

Медицинская реабилитация пациентов с постинсультными статолокомоторными нарушениями с применением мультимодальной технологии

И. В. Погонченко, Е. В. Костенко, Л. В. Петрова, Н. В. Неприщева, В. Д. Копашева, С. О. Воронцова, М. А. Эпсева, С. Т. Шурупова, Д. И. Нахрапов

ГАУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С. И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы»

Несмотря на существенные успехи в терапии церебрального инсульта, число пациентов с сохраняющимися нарушениями функции ходьбы и равновесия остается значительным.

Симптомы постинсультных нарушений

В первые 3–6 месяцев после церебрального инсульта (ЦИ) формируются патологические двигательные паттерны различного характера и степени выраженности. К 12 месяцам после перенесенного ЦИ более трети пациентов не восстанавливают двигательную функцию, а 20–25 % больных неспособны самостоятельно передвигаться. У 60–80 % пациентов сохраняется ограниченная возможность самостоятельного передвижения с техническими средствами опоры. Нарушение баланса сопровождается риском падений, которые встречаются в 70–73 % случаев как в раннем, так и в позднем восстановительном периодах и наблюдаются у 50–60 % пациентов в резидуальном периоде ЦИ.

Спастический парез мышц нижней конечности (НК) нарушает опорную функцию ног, уменьшает длину шага, вызывает поструральные нарушения и приводит к перегрузке здоровой

стороны, что ухудшает эффективность ходьбы, увеличивает энергозатраты и ограничивает мобильность пациента. Широкий спектр двигательных нарушений после ЦИ объясняется мышечной слабостью, спастичностью, патологическими мышечными синергиями и их комбинацией. Развиваются нарушения биомеханики движения, происходит слияние модулей мышечных синергий, что приводит к формированию патологических мышечных паттернов, изменению активации мышц в состоянии покая и в различных фазах цикла шага.

Реабилитационный диагноз формулировался в категориях «Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья». Оценка выраженности нарушений функций и функционирования определялась с использованием унифицированных тестов, шкал и опросников (табл. 1).



Широкий спектр двигательных нарушений после ЦИ объясняется мышечной слабостью, спастичностью, патологическими мышечными синергиями и их комбинацией.

Таблица 1 | Инструменты оценки нарушений функции нижней конечности и связанного с ней функционирования в соответствии с доменами МКФ, шкалами/ тестами, опросниками

Домены МКФ	Инструменты оценки
Структура	
s110 Структура головного мозга	Клинико-неврологический, ортопедический осмотр, МРТ/КТ головного мозга
s750 Структура нижней конечности	Клинико-неврологический, ортопедический осмотр, стимуляционная ЭНМГ нижних конечностей
Функции	
b730 Функция мышечной силы	Шкала комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale, MRCs)
b735 Функция мышечного тонуса	Модифицированная шкала Эшфорта (Modified Ashworth Scale, mAs)
b760 Контроль произвольных двигательных функций b765 Непроизвольные двигательные функции b770 Функции стереотипа походки	Шкала Fugl-Meyer для нижней конечности (FMA-LE); Тест 10-метровой ходьбы, 10 MWT, м/сек; Индекс ходьбы Хаузера, Hauser Ambulation Index; Тест 6-минутной ходьбы; Оценка равновесия, мобильности и риска падения по шкале Тинетти (Test Tinetti, TT); Шкала равновесия Берг, Berg Balance Scale, BBS; Тест «Встань и иди» (TUG); Индекс мобильности Ривермид (Rivermead Mobility Index, RMI)
b260 Проприоцептивная функция	Клинико-неврологический осмотр; Стимуляционная ЭНМГ нижних конечностей
b280 Ощущение боли	Визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ)
b140 Функции внимания b144 Функции памяти b156 Функции восприятия b160 Функции мышления	Монреальская шкала оценки когнитивных функций, The Montreal Cognitive Assessment, MoCA-test
b152 Функции эмоций	Госпитальная шкала тревоги и депрессии, HADS
Активность и участие	
d415 Поддержание положения тела d429 Изменение и поддержание положения тела	Оценка равновесия, мобильности и риска падения по шкале Тинетти, Test Tinetti, TT; Тест «Встань и иди» (TUG); Индекс мобильности Ривермид (Rivermead Mobility Index: RMI) <i>Инструментальные методы обследования:</i> Компьютерная стабилметрия
d420 Перемещение тела	Тест 10-метровой ходьбы (10 MWT, м/сек); Индекс ходьбы Хаузера; Тест «10 самостоятельных шагов»; Тест 6-минутной ходьбы; Оценка равновесия, мобильности и риска падения по шкале Тинетти (Test Tinetti, TT)
d510 Мытье d520 Уход за частями тела d540 Одевание d598 Самообслуживание	Индекс Бартел (Barthel ADL Index: activities of daily living); Модифицированная шкала Рэнкина (mRS); Шкала реабилитационной маршрутизации (ШРМ)

