

УДК 616.62-008.22+612.365]-053.2-08
DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS111919>

Научный обзор



Сакральная нейромодуляция в лечении нарушений мочеиспускания и дефекации у детей (обзор литературы)

А.М. Ходоровская, В.А. Новиков, А.В. Звозиль, В.В. Умнов, Д.В. Умнов, Д.С. Жарков, С.В. Виссарионов

Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия

Обоснование. Сакральная нейромодуляция — метод нейрохирургической коррекции нарушений мочеиспускания и дефекации различного генеза, резистентных к стандартным протоколам консервативной терапии.

Цель — проанализировать данные отечественной и зарубежной литературы, отражающие результаты применения сакральной нейромодуляции у пациентов детского возраста при нарушениях мочеиспускания и дефекации.

Материалы и методы. Проанализированы представленные в мировой литературе результаты хронической сакральной нейростимуляции в качестве способа коррекции нарушений мочеиспускания и дефекации различного генеза у детей. Поиск литературы осуществляли в открытых электронных базах научной литературы eLIBRARY, PubMed и Cochrane Library. Выборка источников в основном ограничивалась 2002–2022 гг.

Результаты. Большинство авторов сообщают о хороших и удовлетворительных результатах лечения дисфункции мочеиспускания с помощью сакральной нейростимуляции. Однако в связи с малыми гетерогенными группами пациентов, описанными в литературе, различными критериями включения в исследование и различными методиками анализа результатов уровень доказательности эффективности сакральной нейростимуляции остается низким.

Заключение. Проведение рандомизированных исследований позволит оценить эффективность и безопасность применения сакральной нейромодуляции у детей с дисфункцией мочеиспускания и дефекации.

Ключевые слова: сакральная нейромодуляция; нарушение мочеиспускания; нарушение дефекации; нейрогенный мочевого пузыря; нейрогенный кишечник; дети.

Как цитировать:

Ходоровская А.М., Новиков В.А., Звозиль А.В., Умнов В.В., Умнов Д.В., Жарков Д.С., Виссарионов С.В. Сакральная нейромодуляция в лечении нарушений мочеиспускания и дефекации у детей (обзор литературы) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2022. Т. 10. № 4. С. 459–470. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS111919>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS111919>

Review

Sacral neuromodulation in pediatric bladder and bowel dysfunctions: Literature review

Alina M. Khodorovskaya, Vladimir A. Novikov, Alexey V. Zvosil, Valery V. Umnov, Dmitry S. Zharkov, Dmitry V. Umnov, Sergei V. Vissarionov

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: Sacral neuromodulation is a neurosurgical method for the correction of bladder and bowel dysfunctions of various origins that are refractory to conservative treatment.

AIM: To analyze chronic sacral neurostimulation results as a correction method for pediatric bladder and bowel dysfunction of various origins.

MATERIALS AND METHODS: The results of chronic sacral neurostimulation for treating urination and defecation disorders of various origins in children reported in the world literature were analyzed. The literature search was performed in the open electronic scientific databases eLIBRARY, PubMed, and Cochrane Library. The source selection was limited by 2002–2022.

RESULTS: Most authors report good and satisfactory results in the treatment of bladder and bowel dysfunction by sacral neurostimulation. However, the level of evidence on the effectiveness of sacral neurostimulation remains low because data were obtained from small and heterogeneous groups of patients and studies employed different criteria for inclusion and methods for analyzing the results.

CONCLUSIONS: Conducting randomized trials will allow for the assessment of the efficacy and safety of sacral neuromodulation in children with bladder and bowel dysfunctions of various origins that are refractory to standard conservative treatment.

Keywords: sacral neuromodulation; bladder dysfunction; bowel dysfunction; neurogenic bladder; neurogenic bowel dysfunction; children.

