

Применение транскраниальной магнитной стимуляции у больных ишемическим инсультом в остром и раннем восстановительном периодах с диагностической и лечебно-реабилитационной целью (методические рекомендации)

В.П. Люсенюк, В.А. Засуха, А.П. Балицкий, Н.И. Самосюк

Министерство здравоохранения Украины
Украинский центр научной медицинской информации и патентно-лицензионной работы
Киев-2012

Организации-разработчики:

*Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца (Киев),
Национальная медицинская академия последипломного образования
им. П.Л. Шупика Минздрава Украины (Киев)*

Для определения реабилитационного потенциала у пациентов с ишемическим инсультом в остром и раннем восстановительном периодах при двигательных нарушениях рекомендуется использовать функциональную транскраниальную магнитостимуляцию. Сохранность моторных вызванных потенциалов пораженного полушария в остром и раннем восстановительном периодах свидетельствует о перспективе восстановления двигательных функций пораженных конечностей. Отсутствие моторного вызванного потенциала с пораженного полушария говорит о низком реабилитационном потенциале восстановления двигательных функций. У больных после инсульта с впервые возникшим полушарным ишемическим инсультом с двигательными нарушениями, умеренным неврологическим дефицитом отмечены изменения моторного вызванного потенциала не только пораженного полушария, но и интактного, поэтому реабилитационные воздействия должны быть направлены также на условно интактное полушарие. Авторами разработан метод синхронного использования транскраниальной магнитостимуляции и электромиостимуляции при сохраненном реабилитационном потенциале у больных ишемическим инсультом с двигательными нарушениями. Применение метода повышает результаты медицинской реабилитации в остром и раннем восстановительном периодах. Для достижения оптимального результата реабилитационных мероприятий рекомендуется проводить магнитостимуляцию пораженного полушария с частотой магнитных импульсов 5 Гц, а непораженного — 1 Гц с синхронной электромиостимуляцией по классической методике.

Ключевые слова: транскраниальная магнитная стимуляция; ишемический инсульт; двигательные расстройства; реабилитационный потенциал

V.P. Lyusenyuk, V.A. Zasukha, A.P. Balitsky, N.I. Samosyuk

THE APPLICATION OF TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATION IN THE PATIENTS PRESENTING WITH ISCHEMIC STROKE IN THE ACUTE, AND EARLY RECONVALESCENCE PERIODS FOR DIAGNOSTIC, THERAPEUTIC, AND REHABILITATIVE PURPOSES (GUIDELINES)

Ukrainian Centre for Scientific Medical Information, Patent and License Activities, Ukrainian Ministry of Health, Kiev;
A.A. Bogomolets National Medical University, Kiev;
P.L. Shupik National Medical Academy of Postgraduate Education, Ukrainian Ministry of Health, Kiev

It is recommended to use functional transcranial magnetic stimulation for the estimation of the rehabilitative potential of the patients presenting with ischemic stroke and locomotor disorders in the acute, and early convalescence periods of the disease. The retention of motor evoked potentials from the affected hemisphere in the acute and early convalescence periods gives evidence of good prospects for the normalization of locomotor functions in the affected extremities. In contrast, the absence of motor evoked potentials from the affected hemisphere suggests the poor rehabilitative potential for the restoration of the locomotor functions. The patients who had undergone the newly diagnosed hemispheric ischemic stroke and thereafter developed locomotor disorders in combination with neurologic deficit exhibited changes in the motor evoked potentials not only from the affected hemisphere but also from the "intact" one. It means that the rehabilitative treatment should be extended onto the conventionally "intact" hemisphere. The authors proposed the method for the synchronous application of transcranial magnetic stimulation and electrical stimulation in the patients presenting with primary ischemic stroke and locomotor disorders provided that they retain the rehabilitative potential. This method makes it possible to improve the results of medical rehabilitation during the acute and early convalescence periods. In order to obtain the optimal outcome of rehabilitative measures, it is recommended

to carry out magnetic stimulation of the affected and unaffected hemispheres at the frequencies of magnetic pulses 5 Hz and 1 Hz respectively simultaneously with electrical stimulation by the conventional method.

Key words: *transcranial magnetic stimulation; ischemic stroke; locomotor disorders; rehabilitative potential*

Цереброваскулярные болезни и их наиболее тяжелый вариант — мозговой инсульт (МИ) является одной из основных причин инвалидности в мире. На сегодня известно, что к основным механизмам нейрореабилитации относятся локальные процессы реституции (регресс отека, разрешение ишемической полутени, уменьшение отсроченной функциональной депрессии), реорганизации ЦНС (изменение интенсивности продукции нейротрансмиттеров, восстановление подавленных ипсилатеральных кортико-спинальных и дополнительных двигательных путей, усиление синаптогенеза и т. п.).

Указанные механизмы реализуются в разные сроки — от нескольких секунд до значительно больших промежутков времени (недель, месяцев и даже лет).

Физические факторы в реабилитации больных с мозговым инсультом

В мультидисциплинарной системе реабилитации больных, перенесших МИ, важным элементом является адекватное, патогенетически обоснованное медикаментозное лечение в сочетании с методами физиотерапии. Именно поэтому активный поиск новых подходов для совершенствования процесса реабилитации больных, перенесших инсульт, невозможен без знаний особенностей влияния физических факторов.

Известные программы тренировок (ограничение движения здоровой конечности, двусторонние тренировки рук, применение роботов и т. д.) рассчитаны на перестройку организации двигательной системы. Значительную помощь в этом могут оказать инвазивные и неинвазивные методы стимуляции мозга (транскраниальная магнитная или электрическая стимуляция, стимуляция первичной двигательной зоны коры с помощью эпидуральных электродов и т. д.). Сочетание транскраниального влияния с традиционными тренировками (ЛФК, кинезитерапия, временные ограничения в использовании здоровых конечностей и т. д.) должно активизировать функциональное состояние определенных участков головного мозга (ГМ): зон, прилегающих к очагу поражения; вторичных двигательных центров на стороне поражения; противоположного полушария.

Такие меры у больных после инсульта стимулируют образование ростового фактора и способствуют уменьшению парезов в отдаленном периоде инсульта. Современные физические факторы являются перспективными для внедрения их в реабилитационный процесс. Особенно это касается транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), которая начинает использоваться в нейрореабилитации.

Функциональная диагностика двигательных нарушений методом ТМС у больных ИИ

ТМС — это современный нейрофизиологический метод, позволяющий исследовать функциональное состояние моторной системы в норме и при различ-

ных заболеваниях центральной и периферической нервной системы, сопровождающихся двигательными расстройствами.