В чем суть мультимодального подхода к реабилитации постинсультных пациентов

Мультимодальные технологии позволяют сократить сроки реабилитационного периода и повысить качество жизни пациентов после инсульта.

Медицинская реабилитация (МР) осуществляется с применением мультимодальной технологии мультидисциплинарной реабилитационной командой (МДРК) отделений медицинской реабилитации в соответствии в Правилами организации деятельности отделений медицинской реабилитации¹.

Мультимодальное вмешательство обеспечивает синергический и аддитивный эффекты влияния на регуляторные и нейродинамические компоненты психической деятельности, уменьшение выраженности мнестических нарушений, влияния на эмоционально-поведенческие расстройства и многоуровневую систему регуляции двигательного функционирования.

Мультимодальный подход предполагает использование нескольких модулей в рамках

одной реабилитационной сессии. В основе технологии лежит сочетание различных мультисенсорных воздействий, оказывающих непосредственное влияние на головной мозг и периферические структуры нервно-мышечного аппарата, индивидуально подобранных для каждого пациента, с использованием инновационных устройств и программного обеспечения. Такое комплексное воздействие на различные уровни системы стимулирует адаптивные изменения и перестройку статолокомоторных функций. Таким образом, мультимодальные технологии позволяют сократить сроки реабилитационного периода и повысить качество жизни пациентов после инсульта.

Стабилометрический интерактивный многофункциональный тренинг с биологической обратной связью (БОС)

Стабилометрический интерактивный многофункциональный тренинг с БОС

Для пациентов с легкими и умеренными нарушениями статолокомоторной функции разработана комплексная программа последовательных реабилитационных мероприятий, в ходе которых вначале применяют интерактивный многофункциональный тренинг

с БОС на опорной стойке, затем проводят коррекцию функции ходьбы и равновесия с программируемой функциональной электрической стимуляцией (ФЭС), биологической обратной связью (БОС), дополненной реальностью (AR).



Фото: НИИОЗММ ДЗМ



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

Таблица 2 | Этапы стабилотренинга с биологической обратной связью

Этап	Задача этапа	Основное содержание этапа
I	Оценка состояния пациента	Оценка степени выраженности нарушений статических и динамических показателей пациента, проприоцептивных функций, возможностей контроля произвольных двигательных функций, скорость сенсомоторного реагирования
II	Выбор «двигательной стратегии»	Подбор игр с учетом тяжести и особенностей нарушений статического и динамического баланса, а также индивидуального реагирования пациентов и возможности сопоставлять свои движения по направлению и амплитуде с изменениями, происходящими на экране компьютера
III	Адаптация	Адаптация пациента к игровой форме тренинга и выбранной двигательной стратегии
IV	Основной период тренинга	Увеличение успешности и сокращение времени выполнения заданий выбранного игрового тренинга, появление точных и своевременных движений
V	Усложнение заданий тренинга	Уверенное выполнение и достижение стабильности достигнутых результатов выполнения игровых заданий, последовательное усложнение игр

Методика БОС-стабилометрического тренинга включает 10–15 сеансов с использованием компьютерных технологий в игровой форме. Подбор и выполнение программы стабилотренинга с БОС проводится последовательно и состоит из 5 этапов (табл. 2). Занятия начинаются с минимальной

нагрузки — простой игры, без выраженных препятствий. Первые сеансы продолжаются около 10 минут. Далее сеансы подбираются индивидуально, учитывая возможность выполнения пациентом заданий. Уровень усложняют после периода устойчивого успешного выполнения заданий.

