

- сколиозом II—III степени выраженности. *Курортная медицина*. 2013; 4: 73—8.
11. Куликов А.Г., Кузовлева Е.В. Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. 2013; 4: 44—53.
 12. Орехова Э.М., Миненков А.А., Портнов В.В., Корчажкина Н.Б. и др. *Применение системы "Хивамат-200" в клинической практике: Пособие для врачей*. М.: РНЦВМиК; 2002.
- REFERENCES
1. Avtandilov A.G., Nemanova D.I., Kuleshov A.A. In: Status cardiorespiratory system in adolescents with varying degrees of scoliosis. In: *Adaptation of Various Systems of the Body in Scoliotic Spinal Deformity. Methods of Treatment: Proceedings of the International Symposium. [Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma "Adaptatsiya razlichnykh sistem organizma pri skolioticheskoy deformatsii pozvonochnika. Metody lecheniya"]*. Moscow; 2003: 8—10. (in Russian)
 2. Skinder L.A., Gerasevich A.N., Polyakova T.D., Pankova M.D. *Physical Rehabilitation of Children with Poor Posture and Scoliosis. [Fizicheskaya rehabilitatsiya detey s narusheniem osanki i skoliozom: Uchebno-metodicheskoe posobie]*. Brest: BrGU; 2012. (in Russian)
 3. Dayer R., Haumont T., Belaieff W. et al. Idiopathic scoliosis: etiological concepts and hypotheses. *J. Child Orthop*. 2013; 7 (1): 11—6.
 4. Chaklin V.D., Abal'masova E.A. *Scoliosis and Kyphosis. [Skolios i kifoz]*. Moscow: Meditsina; 1973. (in Russian)
 5. Demina E.M. *The problem of Scoliosis in Children [Problemy skolioza u detey: Uchebnoe posobie]*. Moscow: COLIUV MZ SSSR; 1980. (in Russian)
 6. Kaz'min A.I., Kon I.I., Belen'kiy V.E. *Scoliosis. [Skolios]*. Moscow: Meditsina; 1981. (in Russian)
 7. Tesakov D.K., Voronovich I.R. Standardization of methods of treatment of children and adolescents with dysplastic (idiopathic) scoliosis. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2001; 4: 21—4. (in Russian)
 8. Khan M.A., Popov V.V., Morgun V.A., Podgornaya O.V. Application of interference currents in scoliosis in children. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*. 2005; 3: 30—2. (in Russian)
 9. Umarova Kh.T., Karachevtseva T.V. *Physiotherapy in Pediatrics. [Fizioterapiya v pediatrii]*. Tashkent: Izdatel'stvo im. Ibn-Siny; 1993. (in Russian)
 10. Yashkov A.V., Losev I.I., Shelykhanova M.V. Combined physical therapy factors in the conservative treatment of children with scoliosis II—III degree of severity. *Kurortnaya meditsina*. 2013; 4: 73—8. (in Russian)
 11. Kulikov A.G., Kuzovleva E.V. The application of the low-frequency electrostatic field in the clinical practice. *Fizioterapiya, bal'neologiya i rehabilitatsiya*. 2013; 4: 44—53. (in Russian)
 12. Orekhova E.M., Minenkov A.A., Portnov V.V., Korchazhkina N.B. et al. *Application of "Hivamat-200" in Clinical Practice: A Grant for doctory. [Primenenie sistemy "Khivamat-200" v klinicheskoy praktike: Posobie dly vrachey]*. Moscow: RNCVMiK; 2002. (in Russian)

Поступила 26.06.15

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2015
УДК 615.844.03:616.62-008.22-02:616.83Бородулина И.В.¹, Кончугова Т.В.², Шварц П.Г.¹

Электростимуляция при нейрогенных расстройствах мочеиспускания: исторические перспективы и современные возможности

¹ФГБНУ «Научный центр неврологии», 125367, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80; ²ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздрава России, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, д. 32

Для корреспонденции: Бородулина Ирина, irina.borodulina@gmail.com.

В представленном исследовании определены основные вехи развития метода электростимуляции нижних мочевых путей при различных нарушениях мочеиспускания. Рассматривается эволюция методик от высокотравматичных до малоинвазивных. Результаты клинического исследования показывают эффективность тиббиальной и пудендальной нейромодуляции при нейрогенной детрузорной гиперактивности, развившейся вследствие ишемического поражения головного мозга. В основе нейромодуляции лежит нейронный ответ вышестоящих, как правило, церебральных центров мочеиспускания на электрическое раздражение нервных и мышечных волокон мочевого пузыря, уретры и мышц тазового дна, которые являются периферическими звеньями рефлексов мочеиспускания. Эффект стимуляции тиббиального нерва обусловлен воздействием на рефлексы, замыкающиеся на уровне ядра Баррингтона и активирующие прессорные влияния на детрузор, а пудендальная стимуляция активирует участки коры больших полушарий.

