

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РИТМИЧЕСКОЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ БАЛАНСА У ПАЦИЕНТОВ С ГЕМИПАРЕЗОМ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Е.М. Цветкова^{1,2*}, Е.А. Мельникова², Н.Н. Владимирова¹

¹ ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, Москва

² ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

RHYTHMIC PERIPHERAL MAGNETIC STIMULATION IN THE COMPREHENSIVE REHABILITATION OF BIOMECHANICAL BALANCE DISORDERS IN PATIENTS WITH HEMIPARESIS AFTER STROKE

Е.М. Tsvetkova^{1,2*}, Е.А. Melnikova², N.N. Vladimirova¹

¹ Central Clinical Hospital with Outpatient Unit of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

² Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

*E-mail: emtsvetkova@cchp.ru

Аннотация

Восстановление постурального баланса является ключевой задачей реабилитации пациентов после инсульта. Дисфункция мышц-стабилизаторов туловища часто остается недооцененной, хотя играет критическую роль в поддержании равновесия и локомоции. Ритмическая периферическая магнитная стимуляция (рПМС) представляет собой перспективный метод коррекции данных нарушений. **Цель исследования** – разработка и оценка клинической эффективности применения методики рПМС в составе комплексной реабилитации пациентов с биомеханическими нарушениями постурального баланса вследствие перенесенного инсульта. **Материалы и методы.** В проспективное рандомизированное контролируемое исследование включено 90 пациентов в восстановительном периоде инсульта (средний возраст – 60.9 ± 16.1 года, давность инсульта – 158 [57, 250] дней) с гемипарезом. Пациенты рандомизированы в две основные группы (рПМС на область мышц живота – основная группа 1 (ОГ1) и паравертебрально – основная группа 2 (ОГ2)) и контрольную группу (КГ). Все пациенты получали стандартную 21-дневную программу реабилитации. Эффективность оценивали по динамике клинических шкал (Берга, Фугл – Мейера, Ривермид, Бартела, FIM, Морзе), стабилотрии, видеоанализа ходьбы, анализа движений туловища (Valedo) и ультразвукового исследования (УЗИ) мышц живота с расчетом индекса утолщения (ИУ). Проведен анализ отдаленных результатов через семь месяцев у 32 пациентов. **Результаты.** Исходно у 78.9% пациентов выявлено снижение ИУ внутренней косой мышцы (ВКМ) и у 68.9% – поперечной мышцы (ПМ) на стороне гемипареза. Включение рПМС в комплекс реабилитации привело к статистически значимому улучшению функции мышц-стабилизаторов: по данным УЗИ: увеличение ИУ ВКМ в ОГ1 – с 24.6 ± 7.1 до 41.3 ± 8.2% (p < 0.001) и ИУ ПМ – с 18.2 ± 5.3 до 28.6 ± 6.1% (p < 0.001) с достоверным превосходством над контролем. В основных группах достигнуто значимое улучшение постурального баланса (прирост по шкале Берга +14.7 и +12.8 балла, p < 0.001), параметров ходьбы (увеличение скорости в 1.5 раза, улучшение симметрии, p < 0.001) и моторной функции нижней конечности (тест Фугл – Мейера, p < 0.001) по сравнению с контролем. В отдаленном периоде в ОГ1 положительная динамика усилилась, в то время как в КГ часть достигнутых улучшений была утрачена. Выявлены факторы, снижающие эффективность восстановления: возраст старше 65 лет, срок инсульта > 90 дней, боль, коэффициент асимметрии таза > 10%. **Заключение.** рПМС является эффективным и безопасным методом, позволяющим целенаправленно воздействовать на мышцы-стабилизаторы корпуса, что значительно повышает результативность реабилитации пациентов с постинсультным гемипарезом. Наилучшие долгосрочные результаты достигаются при локальном воздействии на мышцы боковой стенки живота.

Ключевые слова: инсульт, гемипарез, постуральный баланс, медицинская реабилитация, периферическая магнитная стимуляция, мышцы-стабилизаторы, УЗИ мышц, индекс утолщения, биомеханические нарушения

Abstract

Restoration of the postural balance is a key task in the rehabilitation of post-stroke patients. Dysfunction of trunk stabilizer muscles is often underestimated, despite its critical role in maintaining balance and locomotion. Rhythmic peripheral magnetic stimulation (rPMS) is a promising option for correcting these disorders. **Purpose.** To develop and evaluate the clinical effectiveness of rhythmic peripheral magnetic stimulation as a part of comprehensive rehabilitation program in patients with biomechanical disorders of postural balance after stroke. **Materials and methods.** 90 patients with hemiparesis in their recovery stage after stroke (average age 60.9 ± 16.1 years, stroke duration 158 [57;250] days) were included in a prospective randomized controlled trial. Patients were randomized into two main groups: Group 1 (main) – rPMS on abdominal wall muscles; Group 2 (main) – rPMS paravertebrally, and a control group. A standard 21-day rehabilitation program was prescribed to all patients. Its effectiveness was assessed by the dynamics of clinical scales (Berg, Fugl-Meyer, Rivermead, Barthel, FIM, Morse), as well as with stabilometry, gait and trunk movement (Valedo) parameters plus ultrasound examination of abdominal muscles with calculation of the thickening index (TI). Long-term outcomes were assessed in 32 patients after 7 months. **Results.** Initially, 78.9% of patients showed a decrease in TI parameter of the internal oblique muscle (IOM) and 68.9% –