To cite this article:

Khodorovskaya AM, Novikov VA, Zvosil AV, Umnov VV, Zharkov DS, Umnov DV, Vissarionov SV. Sacral neuromodulation in pediatric bladder and bowel dysfunctions: Literature review. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2022;10(4):459–470. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS111919>

Received: 17.10.2022

Accepted: 01.12.2022

Published: 23.12.2022

ОБОСНОВАНИЕ

Нарушение функции тазовых органов различной степени выявляют у 9,3–21,8 % детей школьного возраста [1–4]. Такие нарушения характеризуются широким спектром клинических проявлений в виде учащенного мочеиспускания, императивных позывов, императивного недержания мочи, затрудненного мочеиспускания, ощущения неполного опорожнения мочевого пузыря, хронического запора и недержания кала [5]. Дисфункция мочеиспускания и дефекации ограничивает повседневную деятельность и социальную адаптацию больных. Примерно у 1/3 пациентов на фоне нарушения функции тазовых органов развивается депрессия, а в редких случаях — агорафобия [6, 7].

У части пациентов с нарушением мочеиспускания и дефекации отмечают резистентность к лечению — к лекарственной терапии, физиотерапии, поведенческой терапии. Таким пациентам могут быть показаны различные методы электростимуляции [8].

В 1963 г. K.P.S. Caldwell впервые применил электростимуляцию анального сфинктера для коррекции недержания мочи и кала [9]. В дальнейшем для коррекции дисфункции мочеиспускания и дефекации были предложены различные альтернативные методы инвазивной и неинвазивной стимуляции: электростимуляция тазового дна с использованием вагинальных, анальных и поверхностных электродов, интерференционная терапия, стимуляция магнитным полем, чрескожная стимуляция большеберцового нерва, сакральная нейромодуляция [10, 11].

Сакральная нейромодуляция (СН) — одно из перспективных направлений в лечении нарушений мочеиспускания различного генеза. Это малоинвазивная методика коррекции недержания и/или задержки мочи не обструктивного типа, императивных позывов и учащенного мочеиспускания [11, 12]. В некоторых странах этот метод лицензирован для коррекции недержания кала, а также хронических запоров у пациентов при неэффективности консервативной терапии [12].

СН была разработана американскими учеными E.A. Tanagho, R.A. Schmidt в 1982 г. [13]. За последние сорок лет имплантация сакральных нейростимуляторов у взрослых была проведена более чем у 300 000 пациентов [12]. Несмотря на то что механизм действия СН до конца не ясен, большинство авторов считают, что СН, по-видимому, воздействует на спинальные и высшие центры регуляции дефекации и мочеиспускания посредством афферентной передачи сигналов, а не путем прямой двигательной стимуляции органов-мишеней [14–16].

В настоящее время нет рандомизированных исследований, объективно характеризующих эффективность и безопасность СН при коррекции дисфункции мочеиспускания и дефекации у детей [17], поэтому ее использование может рассматриваться off label и только в случае неэффективности всех остальных методов лечения [18–20].

Цель — проанализировать данные отечественной и зарубежной литературы, отражающие результаты применения СН у пациентов детского возраста при нарушениях мочеиспускания и дефекации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск литературы осуществляли в открытых электронных базах научной литературы eLIBRARY, PubMed и Cochrane Library по ключевым словам: дисфункция мочеиспускания, дисфункция дефекации, нейрогенный мочевого пузыря, нейрогенный кишечник, функциональный запор, нейрогенный запор, недержание кала, сакральная нейромодуляция, сакральная нейростимуляция, сакральная нейромодуляция у детей, сакральная нейростимуляция у детей (bladder dysfunction, bowel dysfunction, neurogenic bladder dysfunction, neurogenic bowel dysfunction, functional constipation, neurogenic constipation, fecal incontinence, sacral neuromodulation, sacral neurostimulation, pediatric neuromodulation, pediatric neurostimulation). Выборка источников в основном ограничивалась 2002–2022 гг.