Суть его заключается в генерации электрического тока в высокоинтенсивном магнитном поле (МП). Индуцированный ток вызывает деполяризацию мембран и возникновение потенциала действия в нервных структурах, на которые было направлено МП. При этом возбуждается проксимальная часть аксонов быстропроводящих мотонейронов на уровне первых трех перехватов Ранвье (D-волна — direct wave) и нескольких вставочных, которые с разной временной задержкой передают возбуждение на мотонейрон (I-волна — indirect wave). В ответ на одно-разовый стимул в двигательных центрах коры ГМ возникает залп нисходящих импульсов возбуждения, конечной целью которых являются спинальные альфа-мотонейроны, передающие возбуждение к периферическим нервам. Регистрация моторного вызванного ответа (МВО) обследуемых мышц осуществляется электронейромиографом, синхронизированным с магнитным стимулятором.

Важно, что при ТМС двигательных центров ГМ возбуждаются только те корковые нейроны, которые первыми активируются при реализации произвольного движения.

Показания и противопоказания к применению ТМС

Показания: диагностика нарушений кортико-мускулярных путей при заболеваниях центральной и периферической нервной системы; оценка эффективности восстановления нарушенных функций после инсультов, черепно-мозговых, спинальных травм, патологии периферической нервной системы; для лечения резистентных форм депрессий и эпилепсии, оценки состояния функций ЦНС при психиатрической патологии; для интраоперационного мониторинга нейрохирургических вмешательств.

Противопоказания: беременность; наличие у больного имплантированного водителя ритма сердца или других электронных устройств, которые управляют физиологическими функциями организма, металлических предметов, которые могут нагреваться или сдвигаться; острые нарушения мозгового кровообращения и другие заболевания, сопровождающиеся нестабильностью витальных функций, гипертермией и т. д.

Преимущества метода ТМС:

- позволяет оценить функциональное состояние отделов головного и спинного мозга, которые "труднодоступны" для исследования другими методами; регулируемая глубина воздействия на структуры центральной и периферической нервной системы;
- метод безболезненный, что является существенным преимуществом по сравнению, например, с электростимуляцией;

- не вызывает побочных реакций при правильном выборе интенсивности и частоты импульса, о чем свидетельствует отсутствие достоверных изменений частоты сердечных сокращений, уровня артериального давления, параметров ЭЭГ, содержания пролактина и кортизола в крови, а также показатели психофизиологических тестов и т. п.

Методика обследования больных с применением ТМС

На рис. 1 представлена схема проведения ТМС при исследовании двигательных нарушений у пациентов с ишемическим инсультом (ИИ). Магнитная стимуляция моторной коры осуществляется с помощью кольцевого или в форме восьмерки койла (coil — мощная электромагнитная катушка) различного диаметра. Используются специальные магнитные стимуляторы, которые разрешены для медицинского применения в Украине, например серия "Нейро-МС" производства фирмы "Нейрософт" (Россия). Подобные стимуляторы обеспечивают генерацию очень коротких по продолжительности (250 мкс и менее) магнитных импульсов с максимальной индукцией до 2,5 Тл.

При использовании кольцевого койла его центр располагают над вертексом для корковой стимуляции верхних конечностей или чуть впереди вертекса для стимуляции нижних конечностей.

Моторные вызванные потенциалы (МВП) регистрируются с помощью многоканального электроэнцефалографа билатерально с симметрично расположенных мышц (рис. 1). Обследуют две мышцы и более на верхних и нижних конечностях как на пораженной, так и на неповрежденной стороне. Используют поверхностные биполярные электроды, которые фиксируют на необходимых мышцах по схеме моторная точка — сухожилие. Исследование проводится в положении пациента сидя или лежа для обеспечения максимального расслабления мышц. Перед процедурой пациенту разъясняется цель обследования, ее ход и безопасность. Выясняется наличие возможных противопоказаний для проведения ТМС.

Следует предупредить пациента о возможности возникновения звукового щелчка и подергиваний мышц во время процедуры ТМС.

Оценка результатов исследования ТМС

Для оценки результатов исследования ТМС используются показатели МВП, полученные с проксимальных и дистальных мышц верхних и нижних конечностей.

Анализируются следующие параметры МВП:

- 1) латентность МВП — время (в мс) от начала стимуляции корковых моторных зон до момента возникновения МВП в соответствующей мышце;
- 2) продолжительность центрального моторного проведения (ПЦМП) — разница латентности МВП при кортикальной и сегментарной стимуляции (в мс);
- 3) порог возникновения МВП — минимальная индукция МП, которая вызывает моторный ответ; процент от максимальной индукции магнитного стимулятора;

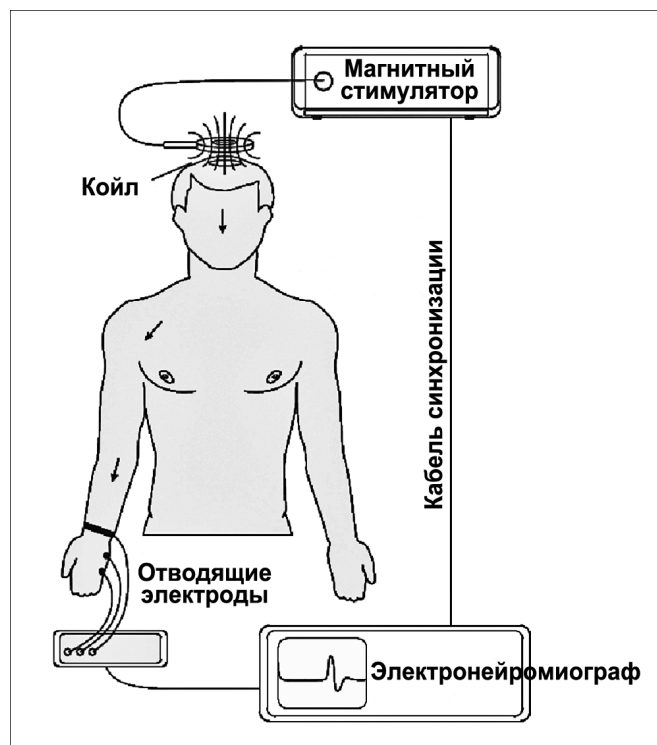


Рис. 1. Типичная схема регистрации моторных вызванных потенциалов с использованием ТМС для исследования двигательных нарушений при патологии ЦНС.

4) амплитуда МВП (от пика до пика положительного и отрицательного отклонений от изолинии), измеряемая в мВ;

5) площадь МВП (в мВ · мс);

6) разница латентности МВП между левым и правым полушарием (в мс);

7) амплитудный коэффициент (в %) — отношение амплитуды МВП при корковой стимуляции до амплитуды М-ответа при электрической стимуляции;

8) межамплитудный коэффициент (в %), рассчитываемый путем деления амплитуды МВП с пораженной стороны на амплитуду МВП с неповрежденной стороны;

9) коэффициент площади (в %), рассчитываемый путем деления площади МВП с пораженной стороны на площадь МВП с неповрежденной стороны.

