем в контрольных группах 1 и 2, в которых средняя оценка мышечного тонуса была равна $0,80 \pm 0,08$ и $0,93 \pm 0,10$ балла соответственно.

Таблица 1. Уровни мышечной силы по шестибальной шкале, $M \pm m$

Table 1. Levels of muscle strength on a six-point scale, $M \pm m$

Срок наблюдения	Группа 1 (контрольная — ФПЭС) $n=28$	Группа 2 (контрольная — МС) $n=30$	Группа 3 (БОС + ФПЭС) $n=32$	Группа 4 (БОС + МС) $n=27$
До реабилитации	$2,76 \pm 0,26$	$2,71 \pm 0,29$	$2,73 \pm 0,27$	$2,78 \pm 0,28$
По окончании курса	$3,04 \pm 0,33$	$3,01 \pm 0,32$	$3,68 \pm 0,41^{* \#}$	$3,58 \pm 0,36^{* \#}$
Через 3 мес	$3,22 \pm 0,31$	$3,18 \pm 0,32$	$4,01 \pm 0,42^{* \#}$	$3,97 \pm 0,35^{* \#}$
Через 6 мес	$3,34 \pm 0,35$	$3,27 \pm 0,34$	$4,28 \pm 0,48^{* \#}$	$4,12 \pm 0,44^{* \#}$
Через 12 мес	$3,39 \pm 0,37$	$3,32 \pm 0,39$	$4,37 \pm 0,49^{* \#}$	$4,16 \pm 0,47^{* \#}$

Примечание здесь и в табл. 2. *различия статистически значимы ($p < 0,05$) относительно группы 1; # — относительно группы 2. ФПЭС — функциональная программируемая электростимуляция; БОС — биологическая обратная связь; МС — магнитная стимуляция.

Note. *differences are statistically significant ($p < 0.05$) relative to group 1; # — relative to group 2; & — relative to group 3.

Таблица 2. Показатели мышечного тонуса по шестибальной шкале, $M \pm m$ **Table 2.** Muscle tone indicators on a six-point scale, $M \pm m$

Срок наблюдения	Группа 1 (контрольная — ФПЭС) $n=28$	Группа 2 (контрольная — МС) $n=30$	Группа 3 (БОС + ФПЭС) $n=32$	Группа 4 (БОС + МС) $n=27$
До реабилитации	1,25±0,09	1,30±0,12	1,31±0,07	1,27±0,11
По окончании курса	0,80±0,08	0,93±0,10	0,48±0,06 ^{*#}	0,63±0,08 ^{*#&}
Через 3 мес	0,70±0,08	0,85±0,09	0,40±0,05 ^{*#}	0,56±0,06 ^{*#&}
Через 6 мес	0,63±0,06	0,78±0,07	0,35±0,04 ^{*#}	0,49±0,04 ^{*#&}
Через 12 мес	0,61±0,06	0,75±0,06	0,32±0,05 ^{*#}	0,48±0,04 ^{*#&}

Через 3 мес после окончания реабилитационных мероприятий регистрировали дальнейшее снижение мышечного тонуса во всех группах исследования, однако в 3-й и 4-й группах были значимо более низкие ($p < 0,05$) средние показатели оценки мышечного тонуса — 0,40±0,05 балла в группе 3 и 0,56±0,06 балла в группе 4 — по сравнению с группами контроля — 0,70±0,08 и 0,85±0,09 балла в группах контроля ФПЭС и МС соответственно.

Через полгода и через год после окончания реабилитации во всех группах исследования сохранялась положительная динамика по сравнению с предшествующими временными точками наблюдения. В основных группах 3 и 4 средняя оценка мышечного тонуса через 6 мес снизилась до 0,35±0,04 и 0,49±0,04 балла соответственно; через 12 мес после окончания реабилитации среднее значение показателя в указанных группах составило 0,32±0,05 и 0,48±0,04 балла соответственно. В то же время в группах контроля отметили снижение средней оценки мышечного тонуса до 0,63±0,06 балла в группе 1 и 0,78±0,07 балла в группе 2 через 6 мес и до 0,61±0,06 и 0,75±0,06 балла в 1-й и 2-й группах через год. При этом как через 6, так и спустя 12 мес после окончания курса реабилитации у пациентов основных групп (3 и 4) сохранялись статистически значимо более низкие ($p < 0,05$) показатели мышечного тонуса, чем в обеих группах контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что лечебно-реабилитационные мероприятия в отношении пациентов с ИИ во всех четырёх группах способствовали повышению уровня мышечной силы и нормализации мышечного тонуса, при этом включение метода, выполняемого на аппарате HandTutor, основанного на использовании принципа БОС, в комплекс лечебно-реабилитационных мероприятий, проводимых пациентам с нарушениями тонкой моторики после ИИ, способствует (относительно показателей групп сравнения) статистически значимому увеличению показателя мышечной силы после реабилитационного