of the transverse abdominis muscle (TrA) on the hemiparesis side. rPMS technique included into their rehabilitation program promoted a statistically significant improvement in the function of stabilizer muscles as it had been shown by ultrasound examination: IOM TI increase from $24.6 \pm 7.1\%$ to $41.3 \pm 8.2\%$ ($p < 0.001$) and TrA TI from 18.2 ± 5.3 to $28.6 \pm 6.1\%$ ($p < 0.001$) in Group 1, with a significant advantage over the controls. In both main groups, a significant improvement was achieved in the postural balance (Berg scale, increase by +14.7 and +12.8 points, $p < 0.001$), in gait parameters (1.5-fold increase in speed, improved symmetry, $p < 0.001$), and in motor functions of the lower limb (Fugl-Meyer test, $p < 0.001$), compared to the controls. In the long-term period, positive dynamics increased in Group 1, while in the control group, some of the achieved improvements were lost. Factors reducing rehabilitation effectiveness were identified too: age over 65 years, stroke duration > 90 days, pain, pelvic asymmetry coefficient $> 10\%$. **Conclusion.** rPMS is a safe and highly effective technique which can affect targetedly trunk stabilizer muscles, thus significantly increasing the effectiveness of rehabilitation in patients with post-stroke hemiparesis. The best long-term results were achieved with topical application at the lateral abdominal wall muscles.

Keywords: stroke, hemiparesis, postural balance, medical rehabilitation, peripheral magnetic stimulation, stabilizer muscles, muscle ultrasound, thickening index, biomechanical disorders

Ссылка для цитирования: Цветкова Е.М., Мельникова Е.А., Владимиров Н.Н. Опыт применения ритмической периферической магнитной стимуляции в комплексной реабилитации биомеханических нарушений баланса у пациентов с гемипарезом после инсульта. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2026; 3: 49–55.

Церебральный инсульт остается одной из ведущих причин стойкой нетрудоспособности и инвалидизации взрослого населения во всем мире [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире регистрируется более 12.2 млн случаев инсульта, при этом Россия входит в число стран с наиболее высокими показателями заболеваемости и смертности от цереброваскулярных заболеваний [2]. Статистический анализ свидетельствует о том, что примерно один из четырех человек в возрасте старше 25 лет рискует перенести инсульт в течение своей жизни [2]. Несмотря на то что заболевание часто ассоциируется с пожилым возрастом, современные данные показывают, что более 62% случаев инсульта происходят у лиц моложе 70 лет, а около 16% – в возрастной группе от 15 до 49 лет [2]. Эти цифры подчеркивают острую необходимость не только в совершенствовании методов экстренной помощи, но и в развитии эффективных стратегий долгосрочной реабилитации, направленных на возвращение пациентов к активной социальной и трудовой деятельности [2].

Восстановление постурального баланса, локомоторной функции и двигательного функционала конечностей представляют собой ключевые направления медицинской реабилитации пациентов в постинсультном периоде [3].

К числу наиболее распространенных и стойких последствий церебрального инсульта относятся гемипарез, выявляемый у 70–90% пациентов, и нарушения постурального баланса, встречающиеся в 80% случаев. Указанные функциональные расстройства существенно ограничивают способность пациентов к самостоятельному передвижению и самообслуживанию, негативно влияют на качество их жизни и повышают риск падений, который в постинсультной популяции превышает 30% [2, 4].

Исторически большинство реабилитационных методик для пациентов после инсульта были ориентированы на восстановление мышечной силы и амплитуды движений в паретичных верхних и нижних конечностях, тогда как тренировка мышц, стабилизирующих корпус, часто оставалась без должного внимания [5]. Однако в последние годы исследователи подчеркивают критическую важность положения таза и состояния мышц-стабилизаторов туловища для процесса восстановления постурального контроля и ходьбы [3, 5, 6].

Мышцы, обеспечивающие стабилизацию туловища, – поперечная мышца живота, внутренняя и наружная косые мышцы, квадратная мышца поясницы – функционально ориентированы не на генерацию обширных движений, а на предотвращение нежелательных смещений сегментов тела [4, 6, 7]. Их ключевая задача заключается в стабилизации позвоночного столба и тазо-

вого пояса для формирования надежной опоры при движении конечностей и противодействия воздействию гравитационных сил [5, 7]. Особое значение имеет поперечная мышца живота, обеспечивающая предварительную (антиципаторную) активацию перед началом движения конечности, что критически важно для правильной биомеханики стояния и ходьбы [3, 6].

Возникновение гемипареза вследствие инсульта приводит к нарушению функции не только мышц конечностей, но и мускулатуры туловища на стороне поражения [7, 8]. Патологические изменения формируются уже в острой фазе инсульта и первоначально проявляются дефицитом мышечной силы, нарушениями тонуса и проприоцептивной чувствительности. Вследствие этого формируется асимметрия позы, проявляющаяся переносом до 80% массы тела на непораженную ногу, наклоном и поворотом таза в сторону пареза, компенсаторным отклонением грудного отдела позвоночника в противоположную сторону [4, 6, 7, 9].

Ритмическая периферическая магнитная стимуляция (рПМС) в настоящее время находит широкое применение для восстановления функции различных скелетных мышц после инсульта [10–12]. Будучи неинвазивным, безболезненным и безопасным методом, обеспечивающим более глубокое воздействие по сравнению с электростимуляцией, рПМС мышц туловища может расширить арсенал современных средств физической терапии и повысить результативность реабилитационных мероприятий, направленных на коррекцию баланса и локомоторных функций [8, 13]. Преимущества метода перед электростимуляцией – безболезненность, отсутствие необходимости прямого контакта с кожей, возможность проведения процедур через одежду, расфокусированный характер воздействия, подходящий для широких и плоских мышц брюшной стенки, а также глубина проникновения магнитного поля, позволяющая одновременно воздействовать на все три мышечных слоя [10, 11].