При оценке функционального состояния двигательной системы у пациентов с ИИ в остром и раннем восстановительном периодах нами был использован указанный выше магнитный стимулятор, который синхронизировался с электроэнцефалографом "Нейро-ЕМГ-Микро" с применением соответствующего программного обеспечения.

Для транскраниальной и трансвертебральной магнитной стимуляции использовался стандартный кольцевой койл диаметром 125 мм с максимальной индукцией 2,2 Тл.

Для определения порога возникновения МВП стимуляция проводилась одиночными импульсами, начиная с уровня 30% от максимального (2,2 Тл), с дальнейшим увеличением интенсивности на 5% до момента возникновения МВП, межимпульсный интервал составлял 3 с. Проводилась серия из 5—7 импульсов с усреднением полученных результатов.

Исследования других параметров также осуществлялось одиночными импульсами с близкой к максимальной интенсивностью (2,2 Тл).

Нами с использованием ТМС были обследованы 202 пациента, 40 из которых не имели неврологической патологии (контрольная группа). Проведение ТМС у них осуществлялось в рамках отработки методики определения параметров воздействия — регистрация на миографе МВП, синхронизация ТМС двигательных центров ГМ и электромиостимуляция (ЭМС) мышц верхних и нижних конечностей. Это был первый этап исследования, предшествовавшего клиническому, в котором лечебно-реабилитационные мероприятия проведены 162 больным с впервые возникшим полушарным ИИ в бассейне средней мозговой артерии (СМА) преимущественно с двигательными нарушениями. Состояние пациентов по клиническим стандартизированным тестам и шкалам (NIHSS, Бартел, Ренкина) определялось как средней тяжести.

Основная цель данного исследования состояла в определении эффективности сочетанного синхронного воздействия ТМС и электромиостимуляции (ЭМС) при двигательных нарушениях у больных с ИИ. Удалось установить, что при ТМС двигательных центров пораженного и непораженного полушарий ГМ важное прогностическое значение в восстановлении движений в паретичных конечностях имеет наличие МВП с пораженного полушария. Отсутствие МВП у больных с ИИ с пораженного полушария в течение первых 7 сут (иногда до 10—12 сут, т. е. в срок, когда может сохраняться локальный отек мозга) свидетельствует о пониженном реабилитационном потенциале восстановления движений в паретичных конечностях.

Отмечено, что общее состояние пациентов с низким реабилитационным потенциалом по клиническим признакам (шкалы, тесты, индексы), данным КТ, МРТ и т. д. может не отличаться от состояния больных с ИИ с достаточным реабилитационным потенциалом. Функциональные исследования с использованием ТМС двигательных центров ГМ в первые 10—12 дней после развития ИИ позволяют с высокой вероятностью (95% и выше) определить возможность восстановления движений в паретичных конечностях. Основным показателем, как подчеркивалось, является наличие МВП с пораженного полушария мозга. При отсутствии МВП ишемический очаг по данным МРТ или КТ локализовался преимущественно в белом веществе ГМ. Такая локализация ишемического очага негативно влияет на метаболические процессы в таламусе и в структурах, обеспечивающих связи базальных ганглиев с двигательными центрами ГМ, и, следовательно, отрицательно действует на восстановление двигательных функций.

Отбор пациентов для изучения эффективности разработанного способа лечения ТМС с синхронизированной ЭМС мышц верхних и нижних конечностей при ИИ осуществлялся по следующим критериям включения: клинический диагноз — острое нарушение мозгового кровообращения в бассейне СМА слева или справа, с двигательными нарушениями; наличие результатов КТ или МРТ, которые не

противоречат клиническому диагнозу; мужчины и женщины в возрасте от 45 до 70 лет; возможность проведения физиотерапевтических процедур (ТМС и ЭМС); наличие МВП с пораженного полушария ГМ при ТМС двигательных центров.

Оценка состояния больных до лечения проводилась по следующим шкалам:

- по шкале NIHSS — от 8 до 12 баллов (нарушения средней степени тяжести);
- дополнительное определение степени пареза в пораженных конечностях [специальные домены (5,6) шкалы NIHSS] — 2—3 балла для одной конечности (умеренный или выраженный гемипарез, не достигающий уровня гемиплегии);
- по индексу Бартел — от 21 до 70 баллов (умеренная или значительная зависимость от окружающих);
- по шкале Ренкина — от 3 до 4 баллов (умеренные или выраженные признаки инвалидности).

Критериями исключения являлись: тяжелое клиническое состояние больного (по шкале NIHSS более 12 баллов), гемиплегия, устойчивые бульбарные нарушения, недержание мочи, тяжелые сопутствующие заболевания или осложнения, делающие невозможным проведение полноценных реабилитационных мероприятий.

Всем пациентам основной и контрольной групп проводились базисные реабилитационные мероприятия с определенной индивидуализацией: необходимое медикаментозное лечение, ЛФК, дыхательная гимнастика, лечение положением, массаж, ранняя вертикализация, периодические двигательные ограничения здоровых конечностей, "зеркальные упражнения", элементы эрготерапии и т. д.

В основных группах больных с ИИ с позитивным реабилитационным потенциалом (по показателям МВП и клиническим шкалам), кроме базисных реабилитационных интервенций, проводили дополнительные процедуры сочетанного воздействия ТМС двигательных центров ГМ и ЭМС мышц верхних и нижних конечностей по разработанной авторской методике. Количество процедур на курс лечения составляло от 5 до 10—15, что определялось индивидуально.

Эффективность лечения оценивали по следующим клиническим критериям:

- терапия эффективна, если по шкале NIHSS на 10-й день и последующие дни лечения по сравнению с 1-м днем по дихотомической шкале регистрируется уменьшение выраженности неврологического дефицита на 1 балл и более; терапия неэффективна (нет изменений) — 0 баллов; ухудшение — 1 (на 1 балл и более);
- изменения по индексу Бартел на 5 баллов и более в те же сроки лечения;
- оценка степени инвалидизации по шкале Ренкина на 30-й и 90-й дни лечения по сравнению с 1-м днем (учитывались изменения не менее чем на 0,5 балла);
- динамика выраженности субъективных жалоб (головная боль, системное и несистемное головокружение, тошнота и/или рвота, невозможность движений, нарушение речи, когнитивные нарушения);

- изменения функциональных показателей при ТМС двигательных центров ГМ по основным параметрам (порог возникновения МВП, латентность, амплитуда, площадь МВП и т. п.).