курса на 17,7–22,3% (через 12 мес — 22,7–31,6%) и снижению мышечного тонуса по шкале оценки спастичности на 21,3–48,4% (через 12 мес — 21,3–57,3%).

Включение методов БОС в сочетании с ФПЭС и МС в комплекс реабилитационных мероприятий, проводимых пациентам с нарушениями тонкой моторики верхней конечности после инсульта, приводит к улучшению показателей мышечной силы и мышечного тонуса.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: И.В. Сидякина — идея статьи, утверждение окончательного варианта статьи; К.В. Лупанова — разработка методологии исследования, сбор и анализ материала; Е.С. Конева — редактирование материала статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The largest contribution is distributed as follows: I.V. Sidiyakina — the idea of the article, approval of the final version of the article; K.V. Lupanova — development of research methodology, collection and analysis of material; E.S. Koneva — editing of the article material.

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пирадов М.А., Максимова М.Ю., Танашян М.М. Инсульт: пошаговая инструкция. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 288 с. doi: 10.33029/9704-5782-5-STR2-2020-1-288 EDN: KEYYSC
2. Полунина Н.В., Костенко Е.В., Полунин В.С. Медико-социальная эффективность реабилитации в амбулаторных условиях пациентов, перенесших мозговой инсульт // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2017. Т. 6, № 25. С. 353–356. doi: 10.18821/0869-866X-2016-25-6-353-356 EDN: YRPFIF
3. Аретинский В.Б., Телегина Е.В., Исупов А.Б., Федоров А.А. Обоснование эффективности комплексной реабилитации пациентов с нарушением функции кисти после перенесенного ишемического инсульта // Курортная медицина. 2017. № 4. С. 88–91. EDN: XQYCKD
4. Баклушина Е.А., Ястребцева И.П. Электромиостимуляция в нейрореабилитации // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2016. Т. 1, № 15. С. 49–54. doi: 10.18821/1681-3456-2016-15-1-49-54 EDN: VKWREZ
5. Гусарова С.А., Стяжкина Е.М., Гуркина М.В., и др. Новые технологии кинезитерапии в реабилитации пациентов с постинсультными двигательными нарушениями // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016. Т. 93, № 2. С. 4–8. doi: 10.17116/kurort201624-8 EDN: VTILFP
6. Журавель Т.В., Прокопьева М.С. Возможности сочетания лечебной физкультуры с реабилитационным комплексом AMADEO у пациентов с нарушениями мелкой моторики кисти // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020. Т. 97, № 6–2. С. 41–42. EDN: NZNRZN
7. Зайцева Е.В., Исакова Е.В. Эффективность мультимодальной стимуляции при реабилитации пациента после ишемического инсульта // Клиническая геронтология. 2019. Т. 25, № 3–4. С. 64–69. doi: 10.26347/1607-2499201903-04064-069 EDN: NYPQMK
8. Конева Е.С., Шаповаленко Т.В., Лядов К.В., и др. Эффективность включения пространственно ориентированной двигательной терапии в комплексные программы реабилитации пациентов со спастическим гемипарезом после ОНМК // Физиотерапевт. 2020. № 2. С. 14–19. doi: 10.33920/med-14-2004-02 EDN: MOSBDB
9. Корчажкина Н.Б., Котенко К.В., Михайлова А.А. Особенности влияния различных методов медицинской реабилитации на интенсивность болевого синдрома и качество жизни у пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения в поздний восстановительный период // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т. 99, № 3–2. С. 107. EDN: OZYMUW
10. Лупанова К.В., Сидякина И.В., Михайлова А.А., Корчажкина Н.Б. Эффективность комплексной реабилитации пациентов с нарушением тонкой моторики после ишемического инсульта // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2023. Т. 22, № 5. С. 379–387. doi: 10.17816/rjpb628824 EDN: EYRBNM
11. Лупанова К.В., Снопков П.С., Михайлова А.А., Сидякина И.В. Методы восстановления тонкой моторики у пациентов, перенесших инсульт // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т. 99, № 6–2. С. 56–64. doi: 10.17116/kurort20229906256 EDN: LNBXHI