Однако, несмотря на очевидные преимущества, применение рПМС для целенаправленной коррекции дисфункции мышц-стабилизаторов туловища у пациентов с постинсультным гемипарезом остается малоизученной областью. В отечественных клинических рекомендациях «Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых» (2024) периферическая магнитная стимуляция обозначена как рекомендуемый метод для коррекции спастичности и восстановления моторной функции конечностей, но отсутствуют указания по применению данного метода для мышц туловища [1]. Это определяет актуальность и научно-практическую значимость настоящего исследования.

Цель исследования – разработка и оценка клинической эффективности применения методики рПМС в составе комплексной реабилитации пациентов с биомеханическими нарушениями постурального баланса вследствие перенесенного инсульта.

Материалы и методы

Проведено проспективное рандомизированное контролируемое одноцентровое исследование на базе Центра медицинской реабилитации Центральной клинической больницы с поликлиникой Управления делами Президента РФ в период с августа 2023 г. по сентябрь 2025 г. Протокол исследования одобрен Независимым этическим комитетом при Московском областном научно-исследовательском клиническом институте им. М.Ф. Владимирского (выписка из протокола заседания № 6 от 12.05.2023 г.). Все участники подписали информированное добровольное согласие на использование медицинских данных в научных целях.

В исследование было включено 90 пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения в виде гемипареза; дополнительно обследовано 30 здоровых добровольцев, сопоставимых по возрасту и полу, для получения референсных значений ультразвуковых (УЗ) параметров.

Критерии включения пациентов:

- первичное острое нарушение мозгового кровообращения, давность которого на момент госпитализации составляла от 1 до 12 месяцев;
- наличие гемипареза от 0 до 4 баллов по шкале силы мышц Совета медицинских исследований Великобритании (MRC);
- способность к самостоятельному передвижению в пределах палаты (с опорой или без);
- стабильные показатели гемодинамики;
- отсутствие выраженных когнитивных нарушений (оценка не менее 20 баллов по Краткой шкале оценки психического статуса, КШОПС).

Критерии не включения и исключения соответствовали общим противопоказаниям для физиотерапии и специфическим для рПМС: наличие кардиостимуляторов, инсулиновых помп, металлических имплантатов в зоне воздействия, беременность, острые инфекционные или онкологические заболевания.

Методом случайной выборки пациенты разделены на три группы:

1. Основная группа 1 (ОГ1, $n = 30$): пациенты получали рПМС в области проекции поперечной, внутренней и наружной косых мышц живота на стороне гемипареза.

2. Основная группа 2 (ОГ2, $n = 30$): пациенты получали рПМС паравертебрально на уровне спинальных сегментов Th12–L4.

3. Контрольная группа (КГ, $n = 30$): пациенты получали только стандартный реабилитационный комплекс без применения рПМС.

Все пациенты проходили 21-дневный курс стационарной реабилитации, включавший:

- индивидуальную кинезиотерапию (ежедневно, 30 минут) с акцентом на общеукрепляющие и силовые упражнения, тренировку мышц-стабилизаторов, стретчинг;
- аэробные тренировки на велотренажерах (ежедневно, 30 минут);
- дыхательную гимнастику (ежедневно, 2–3 раза в день, 10–30 минут);
- тренировки с биологической обратной связью на роботизированных комплексах Amadeo и Pablo (ежедневно, 40 минут);
- тренировку равновесия и ходьбы на стабиллоплатформе TecnoBody PROKIN-ПК 212 и системе анализа ходьбы Cosmos HP & zebris (ежедневно, 40 минут);

- массаж паретичных конечностей (пять раз в неделю, 15–30 минут);
- физиотерапию общего воздействия: лазеротерапию на область проекции сонных артерий (10 процедур), локальную магнитотерапию для конечностей (10 процедур);
- занятия с клиническим психологом (10–12 сеансов) и логопедом (по показаниям).

Методика рПМС проводилась с использованием стимулятора MagPro R30 (Дания) и 8-образного магнитного индуктора с рабочей поверхностью диаметром 8 мм. Параметры стимуляции для обеих основных групп были идентичны: частота 20 Гц, пачковый режим (100 пачек по 25 импульсов), общее количество импульсов за процедуру – 2500. Интенсивность подбирали индивидуально в диапазоне от 30 до 70% от максимальной (пиковой) магнитной индукции аппарата (2,0 Тл) до появления видимого мышечного сокращения без возникновения дискомфорта или болезненных ощущений. Курс состоял из 10 процедур, проводимых пять раз в неделю.

В ОГ1 индуктор располагали в области проекции поперечной, внутренней и наружной косых мышц живота на стороне гемипареза (по передней подмышечной линии на 3 см выше гребня подвздошной кости (рис. 1).

В ОГ2 индуктор располагали паравертебрально на уровне сегментов Th12–L4 (рис. 2).

Оценку эффективности проводили при поступлении (первый день), после завершения курса реабилитации (21-й день), а также в отдаленном периоде (через семь месяцев) у 32 пациентов (12 из ОГ1, 10 из ОГ2, 10 из КГ).

Клинические методы оценки эффективности:

- Шкала баланса Берга (Berg Balance Scale, BBS) – для оценки постурального баланса и риска падений.
- Индекс мобильности Ривермид (Rivermead Mobility Index, RMI) – для оценки мобильности.