По ключевым словам отобрано 87 источников литературы, из них сформирован окончательный список из 57 (только полнотекстовых) публикаций на русском (1) и английском языках (56). Это публикации, содержащие информацию о СН и результатах применения данного метода лечения у детей с нарушениями мочеиспускания и дефекации. Материалы, опубликованные до 2000 г., включали в обзор, если они содержали важные исторические данные о СН. Результаты СН рассмотрены в зависимости от этиологии (идиопатической и нейрогенной). Для формирования выборки по нозологиям в анализируемых источниках литературы было недостаточно данных при рассмотрении результатов СН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2001 г. P. Hobeke и соавт. впервые показали возможность применения чрескожной СН у детей. Они опубликовали результаты использования данного метода у 41 больного детского возраста с нейрогенным мочевым пузырем. Через 6 мес. после успешной тестовой стимуляции у 28 детей на контрольном обследовании отмечалась положительная динамика в виде увеличения цистометрической емкости мочевого пузыря, урежения частоты мочеиспускания, увеличения периода удержания мочи. Через год рецидив зарегистрирован у 7 детей, а у оставшихся 21 пациента произошло значительное улучшение [21].

Большинство авторов считают, что имплантацию нейромодулятора следует проводить в два этапа: тестовой стимуляции и постоянной имплантации, так как тестовый этап позволяет более точно подобрать параметры стимуляции и избежать ложноотрицательного результата [22]. Длительность тестового периода стимуляции, по данным

различных исследователей, составляет от 10 до 30 дней [23, 24]. При этом некоторые авторы описывают одноэтапную имплантацию стимулятора у детей, мотивируя это возможностью уменьшения числа повторных вмешательств и снижением рентгеновской нагрузки [25, 26].

Сакральная нейромодуляция при нейрогенной дисфункции мочеиспускания и дефекации

J.M. Guys и соавт. впервые представили результаты единственного проспективного рандомизированного (по уродинамическим показателям) контролируемого исследования результатов лечения 42 детей с недержанием мочи на фоне нейрогенного мочевого пузыря, из которых первая группа детей получала стандартную консервативную терапию, а во второй группе была проведена СН. Через год при контрольных обследованиях было выявлено, что у 9 детей с имплантированным нейростимулятором улучшилась моторика кишечника, у 6 пациентов появилось ощущение наполненного мочевого пузыря, у 5 больных за весь период наблюдения не отмечалось рецидивов воспалительных процессов нижних мочевыводящих путей, а у 1 пациента уменьшилось подтекание мочи, хотя необходимость в периодической катетеризации сохранилась. В контрольной группе за тот же период наблюдения улучшений на фоне терапии не было. При сравнении результатов уродинамических исследований не обнаружено значительных статистических различий, за исключением функциональной емкости мочевого пузыря, которая была лучше в контрольной группе, и давления точки утечки, которое оказалось лучше в группе с СН [27].

M. Haddad и соавт. на основании данных перекрестного рандомизированного исследования результатов применения СН у детей с нейрогенными нарушениями мочеиспускания и дефекации продемонстрировали, что СН статистически значимо улучшает результаты лечения при недержании мочи и/или кала по сравнению со стандартными методами лечения [28]. Однако так же как J.M. Guys и соавт., динамику состояния исследователи оценивали субъективно, согласно данным дневника мочеиспускания и дефекации. M. Haddad и соавт. не выявили каких-либо изменений по данным уродинамического обследования, кроме статистически значимого увеличения цистометрической емкости мочевого пузыря в группе, в которой проводилась СН, по сравнению с группой консервативного лечения в обеих фазах перекрестного исследования [28], в отличие от J.M. Guys и соавт.

Подробные показания к СН, основанные на данных аноректальной манометрии, отсутствуют, а выраженные изменения показателей манометрического исследования не коррелируют с неудовлетворительными результатами СН [29]. По данным различных авторов, при недержании кала наблюдалась положительная динамика на фоне СН у 63–78 % пациентов [28, 30, 31]. Однако при запоре нейрогенного генеза эффективность СН низкая [32].

Не установлены также показания к СН, основанные на данных уродинамического обследования, так как в настоящее время не выявлены уродинамические паттерны, на основании которых можно прогнозировать хорошие результаты СН [33, 18].