Ключевые слова: электростимуляция нижних мочевых путей; тиббиальная нейромодуляция; пудендальная нейромодуляция; нейрогенная детрузорная гиперактивность; рефлексы мочеиспускания; ядро Баррингтона.

Для цитирования: Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2015; 14 (5): 7—14.

Borodulina I.V.¹, Konchugova T.V.², Shvarts P.G.¹

THE APPLICATION OF ELECTRICAL STIMULATION FOR THE MANAGEMENT OF NEUROGENIC DISORDERS OF URINATION: THE HISTORICAL PROSPECTS AND THE AVAILABLE POSSIBILITIES

¹Federal state budgetary institution of science "Research Centre of Neurology", 125367, Moscow, Volokolamskoe shosse, 80; ²Federal state budgetary institution "Russian Research Centre of Medical Rehabilitation and Balneotherapy", Russian Ministry of Health, ul. Novy arbat, 32, Moscow, Russian Federation, 121099

The present article outlines the major landmarks in the development of the methods for electrical stimulation of the lower urinary tract for the management of various neurogenic disorders of urination. The evolution of these methods, from highly traumatic to minimally invasive ones, is considered. The results of the clinical studies demonstrate the high effectiveness of tibial and pudendal neuromodulation in the cases of detrusor hyperactivity resulting from the ischemic lesion of the brain. The neuromodulation takes advantage of the neuronal response of the higher brain centres controlling urination to the electrical irritation of the nerve and muscle fibers of the urinary bladder, the urethra, and the pelvic bottom that constitute the peripheral links of micturition reflexes. The effect of tibial nerve stimulation is associated with the influence on the reflexes closed at the level of the Barrington's nucleus and activating the pressor influences on the detrusor whereas pudendal stimulation activates selected portions of the cortex of the large hemispheres.

Key words: *electrostatic stimulation of the lower urinary tract, tibial neuromodulation, pudendal neuromodulation, neurogenic detrusor hyperactivity, micturition reflexes, Barrington's nucleus.*

For citation: Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. 2015; 14 (5): 7—14.

For correspondence: Borodulina Irina, irina.borodulina@gmail.com.

Received 26.06.15

Введение

Для большинства неврологических заболеваний нарушение мочеиспускания является типичным клиническим симптомом. Так, по данным разных авторов, при рассеянном склерозе нарушение функции нижних мочевых путей встречается в 84% случаев [1], при ишемическом инсульте в остром периоде — в 70%, в отдаленном периоде — в 24% [2], при болезни Паркинсона — в 70% [3], при опухолях спинного мозга — в 75—83% случаев в зависимости от локализации [4], а при осложненной травме спинного мозга частота достигает 100% [5].

Для каждого неврологического заболевания характерны индивидуальные симптомокомплексы нарушений мочеиспускания, обусловленные различными патогенетическими механизмами. Восстановление дефицита функции является важной задачей программы нейрореабилитации [6], так как эти нарушения относят к числу весьма тяжелых инвалидизирующих осложнений, существенными сторонами которых являются не только медицинские, но и психологические аспекты, резко ухудшающие быт и состояние больных, трудовую деятельность и социальную активность, т. е. те сферы жизни, которые отвечают за ее качество [7]. В лечении используют методы фармакологической коррекции, однако в ряде случаев лекарственная терапия нейрогенных расстройств мочеиспускания не дает выраженного терапевтического эффекта или сопровождается развитием разнообразных системных побочных эффектов (сухость во рту, тахикардия, запоры и хроническая задержка мочи). Высокая вероятность побочных эффектов лекарственной терапии, а также необходимость комбинированного подхода к лечению неврологических пациентов, страдающих функциональными расстройствами мочеиспускания, предполагает поиск новых форм воздействия на функцию нижних мочевых путей. Одним из наиболее перспективных нефармакологических методов лечения нейрогенных расстройств мочеиспускания является электростимуляция и нейромодуляция мочевого пузыря и мышц тазового дна.

Возможности применения электростимуляции для восстановления функции мочеиспускания при расстройствах его центральной и периферической иннервации имеют длинную и противоречивую

историю. Интерес к нейрогенным расстройствам мочеиспускания обусловлен как актуальностью проблемы, так и отсутствием однозначно и достаточно эффективных методов восстановления функции.

Электростимуляция представляет собой метод лечебного воздействия импульсными токами (включая прерывистый гальванический ток) и применяется для возбуждения или усиления деятельности функций определенных органов и систем.

Впервые метод электростимуляции был применен и описан в 1855 г. в работе «О локализованном электричестве и его применении в физиологии, патологии и терапии» французским неврологом G. Duchenne, работавшим в лаборатории физиолога F. Magendie [8]. До G. Duchenne все эксперименты по внешнему воздействию электрическим током заканчивались лишь повреждением тканей. G. Duchenne развил технику неинвазивной стимуляции скелетных мышц, используя фарадический ток, описал параметры и эффекты воздействия тока на нервно-мышечный аппарат. Он также впервые разделил косвенную стимуляцию через нервные окончания и прямую стимуляцию мышц. Исследования лаборатории были продолжены Claude Bernard и его учеником G.O. Giannuzzi в 1863 г., который стимулировал спинной мозг у собак и пришел к выводу, что подчревный и тазовый нервы вовлечены в регуляцию мочевого пузыря.

