

Многоуровневая магнитная стимуляция в терапии нейрогенных расстройств функций тазовых органов у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой

В. Ю. Лобзин^{1,2}, Д. А. Соловьев¹, И. А. Лупанов¹, Д. Н. Фрунза¹, А. С. Родионов¹,
Д. Э. Яцкевич¹, П. С. Дынин¹, И. В. Литвиненко¹

¹ ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Ежегодно в мире регистрируется 35–40 млн случаев позвоночно-спинномозговой травмы (ПСТ), при этом от 80 до 100 % пациентов с ТСМ становятся инвалидами или погибают. У 20 % пострадавших развивается инвалидизация из-за нейрогенных расстройств тазовых органов (мочеиспускания, дефекации). В исследовании проведена оценка эффективности многоуровневой магнитной стимуляции (ММС), представляющей собой комбинацию периферической, спинальной и транскраниальной методик ритмической магнитной стимуляции у пациентов с ПСТ и дисфункцией тазовых органов нейрогенного генеза. Обследованы 30 пациентов с ПСТ. Пациенты контрольной группы ($n=15$) получали стандартную терапию, пациентам основной группы ($n=15$) дополнительно проводилась ММС. В результате проведенного исследования установлено, что ММС показала максимальную эффективность при травмах грудного отдела спинного мозга – наблюдалось улучшение процесса отведения мочи ($p=0,024$), восстановление функции наполнения мочевого пузыря ($p=0,020$), повышение компенсации мочеиспускания по шкале О. А. Перльмуттер ($p=0,038$). В контрольной группе пациентов достоверной положительной динамики по исследуемым параметрам не наблюдалось. Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что ММС – перспективный метод реабилитации нейрогенной тазовой дисфункции у пациентов с ПСТ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многоуровневая магнитная стимуляция, неинвазивная нейромодуляция, позвоночно-спинномозговая травма, спинальная травма, нейрогенная дисфункция тазовых органов, тазовые расстройства, реабилитация спинальных больных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Multilevel magnetic stimulation in the treatment of neurogenic pelvic organ dysfunction in patients with spinal cord injury

V. Yu. Lobzin^{1,2}, D. A. Solovyev¹, I. A. Lupanov¹, D. N. Frunza¹, A. S. Rodionov¹,
D. E. Yatskevich¹, P. S. Dynin¹, I. V. Litvinenko¹

¹ Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

SUMMARY

Each year, 35–40 million cases of spinal cord injury (SCI) are registered worldwide. Among these, 80–100 % of patients become disabled or die. In 20 % of cases, disability results from neurogenic pelvic organ dysfunction (urination and defecation disorders). This study assessed the effectiveness of multilevel magnetic stimulation (MMS), which combines peripheral, spinal, and transcranial rhythmic magnetic stimulation techniques, in patients with SCI and neurogenic pelvic dysfunction. A total of 30 patients with traumatic SCI were examined. The control group ($n=15$) received standard therapy, while the experimental group ($n=15$) additionally underwent MMS. The results showed that MMS was most effective in patients with thoracic spinal cord injuries, demonstrating significant improvements in urinary outflow ($p=0.024$), bladder filling function ($p=0.020$), and compensation of urination according to the O. A. Perlmuter's scale ($p=0.038$). No statistically significant improvement was observed in the control group. These findings suggest that MMS is a promising method for the rehabilitation of neurogenic pelvic dysfunction in patients with SCI.

KEYWORDS: multilevel magnetic stimulation, non-invasive neuromodulation, spinal cord injury, spinal trauma, neurogenic pelvic organ dysfunction, pelvic disorders, spinal rehabilitation.

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

Актуальность

Ежегодно в мире позвоночно-спинномозговую травму (ПСТ) получают 35–40 млн человек, большая часть из которых приходится на молодых мужчин в возрасте от 19 до 34 лет [1, 2]. Несмотря на то что поражения спинного мозга имеют относительно невысокий удельный вес в общей структуре травм нервной системы (от 10 до 20 %), они занимают особое место в связи с высокой социальной значимостью: травматизм наблюдается главным образом среди лиц трудоспособного возраста, при

этом от 80 до 100 % пациентов с травмами спинного мозга становятся инвалидами или погибают [3]. В мирное время основными причинами повреждений спинного мозга являются дорожно-транспортные происшествия (46 %), кататравма (24 %), криминальная (12,2 %) и спортивная (9,5 %) травмы [4, 5]. Согласно данным отечественной литературы, в нашей стране наблюдается неуклонный рост доли повреждений спинного мозга в структуре сочетанной травмы. В частности, в 1940 г. спинальные повреждения

встречались всего в 0,44 % случаев, уже к 1990 г. их доля возросла до 0,7–4 %, а к 1999 г. достигала 6–7 %. В начале XXI в. частота спинальной травмы колебалась от 2 до 5 % при сочетанных травмах и достигала 5–20 % при сопутствующих повреждениях скелета, при этом каждый пятый пострадавший становился инвалидом [6]. В зависимости от уровня и степени повреждения спинного мозга возможно развитие различных неврологических нарушений, в том числе нарушение функции тазовых органов [7, 8]. Основные типы нейрогенных расстройств тазовых органов [9] представлены в *таблице 1*.

