

12. Nashold B.S. Jr, Friedman H., Boyarsky S. Electrical activation of micturition by spinal cord stimulation. *J. Surg. Res.* 1971; 11 (3): 144—7.
13. Burghel T., Ichim V., Demetrescu M. Experimental study on evacuation of the cord bladder: method of transcutaneous excitation of the cord bladder: method of transcutaneous excitation of the pelvic nerves by electromagnetic induction: therapeutic deductions. *Urol. Int.* 1959; 8: 32—7.
14. Kantrowitz A., Schamaun M. Paraplegic dogs: Urinary bladder evacuation with direct electric stimulation. *Science.* 1963; 139 (3550): 115—6.
15. Bradley W.E., Wittmers L.E., Chou S.N. An experimental study of the treatment of the neurogenic bladder. *J. Urol. (Baltimore).* 1963; 90: 575—82.
16. Wear J.B. Jr, Kreutzmann R., Barquin F., Bernhardt N. Observations on electrical stimulation of the canine bladder. *J. Urol. (Baltimore).* 1967; 97 (3): 469—77.
17. Vishnevskiy A.A., Livshits A.V. *Electrical Stimulation of Urinary Bladder. [Electrostimulyatsiya mochevogo puzrya].* Moscow: Meditsina; 1973. (in Russian)
18. De Sèze M., Wiart L., Ferrière J.M., de Sèze M.P., Joseph P.A., Barat M. Intravesical instillations of capsaicin in urology: from pharmacological principles to therapeutic applications. *Progr. Urol.* 1999; 9 (4): 615—32.
19. Heine J.P., Schmidt R.A., Tanagho E.A. Intrasacral sacral root stimulation for controlled micturition. *Invest. Urol.* 1977; 15 (1): 78—82.
20. De Groat W.C., Kruse M.N., Vizzard M.A., Cheng C.L., Araki I., Yoshimura N. Modification of urinary bladder function after spinal cord injury. *Adv. Neurol.* 1997; 72: 347—64.
21. Borodulina I.V., Shvarts P.G., Popov S.V., Fedin P.A. Modern techniques of electrostimulation in the treatment patients with neurogenic urinary discomfort. In: *Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Practical Aspects of Neurological Disease Management" [Materialy Nauchno-prakticheskoy konferentsii "Prakticheskie aspekty vedeniya nevrologicheskikh bol'nykh"]*. Kaluga; 2014: 113—32. (in Russian)
22. De Groat W.C., Fraser M.O., Yoshiyama M., Smerin S., Tai C., Chancellor M.B. et al. Neural control of the urethra. *Scand. J. Urol. Nephrol.* 2001; Suppl. 207: 35—43.
23. Shvarts P.G. *Neurogenic Micturition Disorders in the Patients with Acute and Chronic Cerebral Vascular Diseases (Clinical Picture, Diagnostics and Treatment): Diss.* Moscow; 2013. (in Russian)

Поступила 29.04.15

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2015
УДК 615.844.03:616.832Тышкевич Т.Г.², Кирьянова В.В.¹, Маркелов В.Е.³

Опыт применения многоуровневой электростимуляции в реабилитации больных с поражением спинного мозга

¹ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург; ²ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» РАН, 197376, Санкт-Петербург; ³ООО «МВ БАРБЕЛ», 185000, Петрозаводск

Для корреспонденции: Тышкевич Татьяна Гелиевна; tatyana-tyshkevich@yandex.ru

Представлена новая приоритетная методика реабилитации больных с поражением спинного мозга вследствие травм, сосудистых поражений, доброкачественных опухолей. В исследование включены 12 больных в возрасте от 17 до 72 лет. Большинство были оперированы. Методика заключалась в последовательной электростимуляции спинного мозга и денервированных органов (парализованных конечностей, мочевого пузыря). Использован электростимулятор МВ 6.03. Воздействовали однополярным импульсным электрическим током с частотой 50±4 Гц, длительностью импульса 2,5 мс, напряжением 10—40 В, до 20 импульсов в пачке с экспоненциальной модуляцией паузы. Использовали электроды больших размеров. Процедура комфортная и безболезненная. Значительное улучшение функций спинного мозга констатировано у 7 пациентов и улучшение — у 5. После лечения наблюдалось расширение объема движений конечностей, нарастание силы мышц, восстановление чувствительности ног и функции мочевого пузыря. Клинические результаты подтверждены оптимизацией показателей электромиографии. Предлагаемая методика позволяет повысить качество восстановления функций спинного мозга за счет восстановления связей с центральными регулирующими системами и денервированными органами.