Последующие исследователи электрического воздействия на нижние мочевые пути проводили эксперименты, согласно G. Duchenne, на основании косвенной стимуляции нервов (нейромодуляции), отвечающих за регуляцию работы мочевого пузыря, уретры и мышц тазового дна, или непосредственной мышечной стимуляции. Первая попытка прямой электростимуляции мочевого пузыря относится к 1878 г., когда H.K.S. Helweg излечил пациентов с задержкой мочи путем внутривезикулярной электрической стимуляции. После дополнительных исследований на лабораторных животных появились такие методы электростимуляции, как трансуретральная стимуляция детрузора [9], стимуляция тазовых нервов [10], стимуляция мышц тазового дна [11] и стимуляция спинного мозга [12].

Разработкой метода прямой электростимуляции мочевого пузыря путем имплантации электродов

занимались многие исследователи [13—15]. Как описано J. Wear, раздражение электрическим током мышцы мочевого пузыря сопровождалось ответной реакцией околопузырной зоны и мышц тазового дна, что препятствовало нормальному мочеиспусканию и являлось основной причиной, не позволяющей выйти из сферы эксперимента в клиническую практику [16]. В 1965 г. в нашей стране также были предприняты попытки разработки метода прямой электростимуляции мочевого пузыря А.В. Лившицем и А.А. Вишневым [17]. Авторы пытались реализовать абсолютно управляемый акт мочеиспускания, дополнив имплантацию электродов двусторонней пудендотомией и трансуретральной резекцией шейки мочевого пузыря, одновременно отмечая, что электростимуляция не может полностью заменить сложный механизм нервной регуляции. Данная методика отличалась высокой инвазивностью, большим процентом гнойных осложнений и высокой вероятностью технической поломки имплантированного устройства.

Е.Н. Ingersoll и соавт. впервые в 1957 г. произвели одностороннюю стимуляцию тазового нерва у собак. Позже в 1979 г. этот метод был применен у пациентов с травмой спинного мозга для восстановления самостоятельного мочеиспускания под названием операции Burghele–Ichim–Demetrescu. Основной проблемой, с которой столкнулись нейрохирурги, явилась невозможность отдельного сокращения и расслабления мышц уретры и детрузора, из-за чего развивалась детрузорно-сфинктерная диссинергия с пузырно-мочеточниковым рефлюксом. От метода пришлось отказаться.

Раздельной стимуляции мышц уретры добился К.Р. Caldwell в 1963 г. у пациентов со стрессовым недержанием мочи. Предположительно механизм действия состоял в стимуляции афферентных волокон срамного нерва и активации симпатических ингибиторных нейронов, которые в свою очередь подавляли активность парасимпатического сакрального центра мочеиспускания и уменьшали степень выраженности непроизвольных сокращений детрузора.

Н. Friedman и соавт. в 1972 г. произвели избирательную стимуляцию мочевого пузыря на животных моделях при помощи имплантированных в спинной мозг биполярных электродов. Стимуляция сакрального парасимпатического центра мочеиспускания вызывала сокращения детрузора, а соматического ядра Онуфа — сокращения мышц тазового дна. Позже J.H. Grimes и соавт. в 1973 г. подтвердили экспериментальные данные, полученные ранее на животных, имплантировав электростимуляторы больным с повреждениями спинного мозга на уровне S_{II}-сегмента. Анализируя в дальнейшем результаты лечения, авторы пришли к выводу, что неудачи лечения обусловлены слишком близким расположением двух спинальных центров, стимуляция которых вызывает одновременное сокращение детрузора и рабдосфинктера.

G.S. Brindley и соавт. в 1982 г. впервые предприняли прямую электростимуляцию передних сакральных корешков у пациентов с параплегией. Шесть лет

спустя авторы модифицировали операцию, добавив к установке электростимулятора-имплантата в зону передних корешков сакральную деафферентацию — заднюю ризотомию — для исключения возможности влияния чувствительных нервов на управление актом мочеиспускания. В подобных сложных для врача и весьма травматичных для больных техниках отпала нужда с появлением метода инстилляций в мочевой пузырь капсаицина, влияющего на ванилоидные рецепторы мочевого пузыря, производя своего рода деафферентацию [18]. Позже отказались и от самой методики вследствие как высокой инвазивности и мало прогнозируемой эффективности, так и прекращения выпуска оборудования производителем.