В зависимости от степени выраженности двигательных нарушений применяют четырех- или шестиканальную коррекцию движений, в ходе которой осуществляют электростимуляцию ягодичной мышцы, четырехглавой мышцы бедра, трехглавой мышцы голени, передней и задней большеберцовых мышц.

Программируемая функциональная электрическая стимуляция (ФЭС) с БОС и дополненной реальностью (AR)

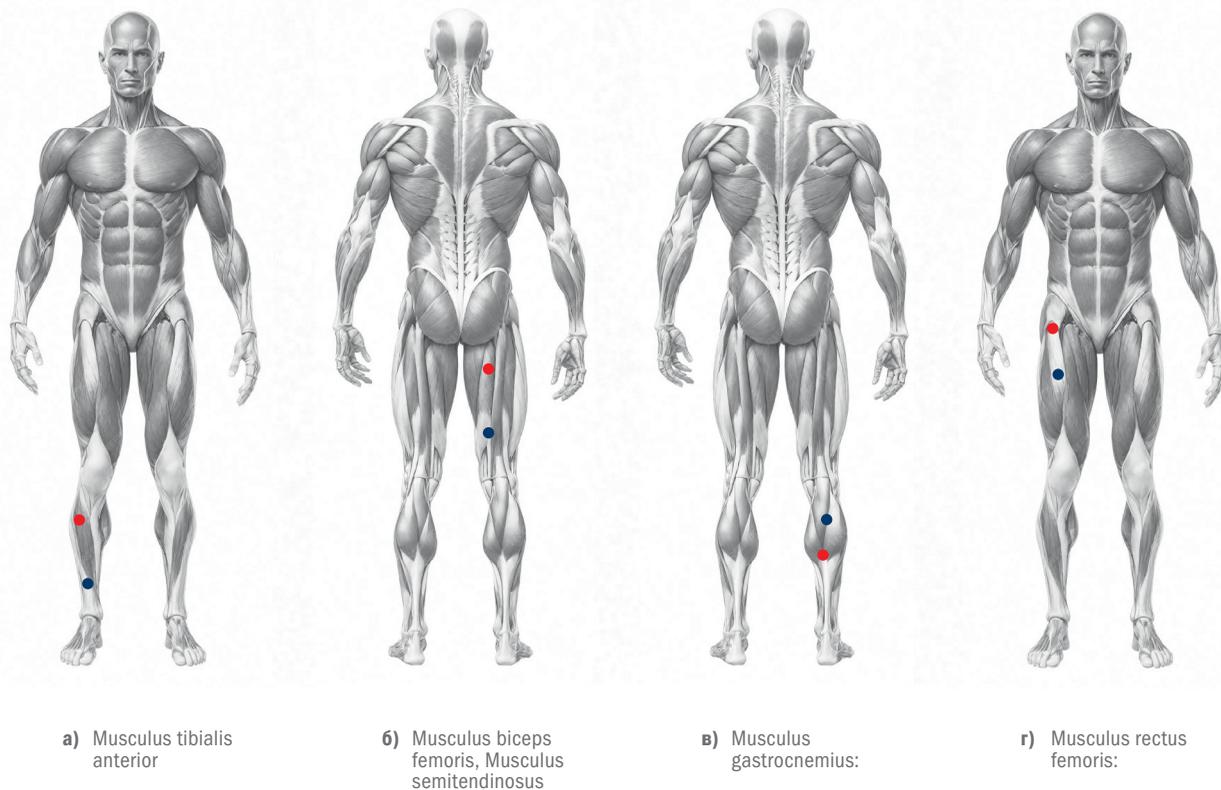
Вторым этапом, через 15–20 минут после окончания БОС-стабилометрического тренинга, проводят динамическую проприо-коррекцию с использованием ФЭС. При этом в зависимости от степени выраженности двигательных нарушений применяют четырех- или шестиканальную коррекцию движений, в ходе которой осуществляют электростимуляцию ягодичной мышцы, четырехглавой мышцы бедра, трехглавой мышцы голени, передней и задней большеберцовых мышц.

Используются следующие зоны и время стимуляции:

- mm. tibialis anterior, biceps femoris, semitendinosus — начало — 15 % времени цикла шага, окончание — 45 % времени цикла шага (рис. 1, а–б);
- mm. gastrocnemius, rectus femoris начало — 65 % времени цикла шага, окончание — 35 % времени цикла шага (рис. 1, в–г).