Ключевые слова: многоуровневая электростимуляция; поражение спинного мозга; экспоненциальный электрический ток; большие электроды; восстановление функций парализованных конечностей и мочевого пузыря.

Для цитирования: Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2015; 14 (5): 14—17.

Tyshkevich T.G.², Kir'yanova V.V.¹, Markelov V.E.³

THE EXPERIENCE WITH THE APPLICATION OF MULTI-LEVEL ELECTRICAL STIMULATION FOR THE REHABILITATION OF THE PATIENTS PRESENTING WITH THE SPINAL CORD LESIONS

¹State budgetary educational institution of higher professional education "I.I. Mechnikov North-Western State Medical University", Russian Ministry of Health, 191015, Sankt-Peterburg; ²Federal state budgetary institution of science "N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain", Russian Academy of Sciences, 197376, Sankt-Peterburg; ³"MV BARBEL" Ltd., 185000, Petrozavodsk

A new priority method for the rehabilitation of the patients presenting with the spinal cord lesions caused by mechanical injuries, vascular disorders, and benign tumours is described. The present study included 12 patients at the age varying from 17 to 72 years who had undergone the surgical treatment in the preceding period. The proposed method consists of sequential stimulation of the spinal cord and the denervated organs

(paralyzed limbs, urinary bladder) with the use of a MV 6.03 electrostimulator producing unipolar pulsed electrical current with a frequency of 50 ± 4 Hz, pulse duration of 2.5 ms, and voltage 10–40 V (up to 20 pulses per train with the exponential pause modulation). Large-size electrodes were used. The patients described the stimulation procedure as convenient and painless. Its application resulted in a substantial improvement of the spinal cord functions in 7 patients and their moderate improvement in 5 others. The treatment resulted in the increase of the range of motions in the limbs, the enhancement of the muscular strength, the restoration of sensitivity in the lower extremities and of the functions of the urinary bladder. These clinical observations were confirmed by the optimized results of electroneuromyographic studies. It is concluded that the proposed method makes it possible to improve the quality of restoration of the spinal cord functions due to normalization of the links between the central regulatory systems and the denervated organs.

Key words: multi-level electrical stimulation, spinal cord lesions, exponential electrical current, large electrodes, restoration of the functions of paralyzed extremities and urinary bladder

For citation: Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. 2015; 14 (5): 14–17.

For correspondence: Tyshkevich Tat'yana, tatyana-tyshkevich@yandex.ru

Received 03.06.2015

Традиционными для восстановительного лечения больных с поражением спинного мозга являются инвазивные методики электростимуляции (ЭС) спинного мозга. ЭС спинного мозга проводят в процессе операции и в течение нескольких суток после операции через имплантированные и накожные электроды в зоне поражения [1]. Однако в первые несколько суток после операции на спинном мозге доминируют дегенеративные процессы, поэтому стимуляция нейрогенерации в этот период недостаточно эффективна [2]. Выполняют ЭС через эпидуральный электрод, введенный в проекции позвонков T_{XII} – L_1 , и накожный электрод на поверхности живота [3]. Между тем воздействие током на внутренние органы и вегетативные структуры [4] может вызвать неблагоприятные реакции. Через 3–4 мес после позвоночно-спинномозговой травмы осуществляют чрескожную ЭС пораженной зоны спинного мозга, парализованных нижних конечностей и мочевого пузыря отдельными курсами. Используют синусоидальный модулированный ток и электроды небольшого размера [5]. Многоуровневая стимуляция [6] включает I уровень — магнитную стимуляцию спинномозговых корешков, иннервирующих паретичные конечности, которая неприменима у пациентов с металлическими фиксаторами позвонков, и II уровень — дифференцированную ЭС парализованных конечностей синусоидальным модулированным током точечными электродами.

Целью исследования явилось создание способа лечения поражений спинного мозга, обеспечивающего повышение эффективности лечения за счет восстановления связей спинного мозга с центром и денервированными органами и восстановления их функций.