На основе работы с лабораторными животными J.P. Heine и соавт. было показано, что стимуляция сакрального корешка на уровне S_{III}-сегмента, как правило, вызывает сокращение детрузора и сфинктера, также были описаны 3 варианта размещения электродов [19]. В 1990 г. E.A. Tanagho представил результаты нейромодуляции с положительным результатом у 70% из 31 пациента с ургентным недержанием мочи и у 40% из 25 больных после перенесенной простатэктомии, дополнив через 2 года исследование успешными данными лечения 27 детей с менингомиелоцелем и нейрогенной задержкой мочи. В 1998 г. H.S. Shaker и M. Hassouna провели оценку эффективности и безопасности сакральной нейромодуляции. Они пришли к выводу, что данный метод эффективен у пациентов с детрузорной задержкой мочи. Имплантация электродов, по мнению авторов, является относительно простым методом и имеет низкий процент осложнений. Наконец, в октябре 1997 г. после 2 лет экспериментов с различными подходами к сакральным корешкам данный метод Neurostimulation (SNS) был одобрен Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) для лечения императивного недержания мочи и синдрома учащенного мочеиспускания. В 1999 г. он был одобрен для лечения необструктивных расстройств мочеиспускания. После утверждения ряда технических достижений были внесены кардинальные изменения в хирургический подход, который предполагает пункционное вживление в условиях местного обезболивания сначала временного электрода для тестовой стимуляции, а затем при достижении положительного эффекта имплантацию системы для постоянной сакральной нейромодуляции. Электростимуляция проводится монофазными электрическими импульсами прямоугольной формы продолжительностью 210 мс, частотой 5—25 Гц и амплитудой электрического тока до 5 мА. По мнению авторов, возможность применения сакральной нейромодуляции при противоположных друг другу явлениях (задержке и недержании мочи) объясняется разным рефлекторным ответом на различные по частоте электрические импульсы. Так, высокочастотная стимуляция дает блокирующий эффект, а токи низкой частоты, наоборот, возбуждают и усиливают рефлекторный ответ [20].

В исторической перспективе развитие электростимуляции происходило по пути выявления доступных

мало- или неинвазивных методов электролечения, не требующих операций и привлечения нейрохирургов, что обусловлено широким распространением нейрогенных нарушений мочеиспускания. Кроме того, требовалась разработка методик электростимуляции с оптимальным подбором параметров для определенной формы нейрогенной дисфункции мочеиспускания и исследование механизмов их действия.

С середины 70-х годов прошлого столетия в нашей стране получили широкое распространение методы чрескожной электростимуляции мочевого пузыря, приведенные в таблице.

Как видно из таблицы, методы, применяемые для электролечения расстройств мочеиспускания, подразумевают использование токов различного свойства с некоторыми вариациями наложения электро-

дов. Многие из перечисленных в таблице методов лечения не имеют достоверной статистической базы, и механизмы их воздействия на нижние мочевые пути неизвестны. В первую очередь это относится к методикам стимуляции передней брюшной стенки (область мочевого пузыря). Несмотря на расхожее мнение, что силовые линии тока во время физиотерапевтической процедуры активизируют сокращение мочевого пузыря, следует отметить, что мышцы передней брюшной стенки не имеют отношения к реализации акта мочеиспускания в норме и используются для натуживания, что наблюдается при гипотонии детрузора или атонических запорах. В связи с этим электростимуляция по лонно-сакральной и абдоминально-сакральной методике не оказывает прямого активизирующего влияния на детрузор,

Виды и параметры чрескожной электростимуляции мочевого пузыря

Тонус мочевого пузыря	Тип тока	Место наложения электрода	Параметры электростимуляции	Курс лечения
Гипотония	Диадинамические токи	2 электрода 10 × 10 см накладывают над лоном по бокам от средней линии живота	Однотактный ток подают 2 мин, ритм синкопа — 3 мин. По методике А.Р. Утца сила тока составляет 5—20 мА	6—12 процедур ежедневно
	Синусоидальные модулированные токи	Расположение электродов абдоминально-сакральное	Режим 1, род работы 2, «посылка — пауза», частота 30 Гц. Род работы 4, «посылка — пауза», частота 20—150 Гц, глубина модуляций от 0 до 100%. Посылка 2 мс, пауза 3 мс	8—10 ежедневных процедур
	Флюктуирующий ток	Расположение электродов абдоминально-сакральное	Форма ток 1, доза большая	5—10 ежедневных процедур
	Экспоненциальный импульсный ток	Электрод 8 × 8 см фиксируют над лоном, второй электрод 100 × 150 см — на пояснично-крестцовом отделе	Частота 8—12 Гц, число модуляций 12—24 в 1 мин, время 20 мин	10—12 процедур ежедневно
	Гальванизация	Анод на позвоночнике (Т _x —L _{ii}), катод на промежности	Сила тока 15 мА, время 20 мин	15 ежедневных процедур
	Электрофорез	Расположение электродов по методике В.А. Смирнова: активный анод — над лоном, катод — на пояснично-крестцовом отделе. Применяемые лекарственные вещества: 1% раствор пилокарпина гидрохлорида, 0,1% раствор прозерина гидрохлорида	Для увеличения эффекта лучше проводить внутритканевой электрофорез, при котором вначале инъекционно вводится раствор прозерина гидрохлорида, а затем без временного перерыва проводится гальванизация по вышеуказанной методике	10—12 процедур ежедневно, в некоторых случаях до 20
Детрузорная гиперактивность	Дарсонвализация	Области промежности, внутренней и передней поверхности бедер в верхней трети	Время 5—10 мин	20 процедур
	Диадинамические токи	Электроды располагают над лоном	Двухтактный ток, короткий период 3 мин, длинный период 2 мин, сила тока 5—20 мА	10—12 процедур ежедневно
	Синусоидальные модулированные токи	Расположение электродов абдоминально-сакральное	Режим 1, род работы 3, «посылка — пауза», частота 150 Гц, глубина модуляций 100%, посылка 5 мс, пауза — 5 мс	12 процедур ежедневно
	Флюктуирующий ток	Расположение электродов абдоминально-сакральное	Форма ток 1, доза большая	10—12 ежедневных процедур
	Электрофорез	Расположение электродов абдоминально-сакральное, через процедуру проводится смена полярности	Сила тока 20—30 мА, время 30—40 мин. Применяют 1% раствор атропина сульфата, вводимого с анода, может быть использован магния сульфат (вводится с двух полюсов), эуфиллин, папаверин, но-шпа	10—12 процедур