12. Михайлова А.А., Корчажкина Н.Б., Котенко К.В. Опыт применения тренировок стереотипа ходьбы в комплексной реабилитации больных, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения в поздний восстановительный период // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т. 99, № 3–2. С. 140–141. EDN: PQDYDT
13. Михайлова А.А., Корчажкина Н.Б., Конева Е.С., и др. Возможности методов физиотерапии для улучшения микроциркуляции пораженной конечности у больных со спастичностью, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения, в поздний восстановительный период // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т. 99, № 6–2. С. 19–25. doi: 10.17116/kurort20229906219 EDN: ZHEZTU
14. Михайлова А.А., Корчажкина Н.Б., Котенко К.В., Конева Е.С. Опыт применения методик роботизированной биомеханической медицинской реабилитации у пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021. Т. 98, № 3–2. С. 127–128. EDN: OOEAJW
15. Новикова Л.Б., Акопян А.П., Шарапова К.М. Факторы, влияющие на эффективность реабилитации больных в остром периоде церебрального инсульта // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020. Т. 97, № 2. С. 5–11. DOI: 10.17116/kurort2020970215 EDN: UJAAVH
16. Проказова П.Р., Пирадов М.А., Рябинкина Ю.В., и др. Роботизированная механотерапия с использованием тренажера Motomed letto2 в комплексной ранней реабилитации больных с инсультом в отделении реанимации и интенсивной терапии // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2013. Т. 7, № 2. С. 11–15. EDN: QBRSSH
17. Сергеева О.Б. Результаты использования методов комплексной терапии в рамках оптимизации медицинской реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт // Естественные и технические науки. 2019. Т. 137, № 11. С. 198–201. EDN: MYJMBA
18. Сергеева О.Б. Теоретические обоснования использования методов комплексной терапии в рамках оптимизации медицинской реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт // Естественные и технические науки. 2019. Т. 137, № 11. С. 202–204. EDN: LWDPMA
19. Сидякина И.В., Лупанова К.В., Корчажкина Н.Б., и др. Изучение эффективности комплексной реабилитации тонкой моторики кисти у пациентов, перенесших ишемический инсульт, с использованием аппаратных технологий с биологической обратной связью // Физиотерапевт. 2022. № 4. С. 21–28. doi: 10.33920/med-14-2208-03 EDN: LKTFEM
20. Сидякина И.В., Воронова М.В., Иванов В.В., и др. Вопросы нейрореабилитации. Инновационные технологии нейрореабилитации // Физиотерапевт. 2020. № 4. С. 61–65. doi: 10.33920/med-14-2008-07 EDN: IFKPUL
21. Хижникова А.Е., Ключков А.С., Котов-Смоленский А.М., и др. Двигательное обучение пациентов с постинсультным

- парезом руки на механотерапевтическом комплексе // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. Т. 95, № 1. С. 20–25. doi: 10.17116/kurort201895120-25 EDN: YVAWZX
22. Bornheim S., Croisier J.L., Maquet P., Kaux J.F. Transcranial direct current stimulation associated with physical-therapy in acute stroke patients – a randomized, triple blind, sham-controlled study // Brain Stimul. 2020. Vol. 13. P. 329–336. doi: 10.1016/j.brs.2019.10.019
 23. Brien A.T.O., Bertolucci F., Torrealba-Acosta G., et al. Non-invasive brain stimulation for fine motor improvement after stroke: A meta-analysis // Eur J Neurol. 2018. Vol. 25. P. 1017–1026. doi: 10.1111/ene.13643
 24. Chien W.T., Chong Y.Y., Tse M.K., et al. Robot-assisted therapy for upper-limb rehabilitation in subacute stroke patients: A systematic review and meta-analysis // Brain Behav. 2020. Vol. 10. P. e01742. doi: 10.1002/brb3.1742
 25. Huang J., Ji J.R., Liang C., et al. Effects of physical therapy-based rehabilitation on recovery of upper limb motor function after stroke in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Ann Palliat Med. 2022. Vol. 11. P. 521–531. doi: 10.21037/apm-21-3710 EDN: UIIUSE
 26. Zhang M., Wang Q., Jiang Y., et al. Optimization of Early Mobilization Program for Patients with Acute Ischemic Stroke: An Orthogonal Design // Front Neurol. 2021. Vol. 12. P. 645811. doi: 10.3389/fneur.2021.645811 EDN: PMDETY