Под наблюдением находились 162 пациента в возрасте 45—70 лет ($56,8 \pm 3,5$ года). Из них 94 (58%) пациента молодого и среднего (до 60 лет) возраста. ИИ чаще встречался у мужчин (61,1%), чем у женщин (38,9%). Полушарная локализация ишемического очага в бассейне СМА была следующей: у 87 (53,7%) больных левосторонняя, у 75 (46,3%) правосторонняя.

Кинический статус больных по всем показателям отвечал состоянию средней тяжести, что подтверждалось оценкой с использованием стандартизированных шкал: по шкале NIHSS $9,3 \pm 1,4$ балла, по индексу Бартел $55,0 \pm 2,1$ балла, по шкале Ренкина $3,5 \pm 0,4$ балла. Ведущими клиническими нарушениями были двигательные (100% больных) и речевые (53,7% больных).

Перед лечением у 32 (20%) больных регистрировался глубокий гемипарез со снижением силы относительно здоровых конечностей на 80—85% — 7 баллов; у 96 (59%) — снижение силы на 60—80% — 5 баллов (выраженный гемипарез), у 34 (21%) — снижение силы на 40—60% — 4 балла (умеренно выраженный гемипарез).

Применение ТМС с диагностической целью перед началом реабилитационных мероприятий по разработанному способу у обследованных больных дало следующие результаты. Из 162 больных с ИИ средней степени тяжести у 22,8% установлен низкий реабилитационный потенциал относительно возможности восстановления двигательных функций в паретичных конечностях. Основанием для этого стали показатели ТМС двигательных центров ГМ. Отсутствие МВП с пораженного полушария ГМ в первые 10—12 сут после развития ИИ, как показали наши исследования, свидетельствует о значительной блокаде кортико-спинальных путей и малой вероятности их восстановления. У таких пациентов ишемический очаг локализовался в глубинных структурах мозга с достаточно ранним формированием спастичности в паретичных конечностях. Эти пациенты с низким реабилитационным потенциалом не включались в программу реабилитационных мероприятий по разработанному способу.

При сохранном реабилитационном потенциале был проведен анализ параметров МВП при ТМС пораженного полушария ГМ и зарегистрированные на контралатеральной верхней конечности (*m. abductor pollicis brevis*) по сравнению с аналогичными показателями при стимуляции интактного полушария. Показано, что наиболее значительная разница была зарегистрирована в площади МВП с пораженного полушария — снижение на 62,5%, уменьшение амплитуды МВП с этого полушария составило 57,1%, а увеличение латентного периода — 49,1%. Порог МВП различался между полушариями на 14,8%. Практически все параметры МВП с мышц верхних конечностей при ТМС интактной и пораженной гемисферы ГМ достоверно различались между собой ($p < 0,001$).

Усредненные показатели МВП, зарегистрированные с нижней конечности (*m. tibialis anterior*) при магнитной стимуляции пораженного и интактного полушария ГМ, достоверно отличались друг от друга, как это было выше отмечено для рук. Порог возникновения МВП был увеличен на 16,9%, латентность увеличена на 34,5%. Амплитуда МВП была уменьшена на 50%, а площадь МВП — на 54,3%.

Иными словами, разница показателей МВП, зарегистрированных с мышц нижней конечности, соответствовала установленным нарушениям (снижение площади и амплитуды МВП, увеличение латентного периода и т. п.) для верхних конечностей. С учетом длины кортико-мускулярного пути величина латентности МВП для мышц нижних конечностей была в среднем на 10 мс больше, чем для мышц рук.

Амплитуда МВП при сравнении показателей на нижних и верхних конечностях различалась почти в 2 раза, что можно объяснить увеличением явлений десинхронизации с удлинением пути прохождения нервных импульсов от корковых центров к мышцам ног. Разница площадей МВП на ногах и руках не была такой большой, как для предыдущих показателей, что подтверждает влияние десинхронизации. Также достоверно не различались коэффициенты площади: на нижних конечностях их величина составила $40,1 \pm 4,47\%$, а на верхних — $37,3 \pm 4,61\%$ ($p > 0,1$).

При сравнении показателей МВП в контрольной группе (без неврологической патологии) с аналогичными показателями у постинсультных больных (основная группа) отмечены следующие различия. Усредненные величины основных параметров МВП, полученные при ТМС моторных центров интактного полушария как руки, так и ноги, достоверно отличались от подобных показателей у здоровых лиц не менее чем на 15% ($p < 0,05$). Это свидетельствует о том, что интактность полушария является относительной, т. е. в полушарии без очаговых изменений, по данным МРТ или аксиальной компьютерной томографии (АКТ), есть существенные функциональные изменения кортико-спинального тракта. Установленные факты служат обоснованием использования ТМС в реабилитационном процессе с влиянием на моторную кору не только пораженного полушария, но и интактного.

При сравнении основных показателей при ТМС моторных центров руки и ноги с пораженного полушария в зависимости от степени выраженности пареза (оценка признаков по шкале NIHSS в 4-балльной системе отдельно для руки и ноги) получены следующие данные. У больных со слабовыраженными двигательными нарушениями (парез на уровне 1 балла) регистрировалось заметное увеличение порога и снижение амплитудных показателей МВП по сравнению с таковыми на непораженной стороне. Латентность МВП при этом существенно не менялась. Это же относилось и к параметрам периферического М-ответа с мышц паретичных конечностей ($p < 0,05$).

У больных с более грубыми нарушениями (2 балла по шкале NIHSS), соответствующими умеренно выраженному парезу, регистрировали увеличение порога и латентности и уменьшение амплитуды

МВП на стороне пареза по сравнению с непораженной. Параллельно отмечали снижение периферического М-ответа с мышц пораженных конечностей. Почти у 30% больных МВП регистрировался только при мышечном усилии пациента, что может свидетельствовать о более значительной пирамидной дисфункции.

Усредненные показатели МВП, зарегистрированные с нижней конечности (*m. tibialis anterior*) при стимуляции контралатерального пораженного и интактного полушария, достоверно ($p < 0,01$) отличались от аналогичных в контрольной группе.

У пациентов ($n = 37$) с общим состоянием средней тяжести при парезах (3 балла по шкале NIHSS) в большинстве случаев при ТМС пораженной гемисферы МВП не вызывался, что сопровождалось также уменьшением периферического М-ответа с мышц паретичных конечностей. Такие изменения (сочетание пирамидных нарушений и периферических расстройств) развивались к 5—6-й неделе после перенесенного инсульта и прогностически свидетельствовали о тяжелом двигательном дефиците с формированием выраженной спастичности.