однако представляется эффективной при нарушениях мочеиспускания, сопровождающихся спастичностью мышц живота и тазового дна, для снижения мышечного тонуса.

Наиболее перспективным направлением в электростимуляции нижних мочевых путей является чрескожная нейромодуляция. Различают пенильную/клиторальную, тиббиальную и пудендальную нейромодуляцию. Метод отличается малой инвазивностью (игольчатые электроды), но также применяется неинвазивная техника (пластинчатые электроды), отличающаяся простотой выполнения и портативностью оборудования. Опыт применения тиббиальной и пудендальной нейромодуляции, т. е. нормализации функции мочеиспускания путем неинвазивного воздействия импульсным током на нервные окончания, показал высокую эффективность при различных нейрогенных расстройствах [21].

Следует отметить, что применение методов тиббиальной и пудендальной нейромодуляции тесно связано с нейроанатомией и нейрофизиологией мочеиспускания, поэтому представляется уместным кратко остановиться на этом вопросе. Акт мочеиспускания и процесс накопления и удержания мочи зависят от координированного взаимодействия двух функциональных единиц в нижних мочевых путях — резервуара (мочевого пузыря) и выхода (шейка мочевого пузыря и гладкомышечный и поперечнополосатый сфинктеры уретры) [22]. Это слаженное взаимодействие достигается за счет сложно и иерархически выстроенной системы нервной регуляции с центрами в головном и спинном мозге. Проведенные в лаборатории нейроурологии уродинамики НЦН исследования показали, что ведущая роль в функционировании нижних мочевых путей как в физиологических, так и в патологических условиях принадлежит различным структурам головного мозга [23].

Корковые центры, регулирующие работу мочевого пузыря и уретры, представлены в лобной доле (нижняя фронтальная и передняя поясная извилина), парацентральной дольке и островке Рейля височной доли. Общая роль этих центров состоит в формировании позывов на мочеиспускание, координации мочевого поведения. Подкорковые и стволовые центры мочеиспускания, расположенные в зрительных буграх, паравентрикулярных ядрах гипоталамуса, медиальной преоптической области, околотоводном сером веществе и варолиевом мосту (ядро Баррингтона и сторожевой центр), обеспечивают бессознательные влияния на работу мочевого пузыря и уретры. В частности, они контролируют точные ритмы мочеобразования, бессознательное накопление и удержание мочи, а также координируют работу нижележащих спинальных центров и реализуют акт мочеиспускания. Медиальные отделы ядра Баррингтона отвечают за опорожнение мочевого пузыря, а латеральные его участки — за накопление мочи. Спинальные «исполнительные» центры мочеиспускания в нижнегрудном отделе спинного мозга (T_{XII} — L_{II}) (симпатические вставочные интернейроны) осуществляют контроль над работой произвольной мускулатуры детрузора

и уретры посредством импульсов, идущих по подчревным нервам. В крестцовых сегментах спинного мозга располагаются парасимпатический и соматический центры, осуществляющие контроль над сократительной активностью детрузора (посредством тазового нерва и одноименного сплетения) и прямой кишки. Кроме того, эти центры обеспечивают реализацию эрекции (ядро тазового нерва) и регулируют тонус мышц тазового дна (ядро Онуфа-Онуфровича посредством срамного нерва и сакрального сплетения). Скоординированная работа спинальных и церебральных центров мочеиспускания обеспечивает синхронную реализацию 12 рефлексов мочеиспускания, 7 из которых описаны F. Barrington, 3 — M. Kuru, 2 — D. Mahony.