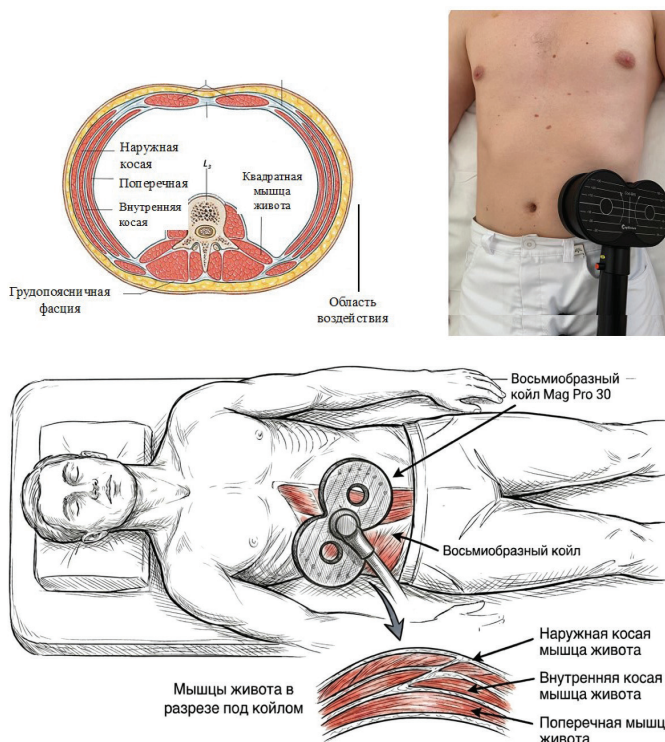


Рис. 1. Расположение индуктора рПМС на передней брюшной стенке

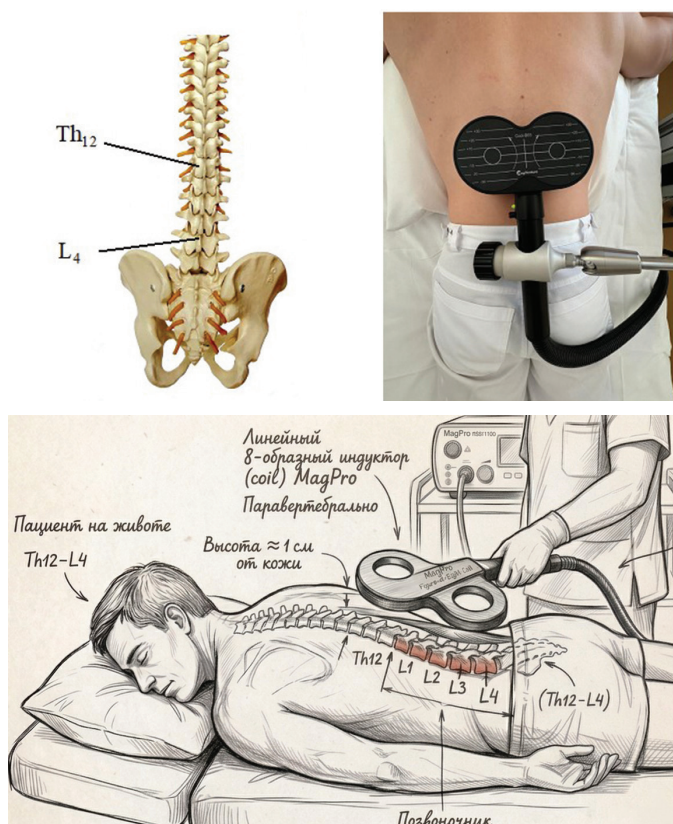


Рис. 2. Паравертебральное расположение индуктора рПМС на уровне сегментов Th12-L4

- Тест Фулг – Мейера для нижней конечности (Fugl-Meyer Assessment Lower Extremity, FMA-LE) – для оценки моторного дефицита.
- Индекс Бартела (Barthel Index, BI) и шкала функциональной независимости (Functional Independence Measure, FIM) – для оценки активности в повседневной жизни.
- Шкала риска падений Морзе (Morse Fall Scale) – для стратификации риска падений.
- Модифицированная шкала Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS) – для оценки спастичности.
- Визуально-аналоговая шкала (ВАШ) – для оценки интенсивности боли.

Инструментальные методы оценки эффективности:

- Ультразвуковое исследование (УЗИ) мышц боковой и задней стенок живота выполняли на сканере Philips Epiq 5 с использованием линейного датчика (6–15 МГц) в В-режиме (рис. 3). Для оценки поперечной (ПМ), внутренней косой (ВКМ) и наружной косой (НКМ) мышц датчик устанавливали по передней подмышечной линии на 3 см выше гребня подвздошной кости. Измеряли толщину мышц в состоянии покоя (ТП) (рис. 3А) и при выполнении маневра втягивания живота (натуживания) (ТУ) (рис. 3Б). Для квадратной мышцы поясницы (КМП) датчик располагали по задней подмышечной линии у нижнего края реберной дуги, измерения проводили в покое и при наклоне туловища вперед. Замеры проводили трижды с каждой стороны с фиксацией среднего значения. Рассчитывали индекс утолщения (ИУ) по формуле: $\text{ИУ} (\%) = [(ТУ - ТП) / ТП] \times 100\%$.
- Стабилометрию и видеоанализ ходьбы проводили на аппарате Cosmos HP & Zebris 3d running platform (h/p/Cosmos Sports & Medical GMBH, Германия). Оценивали: площадь эллипса статокинезиограммы (95% колебаний центра дав-