Таким образом, применение ТМС в комплексе диагностических методов у больных в остром и раннем восстановительном периодах полушарного ИИ позволяет оценить функциональное состояние кортико-спинального тракта, объективизировать степень пареза и в определенной степени прогнозировать возможность восстановления двигательных функций. Отсутствие любого ответа с мышц на пораженной стороне указывает на неудовлетворительное в дальнейшем восстановление двигательных функций.

Способ проведения ТМС несложен и не требует значительных затрат времени, легко переносится больными. В экспресс-обследовании больных с ИИ в остром и раннем восстановительном периодах достаточно определить наличие или отсутствие МВП с пораженного полушария. Отсутствие его указывает на пониженный реабилитационный потенциал восстановления движений в паретичных конечностях. При необходимости более точного прогнозирования определяют другие параметры МВП, такие как порог возникновения, латентность, амплитуда и их коэффициенты. Эти показатели также могут служить основой для долгосрочного мониторинга двигательных функций.

Использование ТМС в комплексе лечебно-реабилитационных мероприятий при ИИ в остром и раннем восстановительном периодах

Нами разработан способ лечения больных с ИИ с двигательными нарушениями в остром и раннем восстановительном периодах, направленный на по-

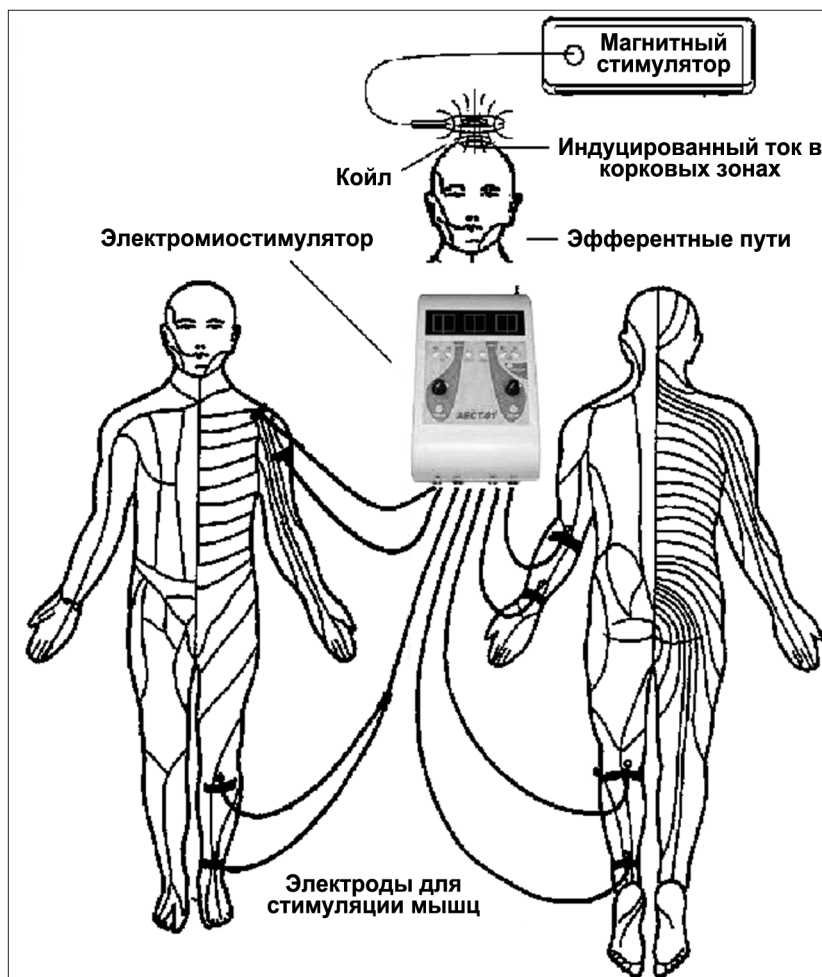


Рис. 2. Схема проведения ТМС в сочетании с ЭМС конечностей.

вышение результативности лечебно-реабилитационных мероприятий для этой категории пациентов. Поставленная задача решалась совмещенным синхронным влиянием ТМС двигательных центров обоих полушарий ГМ (пораженного и непораженного) и ЭМС верхних и нижних конечностей. Использовалась стандартная аппаратура для ТМС и многоканальная (4-, 6- или 8-канальная) для ЭМС (рис. 2).

Перед проведением ТМС осуществляется поиск необходимых зон стимуляции, определяют участки, при активации которых легче всего получить вызванный ответ необходимых мышц.

Начинают процедуру с поиска соответствующих зон ТМС для интактной (непораженной) стороны (ипсилатерально к паретичным конечностям), электроды для ЭМС фиксируют на сгибателях руки (см. рис. 2). Далее определяют пороговую интенсивность магнитных импульсов, вызывающих сокращение мышц непораженных конечностей. Подбирают параметры тока, вызывающие сокращение мышц в локтевом и лучезапястном суставах. Осуществляется одновременное проведение ТМС и ЭМС. Параметры стимуляции — посылка 2—3 с, пауза 4—6 с, (продолжительность процедур с 3 мин постепенно увеличивают до 5 мин). Синхронизация транскраниальной и мышечной стимуляции позволяет уменьшить мощность магнитных импульсов на 20—40%.

По такой же схеме проводится ТМС соответствующих зон моторной коры и ЭМС мышц ноги — разгибателей (см. рис. 2) непораженной конечности (посылка 2—3 с, пауза 4—6 с). Затем выполняется ТМС корковых двигательных зон пораженного полушария и ЭМС мышц паретичных конечностей. Схема действия аналогична, однако стимуляция других мышечных групп (на руке — разгибатели, на ноге — сгибатели), т. е. мышцы-антагонисты спастичных мышц.

Обычно повышение тонуса мышц конечностей регистрируется через 1—2 мес после инсульта с полным формированием спастичности к концу 3-го месяца. ТМС оказывает антиспастическое действие и у 67% больных с полушарным инсультом, которые были под наблюдением, восстановление двигательных функций было значительным с умеренной спастичностью.

Заметим, что для профилактики формирования спастичности у постинсультных больных необходимы ранние реабилитационные вмешательства: правильная укладка, активные и пассивные движения, устранение болевого синдрома при его наличии и др. ТМС дает значительный антиспастический эффект при ее применении в первые 2—3 нед после возникновения ИИ и при условии функциональной сохранности кортико-мышечного пути (см. рис. 2).

Транскраниальная посылка магнитных импульсов синхронно со стимуляцией мышечного аппарата паретичных конечностей, который находится под соответствующим контролем церебральных корковых центров, позволяет восстановить или улучшить функцию заблокированных путей, находящихся в состоянии парабиоза после перенесенного инсульта. Стимуляция центрального и периферического двигательных нейронов позволяет замкнуть функциональную цепь, поскольку стимуляция мышечного аппарата оказывает также афферентное действие. Воздействие на пораженную гемисферу мозга стимулирует реституционные механизмы саногенеза, способствует устранению явлений диашиза и уменьшению размеров ишемической полутени. Воздействие на непораженную гемисферу и здоровые (непаретичные) конечности способствует включению механизмов компенсации.