REFERENCES

1. Piradov MA, Maksimova MYu, Tanashyan MM. *Stroke: a step-by-step guide*. Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 288 p. (In Russ.) EDN: KEYSC doi: 10.33029/9704-5782-5-STR2-2020-1-288
2. Polunina NV, Kostenko EV, Polunin VS. The medical social efficiency of rehabilitation of patients having cerebral stroke in ambulatory conditions. *Problems of social hygiene, healthcare and the history of medicine*. 2017;6(25):353–356. doi: 10.18821/0869-866X-2016-25-6-353-356 EDN: YRPFIG
3. Aretinsky VB, Telegina EV, Isupov AB, Fedorov AA. Verifying the efficiency of complex rehabilitation in patients with hand dysfunction after the ischemic stroke. *Spa medicine*. 2017;4:88–91. EDN: XQYGKD
4. Baklushina EA, Yastrebtseva IP. The application of electrical myostimulation for the purpose of neuro-rehabilitation. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2016;1(15):49–54. doi: 10.18821/1681-3456-2016-15-1-49-54 EDN: VKWREZ
5. Gusarova SA, Styazhkina EM, Gurkina MV, et al. The new technologies of kinesiotherapy for the rehabilitation of the patients suffering from the post-stroke locomotor disorders. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education*. 2016;93(2):4–8. doi: 10.17116/kurort201624-8 EDN: VTILFP
6. Zhuravel TV, Prokopyeva MS. The possibilities of combining physical therapy with the AMADEO rehabilitation complex in patients with impaired fine motor skills of the hand. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2020;97(6-2):41–42. (In Russ.) EDN: NZNRZN
7. Zaitseva EV, Isakova EV. The effectiveness of multimodal stimulation in the rehabilitation of a patient after ischemic stroke. *Clinical gerontology*. 2019;25(3-4):64–69. doi: 10.26347/1607-2499201903-04064-069 EDN: NYPQMK
8. Koneva ES, Shapovalenko TV, Lyadov KV, et al. The effectiveness of the inclusion of spatially oriented motor therapy in comprehensive rehabilitation programs for patients with spastic hemiparesis after stroke. *Physiotherapist*. 2020;(2):14–19. doi: 10.33920/med-14-2004-02 EDN: MOSBDB
9. Korchazhkina NB, Kotenko KV, Mikhailova AA. Peculiarities of the influence of various methods of medical rehabilitation on the intensity of pain syndrome and quality of life in patients after acute cerebrovascular accident in the late recovery period. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2022;99(3-2):107. (In Russ.) EDN: OZYMUW
10. Lupanova KV, Sidiyakina IV, Mikhailova AA, Korchazhkina NB. The effectiveness of comprehensive rehabilitation of patients with fine motor impairment after ischemic stroke. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2023;22(5):379–387. doi: 10.17816/rjpr628824 EDN: EYRBNM
11. Lupanova KV, Snopkov PS, Mikhailova AA, Sidiyakina IV. Methods to restore fine motor skills in stroke patients. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education*. 2022;99(6-2):56–64. doi: 10.17116/kurort20229906256 EDN: LNBXHI
12. Mikhailova AA, Korchazhkina NB, Kotenko KV. The experience of using walking stereotype training in the complex rehabilitation of patients with acute cerebrovascular accident in the late recovery period. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2022;99(3-2):140–141. (In Russ.) EDN: PQDYDT
13. Mikhailova AA, Korchazhkina NB, Koneva ES, et al. Possibilities of physiotherapy methods for improving the microcirculation of the affected limb in patients with spasticity after acute cerebral circulation during the late recovery period. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2022;99(6-2):19–25. doi: 10.17116/kurort20229906219 EDN: ZHEZTU
14. Mikhailova AA, Korchazhkina NB, Kotenko KV, Koneva ES. Experience in the use of robotic biomechanical medical rehabilitation techniques in patients after acute cerebrovascular accident. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education*. 2021;98(3-2):127–128. (In Russ.) EDN: OOEAJW
15. Novikova LB, Akopyan AP, Sharapova KM. Factors affecting the effectiveness of rehabilitation in patients in the acute period of cerebral stroke. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2020;97(2):5–11. doi: 10.17116/kurort2020970215 EDN: UJAAVH
16. Prokazova PR, Piradov MA, Ryabinkina YuV, et al. Robotic mechanotherapy using the Motomed letto2 simulator in the complex early rehabilitation of stroke patients in the intensive care unit and intensive care unit. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2013;7(2):11–15. (In Russ.) EDN: QBRSZH