Нарушение накопления и удержания мочи проявляется синдромом гиперрефлекторного (гиперактивного) мочевого пузыря (МП) с императивными позывами с или без императивного недержания мочи в сочетании с учащением мочеиспускания и ноктурией при доказанном отсутствии инфекции и других явных патологических состояний. Его симптомы могут сочетаться в различных комбинациях с разной степенью выраженности: 1) частые позывы к мочеиспусканию (более 8 раз в день – поллакиурия); 2) частое ночное мочеиспускание (более 2 раз за ночь – ночная поллакиурия, или ноктурия); 3) ургентность – императивные позывы к мочеиспусканию (внезапное непреодолимое желание помочиться); 4) ургентное (императивное) недержание мочи [10]. Нарушение опорожнения МП проявляется синдромом гипорефлекторного (гипоактивного) МП с чувством его переполнения, затрудненным началом мочеиспускания, напряжением при мочеиспускании, вялой струей, прерывистостью струи мочи (непроизвольное прерывание струи мочи 1 и более раз во время мочеиспускания), затрудненным или неполным опорожнением МП, ослаблением чувства наполнения МП (при поражении сенсорных волокон), ноктурией и склонностью к развитию уроинфекций [11].

Нарушения функции тазовых органов могут сопровождаться различными осложнениями, приводящими ко вторичным инфекциям и ухудшению состояния больного. Исходя из этого, требуется поиск новых методов и подходов для лечения нейрогенных расстройств функций тазовых органов, в том числе гипер- и гипорефлекторного МП, с целью профилактики осложнений и улучшения общего состояния пациента и повышения его качества жизни.

Основными целями лечебных мероприятий при дисфункции тазовых органов являются: регуляция процессов мочеиспускания и дефекации, обеспечение эффективного опорожнения мочевого пузыря и кишечника, а также профилактика повышения внутриполостного давления в этих органах [12]. Для оценки степени недержания применяют

Таблица 1
Расстройства тазовых органов в зависимости от уровня поражения спинного мозга

Уровень поражения	Мочевой пузырь	Кишечник
Супрасакральный (C–L5)	Гиперрефлекторный, детрузор-сфинктерная диссинергия	Спастический запор
Сакральный (S2–S4)	Гипорефлекторный	Атонический запор и недержание
Конский хвост	Смешанные нарушения	Смешанные нарушения

комплекс диагностических мероприятий: ведение пациентом дневника мочеиспусканий, выраженности позывов и эпизодов неконтролируемого выделения мочи; проведение кашлевой пробы при заполненном мочевом пузыре; физикальное обследование с пальпацией надлобковой области; применение стандартизированных опросников и оценочных шкал.

В последнее время все больше внимания уделяется методам, позволяющим неинвазивно оказывать модулирующее влияние на нервные структуры. Одним из таких методов является магнитная стимуляция (МС), которая позволяет воздействовать на ткани нервной системы сквозь плотные структуры тела. Стимуляция нервной ткани достигается без прохождения электрического тока через электроды и кожные покровы: индуцированное магнитное поле деполяризует мембрану нейрона, и возникший потенциал действия распространяется по проводящим путям [13]. Методики магнитной стимуляции дифференцируются по анатомической локализации воздействия на нервную систему. Первая методика – периферическая магнитная стимуляция (ПМС) – направлена на стимуляцию периферических нервных структур, расположенных за пределами головного и спинного мозга. Ее механизм основан на индукции деполяризации периферических нервов, что провоцирует сокращение иннервируемых ими мышечных групп. Вторая методика – сегментарная (или трансспинальная) магнитная стимуляция (СМС), предполагает воздействие на сегментарные структуры спинного мозга. При этом активируются мотонейроны соответствующих сегментов, что вторично генерирует потенциалы действия в спинномозговых корешках и периферических нервах. Третья методика – транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) – позволяет стимулировать участки моторной коры головного мозга, вызывая как локальное возбуждение нейронов, так и запуская дистантные нейромодуляторные эффекты [14].