БОС-стимуляция через зрительные образы происходит с помощью экрана. Визуальная БОС обеспечивает повышение мотивации пациента, в результате зрительных раздражителей пациент формирует правильный >>>

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых».



а) Musculus tibialis anterior

б) Musculus biceps femoris, Musculus semitendinosus

в) Musculus gastrocnemius:

г) Musculus rectus femoris:

Рисунок 1 | Точки для стимуляции

Пример выведенной на экране компьютера информации в момент проведения ФЭС



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ СТИМУЛЯЦИИ ВРАЧ ОСУЩЕСТВЛЯЕТ КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ КАНАЛОВ СТИМУЛЯЦИИ И ПРОИЗВОДИМЫМ ДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ СТИМУЛЯЦИИ ПО ИМЕЮЩЕЙСЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ДАТЧИКОВ

стереотип походки и учится контролировать показатели ходьбы: скорость, ширину шага, симметричность движений.

Во время проведения стимуляции врач осуществляет контроль за работой каналов стимуляции и производимым двигательным эффектом стимуляции по имеющейся диагностической информации с датчиков. При необходимости производятся дополнительные регулировки режимов синхронизации или стимуляции. Длительность тренировки — 20–40 минут, продолжительность курса — 10–15 занятий.

ФЭС ягодичной мышцы проводят в первую половину опорной фазы. Коррекцию разгибания в коленном суставе — путем стимуляции четырехглавой мышцы бедра в первой половине опорной фазы, а также во второй половине переносной фазы. Коррекцию подошвенного сгибания в голеностопном суставе осуществляют посредством электростимуляции трехглавой мышцы голени в средней трети (2/3) опорной фазы. Электростимуляцию осуществляют в конце опорной и в течение переносной фаз, причем при гипотонии стимуляцию проводят при частоте тока 100–65 Гц, при спастичности — 200–100 Гц. Курс электростимуляции включает 15 сеансов по 25–30 минут 3 раза в неделю.

Целью исследования было научное обоснование эффективности технологии мультимодального воздействия с применением БОС-стабилотренинга и ФЭС у больных с постинсультными двигательными нарушениями в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта.

Исследование проводили на базе филиала 7 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ им. С. И. Спасокукоцкого ДЗМ. Курс реабилитации проходили 772 пациента в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта (ИИ). Из них 364 мужчины, 408 женщин, средний возраст 63,3±5,9 лет. Давность перенесенного инсульта составляла от 1 до 6 мес. (в среднем — 3,7±1,6 мес.).

Легкий и умеренный правосторонний гемипарез наблюдался у 429 пациентов (55,6 %), левосторонний гемипарез — у 343 (44,4 %), со средним баллом для мышц бедра 3,33±0,22 балла; мышц голени — 3,24±0,23 балла. Нарушение опороспособности и переноса пораженной конечности отмечались в 100 % случаев; 321 (41,6 %) пациент пользовался дополнительными средствами опоры.

Пациенты были рандомизированы методом случайных чисел на: основную группу (ОГ, n=399), комплексная программа реабилитации которых включала стандартную реабилитацию и мультимодальную технологию; контрольную группу (КГ, n=373), получавшую только базовую программу реабилитации.

Для коррекции равновесия и двигательных нарушений у пациентов ОГ использовалась мультимодальная технология, объединяющая последовательно проводимую тренировку на стабилотренинге с БОС по описанной ранее методике (30 минут 3 раза в неделю, 5 недель) и ФЭС на комплексе «Неврокор» (Россия, г. Москва) в режиме стимуляции первой и второй волны мышц-антагонистов, длительностью 20–30 минут, продолжительность курса — 15 занятий (3 раза в неделю, 5 недель).

Оценку эффективности реабилитации проводили исходно, до начала терапии (1-й визит, T1), через 3 недели терапии (2-й визит, T2) и 5 недель от начала реабилитационного курса (3-й, окончательный визит, T3).

Помимо изучения соматического и неврологического статусов, анализировались показатели унифицированных шкал (см. табл. 1); стабилметрические параметры (координаты общего центра давления (ЦД) во фронтальной (X) и сагиттальной (Y) плоскости в миллиметрах; площадь статокинезиограммы в мм² и средняя скорость движения общего центра давления (V) в мм/с).

