

DOI: 10.17650/2070-9781-2023-24-1-75-83



Применение методов нейромодуляции у детей с расстройствами мочеиспускания и дефекации

З.З. Соттаева

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, Москва 117997, ул. Островитянова, 1;
ГБУЗ г. Москвы «Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы»; Россия, 103001 Москва, Садово-Кудринская, 15

Контакты: Соттаева Зулейха Зейтуновна sottaeva@pedurology.ru

Одной из актуальных проблем современной детской урологии является значительный спектр заболеваний, связанных с разнообразными нарушениями функций мочевого пузыря и прямой кишки. От 20 до 40 % случаев нарушения функций тазовых органов у детей устойчивы к консервативному лечению. Это позволяет предположить, что применение современного метода физиотерапевтического воздействия – электрической стимуляции нервов – может быть методом лечения, когда другие методы не имеют желаемого эффекта.

Ключевые слова: нейромодуляция, расстройства мочеиспускания, расстройства дефекации, гиперактивный мочевой пузырь

Для цитирования: Соттаева З.З. Применение методов нейромодуляции у детей с расстройствами мочеиспускания и дефекации. Андрология и генитальная хирургия 2023;24(1):75–83. DOI: 10.17650/2070-9781-2023-24-1-75-83

Use of neuromodulation techniques in children with bladder and bowel dysfunction

Z.Z. Sottayeva

N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia; N.F. Filatov Children's City Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department; 15 Sadovo-Kudrinskaya, Moscow 103001, Russia

Contacts: Zuleykha Zeytunovna Sottayeva sottaeva@pedurology.ru

One of the urgent problems in modern pediatric urology is a significant range of diseases associated with various dysfunctions of the bladder and rectum, which leads to the search for new effective methods that restore bladder function. From 20 to 40 % of cases of pelvic organ dysfunction in children are resistant to conservative treatment, which suggests that the use of a modern method of physiotherapy – electrical nerve stimulation – can be a treatment method when other methods do not have the desired effect.

Keywords: neuromodulation, bladder dysfunction, bowel dysfunction, overactive bladder

For citation: Sottayeva Z.Z. Use of neuromodulation techniques in children with bladder and bowel dysfunction. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya = Andrology and Genital Surgery* 2023;24(1):75–83. (In Russ.). DOI: 10.17650/2070-9781-2023-24-1-75-83

Введение

Одна из актуальных проблем современной детской урологии – значительный спектр заболеваний, связанных с разнообразными нарушениями функции мочевого пузыря и прямой кишки. Расстройства акта мочеиспускания могут проявляться затруднением выведения мочи из мочевого пузыря, недержанием мочи, редким или учащенным мочеиспусканием, а также

увеличением числа инфекционных осложнений, различными вариантами обструктивных уропатий, наибольший процент среди которых занимает пузырно-мочеточниковый рефлюкс [1, 2].

Кроме того, нарушение мочеиспускания приводит к более или менее выраженному ограничению психической и физической активности пациента, затрудняет его социальную адаптацию, общение со сверстниками,

ведет к отставанию в учебе, конфликтным ситуациям не только в семье, но и в обществе.

Причины нарушения мочеиспускания у детей могут быть врожденными (синдром миелодисплазии), но чаще носят функциональный характер, в основе чего лежит дисфункция роста и созревания [3].

Популяционные исследования в группе детей 5–7 лет показывают, что показатели распространенности ночного энуреза составляют 9,5–18,4 %, дневного недержания мочи – 2,7–16,0 %, недержания кала – 1,2–4,1 %. Ночной энурез и недержание кала чаще встречаются у мальчиков, тогда как у девочек чаще отмечается дневное недержание мочи [4].

Таким образом, интерес к расстройствам мочеиспускания обусловлен частотой этих нарушений и отсутствием достаточно эффективных методов их восстановления [5].

Методы коррекции расстройств мочеиспускания в детском возрасте следует разделить на нефармакологические и фармакологические. К нефармакологическим можно отнести уротерапию, alarm-терапию, рутинные методы физиотерапии, БОС-терапию. К фармакологическим относятся антимиокарбиновые препараты, α -адреноблокаторы, аналоги вазопрессина, антидепрессанты, препараты, воздействующие на каналы мембран, ингибиторы синтеза простагландинов. При неэффективности перечисленных методов терапии используют варианты инвазивных вмешательств: различные виды блокад, введение ботулинического токсина типа А, периодическую катетеризацию, аугментацию мочевого пузыря.

Использование любого метода лечения недержания мочи и кала у детей имеет свою точку приложения и обосновано тщательным изучением патогенеза заболевания.

Нередко эффективный метод лечения у взрослых пациентов неприменим в детском возрасте. Так, фармакотерапия не всегда в полной мере отвечает критериям эффективности и переносимости лекарственных препаратов, а у детей имеет еще и возрастные ограничения (особенно это касается как М-холинолитиков, так и α -адреноблокаторов) [6, 7]. Кроме того, от 20 до 40 % нарушений функции тазовых органов у детей устойчивы к консервативному лечению. Все это обусловило поиск новых эффективных методов лечения нарушения мочеиспускания и дефекации. Одним из таких методов является электрическая стимуляция нервов [8].