В разработанной методике использован важный реабилитационный принцип: сочетание афферентной и эфферентной систем путем стимуляции центрального и периферического отделов корково-мышечного тракта, а также афферентных структур нервно-мышечного аппарата.

Параметры воздействия ТМС

На двигательные центры коры ГМ подается магнитный импульс (МИмп) поле магнитной индукции 1—2,2 Тл, с частотой 1 Гц. Сначала определяется пороговая величина импульса путем регистрации МВП соответствующих мышц конечностей на экране электромиографа. Порог стимуляции определяется на каждой стороне для двигательных центров рук и ног.

Определение порога начинается с минимальной величины МИмп — 0,8—0,9 Тл с постепенным его

увеличением до регистрации МВП. У разных пациентов (в зависимости от тяжести состояния) на стороне пораженного или непораженного полушария показатели пороговой стимуляции изменяются в пределах 0,9—2,1 Тл. Лечение начинали МИмп подпороговой силы (ниже на 20—30% порогового ВМП) с автоматической их подачей: посылка 2—3 с, пауза 4—6 с. При этом магнестимуляцию непораженной гемисферы проводили частотой 1 Гц, пораженной — 5 Гц. Магнестимуляцию синхронизировали с ЭМС. В последующем параметры ТМС и ЭМС подбирали таким образом, чтобы вызывать видимые сокращения необходимых мышц.

ЭМС осуществляли по классической методике: электроды из электропроводной резины с влажными прокладками или через электропроводный гель накладывали на необходимые мышцы. Использовали импульсный ток частотой 20—80 Гц, который подавался пачками ритмично (посылка 2—3 с, пауза 4—6 с). Силу тока регулировали по найденному порогу в пределах до 40 мА (однако не превышая плотность тока 0,2 мА/см²).

После определения пороговых величин МИмп выполняли синхронизацию стимуляции: одновременная посылка МИмп и пачки тока на мышцы (посылка 2—3 с, пауза 4—6 с). Продолжительность воздействия на каждую транскраниальную зону и соответствующие мышцы до 5 мин, суммарно до 20 мин. При этом совмещенная процедура позволяла снизить величину МИмп и тока до 30% от начальных пороговых значений при наличии сокращений необходимых мышц, что делало процедуру более комфортной. Курс сочетанного (ТМС+ЭМС) воздействия в комплексе восстановительного лечения больных с ИИ составлял от 3—5 до 10—15 процедур в зависимости от индивидуальной реабилитационной программы.

Применение разработанного способа в комбинации с другими реабилитационными мероприятиями (ЛФК, массаж, дыхательная гимнастика, лечение положением, необходимая медикаментозная терапия и т. п.) осуществлено 50 больным с ИИ, контролем служили 50 больных, которым не проводили ТМС и ЭМС, но назначали указанную выше базисную терапию.

Оценку состояния пациентов и эффективность реабилитационных мероприятий определяли по наиболее информативным стандартизированным шкалам и тестам: шкала NIHSS, модифицированная шкала Ренкина, индекс (шкала) Бартел.

Перед началом лечения в обеих группах (основной и контрольной) все больные нуждались в посторонней помощи (индекс Бартел составлял соответственно $52,0 \pm 3,8$ и $53,1 \pm 1,9$ балла), а по клиническому течению (шкала NIHSS) соответствовали градации "состояние средней степени тяжести" (колебания от 9 до 12 баллов; основная группа $10,1 \pm 1,8$ балла, контрольная $9,4 \pm 0,8$ балла). По шкале Ренкина перед лечением больные могли быть расценены как инвалиды I—II группы ($3,6 \pm 0,3$ и $3,5 \pm 0,4$ балла соответственно).

В процессе лечебно-реабилитационных мероприятий позитивные изменения регистрировались в обе-

их группах, однако более значительными были при применении разработанного способа в сочетании со стандартной схемой лечения. Так, уже через 10 дней реабилитации в основной группе изученные показатели изменились на $28,7 \pm 2,3\%$ (шкала NIHSS) и $33,2 \pm 1,8\%$ (индекс Бартел). В контрольной группе больных, получавших стандартный реабилитационный комплекс, эти сдвиги составляли соответственно $11,7 \pm 1,2$ и $13,8 \pm 1,7\%$ (различие между группами достоверно, $p < 0,05$).

Важно, что после индивидуально определенно количества процедур ТМС и ЭМС (от 3—5 до 15) восстановительные процессы продолжались. На 90-е сутки осталась легкая зависимость ($95,3 \pm 2,0$ балла при норме 100 баллов, $p > 0,05$). В контрольной группе показатели по индексу Бартел отвечали градации "умеренная зависимость" ($84,8 \pm 1,8$ балла), различие между здоровыми лицами было достоверно ($p < 0,05$).

Отмечалась положительная динамика основных показателей ($\Delta\%$) при исследовании МВП у больных с ИИ под влиянием применяемых лечебно-реабилитационных комплексов. Показатели латентности МВП с мышц верхней конечности при стимуляции интактного полушария у больных с ИИ после лечения ($19,9 \pm 0,48$ мс) приблизились к таковым у практически здоровых ($19,3 \pm 0,2$ мс; $p > 0,05$). Это относилось и к показателям с нижней конечности — латентность МВП при стимуляции интактного полушария после лечения была $29,72 \pm 0,53$ мс, у практически здоровых — $28,01 \pm 2,4$ мс ($p > 0,05$). Все остальные показатели МВП (амплитуда, площадь, порог возникновения и т. п.) отличались от показателей в контрольной группе ($p < 0,01$), что свидетельствовало о сохранности патологических изменений как в пораженном, так и в интактном полушариях ГМ.

У больных с ИИ, получавших базисную терапию (без магнито- и электростимуляции), показатели после лечения уступали таковым в основной группе ($p < 0,05$), хотя до лечения разницы между группами по показателям МВП не отмечалось ($p > 0,05$). При этом в самой группе более значительными были изменения МВП при стимуляции пораженного полушария (изменение латентности на 10%; $p < 0,05$), тогда как при стимуляции интактного полушария после курса лечения обнаружили лишь тенденцию МВП к увеличению ($p > 0,05$).

При расчетах амплитуды МВП выявлено, что она достоверно ($p < 0,05$) увеличилась на верхних конечностях при стимуляции пораженного и интактного полушария. Такие данные свидетельствуют о том, что использование ТМС и ЭМС в медицинской реабилитации влияло весьма положительно на пораженное и интактное полушария ГМ, тогда как обычные методы реабилитации — преимущественно на пораженное полушарие.