БОС-стимуляция через зрительные образы обеспечивает повышение мотивации пациента, в результате зрительных раздражителей пациент формирует правильный стереотип походки и учится контролировать показатели ходьбы: скорость, ширину шага, симметричность движений.

По завершении курса МР (5 недель, Т3) нарастание мышечной силы преобладало у пациентов ОГ по сравнению с КГ, средние значения по MRCs у пациентов составили в ОГ — $4,12 \pm 0,16$ балла и в КГ — $3,84 \pm 0,17$ балла соответственно ($p < 0,05$).

Снижение патологического мышечного тонуса наблюдалось у пациентов всех групп уже через 3 недели МР (Т2), без значимых различий по сравнению с исходными данными ($p > 0,05$). По завершении курса МР у пациентов ОГ снижение мышечного тонуса в среднем составило 0,52 балла в мышцах НК, у пациентов КГ эти значения соответствовали 0,14 балла.

Сравнительный анализ нарушений общей двигательной активности, статического и динамического равновесия по шкале Тинетти (ТТ) на фоне проводимой МР показал наличие положительной динамики у пациентов всех групп исследования уже к концу 3-й недели терапии (Т2). Однако средние суммарные значения баллов достигали значимых различий по сравнению с исходными у пациентов ОГ по оценке общей двигательной активности ($25,02 \pm 0,78$ балла, $p < 0,05$) и по подшкале ходьбы ($11,54 \pm 0,64$ балла, $p < 0,05$).

К концу 5-й недели МР (Т3) пациенты ОГ демонстрировали дальнейшее значимое

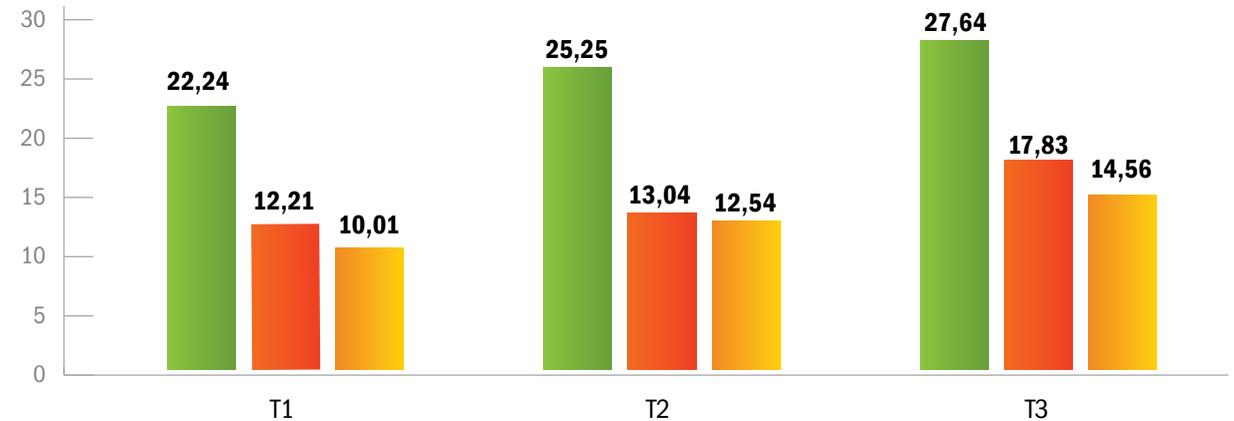
▼ Программируемая функциональная электрическая стимуляция с биологической обратной связью и дополненной реальностью (AR)



Фото: НИИОЗММ ДЗМ

ПО ЗАВЕРШЕНИИ КУРСА МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СКОРОСТЬ ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ ВСЕХ ГРУПП ИМЕЛА ДОСТОВЕРНЫЕ ($P < 0,05$) ОТЛИЧИЯ ОТ ИСХОДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПО СРАВНЕНИЮ С СЕРЕДИНОЙ КУРСА РЕАБИЛИТАЦИИ