Впервые электростимуляцию применил и описал французский невролог G. Duchenne в 1855 г. в работе «О локализованном электричестве и его применении в физиологии, патологии и терапии». Он также впервые разделил косвенную стимуляцию через нервные окончания и прямую стимуляцию мышц.

В 1863 г. Claude Bernard и его ученик G.O. Giannuzzi стимулировали спинной мозг у собак и пришли

к выводу, что подчревный и тазовый нервы вовлечены в регуляцию мочевого пузыря.

В 1878 г. Н.К.S. Helweg излечил пациентов с задержкой мочи путем прямой внутривезикулярной электростимуляции.

В нашей стране попытки разработки метода прямой электростимуляции мочевого пузыря были предприняты А.В. Лившицем и А.А. Вишневым в 1965 г. Имплантируя электроды, выполняя двустороннюю пудендотомию и трансуретральную резекцию шейки мочевого пузыря, они пришли к выводу, что электростимуляция не может полностью заменить сложный механизм нервной регуляции акта мочеиспускания.

Электростимуляция широко применяется более века при лечении нарушений функции мочевого пузыря. Она представлена 2 основными методиками. При нейростимуляции нервы (или мышцы) подвергаются прямому воздействию для получения немедленного ответа. При нейромодуляции (НМ) электрические стимулы используются для изменения существующей схемы передачи через окольные пути.

Методы нейростимуляции применяются в основном у пациентов с неврологическими поражениями, а НМ – у пациентов с неврологической дисфункцией. У детей применяются сакральная НМ, стимуляция полового и большеберцового нервов [8].

Применение методов НМ тесно связано с нейроанатомией и нейрофизиологией мочеиспускания, поэтому представляется уместным кратко остановиться на этом вопросе.

Процессы накопления, удержания и эвакуации мочи зависят от координированного взаимодействия 2 функциональных единиц в нижних мочевых путях – резервуара (мочевой пузырь) и выхода (шейка мочевого пузыря и гладкомышечный и поперечнополосатый сфинктеры уретры). Это слаженное взаимодействие достигается за счет сложно и иерархически выстроенной системы нервной регуляции с центрами в головном и спинном мозге [1, 9–11].

Ведущая роль в функционировании нижних мочевых путей как в физиологических, так и в патологических условиях принадлежит различным структурам головного мозга. Кортиковые 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, околоводопроводном сером веществе и варолиевом мосту (ядро Баррингтона и сторожевой центр), обеспечивают бессознательные влияния на работу мочевого пузыря и уретры. В част-

ности, они контролируют суточные 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_{12} – L_2) (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, три — M. Kuru, два — D. Mahony. Влияние на периферические звенья этих рефлексов лежит 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 НМ (в частности, активации прессорных бульбарных влияний на детрузор при стимуляции тиббиального нерва) [9, 12, 13].

Таким образом, НМ — это процесс формирования утраченного механизма действия (мочеиспускания) при помощи прямой или опосредованной электростимуляции нервных волокон.

Однако до настоящего времени не существует единой точки зрения относительно механизма НМ при нарушениях функции мочевого пузыря. По мнению ряда авторов, в результате применения этого метода вследствие активации детрузор-стабилизирующих рефлексов, описанных D. Mahony (1977), и воздействия на центры мочеиспускания происходит подавление сократительной активности детрузора и увеличение его адаптационной способности. В 1972 г. W. Groat установил ингибирующее влияние парасимпатических нервов на сократительную активность детрузора при электрической стимуляции афферентных волокон пудендального нерва, а исследования T. Sundin и С.А. Carlsson (1974) показали, что стимуляция афферентных волокон пудендального нерва приводит к возбуждению подчревного и торможению тазового нервов [14].

Поскольку механизм действия НМ заключается в «реставрации» утраченного механизма контроля за накопительной функцией мочевого пузыря, многие авторы считают НМ наиболее физиологичным и перспективным методом лечения гиперактивного мочевого пузыря (ГАМП).

При этом следует подчеркнуть, что НМ не является стартовым методом лечения нарушений мочеиспускания и применяется в тех ситуациях, когда фармакологические и нефармакологические процедуры не имеют эффекта.

Методы нейромодуляции при расстройствах мочеиспускания и дефекации у детей

Существует несколько видов НМ:

- периферическая НМ:
 - накожная тиббиальная;
 - чрескожная тиббиальная;
- сакральная НМ:
 - накожная (sacral neuromodulation, SNM);
 - чрескожная.

Периферическая НМ. При накожной электростимуляции применяют накожные электроды в зонах анатомической проекции нервных стволов. Используют зоны кожи над 2-м и 3-м крестцовыми отверстиями, перианальную область и зоны анатомической проекции перинеального и большеберцового нервов. Наиболее перспективным направлением в электростимуляции нижних мочевых путей является чрескожная НМ. Метод отличается малой инвазивностью (игольчатые электроды), кроме того, применяется неинвазивная техника (пластинчатые электроды), отличающаяся простотой выполнения и портативностью оборудования.

Предпочтение отдают накожной электростимуляции сакральной области ввиду близости расположения сакральных нервов, практически полного отсутствия подкожно-жировой клетчатки, которая является изолятором, и точного расположения электродов в зоне анатомической проекции. Однако улучшение от данного метода лечения наступает только на период лечения и спустя 2 нед после окончания курса [15].