M.D. Mason и соавт. полагают, что у пациентов с гиперактивностью детрузора результаты СН будут лучше, чем у пациентов с гипоконтрактильностью детрузора, но в то же время они не считают гипоконтрактильность детрузора противопоказанием [34].

На основании анализа результатов применения СН у 21 пациента с дисфункцией мочевого пузыря на фоне врожденных пороков развития позвоночника и спинного мозга С.И. Pellegrino и соавт. считают, что при пузырно-мочеточниковом рефлюксе, а также при расширении верхних мочевых путей более 10 мм и ухудшении функции почек в динамике проведение СН нецелесообразно [26]. В то же время G. Chen и соавт. полагают, что пузырно-мочеточниковый рефлюкс не является противопоказанием для СН. Более того, по мнению данных авторов, СН обуславливает снижение гиперактивности детрузора, уменьшение пузырно-мочеточникового рефлюкса, что подтверждалось улучшением данных уродинамического обследования в фазе удержания мочи. На основании мультивариантного анализа G. Chen и соавт. делают вывод, что у больных с последствиями врожденных пороков развития позвоночника и спинного мозга при хронической задержке мочи исход лечения СН хуже, чем при недержании или императивных позывах на мочеиспускание. Положительная динамика была отмечена при задержке мочи у 26,09 % пациентов, при недержании мочи — у 56,25 %, при императивных позывах — у 58,82 %, также наблюдалось некоторое улучшение функции дефекации (согласно данным оценочной шкалы нейрогенной дисфункции дефекации) [35]. Результаты СН, представленные G. Chen и соавт., были несколько хуже, чем опубликованные ранее результаты СН при нейрогенной дисфункции мочевого пузыря, полученные другими авторами. Это согласуется с данными С. Pellegrino и соавт., которые считают, что вне зависимости от исходных симптомов нарушения мочеиспускания у пациентов с врожденными пороками развития позвоночника и спинного мозга результаты СН будут хуже, чем при другой патологии, приводящей к нейрогенному мочевому пузырю [26]. Вероятная причина низкой эффективности СН у пациентов со спинальными дизрафиями — нарушение формирования спинномозговых крестцовых нервов, образующих пояснично-крестцовое сплетение, служащее источником иннервации нижних мочевых путей [25]. Различные варианты нарушений формирования спинномозговых нервов и пояснично-крестцового сплетения у пациентов со спинальными дизрафиями описаны van der Jagt на основании данных МРТ-трактографии [36].

Нет единого мнения о сроках применения СН после операций на спинном мозге (или травмы позвоночника и спинного мозга) для лечения нарушений мочеиспускания

ния и дефекации. По мнению некоторых авторов, этот срок должен составлять не менее 12 мес. [27, 37]. K.D. Sievert и соавт. полагают, что СН можно проводить в период спинального шока у пациентов с полным перерывом спинного мозга, аргументируя это анализом результатов СН у 10 пациентов с полным перерывом спинного мозга. У этих пациентов при контрольном обследовании (в среднем через 26,2 мес. от начала СН) выявлены увеличение емкости мочевого пузыря и снижение частоты инфекций мочевыводящих путей по сравнению с данными контрольной группы [38]. Обоснованность данного подхода косвенно могут подтвердить экспериментальные данные, полученные G. Chen и соавт., проводившие стимуляцию *n. pudendus* у собак через 1 и 6 мес. после моделированного полного перерыва спинного мозга. Исследование показало, что ранняя стимуляция (через месяц) обеспечивает увеличение комплаенса и емкости мочевого пузыря, а проведение стимуляции через 6 мес. уже неэффективно [39].