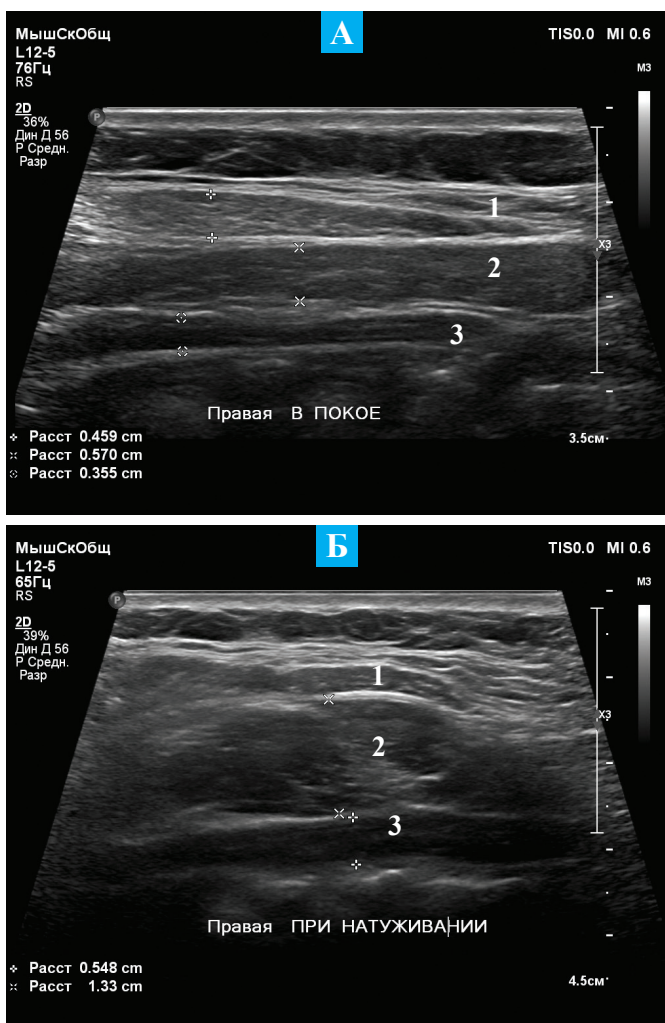


Рис. 3. УЗ-оценка толщины мышц боковой стенки живота в покое (А) и в конце маневра натуживания (Б), В-режим: 1 – наружная косая мышца, 2 – внутренняя косая мышца, 3 – поперечная мышца

ления) с открытыми и закрытыми глазами, распределение веса тела между конечностями, скорость ходьбы, длину шага, ширину шага (база опоры), длительность двухопорной фазы, симметрию ходьбы (параметр «симметрия бабочки»).

- Анализ движений туловища и таза проводили с использованием беспроводной системы анализа движений Valedo motion (Носона, Швейцария). Оценивали амплитуду и симметрию боковых наклонов, ротации туловища, подъема таза во фронтальной и сагиттальной плоскостях.
- Рентгенографию позвоночника и костей таза выполняли на комплексе Sonialvision G4 (Япония) для оценки пространственного положения таза и позвоночника, расчета коэффициента асимметрии таза (КАТ).

Статистическая обработка выполнена с использованием пакета SPSS Statistics 27 (IBM, США). Проверка нормальности распределения проводилась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для сравнения независимых групп использовались критерий Манна – Уитни (для двух групп) и критерий Краскела – Уоллиса (для трех групп). Для сравнения зависимых выборок (до и после лечения) применялся критерий Вилкоксона. Для анализа отдаленных результатов использовался двухфакторный ранговый дисперсионный анализ Фридмана. Корреляционный анализ выполнялся с использованием коэффициента Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0.05$.

Результаты

Группы пациентов были сопоставимы по основным демографическим и клиническим характеристикам ($p > 0.05$). Средний возраст пациентов составил 60.9 ± 16.1 года, преобладали мужчины (63%). Ишемический инсульт диагностирован у 68.9% пациентов, геморрагический – у 31.1%. Правосторонний и левосторонний гемипарез встречались с равной частотой (по 50%). Медиана давности инсульта составила 158 [57; 250] дней, что соответствует позднему восстановительному периоду. Коморбидный фон характеризовался высокой частотой артериальной гипертензии (85.6%), атеросклероза брахиоцефальных артерий (66.7%), сахарного диабета 2-го типа (32.2%), ожирения (27.8%).

При первичном неврологическом осмотре средняя сила мышц бедра соответствовала 3–4 баллам по MRC (94.4% пациентов). Средний балл по шкале баланса Берга составил 33.0 ± 10.9 , что соответствует умеренному риску падений и ходьбе с опорой. Индекс мобильности Ривермид в среднем составил 8.06 ± 1.46 балла, тест Фулл – Мейера для нижней конечности – 72.54 ± 1.60 балла.

При первичном УЗИ у пациентов с гемипарезом выявлена дисфункция мышц-стабилизаторов, проявляющаяся в снижении их сократительной способности на стороне пареза (табл. 1). Установлено, что у пациентов с постинсультным гемипарезом нарушается симметрия и сократительная способность (индекс утолщения): внутренней косой мышцы живота – в 78.9% случаев, поперечной мышцы живота – в 68.9% и квадратной мышцы поясницы – в 67.8% случаев. Во всех случаях нарушения локализовались на стороне гемипареза и статистически значимо отличались от показателей группы здоровых добровольцев ($p < 0.05$). Изменения со стороны наружной косой мышцы живота достоверно не отличались от контрольной группы, что может быть обусловлено возрастными и иными факторами.

После курса реабилитации во всех группах отмечена положительная динамика УЗ-показателей, однако ее выраженность существенно различалась (табл. 2). В основных группах (ОГ1 и ОГ2) зафиксировано статистически значимое увеличение ИУ ВКМ и ИУ ПМ по сравнению с исходным уровнем ($p < 0.001$). Различия между основными группами и контролем после лечения были статистически значимы ($p < 0.05$). Статистически значимых различий в УЗ-показателях между ОГ1 и ОГ2 после лечения выявлено не было ($p > 0.05$), что свидетельствует о сопоставимом непосредственном эффекте обеих локализаций стимуляции.

Во всех группах также отмечено улучшение функции квадратной мышцы поясницы (ИУ КМП) по сравнению с исходным уровнем ($p < 0.001$), однако статистически значимой разницы между группами не выявлено, что может быть связано с вовлечением этой мышцы в различные двигательные паттерны в ходе стандартной реабилитации.