Материалы и методы

В клинике ИМЧ РАН наблюдались 12 больных с поражением спинного мозга в возрасте от 17 до 72 лет (9 мужчин и 3 женщины). 5 пациентов перенесли тяжелую позвоночно-спинальную травму с переломом тел позвонков, 3 больных имели доброкачественную опухоль оболочек спинного мозга, 4 пациента — грыжи межпозвоночных дисков. Все пациенты были оперированы. Выполняли клинко-неврологическое исследование, МРТ и ЭНМГ с диагностической транскраниальной магнитной стимуляцией.

До восстановительного лечения у всех пациентов констатировали нарушение статики и динамики позвоночного столба, слабость аксиальных мышц (спины, живота), нарушение чувствительности вплоть до анестезии в соответствии с уровнем поражения спинного мозга. У 5 больных наблюдалась клиника полного поражения спинного мозга и утрата функций денервированных органов — нижняя спастическая (или вялая) параплегия и отсутствие контроля мочеиспускания, у 3 — клиника частичного поражения спинного мозга с нарушением функций денервированных органов. У 2 больных доминировал вялый паралич ноги, у 2 пациентов — нейрогенная дисфункция мочевого пузыря. На МРТ, как правило, наблюдали отек мозгового вещества в зоне поражения. При ЭНМГ у 2 пациентов отсутствовало проведение нервных импульсов, выявлялись денервационные потенциалы. У остальных наблюдали снижение амплитуды и увеличение латентности М-ответа, снижение скорости распространения возбуждения по нервам ног.

Всем пациентам выполнены курсы многоуровневой ЭС. Использовали физиотерапевтический электростимулятор MV 6.03 торговой марки «МВ БАРБЕЛ» (Петрозаводск). На пораженный спинной мозг и денервированные органы воздействовали однополярным импульсным электрическим током с частотой 50 ± 4 Гц, длительностью импульса до 2,5 мс, напряжением 10–40 В, до 20 импульсов в пачке с экспоненциальной модуляцией длительности пачки импульсов и паузы между пачками от непрерывного до 20 с. Использовали электроды больших размеров.

I уровень — ЭС спинного мозга с помощью электрода 55×29 см, расположенного на спине так, чтобы в зону воздействия попали сегменты спинного мозга на уровне поражения, выше и ниже этого уровня, ежедневно по 25 мин.

II уровень — ЭС денервированного органа в течение 10–15 мин. При нижней спастической параплегии накладывали 2 парных электрода 12×10 и 7×10 см на мышцы наружной поверхности бедра и голени обеих ног, при вялой нижней параплегии — на проекцию седалищного нерва на задней поверхности бедра и голени обеих ног. Использовали 2 электростимулятора. При нефункционирующем мочевом пузыре на крестцовую область располагали электрод

17 × 19 см и на проекцию мочевого пузыря — 10 × 12 см. При наличии одного денервированного органа (ног или мочевого пузыря) ЭС этого органа выполняли ежедневно. При наличии двух денервированных органов (ног и мочевого пузыря) ЭС каждого органа поочередно через день. Напряжение электрического тока устанавливали по ощущениям силы «комфортного» безболезненного сокращения и напряжения мышц и мышечных волокон.

Продолжительность ежедневного воздействия была 35—40 мин. Курс лечения состоял из 10—20 процедур. После многоуровневой ЭС больные ежедневно занимались лечебной физкультурой с элементами спортивной гимнастики для непораженных мышц торса и рук. Новизна методики подтверждена приоритетной справкой по заявке № 2014153823 на изобретение РФ, опубликовано 29.12.2014.

Результаты и обсуждение

Непосредственно после лечения у всех пациентов наблюдалась положительная динамика, которая заключалась в улучшении статики и динамики позвоночника, увеличении объема активных движений ног и силы мышц паретичных конечностей. Больные начинали вставать, затем ходить с помощью родственников и применением ортопедических приспособлений. Больные ощущали прилив сил, веру в себя, эмоциональный подъем. Восстанавливались регулярные самостоятельные мочеиспускания, были удалены катетеры или цистостомы из мочевого пузыря. Нарастала сила мышц спины и рук. Больные могли себя обслуживать. Некоторые возвращались к труду, хотя и ограниченному. Мы добивались главного — улучшения качества жизни наших пациентов. Значительное улучшение функций пораженного спинного мозга констатировано у 7 пациентов и улучшение — у 5. После лечения продолжалась позитивная динамика.