17. Sergeeva OB. Results of the use of complex therapy methods in the framework of optimizing the medical rehabilitation of patients after ischemic stroke. *Natural and technical sciences*. 2019;137(11):198–201. EDN: MYJMBA
18. Sergeeva OB. Theoretical substantiation of the use of complex therapy methods in the framework of optimizing the medical rehabilitation of patients after ischemic stroke. *Natural and technical sciences*. 2019;137(11):202–204. EDN: LWDPMA
19. Sidiyakina IV, Lupanova KV, Korchazhkina NB, et al. Study of the efficacy of comprehensive rehabilitation of fine motor skills in patients after ischemic stroke, using hardware technology with biofeedback. *Physiotherapist*. 2022;(4):21–28. doi: 10.33920/med-14-2208-03 EDN: LKTFEM
20. Sidiyakina IV, Voronova MV, Ivanov VV, et al. Questions of neurorehabilitation. Innovative technologies of neurorehabilitation. *Physiotherapist*. 2020;(4):61–65. doi: 10.33920/med-14-2008-07 EDN: IFKPUL
21. Khizhnikova AE, Klochkov AS, Kotov-Smolensky AM, et al. Motor learning of the post-stroke patients presenting with upper limb paresis on the mechanotherapeutic system. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical education*. 2018;95(1):20–25. doi: 10.17116/kurort201895120-25 EDN: YVAWZX
22. Bornheim S, Croisier JL, Maquet P, Kaux JF. Transcranial direct current stimulation associated with physical-therapy in acute stroke patients – a randomized, triple blind, sham-controlled study. *Brain Stimul*. 2020;13:329–336. doi: 10.1016/j.brs.2019.10.019
23. Brien AT0, Bertolucci F, Torrealba-Acosta G, et al. Non-invasive brain stimulation for fine motor improvement after stroke: A meta-analysis. *Eur J Neurol*. 2018;25:1017–1026. doi: 10.1111/ene.13643
24. Chien WT, Chong YY, Tse MK, et al. Robot-assisted therapy for upper-limb rehabilitation in subacute stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav*. 2020;10:e01742. doi: 10.1002/brb3.1742
25. Huang J, Ji JR, Liang C, et al. Effects of physical therapy-based rehabilitation on recovery of upper limb motor function after stroke in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Palliat Med*. 2022;11:521–531. doi: 10.21037/apm-21-3710 EDN: UIIUSE
26. Zhang M, Wang Q, Jiang Y, et al. Optimization of Early Mobilization Program for Patients with Acute Ischemic Stroke: An Orthogonal Design. *Front Neurol*. 2021;12:645811. doi: 10.3389/fneur.2021.645811 EDN: PMDETY

ОБ АВТОРАХ

Сидякина Ирина Владимировна, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0998-9252;

e-mail: sidneuro@mail.ru

***Лупанова Ксения Владимировна**, аспирант;

адрес: Россия, 143442, г.о. Красногорск,

пос. Отрадное, влд. 2, стр. 1;

ORCID: 0000-0003-3128-4264;

e-mail: kabobel.ksenia@gmail.com

Конева Елизавета Сергеевна,

доктор медицинских наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-9859-194X;

e-mail: elizaveta.coneva@yandex.ru

AUTHORS' INFO

Irina V. Sidiyakina, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-0998-9252;

e-mail: sidneuro@mail.ru

***Ksenia V. Lupanova**, graduate student;

address: 2 village Otradnoe, bldg 1, district Krasnogorsk, Russia,

143422;

ORCID: 0000-0003-3128-4264;

e-mail: kabobel.ksenia@gmail.com

Elizaveta S. Koneva,

MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-9859-194X;

e-mail: elizaveta.coneva@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author