У пациентов с частичным повреждением спинного мозга вследствие позвоночно-спинномозговой травмы СН применяют с целью коррекции гиперактивности детрузора, необструктивной задержки мочи, детрузорно-сфинктерной диссинергии, а также при недержании кала [17]. По данным G. Lombardi и соавт., СН более эффективна у пациентов со степенью повреждения спинного мозга D и C согласно шкале повреждения спинного мозга ASIA [40]. Эффективность использования СН при частичном повреждении спинного мозга по данным мета-анализа, выполненного M. Hu и соавт., составила 45 % (95 % ДИ 36–55 %, $p = 0,23$, $I_2 = 31$ %) в тестовой фазе и 75 % (95 % ДИ 64–83 %, $p = 0,46$, $I_2 = 0$ %) при сроках амбулаторного наблюдения от 8,4 до 61,3 мес. [41].

Сакральная нейромодуляция при идиопатической дисфункции мочеиспускания и дефекации

Как у взрослых, так у детей СН применяют также при идиопатической дисфункции мочевого пузыря и функциональных нарушениях дефекации в случае неэффективности консервативного лечения [12, 42].

M.R. Humphreys и соавт. представили данные результатов СН у 23 пациентов с идиопатической дисфункцией мочевого пузыря. Двадцать одному пациенту после успешного прохождения тестового периода был имплантирован стимулятор на постоянной основе. Впоследствии у двух пациентов стимуляторы были удалены. Из оставшихся 19 пациентов у 3 (15,79 %) отмечался полный регресс недержания мочи, у 13 (68,42 %) было улучшение, у 2 (10,53 %) состояние не изменилось, а у 1 (5,26 %) произошло ухудшение. Среди 16 пациентов с энурезом у 2 (12,5 %) выявлен полный регресс указанной симптоматики, у 9 (56,25 %) наступило улучшение, у 4 (25 %) состояние не изменилось, и в 1 (6,25 %) случае отмечено

нарастание симптомов. Улучшение произошло у 60 % пациентов с задержкой мочи [43].

T.J. Roth и соавт. обобщили опыт СН у 18 пациентов с идиопатической дисфункцией мочевого пузыря (после этапа постоянной имплантации). За период в среднем 27 мес. согласно дневнику наблюдения за мочеиспусканием и дефекацией недержание мочи уменьшилось или регрессировало у 88 % пациентов, императивные позывы к мочеиспусканию зарегистрированы в 69 % случаев. Задержка мочи и потребность в периодической катетеризации сохранялись у 75 % пациентов, несмотря на СН [44].

Значимо лучшие результаты (чем у M.R. Humphreys и соавт.), полученные T.J. Roth и соавт., вероятно, могут быть обусловлены различными критериями отбора, которые не были подробно описаны этими исследователями, отсутствием рандомизации по уродинамическим показателям и отличающимися методами анализа результатов.

M.E. Dwyer и соавт. выполнили ретроспективный анализ результатов СН у 105 пациентов детского возраста, в том числе у 35 пациентов, которые до проведения СН перенесли хирургическое вмешательство на мочевом пузыре или уретре, не приведшее к улучшению урологической симптоматики, а также у 9 больных после неэффективного интрадетрузорного инъекционного введения ботулинического токсина А. На фоне СН положительная динамика отмечена у 88 % пациентов с недержанием мочи, у 67 % больных с частыми и/или императивными позывами и у 66 % пациентов с энурезом. Увеличение частоты дефекации в неделю у пациентов с запорами согласно дневнику наблюдений зафиксировано в 79 % случаев, запоры регрессировали в 40 % случаев. Средний срок наблюдения составил 2,72 года [23].

A.A. van der Wilt и соавт. проанализировали результаты лечения 30 детей с функциональными запорами тяжелой степени. Средняя частота дефекации увеличилась с 5,9 до 17,4 раза за первые три недели после имплантации нейростимулятора, уменьшились частота эпизодов энкопреза по шкале Wexner и интенсивность боли в животе. За период наблюдения, в среднем составивший 22,1 мес., улучшение на фоне СН произошло у 42,9 % пациентов [45].

От наличия или отсутствия недержания кала у детей с функциональными запорами эффективность применения СН не зависит [46]. В отличие от взрослых, недержание кала у детей чаще всего является результатом плохо контролируемого функционального запора из-за переполнения толстой кишки, и, вероятно, в связи с этим в современной литературе отсутствуют работы, посвященные коррекции данной патологии на фоне функционального запора с помощью СН [47].