Общеизвестен тот факт, что стимуляция мышц бедра, которую в настоящее время используют при тяжелой спастичности нижних конечностей, оказывает благоприятное вторичное влияние на функцию мочевого пузыря.

Идея стимуляции нервов была основана на традиционной китайской практике с использованием точки акупунктуры Sanyinjiao, или «селезенки-6», которая перекрывает задний большеберцовый нерв примерно в 5 см от медиального края лодыжки.

Тиббиальная НМ может быть осуществлена с использованием игольчатого электрода или поверх-

ностных самоклеящихся электродов. Методика заключается в серии электровоздействий на волокна тибиального нерва.

Так как часть нейронов тибиального нерва располагается в непосредственной близости от сакрального центра мочеиспускания, то поступающие по тибиальному нерву афферентные импульсы подавляют интенсивность непроизвольных сокращений детрузора (см. рисунок).

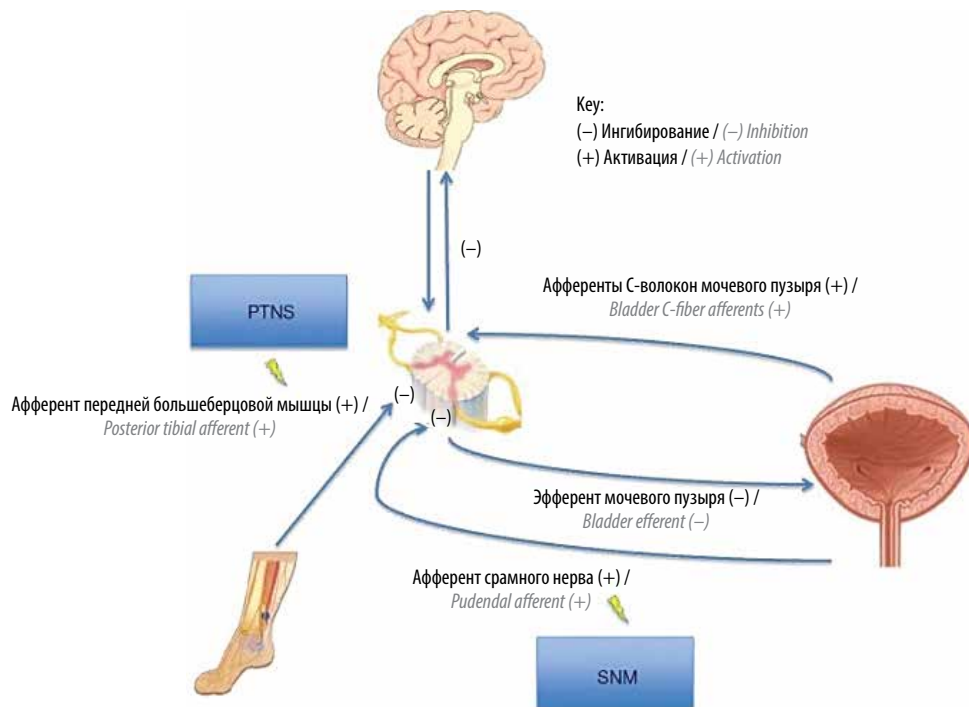
При чрескожной методике игла устанавливается на 5 см краниально от медиальной лодыжки и кзади от края большеберцовой кости. Такая терапия проводится, как правило, в течение 20–30 мин каждые 5–10 дней на протяжении 10–12 нед. Интенсивность стимуляции подбирается таким образом, чтобы вызвать сокращения большого пальца ноги, но не достигая боли или выраженного дискомфорта. Однако для достижения более значимых результатов НМ необходимо соблюдать принцип непрерывности электростимуляции, которому удовлетворяют только чрескожная сакральная и тибиальная НМ. Но необходимость еженедельных посещений клиники и инвазивный характер метода стимуляции ограничивают применение этого метода лечения в педиатрической популяции. Поэтому более широкое внедрение имплантационных методик является перспективным направлением лечения резистентных форм нарушения функции мочевого пузыря у детей.

При применении тибиальной НМ у детей с ГАМП отмечались нормализация акта мочеиспускания или

уменьшение позывов к мочеиспусканию, исчезновение или уменьшение эпизодов недержания мочи. Кривая урофлоуметрии нормализовалась у 43 % пациентов, а средняя емкость мочевого пузыря увеличилась у 51 % [16].

В другом исследовании участвовали 23 ребенка в возрасте от 4 до 17 лет с симптомами со стороны нижних мочевых путей, не поддающимися традиционному лечению, которые получили 12 30-минутных еженедельных сеансов чрескожной стимуляции большеберцового нерва. У 10 пациентов был идиопатический ГАМП, у 7 – ненейрогенная задержка мочи и у 6 – нейрогенный мочевой пузырь. Все 23 ребенка прошли клиническое и уродинамическое обследование до и после лечения. Все, кроме 1 пациента, завершили лечение. Из 10 детей с ГАМП симптомы улучшились у 80 %, недержание мочи было вылечено у 5 из 9 детей, а уродинамика показала нормализацию цистометрической емкости мочевого пузыря у 62,5 %. У 71 % детей с задержкой мочи улучшилось мочеиспускание. Однако в группе пациентов с нейрогенным мочевым пузырем показатели существенно не изменились. В результате авторы сделали вывод, что чрескожная стимуляция большеберцового нерва является безопасным и минимально болезненным методом и рекомендуется для лечения детей с рефрактерными ненейрогенными формами нарушения функции мочевого пузыря [17].