Включение рПМС в реабилитационный комплекс оказало выраженное позитивное влияние на функциональные исходы, связанные с постуральным контролем (табл. 3). У пациентов ОГ1 и ОГ2 зафиксировано статистически значимое улучшение показателей по шкале баланса Берга. Прирост в ОГ1 составил +14.7 балла, в ОГ2 – +12.8 балла, что превышает минимальное клинически значимое различие (7–8 баллов) и свидетельствует о переходе пациентов из категории умеренного риска падений в категорию низкого риска. В контрольной группе прирост составил только +6.6 балла ($p = 0.012$).

Таблица 1

Исходные УЗ-показатели мышц-стабилизаторов у пациентов и здоровых добровольцев ($M \pm SD$), %

Параметр	Здоровые добровольцы (n = 30)	Сторона гемипареза у пациентов (n = 90)	p
ИУ ВКМ	42.3 ± 6.8	24.6 ± 7.1	< 0.001
ИУ ПМ	29.5 ± 5.2	18.2 ± 5.3	< 0.001
ИУ КМП	18.6 ± 3.9	12.4 ± 4.1	< 0.001
ИУ НКМ	38.7 ± 7.2	35.9 ± 7.8	0.124

Примечание (здесь и в табл. 2). ИУ ВКМ – индекс утолщения внутренней косой мышцы, ИУ ПМ – индекс утолщения поперечной мышцы, ИУ КМП – индекс утолщения квадратной мышцы поясницы, ИУ НКМ – индекс утолщения наружной косой мышцы.

Таблица 2

Динамика УЗ-показателей мышц-стабилизаторов на стороне гемипареза в исследуемых группах ($M \pm SD$), %

Параметр	Группа	До лечения	После лечения	Прирост, %	p*
ИУ ВКМ	ОГ1	24.6 ± 7.1	$41.3 \pm 8.2^{\wedge}$	+ 67.9	< 0.001
	ОГ2	23.9 ± 6.8	$39.7 \pm 7.9^{\wedge}$	+ 66.1	< 0.001
	КГ	25.1 ± 7.5	29.4 ± 8.1	+ 17.1	0.064
ИУ ПМ	ОГ1	18.2 ± 5.3	$28.6 \pm 6.1^{\wedge}$	+ 57.1	< 0.001
	ОГ2	17.6 ± 4.9	$27.1 \pm 5.8^{\wedge}$	+ 54.0	< 0.001
	КГ	18.9 ± 5.6	21.2 ± 6.0	+ 12.2	0.071
ИУ КМП	ОГ1	12.6 ± 4.2	18.9 ± 5.1	+ 50.0	< 0.001
	ОГ2	12.1 ± 4.0	18.2 ± 4.9	+ 50.4	< 0.001
	КГ	12.8 ± 4.4	16.5 ± 5.2	+ 28.9	0.008

* Примечание. Уровень значимости различий внутри группы по критерию Вилкоксона; $\wedge$ – различия с показателями КГ после лечения статистически значимы ($p < 0.05$, критерий Манна – Уитни).

Анализ параметров ходьбы выявил статистически значимое увеличение скорости ходьбы в основных группах: в 1.5 раза в ОГ1 и в ОГ2. В контрольной группе увеличение скорости ходьбы было минимальным и не достигло статистической значимости ($p = 0.085$). Также в основных группах отмечено улучшение симметрии ходьбы – значимое уменьшение показателя «симметрия бабочки» ($p < 0.05$), что отражает нормализацию паттерна ходьбы. Ширина шага (база опоры) существенно уменьшилась только в ОГ1 ($p = 0.019$), что свидетельствует о лучшей стабилизации корпуса при локальном воздействии на мышцы живота.

Анализ динамики показателей движений туловища с помощью системы Valedo выявил значительное улучшение в основных группах (табл. 4). В ОГ1 и ОГ2 отмечено статистически значимое уменьшение асимметрии при ротации корпуса ($p < 0.001$) и подъеме таза во фронтальной плоскости ($p < 0.001$) по сравнению с исходным уровнем и с контрольной группой. В ОГ1 также зафиксировано статистически значимое увеличение угла наклона туловища вперед ($p < 0.05$), что свидетельствует об улучшении силовых характеристик и координации мышц-стабилизаторов.

Анализ отдаленных результатов реабилитации (через семь месяцев у 32 пациентов) выявил существенные различия между группами. В ОГ1 (стимуляция мышц живота) положительная динамика не только сохранилась, но и усилилась. Зафиксировано статистически значимое дальнейшее увеличение ИУ ВКМ и ИУ ПМ по сравнению с показателями сразу после лечения ($p < 0.05$), а также улучшение показателей по шкалам Бартела ($p = 0.009$), FIM ($p = 0.043$) и индексу мобильности Ривермид ($p = 0.032$). Это свидетельствует о пролонгированном эффекте

Таблица 3

Динамика функциональных показателей в исследуемых группах (M ± SD)

Показатель	Группа	До лечения	После лечения	p*
Шкала Берга, баллы	ОГ1	32.5 ± 9.8	47.2 ± 8.6 [^]	< 0.001
	ОГ2	33.1 ± 10.2	45.9 ± 9.1 [^]	< 0.001
	КГ	32.8 ± 10.5	39.4 ± 9.7	0.012
Скорость ходьбы, км/ч	ОГ1	1.12 ± 0.48	1.64 ± 0.52 [^]	< 0.001
	ОГ2	1.08 ± 0.51	1.59 ± 0.49 [^]	< 0.001
	КГ	1.14 ± 0.55	1.26 ± 0.53	0.085
Тест Фул – Мейера (LE), баллы	ОГ1	71.9 ± 11.2	84.3 ± 9.4 [^]	< 0.001
	ОГ2	72.5 ± 10.8	82.7 ± 9.9 [^]	< 0.001
	КГ	73.1 ± 11.5	77.8 ± 10.5	0.034
Индекс мобильности Ривермид, баллы	ОГ1	7.9 ± 1.5	11.2 ± 1.3 [^]	< 0.001
	ОГ2	8.1 ± 1.4	10.9 ± 1.4 [^]	< 0.001
	КГ	8.0 ± 1.5	9.1 ± 1.6	0.041

* Примечание. Уровень значимости различий внутри группы; [^] – различия с показателями КГ после лечения статистически значимы (p < 0.05).