J.P. Sulkowski и соавт. представили результаты использования СН при дисфункции мочеиспускания и дефекации различного генеза у 29 пациентов детского возраста, а также продемонстрировали возможность применения СН у пациентов с аноректальными аномалиями. На фоне СН 46 % пациентов с запорами в связи с появлением

самостоятельной перистальтики толстой кишки перестали использовать аппендицеостому для антеградной ирригации толстой кишки, а также у 10 из 11 больных с урологической симптоматикой отмечен ее регресс [48].

L.D. Ramage и соавт. в систематическом обзоре результатов СН, преимущественно у детей с нарушениями дефекации, сообщили об улучшении при запоре у 79–85,7 % пациентов, о регрессе у 40 % больных с нарушением частоты дефекации, а также о снижении частоты эпизодов недержания кала в 75 % случаев. Однако в то же время из 280 анализируемых наблюдений у 106 (38 %) пациентов зафиксированы осложнения, которые в 72 % случаев потребовали проведения повторного вмешательства при катамнезе от 12 до 48 мес. [49].

Повторные операции и осложнения сакральной нейромодуляции

По мнению С. Pellegrino и соавт., частота повторных операций после СН у детей приближается к 100 %, что обусловлено заменой батареи, миграцией имплантата на фоне роста, удалением устройства и др. [26] С. Clark полагает, что именно миграция имплантата может быть основной причиной реопераций. Согласно его данным, прибавка роста ребенка в среднем более чем на 8,1 см (4–12,5 см) приводила к миграции имплантата и/или электродов и к необходимости ревизии [50].

M.D. Mason предполагает, что низкий индекс массы тела выступает фактором, предрасполагающим к реоперации, так как тонкий слой подкожно-жировой клетчатки не предохраняет нейростимулятор и электроды от повреждений при двигательной активности и частых падениях детей младшего возраста по сравнению с подростками [34]. При этом существует и обратное мнение. Так, E.M. Fuch на основании анализа исходов применения СН у 65 пациентов детского возраста считает, что статистически значимые корреляции отсутствуют между необходимостью повторного вмешательства и индексом массы тела, а также возрастом и полом [24].

T.C. Boswell и соавт. проанализировали отдаленные результаты СН у детей: из 187 пациентов в период с 2002 по 2019 г. повторные операции выполнены 154. В этой группе пациентов были проведены 83 ревизионных вмешательства, из которых 89 % были обусловлены нарушением работы устройства, 8 % — болевым синдромом и 2 % — инфицированием [51].

По данным A.J. Rensing, представившего результаты СН у 61 больного детского возраста, 19,7 % пациентов нуждались в повторной операции за период наблюдения, который в среднем составил 2,3 года [25].

В работах других авторов сообщается также о более низкой, чем у T.C. Boswell и соавт. и L.D. Ramage и соавт., частоте повторных операций, что, вероятно, обусловлено более коротким периодом наблюдения. M.I. Haddad и соавт. сообщили, что 18 % из 33 пациентов нуждались

в повторной операции в течение 15 мес. наблюдения [28]. M.D. Mason и соавт. доложили о 23 % повторных операциях у 30 пациентов за 15 мес. наблюдения [34], а по данным M.E. Fuchs, из 63 пациентов в течение 1,9 года в 25 % случаев проведены повторные вмешательства [24].

Нужно отметить, что ни в одном из вышеуказанных исследований не упоминается замена батареи, поскольку пациенты, вероятно, не пользовались устройством достаточно долго, чтобы разрядить батарею, срок работы которой составляет 5–7 лет в зависимости от программы стимуляции [52, 53]. Это косвенно подтверждают данные L.-A. Groen и соавт., основанные на результатах 15-летнего периода послеоперационного наблюдения (в среднем 11 лет) за 18 пациентами детского возраста: 8 пациентам проведена ревизия по поводу инфицирования или поломки электрода, у 2 была заменена батарея, а у 4 было удалено устройство в связи с неисправностью [31]. Таким образом, в 78 % случаев выполнено повторное вмешательство, что совпадает с результатами, представленными T.C. Boswell и соавт. [51] и L.D. Ramage и соавт. [49], то есть частота повторных вмешательств увеличивается в зависимости от длительности катамнеза.