Влияние на периферические звенья этих рефлексов лежат в основе механизма действия электростимуляции нижних мочевых путей. Нейронный ответ вышестоящих (как правило, церебральных) центров мочеиспускания на электрическое раздражение периферических нервных и мышечных волокон мочевого пузыря, уретры и мышц тазового дна лежит в основе нейромодуляции (в частности, активации прессорных бульбарных влияний на детрузор при стимуляции тиббиального нерва).

Однако нерешенными, по нашему мнению, остаются вопросы, связанные с тем, на какие именно рефлексы воздействует электростимуляция, как изменяется выбор методики в зависимости от патогенетических механизмов нарушения мочеиспускания.

Материалы и методы

Чтобы ответить на поставленные вопросы о механизмах воздействия электростимуляции, мы изучали эффекты тиббиальной и пудендальной нейромодуляции при ишемическом поражении головного мозга.

Наиболее подходящей моделью для изучения роли отдельных структур головного мозга в регуляции патологического мочеиспускания являются малые инфаркты головного мозга, размеры и локализацию которых регистрируют при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ). Единичные научные работы посвящены роли ишемического поражения симметрично расположенных корковых, подкорковых и стволовых центров и зон, регулирующих мочеиспускание. В то же время сравнение характера и степени выраженности симптомов нижних мочевых путей (СНМП) у больных, перенесших ишемический инсульт, с локализацией патологического процесса может пролить свет на патогенетические механизмы патологических симптомов. Кроме того, это может объяснить различия в динамическом развитии (или регрессе) этих проявлений в остром, восстановительном (раннем и позднем) и резидуальном периодах инсульта. Полученные результаты позволяют сделать предположение о пластичности отдельных структур, регулирующих мочеиспускание, а следовательно, прогнозировать течение «урологических» осложнений инсульта в указанные периоды.

Целью первого этапа исследования было определение роли функциональной асимметрии корковых и подкорковых центров мочеиспускания на этапе вос-

становления функций нижних мочевых путей у больных, перенесших ишемический инсульт.

В исследование были включены 40 больных, перенесших ишемический инсульт, — 21 мужчина и 19 женщин в возрасте от 31 до 75 лет (средний возраст $56,8 \pm 13,5$ года). Критериями включения в исследование считали наличие СНМП, впервые возникших после перенесенного инсульта при отсутствии заболеваний простаты и мочевого пузыря. Оценку СНМП и установление вида нарушения мочеиспускания проводили с помощью шкал IPSS и LISS, нейроурологического опросника НЦН, дневника мочеиспускания, цистометрии и ультразвукового исследования остаточной мочи. МРТ головного мозга проводили в режимах T1 и T2 с определением локализации очагов ишемии (острый период) или постинсультных кист (резидуальный период инсульта). Регистрировали сторону поражения (слева, справа), а также поражение коры головного мозга по полям Бродмана (Brodmann area — BA).

Данные нейроанатомического исследования легли в основу выбора метода электролечения (тибиальная стимуляция при моторных формах гиперактивного мочевого пузыря или пудендальная нейромодуляция при сенсорных формах), а также продолжительности курса лечения (лобные повреждения, включая передний лейкоареоз, — длительное лечение до 6 мес, ствольные и подкорковые очаги ишемии — короткие курсы по 10—15 сеансов). Для стимуляции тиббиального и полового нервов мы использовали прибор Bio bravo® («MTR + Vertriebs GmbH», Германия). Для тиббиальной стимуляции у 10 пациентов с мультиинфарктной формой гипертонической энцефалопатии использовали программу №3 с параметрами стимуляции: частота импульсов 30 Гц, длительность импульсов 200 мс, амплитуда от 5 до 25 мА в зависимости от ощущения стимула больным. Использовали поверхностные накожные электроды. Больные получали от 10 до 20 сеансов нейромодуляции с периодичностью 1 раз в 7 дней. Для пудендальной электростимуляции у 12 больных, перенесших ишемический инсульт, и 13 больных, страдающих субкортикальной артериосклеротической энцефалопатией, использовали программу №5 с параметрами стимуляции: частота импульсов 3—40 Гц, длительность импульсов 250—200 мс, амплитуда от 5 до 25 мА в зависимости от ощущения стимула больным. Симптомы в динамике оценивали по дневнику мочеиспускания и шкале силы позыва.