Одним из перспективных направлений применения МС является восстановление возможности произвольного мочеиспускания, нарушенного вследствие ПСТ [15]. По данным Gad P. et al. (2018), курсовое применение СМС с частотой 1 Гц на уровне Th11 сегмента спинного мозга у 6 участников с ПСТ улучшило эффективность мочеиспускания (с 27 до 51 %), координацию детрузора и сфинктера, а также уменьшило остаточный объем мочи в мочевом пузыре в среднем с 214 до 176 мл. У одного участника стимуляция позволила инициировать произвольное мочеиспускание и повысить эффективность мочеиспускания до 37 %. Стимуляция с частотой 30 Гц способствовала увеличению объема мочевого пузыря со 171 до 253 мл и улучшила координацию детрузора и сфинктера [16, 17]. Положительный эффект ТМС при нейрогенных нарушениях мочеиспускания подтверждается данными исследований, которые показывают, что стимуляция моторной коры головного мозга улучшает фазу мочеиспускания вследствие повышения эффективности сокращения детрузора и/или расслабления сфинктера уретры из-за повышения возбудимости кортикоспинального тракта [18]. Эффективность СМС при расстройствах мочеиспускания и нарушениях дефекации также подтверждается в зарубежных исследованиях. Так, в исследовании Niu T. et al. (2018) использовали СМС для

Таблица 2
Шкалы оценки функций тазовых органов

Критерий оценки	1 балл (тяжелое нарушение)	2 балла (умеренное нарушение)	3 балла (норма/компенсация)
Функция наполнения	Полное отсутствие позывов к мочеиспусканию и дефекации	Ослабленные, но сохраненные позывы	Полностью сохраненные нормальные позывы
Функция опорожнения	Недержание или необходимость принудительного опорожнения	Частичный контроль над процессом	Полная компенсация функций

лечения нейрогенного мочевого пузыря при различных повреждениях спинного мозга. По результатам исследования у всех 5 испытуемых после 4-недельного курса появилась способность к самостоятельному мочеиспусканию, которой не было до начала терапии [19].

Мы предполагаем, что данные методики, применяемые в комплексе (ММС), позволяют взаимно усиливать положительное действие каждой из них, что в совокупности представляет собой новый подход к терапии и реабилитации пациентов с ПСТ.

Цель исследования

Определение эффективности применения ММС при нейрогенных расстройствах функций тазовых органов у пациентов с ПСТ.

Материалы и методы

В исследование включены 30 пациентов в возрасте от 19 до 54 лет (средний возраст $37 \pm 4,5$ года) с ПСТ травматического генеза и нарушением функций тазовых органов. Пациенты были разделены на две группы по 15 человек каждая. Контрольная группа получала стандартную терапию и базовые методы реабилитации. Основная группа дополнительно получала ММС.

Критерии отбора

1. Отсутствие в анамнезе у пациентов черепно-мозговых травм, инсультов, перенесенных нейроинфекций, дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника с формированием стеноза позвоночного канала.
2. Наличие ПСТ вследствие травмы без признаков полного анатомического перерыва спинного мозга.
3. Отсутствие компрессионно-ишемических осложнений ПСТ.
4. Отсутствие противопоказаний к МС (в т. ч. отсутствие инородных металлических тел и устройств в непосредственной близости от места стимуляции).
5. Отсутствие противопоказаний к проведению стандартной терапии и реабилитации.

Всем пациентам было проведено клинико-неврологическое обследование по общепринятой методике (уточнение жалоб с акцентом на нарушение чувствительности, двигательной функции и функции тазовых органов). По данным инструментальной и клинической диагностики определен уровень травматического повреждения спинного мозга. Позывы на мочеиспускание оценивались по оригинальной трехбалльной системе от полного отсутствия ощущений до сохраненной чувствительности [20]. Контроль отведения содержимого также классифицировался в три уровня – от полного недержания до полноценного произвольного контроля (табл. 2).

Дополнительно использовалась классификация О. А. Перльмуттер [21], определяющая четыре степени компенсации функции мочевого пузыря:

1. Оптимальная компенсация характеризуется сохраненными позывами, способностью удерживать мочу в течение 4–5 часов и объемом мочевого пузыря 250–350 мл;
2. Удовлетворительная компенсация сопровождается ослабленными ощущениями наполнения, необходимостью натуживания, удержанием до 2,5 ч;
3. Минимальная компенсация включает учащенные мочеиспускания малыми объемами (40–70 мл), при этом объем мочевого пузыря варьирует от 100 до 700 мл;
4. Неудовлетворительная компенсация проявляется полным отсутствием произвольного контроля, частыми эпизодами непроизвольного мочеиспускания малыми порциями, объем пузыря может достигать 800 мл в зависимости от тонуса детрузора.

Использованный комплекс клинических и инструментальных критериев позволил объективизировать состояние уродинамики у пациентов с ПСТ и классифицировать выявленные расстройства по характеру и степени тяжести.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.6 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Для проверки значимости изменений в связанных выборках использовался критерий Вилкоксона, для независимых групп – точный критерий Фишера.