Качество жизни у больных после сакральной нейромодуляции

H.A. Stephany, анализируя результаты СН у 14 детей с дисфункцией мочеиспускания, указывает на значимое улучшение качества жизни по шкале PedsQL (шкала качества жизни у пациентов детского возраста), особенно психосоциального аспекта, невзирая на то что в 24 % случаев после СН пациентам с нарушением функции тазовых органов потребовалось повторное вмешательство [54].

P.L. Lu и соавт. отмечают высокую удовлетворенность результатами СН родителей пациентов, оцениваемую на основании данных опросника Glasgow Children Benefit Inventory, в том числе родителей тех детей, которым проводили повторные операции. Авторы установили статистически значимое улучшение показателей качества жизни по шкалам GSS PedsQL (шкала качества жизни у пациентов детского возраста с желудочно-кишечными симптомами) и FIQL (шкала качества жизни у пациентов с недержанием кала), последняя коррелирует со снижением частоты эпизодов недержания кала [46].

Удаление нейростимулятора

Некоторые авторы считают, что нейростимулятор можно удалить после исчезновения клинических проявлений, в связи с тем что СН может привести к «излечению от гиперактивного мочевого пузыря» у пациентов с изначально тяжелым и рефрактерным течением [25, 43, 55]. A.J. Rensing и соавт. на протяжении 5-летнего послеоперационного периода удалили 11 стимуляторов, 3 из 11 — по причине осложнений и 8 — после регресса симптоматики. Под регрессом авторы этой статьи подразумевали

отсутствие урологической симптоматики при выключенном стимуляторе в течение 6 мес. [25]. К сожалению, результаты уродинамических исследований перед удалением стимулятора в данной статье отсутствуют.

Действительно ли улучшения, наблюдаемые у детей, являются результатом «ремоделирования нейронов», вызванного воздействием СН [25, 43, 55], или же регресс урологических нарушений — это итог естественного течения заболевания, особенно в случаях идиопатического гиперактивного мочевого пузыря [51], покажут дальнейшие исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на достигнутые успехи консервативного и хирургического лечения пациентов с дисфункцией мочеиспускания и дефекации различного генеза, остаются пациенты, резистентные к лечению, что обуславливает постоянно увеличивающийся интерес к СН. Хотя большинство авторов сообщают о хороших и удовлетворительных результатах лечения дисфункции тазовых органов с помощью данного метода, уровень доказательности эффективности СН невысок в связи с описанными в литературе малыми гетерогенными группами пациентов, отсутствием стандартных методов отбора пациентов для СН и анализа данных, а также в связи с высокой частотой повторных вмешательств. Появление новых моделей стимуляторов

с перезаряжаемыми батареями [56], усовершенствование техники имплантации электродов [57] в дальнейшем, вероятно, позволит снизить частоту повторных вмешательств у детей после СН.