В работе N. Patidar и соавт. тибиальную стимуляцию получали 24 девочки и 16 мальчиков с симптомами ГАМП, устойчивого к фармакотерапии. При анализе



Механизм действия нейромодуляции. PTNS – кожная тибиальная нейромодуляция; SNM – кожная нейромодуляция
 Mechanism of neuromodulation. PTNS – percutaneous tibial nerve stimulation; SNM – sacral neuromodulation

результатов были получены следующие данные: 66,6 % пациентов были вылечены, 23,8 % пациентов отмечали значительное улучшение симптомов, 71,42 % пациентов сообщили об отсутствии симптомов недержания [18].

M.L. Capitanucci и соавт. оценивали эффективность чрескожной стимуляции большеберцового нерва при различных типах дисфункции нижних мочевыводящих путей и получили данные о выздоровлении всех детей ($n = 14$) с дисфункциональным мочеиспусканием, улучшение симптомов было значительно больше в ненейрогенных случаях, чем в нейрогенных (78 и 14 % соответственно) [19].

Имеются работы, оценивающие влияние тиббиальной НМ на течение моносимптомного энуреза. Так, M.C. Ferroni и соавт. провели исследование с участием 22 пациентов, средний возраст которых составил 11 лет (диапазон – 7–16 лет). В целом наблюдалось значительное снижение среднего общего количества «мокрых ночей» (с 9 до 6) во время периода стимуляции и устойчивое значительное снижение до 7 «мокрых ночей» в период после стимуляции. У 16 (72,7 %) пациентов было отмечено уменьшение по крайней мере на 1 «мокрую ночь» во время 2-недельной стимуляции, и у этих детей сохранялся достигнутый результат в период после стимуляции. Ни один ребенок не испытал побочных эффектов. А использование накожных электродов позволяло применять этот метод лечения в домашних условиях [20].

Существуют работы о применении тиббиальной НМ у детей с недержанием кала на фоне аноректальной мальформации, неврологической аномалии или болезни Гиршпрунга. Эти дети получали чрескожную тиббиальную стимуляцию по 20 мин в день. Через 6 мес у 5 из 8 детей не было недержания кала, а у 2 из 8 было отмечено улучшение. Ни у одного из детей не было побочных эффектов [21].

Таким образом, чрескожная стимуляция большеберцового нерва надежна и эффективна при ненейрогенной терапевтически устойчивой дисфункции нижних мочевыводящих путей у детей и должна войти в арсенал методов лечения различных расстройств функции мочевого пузыря и недержания кала.

Сакральная НМ. К методу стимуляции сакральных сегментов (S_3) электрическими импульсами относится сакральная НМ, позволяющая инициировать нормальный акт мочеиспускания. Этот вид лечения используют в наиболее тяжелых случаях ГАМП, когда другие виды лечения оказались неэффективными.

Существует несколько гипотез, согласно которым реализация сакральной НМ осуществляется на уровне спинальных центров и подкорковых структур:

- Сакральная НМ приводит к восстановлению баланса стимулирующей и ингибирующей регуляции периферической и центральной нервной системы [22].

- Активизация афферентных структур мочевого пузыря приводит к стимуляции центра мочеиспускания в стволе головного мозга [23].

- Стимуляция афферентных сакральных нервов усиливает ингибирующую активность эфферентных нервов [24].

На 1-м этапе проводится тестовая (временная) электростимуляция, включающая установку временного сакрального электрода, соединяемого с наружным генератором электрических импульсов, и проведение временной электростимуляции.

В имплантированной системе генератор посылает электрические импульсы через проводник и электрод к корешкам крестцового сплетения. Электрод через иглу-проводник устанавливается в 3-е сакральное отверстие. Поскольку нервные волокна, проходящие на уровне S_3 , в большей степени ответственны за иннервацию мышц промежности, чем за нижние конечности, электростимуляция на этом уровне наиболее предпочтительна.

Предварительно выполняется рентгенография костей таза для исключения аномалии развития и оценки костных ориентиров. Однако, по данным зарубежных авторов, у детей достаточно использования ультразвукового исследования.

В течение месяца в тестовом режиме проводится электростимуляция. Индивидуально подбирается оптимальный режим электростимуляции. Если в течение этого времени симптомы нарушений уменьшаются хотя бы на половину, пациенту устанавливают подкожный имплантат.

В 95 % случаев эффективность сакральной НМ выявляется уже в тестовой фазе. Тест временной электростимуляции считается положительным при снижении симптомов более чем на 50 % от исходных значений и при возобновлении симптомов после прекращения электростимуляции.

В работе E. Malm-Buatsi и соавт., посвященной лечению ГАМП, процент выздоровления достигал 73 %. Происходило как увеличение емкости мочевого пузыря, так и снижение давления в нем. Также значительно уменьшались эпизоды недержания мочи, вплоть до полного отсутствия недержания, увеличивались промежутки между мочеиспусканиями [25].