Результаты

В ходе исследования пациенты были стратифицированы на подгруппы в зависимости от уровня повреждения спинного мозга (табл. 3). В контрольной группе преобладали пациенты с травмами грудного отдела спинного мозга – 8 человек, что составило 53,3 % от всей группы. Повреждение шейного отдела наблюдалось у 4 (26,7 %), поясничного – у 3 пациентов (20 %). В основной группе также преобладала травма грудного отдела – 11 человек (68,8 %), повреждения поясничного отдела имели место у 3 пациентов (18,8 %), шейного – у 1 пациента (6,3 %). Анализ результатов исследования проводился на основе данных, полученных до начала курса лечения и после него. Длительность терапии составила 21 день (15 сеансов).

Таблица 3
Стратификация пациентов по уровню поражения спинного мозга

Категории	Уровень повреждения спинного мозга		
	Шейный отдел	Грудной отдел	Поясничный отдел
Контрольная группа	4	8	3
Основная группа	1	11	3

Таблица 4
Анализ позывов на дефекацию у пациентов контрольной группы

Уровень	Позывы на дефекацию	Этапы наблюдения				p
		До курса		После курса		
		Абс.	%	Абс.	%	
Шейный отдел	Отсутствуют	1	25,0	2	50,0	0,317
	Присутствуют	3	75,0	2	50,0	
Грудной отдел	Отсутствуют	5	62,5	5	62,5	1
	Присутствуют	3	37,5	3	37,5	
Поясничный отдел	Отсутствуют	1	33,3	1	33,3	1
	Присутствуют	2	66,7	2	66,7	
p		0,412		0,680		

Таблица 5
Анализ позывов на дефекацию у пациентов основной группы

Уровень	Позывы на дефекацию	Этапы наблюдения				p
		До курса		После курса		
		Абс.	%	Абс.	%	
Шейный отдел	Отсутствуют	0	0,0	0	0,0	1
	Присутствуют	1	100,0	1	100,0	
Грудной отдел	Отсутствуют	5	45,5	3	27,3	0,157
	Присутствуют	6	54,5	8	72,7	
Поясничный отдел	Отсутствуют	1	33,3	1	33,3	1
	Присутствуют	2	66,7	2	66,7	
p		0,651		0,805		

Таблица 6
Сравнение показателей процесса отведения между контрольной и основной группами

Уровень повреждения	Группа	Этап наблюдения	1 балл	2 балла	3 балла	p
Шейный отдел	Контрольная	До курса	25,0%	25,0%	50,0%	0,655
		После курса	25,0%	50,0%	25,0%	
	Основная	До курса	0,0%	0,0%	100,0%	–
		После курса	0,0%	0,0%	100,0%	
Грудной отдел	Контрольная	До курса	75,0%	0,0%	25,0%	–
		После курса	75,0%	0,0%	25,0%	
	Основная	До курса	90,9%	9,1%	0,0%	0,024*
		После курса	54,5%	45,5%	0,0%	
Поясничный отдел	Контрольная	До курса	66,7%	33,3%	0,0%	–
		После курса	66,7%	33,3%	0,0%	
	Основная	До курса	33,3%	0,0%	66,7%	–
		После курса	33,3%	0,0%	66,7%	

Анализ наличия позывов на дефекацию у пациентов контрольной группы показал, что у пациентов с травмой шейного отдела в 75% случаев (n=3) при первом осмотре позывы на дефекацию сохранялись, тогда как у 25% (n=1) они отсутствовали. У пациентов с повреждением грудного отдела изменения по наличию позывов на дефекацию в ходе наблюдения не отмечались: у 62,5% (n=5) они отсутствовали, у 37,5% (n=3) сохранялись как при первом осмотре, так и после курса терапии. Аналогичная стабильность показателей отмечалась у пациентов с поражением поясничного отдела: у 33,3% позывы на дефекацию отсутствовали, у 66,7% сохранялись как до, так и после лечения (табл. 4).

У пациентов с поражением грудного отдела на первом этапе 45,5% (n=5) не имели позывов на дефекацию, а 54,5% (n=6) сохраняли их. После лечения отмечено увеличение

доли пациентов с сохраненными позывами до 72,7% (n=8) при одновременном снижении числа пациентов с отсутствием позывов до 27,3% (n=3). Однако выявленные изменения статистически не значимы (p=0,157). В группе пациентов с повреждением поясничного отдела (n=3) в 66,7% случаев (n=2) позывы сохранялись, а у 33,3% (n=1) отсутствовали. Динамики в ходе терапии не выявлено (p=1) (табл. 5).

При сопоставлении данных основной и контрольной групп существенных различий в динамике признака «позывы на дефекацию» выявлено не было. В обеих группах у пациентов с поражением поясничного отдела сохранялась стабильность показателя на протяжении наблюдения, тогда как у пациентов с грудным уровнем наблюдалась тенденция к улучшению: увеличение доли пациентов с сохраненными позывами, более выраженная в основной группе (с 54,5 до 72,7%) по сравнению с контрольной группой, где показатели остались без изменений (37,5%). Таким образом, в основной группе прослеживалась положительная динамика в восстановлении функций, однако статистическая значимость этих изменений не была достигнута. Это может быть связано с ограниченным числом наблюдений и требует дальнейшего исследования на более репрезентативной выборке.