Основная группа



Контрольная группа

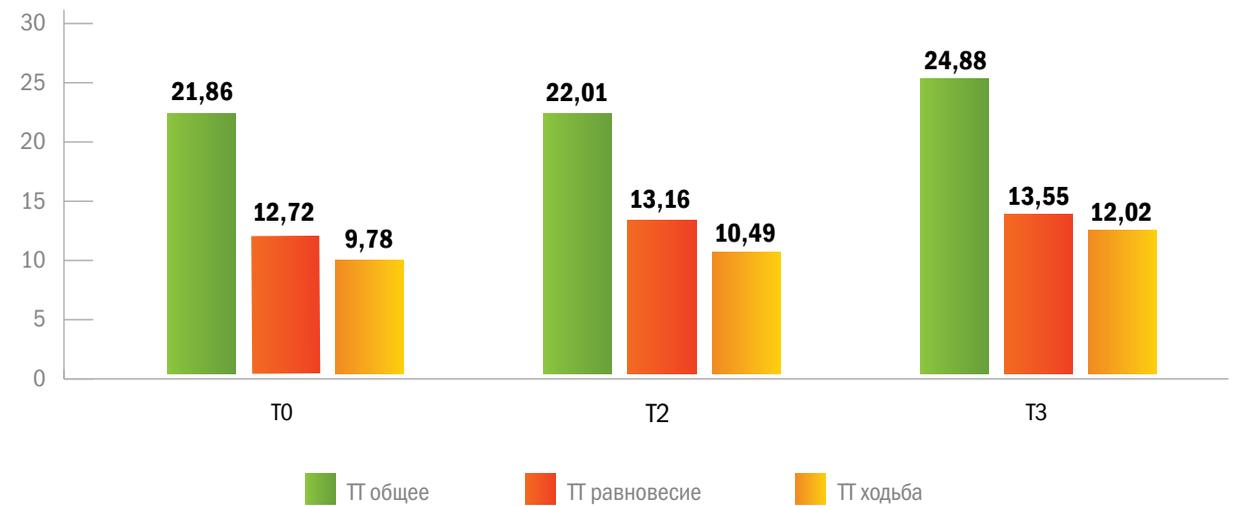


Рисунок 2 | Динамика показателей шкалы Тинетти (баллы)

($p < 0,05$) улучшение по всем разделам ТТ как по сравнению с исходными значениями, так и по сравнению с пациентами КГ исследования (рис. 2).

По завершении курса МР (Т3) скорость ходьбы у пациентов всех групп имела достоверные ($p < 0,05$) отличия от исходных значений и по сравнению с серединой курса МР (Т2).

Однако динамика темпов прироста скорости ходьбы была различна в ОГ и КГ и составила 0,16 и 0,34 м/сек в ОГ; в КГ — 0,11 и 0,23 м/сек.

Анализ динамики показателей стабиллометрии выявил статистически значимое ($p < 0,05$) уменьшение длины статокинезиограммы (L) к визиту Т3 по сравнению >>>

Таблица 3 | Динамика показателей компьютерной стабилотрии (M±m)

Показатели стабилотрии	Визиты (точки) оценки эффективности		
	T1	T2	T3
Основная группа (n=399)			
L, мм >	882,44±56,9	728,25±72,5*	806,10±56,3*
S, ОГ, мм ² >	615,8±60,3	487,2±56,4*	494,7±56,2*
S, ЗГ, мм ² >	994,5±72,2	759,6±79,5*	808,2±77,3*
QR, % >	161,5±6,8	155,7±7,2*	163,37±6,8
ГО, V, мм/сек >	18,2±0,55	15,2±0,72*	17,8±0,58
ЗГ, V, мм/сек >	32,2±0,59	22,7±0,75*	25,8±0,70*
Контрольная группа (n=373)			
L, мм >	934,48±59,7	902,75±63,6	947,55±58,3
S, ОГ, мм ² >	652,6±60,3	641,8±62,9	662,3±59,6
S, ЗГ, мм ² >	1145,6±69,5	1096,7±75,8	1157,4±68,6
QR, % >	175,5±5,8	170,9±6,2	174,8±5,9
ГО, V, мм/сек >	18,2±0,55	17,9±0,6	18,6±0,53
ЗГ, V, мм/сек >	37,6±0,57	37,2±0,58	38,5±0,56

с исходными значениями в ОГ со значимыми (p<0,05) различиями с пациентами КГ (табл. 3). К концу 5-й недели у пациентов ОГ значимо (p<0,05) уменьшилась площадь статокинезиограммы (S), что сопровождалось достоверным (p<0,05) уменьшением коэффициента Ромберга (QR), уменьшением скорости перемещения общего центра давления (ОЦД) с закрытыми глазами (ЗГ).