Сакральная НМ использовалась и в лечении детей с энурезом. В исследованиях M.C. Ferroni и соавт. имеются положительные результаты. В упомянутом выше исследовании участвовали 22 пациента в возрасте от 7 до 16 лет (средний возраст 11 лет), в том числе 12 мальчиков и 10 девочек. Все вели 6-недельный дневник мочеиспускания. У 16 (72,7 %) пациентов отмечалось уменьшение эпизодов энуреза. На момент исследования ни один ребенок не принимал медикаментозную терапию и ни у одного ребенка не было никаких побочных явлений [20].

L.F. de Oliveira и соавт. также применяли сакральную НМ у детей с моносимптомным ночным энурезом и получили хорошие результаты. Исследование включало 29 девочек и 16 мальчиков старше 6 лет. Детей методом случайной выборки распределили на 2 группы: контрольная группа, в которой дети получали поведенческую терапию, и экспериментальная группа, в которой поведенческую терапию сочетали с 10 сеансами парасакральной чрескожной НМ. НМ выполнялась с помощью электродов, размещенных в крестцовой области (S_2/S_3). Сеансы всегда проводились по одному и тому же шаблону: длительность – 20 мин; частота – 10 Гц; генерируемый импульс – 700 мкс; интенсивность, определяемая порогом чувствительности ребенка. Частота сеансов – 3 раза в неделю через день. Пациентов в обеих группах наблюдали с интервалом в 2 нед в течение 1-го месяца, а затем ежемесячно в течение 6 мес подряд. Значительно большее увеличение количества «сухих ночей» отмечалось в группе детей, получавших НМ (61,8 %), по сравнению с контрольной группой (37,3 %). Однако ни у одного пациента не было полного исчезновения симптомов [26].

На фоне применения SNM у детей с различными нарушениями мочеиспускания было выявлено, что SNM может быть эффективной и при сопутствующих запорах. Исследования детей с рефрактерной дисфункцией кишечника и мочевого пузыря, получавших SNM, показали уменьшение запоров у 80 % детей [27, 28].

В 2010 г. M. Haddad и соавт. сообщили о результатах рандомизированного перекрестного исследования с участием 33 детей с недержанием мочи и/или кала, прошедших лечение SNM. У этих детей была различная патология, включая *spina bifida*, агенезию крестца, а также врожденные аноректальные и урологические пороки развития. Из 24 детей, завершивших исследование, 78 % сообщили о снижении частоты недержания кала на 45 %, когда стимулятор был включен, по сравнению с 17 %, когда стимулятор был выключен. Авторы пришли к выводу, что SNM превосходит консервативное лечение детей с недержанием мочи и/или кала [29].

В 2012 г. B.P. van Wunnik и соавт. опубликовали первый отчет о лечении SNM у детей с тяжелыми запорами. Двенадцать девушек-подростков с функциональным запором, не поддающимся традиционному лечению, получали SNM в среднем в течение 7 мес и сообщили о значительном улучшении частоты дефекации, уменьшении болей в животе и общей тяжести запора [30].

В работе J.P. Sulkowski и соавт., посвященной лечению детей с тяжелыми запорами и недержанием кала, по истечении 5 мес терапии авторы сообщили о значительном сокращении эвакуаторных нарушений и улучшении качества жизни в среднем [31].

Последующие исследования дополнительно подтверждают эффективность SNM у детей с нарушениями дефекации, кроме того, появляются предполо-

жения, что эффект может быть длительным. Применение сакральной НМ, по данным P.L. Lu и соавт., способствовало уменьшению количества антеградных клизм у детей с рефрактерными запорами. Десять (45 %) из 22 детей избавились от аппендикостомии или цекостомии после 18 мес лечения методом SNM. Некоторые семьи сообщили, что их дети испытывали более сильные позывы к дефекации после лечения SNM. Таким образом, SNM может быть использована у детей с тяжелыми запорами, которым необходимы антеградные клизмы [32].

В 2014 г. был опубликован 10-летний опыт применения сакральной НМ. В исследование вошли 105 детей с эвакуаторными нарушениями тазовых органов. Отмечалось улучшение состояния детей с недержанием мочи, запорами, учащенным мочеиспусканием, а также с энурезом. Из 88 пациентов, у которых был завершен 1-й этап 2-этапной процедуры, 86 (98 %) пациентов перешли на постоянную имплантацию генератора импульсов [33].

Проведена интересная работа по сравнению сакральной и тиббиальной НМ, которые применялись у детей с ГАМП. Сакральная чрескожная электрическая стимуляция нервов выполнялась 3 раза в неделю, а стимуляция заднего большеберцового нерва – 1 раз в неделю; 22 пациента получали стимуляцию заднего большеберцового нерва и 37 – сакральную чрескожную электрическую стимуляцию нерва. Полное исчезновение симптомов наблюдалось у 70 % пациентов, получавших сакральную чрескожную электрическую стимуляцию нервов, и у 9 % пациентов, подвергшихся стимуляции заднего большеберцового нерва. Был сделан вывод, что сакральная чрескожная электрическая стимуляция нервов более эффективна в устранении симптомов ГАМП [34].

В 2021 г. опубликована большая обзорная статья, в которой был проведен анализ влияния электрической стимуляции нервов у детей с моносимптомным первичным энурезом, резистентным к традиционному лечению [35]. Сравнивали эффективность тиббиальной и сакральной НМ. Несмотря на отсутствие улучшения уродинамических параметров, оба вида НМ способствовали увеличению количества «сухих ночей».