В таблице 6 представлены данные по распределению балльных оценок процесса отведения мочи (по шкале 1–3 балла) у пациентов контрольной и основной групп. У пациентов с поражением шейного отдела спинного мозга показатели процесса отведения оставались стабильными как в контрольной (p=0,655), так и в основной группе (все пациенты имели максимальную оценку – 3 балла

на обоих этапах). Это может свидетельствовать об относительной сохранности данной функции при повреждении на уровне шейных сегментов в рассматриваемой выборке. В подгруппе с поражением грудного отдела в основной группе наблюдалась выраженная положительная динамика: доля пациентов с минимальной оценкой (1 балл) снизилась с 90,9 до 54,5%, при этом показатели по 2 баллам увеличились с 9,1 до 45,5%. Отмечено статистически значимое улучшение (p=0,024), что может свидетельствовать о положительном эффекте проведенного лечения. В контрольной группе в этой же подгруппе изменений не отмечено. У пациентов с поражением поясничного отдела показатели процесса отведения мочевого пузыря оставались стабильными как в контрольной, так и в основной группе. Преобладали крайние значения шкалы: в контрольной группе преимущественно 1 и 2 балла, в основной – 3 балла.

Таблица 7

Сравнение показателей процесса наполнения между контрольной и основной группами

Уровень повреждения	Группа	Этап наблюдения	1 балл	2 балла	3 балла	p
Шейный отдел	Контрольная	До курса	25,0%	25,0%	50,0%	0,655
		После курса	25,0%	50,0%	25,0%	
	Основная	До курса	0,0%	0,0%	100,0%	–
		После курса	0,0%	0,0%	100,0%	
Грудной отдел	Контрольная	До курса	50,0%	25,0%	25,0%	0,157
		После курса	37,5%	25,0%	37,5%	
	Основная	До курса	81,8%	18,2%	0,0%	0,020*
		После курса	36,4%	45,5%	18,2%	
Поясничный отдел	Контрольная	До курса	33,3%	33,3%	33,3%	–
		После курса	33,3%	33,3%	33,3%	
	Основная	До курса	33,3%	0,0%	66,7%	–
		После курса	33,3%	0,0%	66,7%	

Таблица 8

Распределение пациентов по степени компенсации мочеиспускательной функции (шкала О. А. Перльмуттер)

Уровень поражения	Группа	Этап	Неуд.	Мин.	Удов.	Оптим.	p
Шейный отдел	Контрольная	До курса	25,0%	0,0%	25,0%	50,0%	0,180
		После курса	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	
	Основная	До курса	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	–
		После курса	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
Грудной отдел	Контрольная	До курса	87,5%	0,0%	0,0%	12,5%	0,317
		После курса	75,0%	0,0%	12,5%	12,5%	
	Основная	До курса	81,8%	9,1%	9,1%	0,0%	0,038*
		После курса	45,5%	18,2%	27,3%	9,1%	
Поясничный отдел	Контрольная	До курса	33,3%	33,3%	0,0%	33,3%	0,317
		После курса	0,0%	66,7%	0,0%	33,3%	
	Основная	До курса	33,3%	0,0%	0,0%	66,7%	–
		После курса	33,3%	0,0%	0,0%	66,7%	

Таким образом, наиболее выраженные положительные изменения в динамике процесса отведения наблюдались у пациентов с поражением грудных сегментов в основной группе. В других подгруппах достоверных изменений по итогам курса терапии зафиксировано не было.

В таблице 7 представлены результаты балльной оценки функции наполнения МП у пациентов контрольной и основной групп. У пациентов с поражением шейного отдела спинного мозга в контрольной группе наблюдалась незначительная тенденция к улучшению показателей: доля пациентов с оценкой 2 балла увеличилась с 25,0 до 50,0% при снижении доли с максимальной оценкой (3 балла) до 25,0%. Тем не менее статистически значимых изменений не зафиксировано ($p=0,655$). В основной группе все пациенты в данной подгруппе на обоих этапах имели стабильные максимальные показатели (3 балла), что исключает возможность динамического сравнения. В подгруппе с поражением на уровне грудного отдела у пациентов основной группы была отмечена выраженная положительная динамика. На первом этапе 81,8% пациентов имели 1 балл, однако после курса этот показатель снизился до 36,4%, при этом возросла доля пациентов с 2 баллами (с 18,2 до 45,5%) и появились случаи с 3 баллами (18,2%), что свидетельствует о клинически значимом улучшении. Полученные различия были статистически достоверными ($p=0,020$). В контрольной группе данной подгруппы достоверных изменений не отмечено ($p=0,57$). У пациентов с поражением поясничного отдела в обеих группах показатели оставались стабильными. В основной группе доля пациентов с максимальной оценкой (3 балла) сохранялась на уровне 66,7%, а в контрольной у всех пациентов сохранялось равное распределение по трем категориям. Статистически значимых изменений в обеих группах не выявлено.