Результаты и обсуждение

При нейроурологическом обследовании выявлены следующие синдромы и единичные (изолированные) СНМП: ноктурия у 2 больных, псевдодиссинергия у 1 больного, снижение сократительной активности детрузора (СССД) у 7 больных, острая задержка мочи у 4 больных, нейрогенная детрузорная гиперактивность (НДГ) у 17 больных и смешанная симптоматика у 9 больных. У больных с ноктурией выявлялись очаги ишемии в области предклинья, левых отделах варолиева моста и островка Рейля справа, отмечался выраженный лейкоареоз. У больного с псев-

додиссинергией выявлены очаги в прецентральной извилине и нижних отделах теменной доли справа на фоне лейкоареоза. У больных с СССРД выявлены очаги в парагиппокампальной извилине и области клина слева, средней лобной и нижнетеменной извилинах слева, лентиккулярном ядре слева, коре предклинья слева, таламусе с обеих сторон, островке Рейля, прецентральной извилине справа, нижней лобной извилине справа, лучистом венце с обеих сторон. Острая задержка мочи отмечалась при поражении средней височной извилины справа и лентиккулярном ядре справа. НДГ обнаружена у больных с единичными очагами в лентиккулярном ядре слева, gyrus subcallosus слева, продолговатом мозге и мозолистом теле слева, а также в редких случаях в передней доле мозжечка, центральных отделах варолиева моста и лентиккулярном ядре справа и задней доле мозжечка слева и справа. Смешанная (ирритативная и обструктивная) симптоматика выявлена при сочетанном поражении левой передней доли с правой задней долей мозжечка, лентиккулярного ядра слева с переходом на бедро внутренней капсулы в сочетании с очагами в левых отделах ствола мозга, двустороннем поражении таламуса и лентиккулярного ядра.

Полученные результаты показали, что одностороннее ишемическое поражение различных отделов головного мозга слева в большинстве случаев (65%) приводило к возникновению ирритативной симптоматики, в то время как преимущественное поражение структур мозга, расположенных справа (87%), — к обструктивным симптомам. Восстановление функции нижних мочевых путей при правостороннем поражении происходило в течение острого и раннего восстановительного периода, что косвенно указывало на парность центров (моторных), отвечающих за сократительную активность детрузора. Восстановление функции накопления мочи при левостороннем поражении головного мозга в 50% случаев отсутствовало, что указывало на левостороннюю локализацию центров, тормозящих сократительную активность детрузора. Асимметрия выявлена лишь на корковом уровне регуляции нижних мочевых путей. Сочетание левосторонних с правосторонними поражениями, наблюдаемое у больных с повторными инсультами, сопровождалось сочетанием обструктивных и ирритативных симптомов (93%). Частота возникновения и выраженность СНМП возрастает при наличии распространенного лейкоареоза.

Процедуры тиббиальной и пудендальной нейромодуляции применяли у больных с нейрогенными императивными расстройствами мочеиспускания на фоне острой и хронической ишемии головного мозга. Эффект стимуляции в виде уменьшения выраженности ирритативной симптоматики на 2/3 отмечен у 9 (90% при использовании тиббиальной нейромодуляции) больных с моторной и у 18 (72% при использовании пудендальной стимуляции) больных с гиперсенсорной формами гиперактивного мочевого пузыря. Время наступления эффекта — 3—4-я процедура стимуляции. Побочных эффектов не отмечено. Больных обучали методике самостоятельного проведения электростимуляции в амбулаторном режиме.

Более выраженный эффект тиббиальной стимуляции, вероятно, обусловлен воздействием на рефлексы, замыкающиеся на уровне ядра Баррингтона, а пудендальная стимуляция активирует участки коры больших полушарий. Наличие выраженного лейкоареоза затрудняет воздействие на корковые центры мочеиспускания.

Заключение

В настоящее время для симптоматического лечения пациентов с нейрогенными нарушениями мочеиспускания используется широкий арсенал методов электронейро/миостимуляции, различающихся по физическим свойствам и точкам приложения (непосредственное влияние на мышечный аппарат нижних мочевых путей или нервные центры и проводники, участвующие в контроле над работой мочевого пузыря и уретры). К сожалению, до настоящего времени механизмы лечебного воздействия большинства видов стимуляции не раскрыты до конца. Еще меньше данных известно об особенностях проведения электростимуляции мочевого пузыря при различных по патогенезу заболеваниях (демиелинизация, ишемия, дегенерация). Ряд методов требует сложных нейрохирургических или полостных операций, что делает их трудноисполнимыми в амбулаторных условиях и непрофильными стационарах. Наиболее доступными в плане освоения и выполнения являются неинвазивные методы тиббиальной нейромодуляции и пудендальной стимуляции. Они являются эффективными и легко переносимыми методами коррекции императивных нарушений мочеиспускания у неврологических больных (в том числе при сосудистых заболеваниях головного мозга). Применение программируемого прибора Viobravo® позволяет после тестовых процедур стимуляции использовать разработанные методики в амбулаторных условиях врачами-неврологами, урологами, физиотерапевтами и после обучения самими больными.