В России данная методика у детей ранее не применялась, поэтому в обзоре преимущественно представлены результаты работ зарубежных авторов. Однако опубликована статья отечественных авторов о применении метода хронической сакральной НМ у детей с нарушением функции тазовых органов. В исследование вошли 8 детей с синдромом миелодисплазии. У 3 детей была диагностирована детрузорно-сфинктерная диссинергия (ДСД), в 5 случаях – гипоконтрактивный детрузор. У всех детей нейрогенная дисфункция мочевого пузыря (НДМП) была резистентна к консервативной терапии. У 3 детей с гипоконтр-

активным детрузором тестовая электростимуляция была неэффективна. Пятерым детям с положительным ответом на тестовую электростимуляцию была имплантирована система для хронической сакральной нейростимуляции. Оценка эффективности нейростимуляции проводилась на основании клинической картины НДМП, дневника мочеиспускания и катетеризации мочевого пузыря, данных PAD-теста (метод количественной оценки потери мочи, который основан на измерении массы адсорбирующих прокладок, использовавшихся в период проведения исследования), а также комплексного уродинамического исследования. Положительный клинический эффект был отмечен у 3 детей с ДСД и 2 детей с гипоконтрактильностью детрузора. Клинический эффект отмечался в виде уменьшения недержания мочи и увеличения цистометрической емкости при ДСД. У больных с задержкой мочи были отмечены появление самостоятельного мочеиспускания и уменьшение количества катетеризаций мочевого пузыря в сутки. У 1 ребенка с гипоконтрактильным детрузором достигнутый клинический эффект хронической нейростимуляции регрессировал спустя 3 мес после операции. Предварительные результаты применения хронической сакральной нейростимуляции показали возможности метода в коррекции дисфункции НДМП у детей с миелодисплазией. У больных с ДСД результаты хронической сакральной нейростимуляции оказались несколько лучше, чем у больных с гипоконтрактильным детрузором [36].

Любой метод имеет свои противопоказания. Относительные противопоказания к сакральной НМ: тяжелая или быстро прогрессирующая неврологическая патология; спинномозговая травма с полным повреждением волокон спинного мозга; необходимость регулярного выполнения магнитно-резонансной томографии частей тела, располагающихся ниже головы. Абсолютные противопоказания к сакральной НМ: недостаточный эффект при проведении тестовой стимуляции; невозможность самостоятельно пользоваться пультом для управления НМ.

Процент осложнений невысок, но они имеются. Их можно условно разделить на 3 основные категории: 1) технические (связанные с неисправностью в системе); 2) инфекционные; 3) неврологические. Наиболее часто из данных осложнений происходят технические, связанные с миграцией электрода, окончанием зарядки батареи, переломом электрода. Инфекционные осложнения развиваются в 0,5–15 % случаев. В

среднем их частота не превышает 3–5 %. Чаще всего происходит инфицирование в области генератора (или приемника) импульсов или соединительного кабеля (коннектора). Очень редко инфекция распространяется в эпидуральное пространство. У пациентов с сахарным диабетом бывают кожные изменения в виде эрозий над элементами системы. Наиболее опасное осложнение, которое может возникнуть при любом вмешательстве на структурах позвоночника, — это повреждение нервных образований. Однако количество таких осложнений составляет менее 1 % [37].

Таким образом, за короткий период SNM превратилась в метод оптимальной коррекции у пациентов с дисфункциями мочевого пузыря и кишечника. Мы все еще находимся на ранней стадии понимания механизма его действия в различных условиях, совершенствования его использования и минимизации рисков и затрат, чтобы сделать его более универсальным. Дальнейшее развитие терапии предполагает применение улучшенных вариантов устройств (меньших, менее инвазивных и более обратимых, перезаряжаемых, совместимых с магнитно-резонансной томографией и менее затратных) и лучшего программного обеспечения для использования пациентами и клиницистами; больше возможностей программирования и дополнительные показания.

Общество и врачи должны быть осведомлены о возможностях и показаниях к НМ и воспринимать ее столь же естественно, как сейчас воспринимается кардиостимуляция. Сакральный нейромодулятор — это такой же «водитель ритма, пейсмейкер», как и кардиостимулятор, но для мочевого пузыря [14].