Таким образом, наибольшие положительные изменения функции наполнения МП после курса терапии зафиксированы у пациентов с травмой грудного отдела спинного мозга, получавших ММС, что подтверждается статистически значимой разницей показателей до и после лечения. В других подгруппах достоверной динамики не наблюдалось.

По данным анализа пациентов по степени компенсации мочеиспускательной функции по шкале О. А. Перльмуттер (табл. 8) в контрольной группе на этапе первичного осмотра пациенты с поражением шейного отдела демонстрировали наиболее высокую степень компенсации: у 50% пациентов была зафиксирована оптимальная функция мочевого пузыря. Однако по завершении курса терапии оптимальная компенсация не наблюдалась ни у одного пациента; при этом возросла доля неудовлетворительных состояний до 50%,

что свидетельствует об отрицательной тенденции ($p=0,180$). У пациентов с грудным уровнем повреждения в контрольной группе также не было зарегистрировано достоверных изменений: доля неудовлетворительной функции осталась доминирующей на обоих этапах (87,5% → 75,0%), незначительно увеличилось число удовлетворительных случаев (0% → 12,5%) при $p=0,317$. Наибольшие изменения были выявлены в основной группе среди пациентов с травмой грудного отдела. Доля пациентов с неудовлетворительной компенсацией снизилась с 81,8 до 45,5% после курса, тогда как улучшение до минимальной и удовлетворительной степени наблюдалось у 9,1 и 27,3% соответственно. Также появились случаи оптимальной компенсации (9,1%), чего не было до начала курса. Эти изменения были статистически достоверными ($p=0,038$). В подгруппе с поясничными травмами у пациентов контрольной группы произошла смена профиля компенсации: неудовлетворительная степень снизилась (33,3% → 0,0%), но выросла доля минимальной компенсации (до 66,7%). В основной группе уровень компенсации не изменился: 66,7% пациентов на обоих этапах демонстрировали оптимальный уровень.

Значимая положительная динамика в улучшении функции мочевого пузыря по шкале О. А. Перльмуттер была выявлена исключительно у пациентов основной группы с травмой грудного отдела спинного мозга ($p=0,038$).

У остальных категорий пациентов достоверных изменений не зафиксировано. Полученные данные свидетельствуют о наибольшей эффективности проведенной терапии именно при травмах с повреждением спинного мозга на уровне грудных сегментов.

Выводы

Наиболее выраженное улучшение мочеиспускательной функции наблюдалось у пациентов основной группы, получавших терапию с применением методики ММС. В частности, при грудном уровне повреждения статистически достоверные положительные изменения зафиксированы по параметрам отведения мочи ($p=0,024$), наполнения МП ($p=0,020$) и по шкале степени компенсации мочеиспускания О. А. Перлмуттер ($p=0,038$). Эти данные подтверждают эффективность использования ММС в восстановлении тазовых функций у пациентов с травмами грудного отдела спинного мозга. В других клинических подгруппах (шейный и поясничный уровни) статистически значимой динамики выявлено не было, что может быть связано с анатомо-функциональными особенностями поражения и ограниченностью выборки. В контрольной группе клинически значимых улучшений не зафиксировано. Таким образом, применение ММС продемонстрировало потенциал как эффективный компонент восстановительного лечения при нейрогенных дисфункциях мочевого пузыря, особенно при травмах грудного отдела.

Список литературы / References

- Yip P.K., Malaspina A. Spinal cord trauma and the molecular point of no return. *Molecular Neurodegeneration*. 2012; 7: 1–10. DOI: 10.1186/1750-1326-7-6
- Порода Н.Е. Общественное здоровье и здравоохранение: курс лекций. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. 126 с. ISBN 978-985-7168-08-8.
- Paroda N.E. Public health and healthcare: a course of lectures. Minsk: IVC of the Ministry of Finance, 2017. 126 p. ISBN 978-985-7168-08-8. (In Russ.).
- Заболелания и травмы нервной системы / И.В. Литвиненко, В.Ю. Лобзин, Н.В. Цыган [и др.]. Военно-полевая терапия: национальное руководство / под ред. Е.В. Крюкова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. С. 542–565. Diseases and injuries of the nervous system / I.V. Litvinenko, V. Yu. Lobzin, N. V. Tsygan [and others]. Military field therapy: national guidelines / edited by E. V. Krukova. 2nd ed., revised and additional M.: GEOTAR-Media, 2023. P. 542–565. (In Russ.).
- Спинальная неврология: учебник / Г.О. Андреева, С.Н. Базилевич, Г.Н. Бисага [и др.]. СПб.: СпецЛит, 2017. 430 с. ISBN 978-5-299-00886-9. Spinal Neurology: textbook / G. O. Andreeva, S. N. Bazilevich, G. N. Bisaga [et al.]. St. Petersburg: SpetsLit, 2017. 430 p. ISBN 978-5-299-00886-9. (In Russ.).
- Эпидемиология травм позвоночника и спинного мозга (обзор) / В.С. Толкачев [и др.]. Саратовский научно-медицинский журнал. 2018; 14 (3): 592–595. Epidemiology of vertebral and spinal cord injuries (review) / V. S. Tolkachev [et al.]. Saratov Scientific Medical Journal. 2018; 14 (3): 592–595. (In Russ.).