Таблица 4

Динамика показателей движения корпуса (система Valedo) в исследуемых группах (M ± SD), градусы

Параметр	Группа	До лечения	После лечения	p*
Разница ротации туловища	ОГ1	24.8 ± 11.2	12.3 ± 6.8 [^]	< 0.001
	ОГ2	25.3 ± 10.9	14.1 ± 7.2 [^]	< 0.001
	КГ	24.6 ± 11.5	20.4 ± 9.3	0.082
Разница подъема таза во фронтальной плоскости	ОГ1	8.9 ± 5.1	3.8 ± 2.4 [^]	< 0.001
	ОГ2	8.7 ± 4.9	4.2 ± 2.6 [^]	< 0.001
	КГ	9.1 ± 5.3	7.2 ± 3.8	0.064

* Примечание. Уровень значимости различий внутри группы; [^] – различия с показателями КГ после лечения статистически значимы (p < 0.05).

рПМС и создании предпосылок для дальнейшего функционального восстановления.

В ОГ2 отмечена стабилизация достигнутых результатов без значимого ухудшения, но и без дальнейшего улучшения.

Проведенный анализ выявил ряд факторов, оказывающих негативное влияние на восстановление функции мышц-стабилизаторов:

- Возраст старше 65 лет (снижение эффективности восстановления сократительной способности наружной косой мышцы живота, F = 0.034; p = 0.021).
- Рост выше 170 см (F = 0.042; p = 0.032 для НКМ).
- Ишемический тип инсульта (F = 0.026; p = 0.018 для ВКМ).
- Срок инсульта более 90 дней (F = 0.003; p = 0.002 для ВКМ).
- Наличие болевого синдрома (≥ 2 баллов по ВАШ) в области тазобедренного сустава и нижней конечности (F = 0.035; p = 0.022 для ВКМ).
- Коэффициент асимметрии таза более 10% (F = 0.029; p = 0.019 для ВКМ).

Выявление этих факторов позволяет более точно определять реабилитационный потенциал и прогнозировать результаты лечения.

Переносимость процедур была хорошей. Подавляющее большинство пациентов (96.7%) оценили процедуры как комфорт-

ные, 50% отмечали склонность к засыпанию во время сеанса. Серьезных нежелательных явлений зафиксировано не было; 2 (3.33%) пациента отказались от продолжения курса по субъективным причинам (шум аппарата; подозрение на связь с подъемом артериального давления, не подтвержденное в дальнейшем). У одного пациента отмечен положительный эффект в виде усиления перистальтики и купирования хронического запора.

Обсуждение

Полученные результаты убедительно демонстрируют высокую клиническую эффективность включения рПМС в комплексные программы реабилитации пациентов с постинсультным гемипарезом. Проведенное исследование впервые в отечественной практике представляет объективные данные, подтвержденные инструментальными методами (УЗИ, стабилметрия, видеоанализ движений), о положительном влиянии рПМС на восстановление функции глубоких мышц-стабилизаторов туловища.

Исходно выявленная высокая частота дисфункции внутренней косой и поперечной мышц живота (78.9 и 68.9% соответственно) на стороне гемипареза согласуется с данными зарубежных авторов [3, 5, 6]. X. Chen и соавт. [3] также продемонстрировали статистически значимое уменьшение толщины поперечной и косых мышц живота на стороне гемипареза у пациентов в раннем восстановительном периоде после инсульта. Наше исследование дополняет эти данные, показывая, что дисфункция сохраняется и в позднем восстановительном периоде (медиана 158 дней), что подчеркивает необходимость целенаправленной коррекции.

Значительное улучшение УЗ-параметров в основных группах (прирост ИУ ВКМ на 66–68 против 17% в контроле) свидетельствует о том, что рПМС эффективно активирует нервно-мышечный аппарат, способствуя восстановлению сократительной способности мышц. Это согласуется с исследованиями N. El Nahas и соавт. [10] и Т. Като и соавт. [11], показавших эффективность рПМС для восстановления функции мышц конечностей и снижения спастичности. Важно отметить, что улучшение функции мышц-стабилизаторов носило не локальный, а системный характер, что проявилось в улучшении постурального баланса, параметров ходьбы и моторной функции нижних конечностей.

Выраженная динамика по шкале баланса Берга (прирост +14.7 балла в ОГ1) не только достигла, но и значительно превысила порог клинически значимых изменений (7–8 баллов), что указывает на реальное снижение риска падений и повышение функциональной независимости пациентов. Увеличение скорости ходьбы в 1.5 раза в основных группах является критически важным для возвращения пациентов к полноценной жизни в обществе. Эти результаты превосходят данные, полученные при использовании только традиционных методов кинезиотерапии [5, 13].

Особый интерес представляют отдаленные результаты. Прогрессирующее улучшение показателей в ОГ1 спустя семь месяцев после курса лечения может быть объяснено несколькими механизмами. Во-первых, рПМС способствует не только кратковременной активации мышц, но и запуску процессов долговременной потенциации и нейропластичности на сегментарном и центральном уровнях [10, 12]. Во-вторых, восстановление функции «мышечного корсета» создает биомеханическую основу для более эффективного и физиологичного выполнения движений в повседневной жизни, что ведет к их постоянной тренировке и закреплению правильного двигательного паттерна. В-третьих, улучшение постурального контроля повышает уверенность пациентов при передвижении, стимулируя их к более высокой двигательной активности вне стационара.