Заключение

Лечение пациентов с нейрогенными и ненейрогенными нарушениями функции мочеиспускания и дефекации включает поведенческие, медикаментозные и даже хирургические способы. Однако в настоящее время не существует какого-либо метода, который полностью устраивал бы пациентов и врачей. Поэтому поиск и применение новых методов лечения этой сложной патологии является актуальным. Анализ мировой литературы показывает, что в настоящее время не существует единого мнения относительно результатов различных методов НМ, не определен единый протокол применения, но результаты лечения с помощью этой методики говорят о необходимости проведения дальнейших научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Астапенко А.В., Лихачев С.А., Заброец Г.В. Нейрогенный мочевого пузыря: патогенез, классификация, клиника, диагностика, лечение (обзор литературы). *Белорусский медицинский журнал* 2002;2:7–11.
Astapenko A.V., Likhachev S.A., Zabrodets G.V. Neurogenic bladder: pathogenesis, classification, clinic, diagnosis, treatment (literature review). *Belorusskiy meditsinskiy zhurnal = Belarusian Medical Journal* 2002;2:7–11. (In Russ.).
2. Джавад-Задэ М.Д., Абдуллаев К.И., Акперов Т.Р., Гусейнов Е.И. Патогенез и лечение пузырно-мочеточникового рефлюкса при незаторможенном мочевом пузыре у детей. *Урология и нефрология* 1986;3:3–8.
Javad-Zade M.D., Abdullaev K.I., Akperov T.R., Huseynov E.I. Pathogenesis and treatment of vesicoureteral reflux with non-inhibited bladder in children. *Urologiya i nefrologiya = Urology and Nephrology* 1986;3:3–8. (In Russ.).
3. Долецкий С.Я. Морфофункциональная незрелость ребенка и ее значение в патологии. В кн.: *Нарушения созревания структур и функций организма и их значение для клиники и социальной адаптации*. Под ред. В.В. Королева. М.: Медицина, 1976. С. 7–21.
Doletsky S.Ya. Morphofunctional immaturity of a child and its significance in pathology. In: *Disorders of maturation of structures and functions of the body and their significance for the clinic and social adaptation*. Ed. by V.V. Korolev. Moscow: Meditsina, 1976. P. 7–21. (In Russ.).
4. Niemczyk J., Equit M., Braun-Bither K. et al. Prevalence of incontinence, attention deficit/hyperactivity disorder and oppositional defiant disorder in preschool children. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2015;24(7):837–43. DOI: 10.1007/s00787-014-0628-6
5. Бадалян Л.О., Заваленко Н.Н. Энурез у детей. *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева* 1991;3:51–60.
Badalyan L.O., Zavadenko N.N. Enuresis in children. *Obozreniye psikhiatrii i meditsinskoj psikhologii im V.M. Bekhtereva = V.M. Bekhterev Review of Psychiatry and Medical Psychology* 1991;3:51–60. (In Russ.).
6. Barroso U. Jr., Lordelo P. Electrical nerve stimulation for overactive bladder in children. *Nat Rev Urol* 2011;8(7):402–7. DOI: 10.1038/nrurol.2011.68
7. Fernandez N., Chua M.E., Ming J.M. et al. Neurostimulation therapy for non-neurogenic overactive bladder in children: a meta-analysis. *Urology* 2017;110:201–7. DOI: 10.1016/j.urology.2017.08.003
8. De Gennaro M., Capitanucci M.L., Mosiello G., Zaccara A. Current state of nerve stimulation technique for lower urinary tract dysfunction in children. *J Urol* 2011;185(5):1571–7. DOI: 10.1016/j.juro.2010.12.067
9. Хейнманн Ф.Б. *Иннервация мочевыводящих органов*. Минск: Наука и техника, 1973. 224 с.
Heinmann F.B. *Innervation of the urinary organs*. Minsk: Nauka i tekhnika, 1973. 224 p.
10. Bradley W.C., Timm G.W., Scott P.B. Innervation of the detrusor muscle and urethra. *Urol Clin North Am* 1974;1(1):3–5.
11. El-Badawi A., Schenk E.A. A new theory of innervation of bladder. I. Morphology of intrinsic vesical innervation apparatus. *J Urol* 1968;99(5):585–7. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)62753-8
12. De Groat W.C., Fraser M.O., Yoshiyama M. et al. Neural control of the urethra. *Scand J Urol Nephrol Suppl* 2001;207:3–43; discussion 106–25. DOI: 10.1080/003655901750174872
13. Бородулина И.В., Кончугова Т.В., Шварц П.Г. Электростимуляция при нейрогенных расстройствах мочеиспускания: исторические перспективы и современные возможности. *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация* 2015;14(5):7–14.
Borodulina I.V., Konchugova T.V., Shvarts P.G. The application of electrical stimulation for the management of neurogenic disorders of urination: the historical prospects and the available possibilities. *Fizioterapiya, balneologiya i reabilitatsiya = Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation* 2015;14(5):7–14. (In Russ.).
14. Мазо Е.Б., Кривобородов Г.Г. *Гиперактивный мочевой пузырь*. М.: Издательский дом «Вече», 2003.
Mazo E.B., Krivoborodov G.G. *Hyperactive bladder*. Moscow: Izdatelskiy dom “Vechе”, 2003. (In Russ.).
15. Groen J., Bosch J.L. Neuromodulation techniques in the treatment of the overactive bladder. *BJU Int* 2001;87(8):723–31. DOI: 10.1046/j.1464-410x.2001.02219.x
16. Hoebeke P., Renson C., Petillon L. et al. Percutaneous electrical nerve stimulation in children with therapy resistant nonneuropathic bladder sphincter dysfunction: a pilot study. *J Urol* 2002;168(6):2605–7; discussion 2607–8. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)64227-9
17. De Gennaro M., Capitanucci M.L., Mastracci P. et al. Percutaneous tibial nerve neuromodulation is well tolerated in children and effective for treating refractory vesical dysfunction. *J Urol* 2004;171(5):1911–3. DOI: 10.1097/01.ju.0000119961.58222.86
18. Patidar N., Mittal V., Kumar M. et al. Transcutaneous posterior tibial nerve stimulation in pediatric overactive bladder: a preliminary report. *J Pediatr Urol* 2015;11(6):351.e1–6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2015.04.040
19. Capitanucci M.L., Camanni D., Demelas F. et al. Long-term efficacy of percutaneous tibial nerve stimulation for different types of lower urinary tract dysfunction in children. *J Urol* 2009;182(4 Suppl): 2056–61. DOI: 10.1016/j.juro.2009.03.007
20. Ferroni M.C., Chaudhry R., Shen B. et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation of the foot: results of a novel at home, noninvasive treatment for nocturnal enuresis in children. *Urology* 2017;101:80–4. DOI: 10.1016/j.urology.2016.10.023
21. Lu P.L. Sacral neuromodulation for constipation and fecal incontinence in children. *Semin Colon Rectal Surg* 2017;28(4): 185–8. DOI: 10.1053/j.scrs.2017.07.009
22. Van der Pal F., Heesakkers J.P., Bemelmans B.L. Current opinion on the working mechanisms of neuromodulation in the treatment of lower urinary tract dysfunction. *Curr Opin Urol* 2006;16(4):261–7. DOI: 10.1097/01.mou.0000232047.87803.1e
23. Chancellor M.B., Chartier-Kastler E.J. Principles of sacral nerve stimulation (SNS) for the treatment of bladder and urethral sphincter dysfunctions. *Neuromodulation* 2000;3(1):16–26. DOI: 10.1046/j.1525-1403.2000.00015.x
24. Fall M., Lindström S. Electrical stimulation. A physiologic approach to the treatment of urinary incontinence. *Urol Clin North Am* 1991;18(2):393–407. PMID: 2017820.
25. Malm-Buatsi E., Nepple K.G., Boyt M.A. et al. Efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation in children with overactive bladder refractory to pharmacotherapy. *Urology* 2007;70(5):980–3. DOI: 10.1016/j.urology.2007.06.1109
26. De Oliveira L.F., de Oliveira D.M., da Silva de Paula L.I. et al. Transcutaneous parasacral electrical neural stimulation in children with primary monosymptomatic enuresis: a prospective randomized clinical trial. *J Urol* 2013;190(4):1359–63. DOI: 10.1016/j.juro.2013.03.108
27. Humphreys M.R., Vandersteen D.R., Slezak J.M. et al. Preliminary results of sacral neuromodulation in 23 children. *J Urol* 2006;176(5):2227–31. DOI: 10.1016/j.juro.2006.07.013
28. Roth T.J., Vandersteen D.R., Hollatz P. et al. Sacral neuromodulation for the dysfunctional elimination syndrome: a single center experience with 20 children. *J Urol* 2008;180(1):306–11; discussion 311. DOI: 10.1016/j.juro.2008.03.033
29. Haddad M., Besson R., Aubert D. et al. Sacral neuromodulation in children with urinary and fecal incontinence: a multicenter,