Для иллюстрации приводим пример — выписки из историй болезни 1454—2013 и 7—2014 больного Д., 36 лет. Срок госпитализации 02—27.12.2013 и 13—30.01.2014. Диагноз: менингиома на уровне T_{VII-VIII}. Нейрохирургическое вмешательство проведено 11.12.2013: ламинэктомия T_{VII-VIII}, удаление срединно-боковой менингиомы справа размером 3 × 2,5 × 2 см. После операции выявлена нижняя параплегия (0 баллов), анестезия с уровня T_{IX} (0 баллов), отсутствие контроля мочеиспускания. На МРТ 13.12.2013 опухоли нет, отек спинного мозга и обеднение трактов. При ЭНМГ 16.12.2013 доминировали денервационные потенциалы, центральное проведение отсутствовало.

Начиная с 7-х суток после операции с 16.12.2013 выполнен курс многоуровневой ЭС из 10 процедур. Проводили ежедневно ЭС спины 25 мин и через день ЭС обеих ног 10 мин, чередуя с ЭС мочевого пузыря 15 мин. При контрольном осмотре 27.12.2013 отмечено восстановление активных движений 0—1 балл и чувствительности 1—2 балла для правой ноги, движений 1—2 балла и чувствительности 0—1 балл — для левой. Появился частичный контроль мочеиспускания. При повторном осмотре 13.01.2014 больной встал (!) с помощью персонала, простоял 1 мин. Был

очень доволен. Не хотел садиться, но пришлось, поскольку онемевшая левая нога стала «сползать» назад, и резко ослабла опора на стопы.

Через 2 нед после 1-го курса лечения при повторной госпитализации проведены 14 процедур многоуровневой ЭС. Контрольное неврологическое исследование 30.01.2014 показало восстановление активных движений ног до 3—3,5 балла, чувствительности до 2—3 баллов, полное восстановление контроля мочеиспускания, катетер удален. Пациент стал ходить при оказании ему помощи. Степень неврологических расстройств оказалась значительно меньше, чем до операции.

ЭНМГ 30.01.2014 выявила нормальную латентность и снижение амплитуды на 40—50% М-ответа при ЭС малоберцового и большеберцового нервов. Скорость распространения возбуждения по нервам в норме. ЭМГ-паттерн частотный. Амплитуда потенциалов двигательных единиц повышена. Количество функционирующих потенциалов двигательных единиц снижено. Активность денервационного процесса не выявлена. При диагностической транскраниальной магнитной стимуляции установлена дисфункция проведения по моторным трактам с выраженной задержкой по кортико-спинальным трактам на уровне T_{VIII-IX}.

Из этого примера видно, что при исходном полном отсутствии проводимости спинного мозга и утрате функций денервированных органов после многоуровневой ЭС произошло восстановление утраченных функций до полезной степени и подтверждено возобновление связей спинного мозга с двигательными центрами головного мозга и денервированными органами по данным ЭНМГ.

Воздействие экспоненциальным электрическим током на область спины вызывает сокращение многочисленных поверхностных и глубоких мышц спины вплоть до предпозвоночных мышц и нервных корешков. Происходит мощная афферентная импульсация в спинной мозг через нервы, активированные от обширного проприоцептивного поля стимулируемых мышц. Усиливается афферентация в спинной мозг через кожные нервы, активированные от обширного рецепторного кожного поля в зоне ЭС. Афферентная информация активно передается значительному числу чувствительных нейронов спинного мозга и по биологической обратной связи мотонейронам спинного мозга. По проводящим путям спинного мозга поток импульсов поступает в головной мозг и вызывает ответный центробежный поток импульсов к денервированным органам. В активный импульсный обмен включаются волокна симпатической цепочки и парасимпатические нервные волокна, которые увеличивают эффект активации соматических нервных элементов, в частности и по законам кожно-висцеральных рефлексов.

На фоне возбужденного после его стимуляции спинного мозга ЭС денервированных нижних конечностей выводит из состояния парабиоза нервные структуры, стимулирует нервно-мышечный аппарат, активирует выработку нервно-ростовых факторов и доставку их к нейронам спинного моз-

га, значимо усиливает работу нейрорегенеративных систем.