Сведения об авторах

Лобзин Владимир Юрьевич, д.м.н., проф., проф. кафедры нервных болезней¹, зав. кафедрой неврологии и нейрохирургии². ORCID: 0000-0003-3109-8795
Соловьев Даниил Александрович, врач-ординатор¹. ORCID: 0009-0007-8821-348X
Лупанов Иван Александрович, к.м.н., преподаватель кафедры нервных болезней¹. ORCID: 0009-0008-7918-9227
Фрунза Дарья Николаевна, врач функциональной диагностики клиники нервных болезней¹. ORCID: 0000-0003-2137-9841
Родионов Александр Сергеевич, врач-невролог клиники нервных болезней¹.
Яцкевич Дарья Эдуардовна, студентка¹. ORCID: 0009-0000-2181-5442
Дынин Павел Сергеевич, к.м.н., преподаватель кафедры нервных болезней¹. ORCID: 0000-0001-5006-8394
Литвиненко Игорь Вячеславович, д.м.н., проф., начальник кафедры и клиники нервных болезней¹. ORCID: 0000-0001-8988-3011

¹ ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

Автор для переписки: Лобзин Владимир Юрьевич. E-mail: vladimirlobzin@mail.ru

Для цитирования: Лобзин В.Ю., Соловьев Д.А., Лупанов И.А., Фрунза Д.Н., Родионов А.С., Яцкевич Д.Э., Дынин П.С., Литвиненко И.В. Многоуровневая магнитная стимуляция в терапии нейрогенных расстройств функций тазовых органов у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. Медицинский алфавит. 2025; (21): 21–26. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-21-21-26>