- open label, randomized, crossover study. *J Urol* 2010;184(2):696–701. DOI: 10.1016/j.juro.2010.03.054
30. Van Wunnik B.P., Peeters B., Govaert B. et al. Sacral neuromodulation therapy: a promising treatment for adolescents with refractory functional constipation. *Dis Colon Rectum* 2012;55(3):278–85. DOI: 10.1097/DCR.0b013e3182405c61
31. Sulkowski J.P., Nacion K.M., Deans K.J. et al. Sacral nerve stimulation: a promising therapy for fecal and urinary incontinence and constipation in children. *J Pediatr Surg* 2015;50(10):1644–7. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2015.03.043
32. Lu P.L., Asti L., Lodwick D.L. et al. Sacral nerve stimulation allows for decreased antegrade continence enema use in children with severe constipation. *J Pediatr Surg* 2017;52(4):558–62. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.11.003
33. Dwyer M.E., Vandersteen D.R., Hollatz P., Reinberg Yu.E. Sacral neuromodulation for the dysfunctional elimination syndrome: a 10-year single-center experience with 105 consecutive children. *Urology* 2014;84(4):911–7. DOI: 10.1016/j.urology.2014.03.059
34. Barroso U. Jr., Viterbo W., Bittencourt J. et al. Posterior tibial nerve stimulation vs parasacral transcutaneous neuromodulation for overactive bladder in children. *J Urol* 2013;190(2):673–7. DOI: 10.1016/j.juro.2013.02.034
35. Souza T.M.P., de Lima G.S., Pasqualini L.B. et al. Electrical nerve stimulation therapy in refractory primary monosymptomatic enuresis – a systematic review. *J Pediatr Urol* 2021;17(3):295–301. DOI: 10.1016/j.jpuro.2021.02.012
36. Декопов А.В., Томский А.А., Исагулян Э.Д. и др. Лечение нарушения функции тазовых органов у детей с миелиодисплазией методом хронической сакральной нейро-стимуляции. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко* 2022;86(1):48–55. DOI: 10.17116/neiro20228601148
Dekopov A.V., Tomsky A.A., Isagulyan E.D. et al. Chronic sacral neuromodulation for pelvic floor dysfunction in children with spina bifida. *Voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Questions of neurosurgery n.a. N.N. Burdenko* 2022;86(1):48–55. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20228601148
37. Powell C.R. Troubleshooting interstim sacral neuromodulation generators to recover function. *Curr Urol Rep* 2018;19(10):86. DOI: 10.1007/s11934-018-0837-5

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
Funding. The study was performed without external funding.