При нижней спастической параплегии одновременная ЭС мышц с низким тонусом на передненаружной поверхности обеих ног на фоне активированного спинного мозга вызывает усиленный эффект многоплановой стимуляции мышц ног — центростремительной импульсации в спинной мозг от проприорецептивного аппарата при ЭС парализованных мышц и центробежной импульсации к парализованным конечностям при ЭС спинного мозга.

Подобный эффект наблюдается при одновременной ЭС задней поверхности обеих ног в проекции седалищных нервов при вялой нижней параплегии. В афферентный импульсный поток включаются импульсы двигательной, чувствительной и симпатической иннервации ног. Это создает мощный поток центростремительной импульсации в спинной мозг. Многоплановость ЭС ног поддерживается центробежной импульсацией при ЭС спинного мозга.

Афферентация и центростремительная импульсация при ЭС мочевого пузыря и центробежная импульсация при ЭС спинного мозга усиливают стимулирующий эффект вегетативной нервной системы. Проводниками стимулирующего воздействия на мочевой пузырь служат звенья симпатической цепочки, расположенные вне позвоночного канала, и парасимпатические центры в каудальном отделе спинного мозга.

Многоуровневая ЭС позволяет в кратчайшие сроки — в процессе лечения, непосредственно после лечения и в ближайшем анамнезе — значительно улучшить и восстановить функции пораженного спинного мозга и денервированных органов, а также восстановить обратную связь между спинным мозгом, регулирующими центрами головного мозга и денервированными органами.

Используемый вид экспоненциального тока, сформированного в специфические экспоненциаль-

ные пачки, а также размеры электродов обеспечивают практически безболезненность процедуры ЭС.

Таким образом, использование разработанной приоритетной методики многоуровневой ЭС способствует повышению эффективности лечения поражения спинного мозга за счет восстановления связей спинного мозга с центром и денервированными органами и восстановления их функций, что подтверждено расширенным ЭНМГ-исследованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурчин Ф.А., Медведев С.В., Пузенко В.Ю., Нарышкин А.Г. *Способ лечения нарушений проводимости спинного мозга. А.с. СССР 1333341*. 1987.
2. Шапков Ю.Т., Шапкова Е.Ю., Мушкин А.Ю. *Способ лечения больных с поражением спинного мозга. Патент РФ № 2130326*. 1999.
3. Одинак М.М., Цыган Н.В. *Факторы роста нервной ткани в центральной нервной системе*. СПб.: Наука; 2005.
4. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. *Атлас анатомии человека*. М.: Медицина; 1996; т. 2: 94—7.
5. *Физиотерапия и курортология* / Под ред. В.М. Боголюбова. М.: БИНОМ; 2012; кн. 3: 25—32.
6. Тышкевич Т.Г. *Многоуровневая стимуляция в ранней реабилитации нейрохирургических больных: Дисс. ... д-ра мед. наук*. СПб.; 2014.

REFERENCES

1. Gurchin F.A., Medvedev S.V., Puzenko V.Yu., Naryshkin A.G. *Way of Treatment of Violations of Conductivity of Spinal Cord. Copyright certificate USSR 1333341*. 1987. (in Russian)
2. Shapkov Yu.T., Shapkova E.Yu., Mushkin A.Yu. *A way of treatment of patients with damage of a spinal cord. Patent RF № 2130326*. 1999. (in Russian)
3. Odinak M.M., Tsygan N.V. *Factors of Growth of Nervous Tissue in the Central Nervous System. [Sposob lecheniya narusheniy provodimosti mozga]*. St. Petersburg: Nauk; 2005. (in Russian)
4. Sinel'nikov R.D., Sinel'nikov Ya.R. *Atlas of Human Anatomy. [Atlas anatomii cheloveka]*. Moscow: Meditsina; 1996; vol. 2: 94—7. (in Russian)
5. *Physical Therapy and Balneology. [Fizioterapiya i balneologiya]* / Ed. V.M. Bogolyubov. Moscow: BINOM; 2012; book 3: 25—32. (in Russian)
6. Tyshkevich T.G. *Multilevel Stimulation in Early Rehabilitation of Neurosurgical Patients: Diss.* St. Petersburg; 2014. (in Russian)

Поступила 03.06.2015