ЛИТЕРАТУРА

- Шварц П.Г. Нарушение акта мочеиспускания у больных рассеянным склерозом ремиттирующего течения: Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2004.
- Langhorne P., Stott D.J., Robertson L., MacDonald J., Jones L., McAlpine C. et al. Medical complications after stroke: a multicenter study. *Stroke*. 2000; 31 (6): 1223—9.
- Araki I., Kitahara M., Oida T., Kuno S. Voiding dysfunction and Parkinson's disease: urodynamic abnormalities and urinary symptoms. *Urology*. 2000; 164 (5): 1640—3.
- Uchiyama T.I., Sakakibara R., Hattori T., Yamanishi T. Lower urinary tract dysfunctions in patients with spinal cord tumors. *Neurourol. and Urodyn.* 2004; 23 (1): 68—75.
- Касаткин М.Р. Урологическая помощь при травме спинного мозга. М.: Медгиз; 1963.
- Шварц П.Г. Диагностика нейрогенных нарушений мочеиспускания. *Русский медицинский журнал*. 2011; 32: 2063—7.
- Ястребцева И.П., Баклушин А.Е., Белова В.В., Александрийская Н.Е., Кочетков А.В. Контроль эффективности программы нейро-реабилитации. *Вестник восстановительной медицины*. 2014; 2: 27—31.
- Duchenne (deBoulogne). *Del'électrisationlocaliséeetdesonapplication à laphysiologie, à lapathologieet à lathérapeutique*. Paris: Baillièrè; 1855.
- Boyce W.H., Lathem J.E., Hunt L.D. Research related to the development of an artificial electrical stimulator for the paralyzed human bladder: a review. *J. Urol. (Baltimore)*. 1964; 91: 41—51.
- Dees J.E. Contraction of the urinary bladder produced by electric stimulation. Preliminary report. *Invest Urol*. 1965; 2: 539—47.
- Caldwell K.P. The electrical control of sphincter incompetence. *Lancet*. 1963; 2 (7300): 174—5.
- Nashold B.S. Jr, Friedman H., Boyarsky S. Electrical activation of micturition by spinal cord stimulation. *J. Surg. Res.* 1971; 11 (3): 144—7.
- Burghele 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.
- Kantrowitz A., Schamaun M. Paraplegic dogs: Urinary bladder evacuation with direct electric stimulation. *Science*. 1963; 139 (3550): 115—6.
- 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.
- 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.
- Вишневикий А.А., Лившиц А.В. *Электростимуляция мочевого пузыря*. М.: Медицина; 1973.
- 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.
- Heine J.P., Schmidt R.A., Tanagho E.A. Intrasacral root stimulation for controlled micturition. *Invest. Urol.* 1977; 15 (1): 78—82.
- 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.
- Бородулина И.В., Шварц П.Г., Попов С.В., Федин П.А. Современные методы электростимуляции в лечении нейрогенных расстройств мочеиспускания. В кн.: *Материалы научно-практической конференции "Практические аспекты ведения неврологических больных"*. Калуга; 2014: 113—32.
- 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.
- Шварц П.Г. *Нейрогенные нарушения мочеиспускания у больных с острыми и хроническими сосудистыми заболеваниями головного мозга (клиника, диагностика, лечение): Дисс. ... д-ра мед. наук*. М.; 2013.

REFERENCES

- Shvarts P.G. *Micturition Disorder in Patients with Relapsing-remittting Multiple Sclerosis: Diss.* Moscow; 2004. (in Russian)
- Langhorne P., Stott D.J., Robertson L., MacDonald J., Jones L., McAlpine C. et al. Medical complications after stroke: a multicenter study. *Stroke*. 2000; 31 (6): 1223—9.
- Araki I., Kitahara M., Oida T., Kuno S. Voiding dysfunction and Parkinson's disease: urodynamic abnormalities and urinary symptoms. *Urology*. 2000; 164 (5): 1640—3.
- Uchiyama T.I., Sakakibara R., Hattori T., Yamanishi T. Lower urinary tract dysfunctions in patients with spinal cord tumors. *Neurourol. and Urodyn.* 2004; 23 (1): 68—75.
- Kasatkin M.R. *Urological Attendance in the Patients with Spinal Cord Trauma. [Urologicheskaya pomoshch' pri travme spinnogo mozga]*. Moscow: Medgiz; 1963.
- Shvarts P.G. Diagnostics of neurogenic disorders of micturition. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2011; 32: 2063—7. (in Russian)
- Yastrebteva I.P., Baklushin A.E., Belova V.V., Aleksandriyskaya N.E., Kochetkov A.V. Monitoring the effectiveness of the neurorehabilitation program. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny*. 2014; 2: 27—31. (in Russian)
- Duchenne (deBoulogne). *Del'électrisationlocaliséeetdesonapplication à laphysiologie, à lapathologieet à lathérapeutique*. Paris: Baillièrè; 1855.
- Boyce W.H., Lathem J.E., Hunt L.D. Research related to the development of an artificial electrical stimulator for the paralyzed human bladder: a review. *J. Urol. (Baltimore)*. 1964; 91: 41—51.
- Dees J.E. Contraction of the urinary bladder produced by electric stimulation. Preliminary report. *Invest Urol*. 1965; 2: 539—47.
- Caldwell K.P. The electrical control of sphincter incompetence. *Lancet*. 1963; 2 (7300): 174—5.

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. Бехтерева» 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