- Новосёлова И.Н. Этиология и клиническая эпидемиология позвоночно-спинномозговой травмы. Литературный обзор. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.А. Поленова. 2025; 11 (4): 84–92. Novoselova I.N. Etiology and clinical epidemiology of spinal cord injury. A literary review. *Russian Neurosurgical Journal named after prof. A.A. Polenov*. 2025; 11 (4): 84–92. (In Russ.).
- Нервные болезни: учебник для студентов медицинских вузов / под ред. М.М. Оди-нака, И.В. Литвиненко. СПб.: СпецЛит, 2020. 575 с. ISBN 978-5-299-01025-1. Nervous diseases: a textbook for students of medical universities / edited by M. M. Odi-nak, I. V. Litvinenko. St. Petersburg: SpetsLit, 2020. 575 p. ISBN 978-5-299-01025-1. (In Russ.).
- Боевая патология нервной системы. Краткий справочник войскового врача: учеб-ное пособие / под ред. И.В. Литвиненко. СПб.: ВМедА, 2023. 80 с. Combat pathology of the nervous system. A brief guide for military doctors: study guide / ed. by I. V. Litvinenko. SPb.: VMedA, 2023. 80 p. (In Russ.).
- Benevento B.T., Sipki M.L. Neurogenic bladder, neurogenic bowel, and sexual dys-function in people with spinal cord injury. *Physical Therapy*. 2002; 82 (6): 601–612. DOI: 10.1093/ptj/82.6.601
- Мазо Е.Б., Кривобородов Г.Г. Гиперактивный мочевой пузырь. *Consilium Medicum*. 2003; 5 (7): 405–411. Mazon E.B., Krivoborodov G.G. Overactive bladder. *Consilium Medicum*. 2003; 5 (7): 405–411. (In Russ.).
- The standardization of terminology of lower urinary tract function: report from the stan-dardization sub-committee of International Continence Society / Abrams P., Cardozo L., Fall M. [et al.]. Textbook of Female Urology and Urogynecology. Boca Raton: CRC Press, 2010. P. 1098–1108. ISBN 978-1-003-03998-3.
- Красюков А.В. Расстройства вегетативной нервной системы, связанные с по-вреждением спинного мозга. Научный обзор. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.А. Поленова. 2014; 6 (3): 85–101. Krasnyukov A.V. Disorders of the autonomic nervous system associated with spinal cord injury. Scientific review. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2014; 6 (3): 85–101. (In Russ.).
- Экстракорпоральная магнитная стимуляция нервно-мышечного аппарата тазо-вого дна в урологической практике / Пушкарь Д.Ю., Сивцов А.В., Бредихин Д.В. [и др.]. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2019; 18 (4): 264–276. Extracorporeal magnetic stimulation of the neuromuscular apparatus of the pelvic floor in urological practice / D. Yu. Pushkar, A. V. Sivtsov, D. V. Bredikhin [et al.]. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2019; 18 (4): 264–276. (In Russ.).
- Ефимова Е.П. Применение магнитных полей в медицине. Физика и медицина: создавая будущее. 2017. С. 58–61. Efimova E.P. Application of magnetic fields in medicine. Physics and Medicine: Creating the future. 2017. P. 58–61. (In Russ.).
- Cortical, spinal, sacral, and peripheral neuromodulations as therapeutic approaches for the treatment of lower urinary tract symptoms in multiple sclerosis patients: A review / Pericolini M., Germani G., Galli S. [et al.]. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2022; 25 (8): 1065–1075. DOI: 10.1111/ner.13325
- Non-invasive activation of cervical spinal networks after severe paralysis / Gad P., Choe J., Nandra M.S. [et al.]. *Journal of Neurotrauma*. 2018; 35 (18): 2145–2158. DOI: 10.1089/neu.2017.5461
- Non-invasive neuromodulation of spinal cord restores lower urinary tract function after paralysis / Gad P.N., Choe J., Shah P.K. [et al.]. *Frontiers in Neuroscience*. 2018; 12: 432. DOI: 10.3389/fnins.2018.00432
- Effects of motor cortex rTMS on lower urinary tract dysfunction in multiple sclerosis / Centonze D., Peffa F., Versace V. [et al.]. *Multiple Sclerosis Journal*. 2007; 13 (2): 269–271. DOI: 10.1177/1352458506070729
- A proof-of-concept study of transcutaneous magnetic spinal cord stimulation for neurogenic bladder / Niu T., Munakami S., Jiang H. [et al.]. *Scientific Reports*. 2018; 8 (1): 12549. DOI: 10.1038/s41598-018-30958-2
- Динамика показателей тазовых функций у больных с позвоночно-спинномозговой травмой в результате санаторно-курортного лечения / Стопоров А.Т., Виноградова Е.А., Ковалёв И.С. [и др.]. Вестник физиотерапии и курортологии. 2018; 24 (4): 20–25. Dynamics of pelvic function indicators in patients with spinal cord injury as a result of spa treatment / A. G. Stoporov, E. A. Vinogradova, I. S. Kovalyov [et al.] // Bulletin of Physiotherapy and Balneology. 2018; 24 (4): 20–25. (In Russ.).
- Перлмуттер О.А. Компрессия спинного мозга и его корешков: Автореф. ... д-ра мед. наук. О.А. Перлмуттер. М., 2000. 46 с. Perlmutter O.A. Compression of the spinal cord and its roots: Abstract of the dissertation of the Doctor of medical sciences / O. A. Perlmutter. M., 2000. 46 p. (In Russ.).

Статья поступила / Received 22.07.2025

Получена после рецензирования / Revised 25.07.2025

Принята в печать / Accepted 08.09.2025

About authors

Lobzin Vladimir Yu., DM Sci (habil.), Professor, Professor of the Department of Neurology¹, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery². ORCID: 0000-0003-3109-8795
Solov'yev Danil A., resident neurologist at the Clinic of Nervous Diseases¹. ORCID: 0009-0007-8821-348X
Lupanov Ivan A., PhD Med, lecturer at Dept of Neurology¹. ORCID: 0009-0008-7918-9227
Frunza Daria N., neurologist at the Clinic of Nervous Diseases¹. ORCID: 0000-0003-2137-9841
Rodionov Alexander S., neurologist at the Clinic of Nervous Diseases¹.
Yatskevich Daria E., student¹. E-mail: dar-dar-2002@mail.ru. ORCID: 0009-0000-2181-5442
Dynin Pavel S., PhD Med, lecturer at Dept of Neurology¹. ORCID: 0000-0001-5006-8394
Litvinenko Igor V., DM Sci (habil.), Professor, Head of the Department and Clinic of Neurology¹. ORCID: 0000-0001-8988-3011

¹ Military Medical Academy named after S.M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Corresponding author: Lobzin Vladimir Yu. E-mail: vladimirlobzin@mail.ru

For citation: Lobzin V. Yu., Solov'yev D. A., Lupanov I. A., Frunza D. N., Rodionov A. S., Yatskevich D. E. Dynin P. S., Litvinenko I. V. Multilevel magnetic stimulation in the treatment of neurogenic pelvic organ dysfunction in patients with spinal cord injury. *Medical alphabet*. 2025; (21): 21–26. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-21-21-26>