При сравнении показателей МВП в остром и раннем восстановительном периодах под влиянием разработанного реабилитационного комплекса выявлены следующие особенности. В остром периоде ИИ (первые 10—12 дней) наиболее показательной положительной динамикой характеризовались МВП с

пораженного полушария, улучшение которых в дальнейшем с некоторым опозданием сопровождалось уменьшением двигательных нарушений. Клинически такие результаты проявлялись примерно к 30-му дню после перенесенного инсульта. Так, по шкале NIHSS средние значения показателя уменьшились на $2,1 \pm 0,9$ балла ($p < 0,05$), что свидетельствует о положительной динамике. Подобные сдвиги обнаружены и на других стандартизированных шкалах: по шкале Ренкина — на $2,2 \pm 0,21$ балла ($p < 0,05$), индексу Бартел — на $34,3 \pm 1,95$ балла ($p < 0,05$).

Подобный факт можно объяснить реституционными процессами, усиливающимися под воздействием ТМС в пораженном полушарии мозга. В сохранившихся жизнеспособных нейрональных и глиальных структурах, видимо, восстанавливаются возбудимость и потенциал клеточных мембран. Этому соответствовало исчезновение сопутствующего отека мозговой ткани вокруг ишемического очага при МРТ-исследовании.

Динамика показателей МВП через 3—4 нед у больных после перенесенного ИИ с сохранными двигательными нарушениями существенно различалась при раннем применении ТМС (до 2 нед после возникновения ИИ). В эти сроки основной механизм реабилитации определялся компенсаторными процессами, регистрировалась положительная динамика МВП с интактного полушария и включением в управление двигательными функциями неперекрещенного кортико-спинального тракта. Механизм коррекции неврологического дефицита вследствие стимуляции (заторможенного в норме) нисходящего контроля моторных путей непораженного полушария за деятельностью ипсилатеральных мотонейронов является важной составляющей восстановительных процессов при двигательных нарушениях после перенесенного полушарного ИИ.

Проведение синхронно с ТМС ЭМС периферического двигательного мотонейрона создает замкнутую афферентно-эфферентную цепь, способствует восстановлению разъединенных в результате патологического процесса физиологических связей.

Таким образом, ТМС ГМ при полушарном ИИ имеет существенное значение для определения функционального состояния двигательных центров ГМ и в целом двигательной системы. Вместе с методами нейровизуализации (МРТ, КТ) она дает возможность объективно оценить состояние пациентов и в значительной степени определить их реабилитационный потенциал. Сопоставление результатов клинического наблюдения, нейровизуализационного обследования и ТМС у больных с полушарным ИИ позволяет выделить несколько возможных моментов в восстановлении нарушенных двигательных функций: активизацию и восстановление функционально неактивных, но структурно сохранившихся (в том числе в зоне ишемической полутени) нейронов и нейрональных путей (реституционные механизмы); стимуляцию образования новых функциональных связей за счет переобучения других функциональных структур ипси- и контралатерального полушария (нейропластичность и компенсаторные механизмы).

Таким образом, использование ТМС у больных с полушарным инсультом с двигательными нарушениями имеет высокую информативность в определении функционального состояния кортико-мускуляторного пути (на уровне 95%) и вместе с клиническими шкалами (NIHSS, Бартел, Ренкина) и нейровизуализационными методами может служить объективным современным методом обследования постинсультных больных для определения реабилитационного потенциала относительно возможности восстановления двигательных функций.

Диагностическая ТМС для определения функционального состояния кортико-спинального тракта у больных с полушарным ИИ должна включать изучение МВП не только с пораженного полушария, но и с интактного. Отсутствие МВП в остром и раннем восстановительном периодах с пораженного полушария свидетельствует о низком реабилитационном потенциале в восстановлении двигательных функций пораженных конечностей.

Установлено, что у постинсультных больных с впервые возникшим полушарным ИИ с двигательными нарушениями, умеренным неврологическим дефицитом имеют место изменения МВП при магнитной стимуляции моторной коры не только пораженного полушария, но и интактного (по данным МРТ или/и АКТ), следовательно, реабилитационные воздействия должны быть направлены также и на условно интактное полушарие. ТМС двигательных центров ГМ синхронно с ЭМС периферического двигательного мотонейрона у больных с полушарным ИИ с сохраненным реабилитационным потенциалом при курсовом воздействии (5—15 процедур) способствует восстановлению функциональных связей двигательной системы (разблокированию кортико-спинального тракта), заторможенных вследствие инсульта, и оказывает профилактическое действие в отношении гипотрофически-дистрофических изменений в мышечно-двигательном аппарате паретичных конечностей.

Выявлено, что при двигательных нарушениях для достижения оптимального результата магнитостимуляцию пораженного полушария следует проводить с частотой магнитных импульсов 5 Гц, а непораженного — 1 Гц с синхронной ЭМС по классической методике. Такие параметры усиливают реституционные и компенсаторные процессы.

Лечение больных с ИИ с положительным реабилитационным потенциалом с использованием ТМС и ЭМС в комплексе реабилитационных мероприятий позволяло достичь положительных результатов по интегративным показателям в 93% случаев, что проявлялось у пациентов после лечения легким или умеренным неврологическим дефицитом. У больных также с сохраненным реабилитационным потенциалом, получавших реабилитационный комплекс без ТМС и ЭМС, функциональное состояние после курса лечения улучшалось, но не достигало уровня основной группы. Катамнестическое наблюдение в течение 6 мес показало сохранение достигнутых результатов при амбулаторном продолжении реабилитационных мероприятий.

Разработанный метод синхронного использования ТМС и ЭМС у больных с ИИ с двигательными нарушениями не вызывает затруднений и может применяться больным в остром и раннем восстановительном периодах инсульта.

Практические рекомендации

С целью определения реабилитационного потенциала у больных с ИИ в остром и раннем восстановительном периодах при двигательных нарушениях наряду с клиническим исследованием, использованием стандартизированных шкал и тестов рекомендуется применение функциональной ТМС. В процессе реализации реабилитационных программ необходима соответствующая направленность на оба полушария ГМ, пораженное и интактное, поскольку интактность является относительной, а стимуляция ее функций способствует компенсационным процессам.

Для повышения эффективности лечения больных в остром и раннем восстановительном периодах с сохранным реабилитационным потенциалом рекомендуется использование ТМС с воздействием на пораженное полушарие магнитными импульсами частотой 5 Гц, а на непораженное — 1 Гц в синхронном сочетании с ЭМС мышц конечностей. Длительность процедуры ТМС и ЭМС должна составлять от 10 до 20 мин, а количество процедур — от 5 до 10—15. ТМС и ЭМС следует проводить на фоне других лечебно-реабилитационных мероприятий: медикаментозной терапии, ЛФК, массажа, лечения положением, эрготерапии, вертикализации. Диагностические и лечебные процедуры ТМС оптимально проводить с первых дней заболевания при полушарном ИИ после стабилизации гемодинамики, нормализации витальных функций и при отсутствии противопоказаний.