Выявленные факторы, негативно влияющие на восстановление (возраст, длительность заболевания, боль, асимметрия таза), должны учитываться при формировании индивидуальных реабилитационных программ и прогнозировании их эффективности. Наличие сахарного диабета 2-го типа, как показано в нашем исследовании, повышает риск снижения толщины мышц в 4,6–27 раз, что согласуется с данными о негативном влиянии диабета на трофику тканей и регенераторные процессы [1].

Сравнение двух локализаций воздействия рПМС показало, что в краткосрочной перспективе обе методики сопоставимы по эффективности. Однако в отдаленном периоде локальное воздействие непосредственно на мышцы брюшной стенки (ОГ1) продемонстрировало преимущество. Это может быть связано с более точной активацией именно тех мышечных групп, которые ответственны за стабилизацию корпуса, и формированием более устойчивого двигательного стереотипа.

Заключение

С учетом высокой эффективности и безопасности метода рПМС целесообразно включать его в комплексные программы медикоинформационной реабилитации пациентов с постинсультным гемипарезом. Применение рПМС позволяет целенаправленно корректировать дисфункцию мышц-стабилизаторов туловища, что, в свою очередь, приводит к достоверному улучшению постурального баланса, нормализации паттерна ходьбы, повышению мобильности и функциональной независимости пациентов.

Наиболее предпочтительной локализацией воздействия является область проекции мышц боковой стенки живота на стороне гемипареза, что обеспечивает не только хороший непосредственный, но и лучший долгосрочный результат. Выявленные предикторы и факторы риска дисфункции мышц-стабилизаторов позволяют оптимизировать диагностический процесс и индивидуализировать реабилитационные программы.

Разработанный диагностический алгоритм с использованием клинических шкал и УЗИ-контроля может быть рекомендован для внедрения в практику реабилитационных отделений с целью повышения выявляемости дисфункции мышц корпуса и повышения эффективности реабилитации пациентов, перенесших инсульт.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование.

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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).

Литература

1. Клинические рекомендации. Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых. – 2024. [Clinical Guidelines. Ischemic Stroke and Transient Ischemic Attack. – 2024. In Russian]. <https://rehabrus.ru/Docs/2024/klinic-rec-ishem-2024.pdf?ysclid=mnpcp9s1y0663672345>
2. Левин О.С. и др. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2020. – Т. 120. – № 11. – С. 99–107. [Levin O.S. et al. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation // S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. – 2020. – V. 120. – No. 11. – P. 99–107. In Russian]. DOI: 10.17116/jnevro202012011199
3. Chen X. et al. Effects of rehabilitation training of core muscle stability on stroke patients with hemiplegia // Pakistan Journal of Medical Sciences. – 2020. – V. 36. – No. 3. – P. 461–466. DOI: 10.12669/pjms.36.3.1466
4. Ястребцева И.П. и др. Механизм формирования и алгоритм диагностики нарушений постурального баланса при инсульте // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2013. – Т. 113. – № 12 (2). – С. 29–34. [Iastrebtseva I.P., et al. Mechanisms of formation and a diagnostic algorithm of postural disorders in stroke // S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. – 2013. – V. 113. – No. 12 (2). – P. 29–34. In Russian]
5. Haruyama K. et al. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients // Neurorehabilitation and Neural Repair. – 2017. – V. 31. – No. 3. – P. 240–249. DOI: 10.1177/1545968316675431
6. Haas M.C. et al. Surface electromyographic activity of trunk muscles during trunk control exercises for people after stroke // PLoS One. – 2022. – V. 17. – No. 7. – e0272382. DOI: 10.1371/journal.pone.0272382
7. Pilkar R.A. et al. Novel Core Strengthening Intervention for Improving Trunk Function, Balance and Mobility after Stroke // Brain Sciences. – 2022. – V. 12. – No. 5. – P. 668. DOI: 10.3390/brainsci12050668
8. Van Crielinge T. et al. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis // Clinical Rehabilitation. – 2019. – V. 33. – No. 6. – P. 992–1002. DOI: 10.1177/0269215519830159
9. Beckwée D. et al. Skeletal muscle changes in the first three months of stroke recovery: a systematic review // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2022. – V. 54. – P. 308–318. DOI: 10.2340/jrm.v54.308
10. El Nahas N. et al. Peripheral magnetic theta burst stimulation to muscles can effectively reduce spasticity: a randomized controlled trial // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2022. – V. 19. – No. 1. – P. 5. DOI: 10.1186/s12984-022-00986-7
11. Kamo T. et al. Repetitive peripheral magnetic stimulation for impairment and disability in people after stroke // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2022. – V. 9. – No. 9. – CD011968. DOI: 10.1002/14651858.CD011968.pub4
12. Manojlović Ivezić D. et al. Feasibility and safety of an eight-week exercise program with the additional peripheral magnetic stimulation of the abdominal muscles // Healthcare (Basel). – 2024. – V. 12. – No. 14. – P. 1434. DOI: 10.3390/healthcare12141434
13. Мельникова Е.А. и др. Неинвазивная нейромодуляция как метод обезболивания в комплексной терапии хронической боли в нижней части спины // Доктор.Ру. – 2023. – Т. 22. – № 6. – С. 60–66. [Melnikova E.A. et al. Non-invasive neuromodulation as a pain management method in a combined therapy of chronic lower back pain // Doctor. ru. – 2023. – V. 22. – No. 6. – P. 60–66. In Russian]. DOI: 10.31550/1727-2378-2023-22-6-60-66