Постинсультные когнитивные и эмоциональные нарушения вносят свой дополнительный вклад в развитие двигательных нарушений. При тренировках на БОС-платформе наблюдается усиление сенсорного входа, что придает физической

нагрузке эмоциональную окрашенность. Применение мультимодальной технологии у пациентов ОГ позволило стабилизировать эмоциональный фон, изменить отношение пациентов к болезни и лечению, повысить их самооценку и мотивацию для продолжения реабилитации. Исследование показало положительные изменения как в эмоциональном, так и в когнитивном функционировании у пациентов ОГ по сравнению с пациентами КГ (рис. 3–4).

Анализ динамики прироста суммарного числа баллов по шкале Бартел в относительных величинах показал увеличение через 5 недель на 27,25 % у пациентов ОГ.

ИНТЕГРАЦИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМУ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТИНСУЛЬТНЫМИ СТАТОЛОКОМОТОРНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ **ВЛИЯЕТ НА ПРОЦЕССЫ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ В ЦНС И МОТОРНОЕ ПЕРЕОБУЧЕНИЕ**

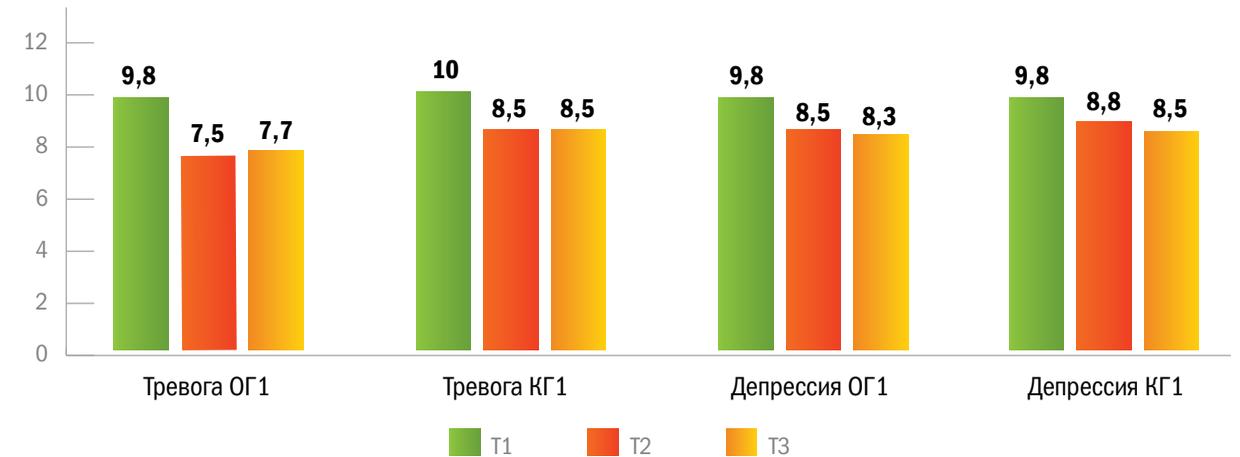


Рисунок 3 | Динамика показателей эмоционального статуса по шкале HADS (баллы)



Рисунок 4 | Динамика показателей когнитивного статуса по шкале MoCA (баллы)

Результаты интеграции мультимодальной технологии

Интеграция мультимодальной технологии в систему реабилитации пациентов с постинсультными статолокомоторными нарушениями оказывает влияние на процессы нейропластичности в ЦНС, моторное переобучение и как результат — эффективность в улучшении мышечной силы, снижении спастичности паретичных конечностей, восстановлении функции ходьбы и поструральной устойчивости, когнитивного функционирования, а также

в уменьшении уровня реактивной тревожности и субклинической депрессии. Благодаря такому подходу повышается активность в повседневной, социальной и профессиональной сферах. Результаты этого исследования используются в практической работе отделений реабилитации центра, а также образовательных программах повышения квалификации специалистов с медицинским высшим образованием.