Необходимость повторных курсов ТМС в сочетании с ЭМС с реабилитационной целью у больных с ИИ определяется индивидуально, однако оптимальным является их проведение в течение первых 6 мес после перенесенного инсульта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко М.Ю., Афошин С.А., Лазаренко Н.Н. Физические факторы в комплексной реабилитации больных с острым нарушением мозгового кровообращения (часть 3). Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2011; 6: 51—7.
2. Гимранов Р.Ф. Транскраниальная магнитная стимуляция. М.: 2002.
3. Кадыков А.С., Черникова А.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: Медпрессинформ; 2008.
4. Bohning D.E., Shastri A., McConnell K.A., Nahas Z., Lorberbaum J.P., Roberts D.R. et al. A combined TMS/fMRI study of intensity dependent TMS over motor cortex. Biol. psychiatry. 1999; 45 (4): 385—94.
5. Самосюк И.З., Козьякин В.И., Лобода М.В., ред. Медицинская реабилитация постинсультных больных. Киев: "Здоров'я"; 2010.
6. Михайлов В.П., Визило Т.Л., Кузьмичев А.А., Петрушенко К.В. Активизация саногенетических механизмов при нарушениях центральной нервной системы. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2001; 3: 10—3.
7. Никитин С.С., Куренков А.Л. Методические основы транскраниальной магнитной стимуляции в неврологии и психиатрии. М.: ИПЦ МАСКА; 2006.
8. Панченко А.М. Высокоинтенсивная импульсная магнитная стимуляция в комплексном лечении больных ишемическим инсультом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов; 2002.

REFERENCES

1. *Gerasimenko M.Ju., Afoshin S.A., Lazarenko N.N.* Fizioterapija, bal'neologija i rehabilitacija. 2011; 6: 51—7.
2. *Gimranov R.F.* Transkraniálny magnetic stimulation. Moscow; 2002.
3. *Kadykov A.S., Chernikova A.A., Shahparonova N.V.* Transkraniálny magnetic stimulation. Moskva: Medpressinform; 2008.
4. *Bohning D.E., Shastri A., McConnell K.A., Nahas Z., Lorberbaum J.P., Roberts D.R.* et al. A combined TMS/fMRI study of intensity dependent TMS over motor cortex. *Biol. psychiatry.* 1999; 45 (4): 385—94.
5. *Samosuk I.Z., Kozjavkin V.I., Loboda M.V.*, eds. Transkraniálny magnetic stimulation. Kiïv: Zdorov'ja; 2010.
6. *Mihajlov V.P., Vizilo T.L., Kuz'michev A.A., Petrushenko K.V.* Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskaoj kul'tury. 2001; 3: 10—3.
7. *Nikitin S.S., Kurenkov A.L.* Methodical bases of transkraniálny magnetic stimulation in neurology and psychiatry. Moskva: IPC MASKA; 2006.
8. *Panchenko A.M.* High-intensity pulse magnetic stimulation in complex treatment of patients by an ischemic stroke: the Dissertation of the candidate of medical sciences. Saratov; 2002.

Поступила 18.04.13

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

УДК 615.851.83.015.2:615.844].03:616.718.1-001.5-089.168

Методика ранней послеоперационной реабилитации пациентов с повреждением тазового кольца

В.А. Щёткин, А.С. Чернышев, П.А. Иванов, А.М. Файн, Е.А. Чукина, Ю.А. Воронцов

ГБУЗ Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, 129090, г. Москва

Раннее применение лечебной физкультуры в режиме прогрессивно возрастающей нагрузки в сочетании с терапевтическим тренажером RECK MOTomed letto2 и электростимуляцией на аппарате "Галатея" у больных, оперированных по поводу переломов костей таза, позволяет повысить эффективность реабилитации, что в конечном счете позволяет раньше активизировать больных, снизить количество гипостатических осложнений и уменьшить сроки госпитализации.

Ключевые слова: реабилитация; политравма; переломы костей таза; механотерапия; электростимуляция

V.A. Shchetkin, V.S. Chernyshev, P.A. Ivanov, A. M. Fain, E.A. Chukina, Yu.A. Vorontsov

A METHOD FOR THE EARLY REHABILITATION OF THE PATIENTS PRESENTING WITH INJURIES TO THE PELVIC RING IN THE POSTOPERATIVE PERIOD

State budgetary medical institution N.F. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow

The early onset of the treatment that included remedial gymnastics of increasingly greater intensity in the combination with physical exercises on a RECK MOTomed letto 2 movement therapy machine and electrostimulation with the use of "Galatea" physiotherapeutic device made it possible to significantly improve the effectiveness of rehabilitation in the patients undergoing surgical intervention for the management of pelvic bone fractures. As a result, it allowed to accelerate activation of such patients, decrease the number of hypostatic complications, and reduce the duration of the hospitalization period.

Key words: rehabilitation; multiple injury; fractures of pelvic bones; mechanotherapy

В последние годы в структуре больных травматологического профиля сохраняется значительное количество пациентов с тяжелыми переломами костей таза в сочетании с переломами других костей опорно-двигательного аппарата, повреждениями внутренних органов и черепно-мозговой травмой, т. е. политравмой

Щёткин Владислав Алексеевич (Shchetkin Vladislav Alexeevich); Чернышев Александр Станиславович (Chernyshev Alexandr Stanislavovich); Иванов Павел Анатольевич (Ivanov Pavel Anatolevich); Файн Алексей Максимович (Fain Aleksey Maksimovich); Чукина Елена Алексеевна (Chukina Elena Alexeevna); Воронцов Юрий Александрович (Vorontsov Yury Alexandrovich); e-mail: s3285770@yandex.ru, Elena.chukina@bk.ru, trauma-yury@rambler.ru.

[5]. Сроки лечения таких пациентов в стационаре продолжительные, иногда до 4 мес. В общей структуре политравмы повреждения тазового кольца определяются в 27—34% случаев [1, 2]. При этом летальность достигает достаточно высоких показателей и, по данным разных исследователей, составляет 6,1—8,5% [2, 3].

Частота неудовлетворительных исходов лечения пациентов с повреждениями таза даже в специализированных травматологических отделениях достигает 15—20% и не имеет существенной тенденции к снижению [9]. Неустраненные деформации таза приводят к стойкой инвалидизации более 65% пострадавших.