Необходимо проведение рандомизированных исследований для оценки эффективности и безопасности применения СН у детей с дисфункцией мочеиспускания различной этиологии, резистентных к стандартным протоколам консервативного лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при написании статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А.М. Ходоровская — написание текста статьи поиск и анализ литературных источников; А.В. Звозиль — поиск и анализ литературных источников; В.А. Новиков — дизайн исследования, редактирование текста статьи; В.В. Умнов, Д.В. Умнов, Д.С. Жарков — поиск и анализ литературных источников, этапное редактирование; С.В. Виссарионов — окончательное редактирование.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vaz G.T., Vasconcelos M.M., Oliveira E.A., et al. Prevalence of lower urinary tract symptoms in school-age children // *Pediatric Nephrology*. 2012. Vol. 27. No. 4. P. 597–603. DOI: 10.1007/s00467-011-2028-1
2. Sampaio C., Sousa A.S., Fraga L.G., et al. Constipation and lower urinary tract dysfunction in children and adolescents: a population-based study // *Front. Pediatr.* 2016. Vol. 4. P. 101. DOI: 10.3389/fped.2016.00101
3. Sumboonnanond A., Sawangasuk P., Sungkabuth P., et al. Screening and management of bladder and bowel dysfunction in general pediatric outpatient clinic: a prospective observational study // *BMC Pediatr.* 2022. Vol. 22. P. 288. DOI: 10.1186/s12887-022-03360-9
4. Yüksel S., Yurdakul A.Ç., Zencir M., et al. Evaluation of lower urinary tract dysfunction in Turkish primary schoolchildren: an epidemiological study // *J. Pediatr. Urol.* 2014. Vol. 10. No. 6. P. 1181–1186. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.05.008
5. Austin P.F., Bauer S.B., Bower W., et al. The standardization of terminology of lower urinary tract function in children and adolescents: update report from the standardization committee of the International Children's Continence Society // *Neurourol. Urodyn.* 2016. Vol. 35. No. 4. P. 471–481. DOI: 10.1002/nau.22751
6. Lai H.H., Shen B., Rawal A., et al. The relationship between depression and overactive bladder/urinary incontinence symptoms in the clinical OAB population // *BMC Urol.* 2016. Vol. 16. P. 60. DOI: 10.1186/s12894-016-0179-x
7. Collis D., Kennedy-Behr A., Kearney L. The impact of bowel and bladder problems on children's quality of life and their parents: a scoping review // *Child Care Health Dev.* 2019. Vol. 45. No. 1. P. 1–14. DOI: 10.1111/cch.12620
8. Santos J.D., Lopes R.I., Koyle M.A. Bladder and bowel dysfunction in children: An update on the diagnosis and treatment of a common, but underdiagnosed pediatric problem // *Can. Urol. Assoc. J.* 2017. Vol. 11. P. S64–S72. DOI: 10.5489/cuaj.4411
9. Caldwell K.P.S. The electrical control of sphincter incompetence // *Lancet*. 1963. Vol. 282. P. 174–175. DOI: 10.1016/s0140-6736(63)92807-1
10. Abello A., Das A.K. Electrical neuromodulation in the management of lower urinary tract dysfunction: evidence, experience and future prospects // *Ther. Adv. Urol.* 2018. Vol. 10. No. 5. P. 165–173. DOI: 10.1177/1756287218756082
11. Szymański J.K., Słabuszewska-Jóźwiak A., Zareba K., et al. Neuromodulation — a therapeutic option for refractory overactive bladder: a recent literature review // *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*. 2019. Vol. 14. No. 4. P. 476–485. DOI: 10.5114/wiitm.2019.85352
12. Mass-Lindenbaum M., Calderón-Pollak D., Goldman H.B., et al. Sacral neuromodulation — when and for who // *Int. Braz. J. Urol.* 2021. Vol. 47. No. 3. P. 647–656. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2021.99.08
13. Tanagho E.A., Schmidt R.A. Bladder pacemaker: scientific basis and clinical future // *Urology*. 1982. Vol. 20. No. 6. P. 61461–61469. DOI: 10.1016/0090-4295(82)90312-0
14. Vaganee D., Fransen E., Voorham J., et al. Behind the scenes: an electromyographic interpretation of the pelvic floor contractions

- seen by the naked eye upon lead stimulation in sacral neuromodulation patients [Abstract] // *Neurourol. Urodyn.* 2019. Vol. 38. Suppl. 3. P. S446–S448.
15. Gill B.C., Pizarro-Berdichevsky J., Bhattacharyya P.K., et al. Real-time changes in brain activity during sacral neuromodulation for overactive bladder // *J. Urol.* 2017. Vol. 198. P. 1379–1385. DOI: 10.1016/j.juro.2017.06.074
16. De Wachter S., Vaganee D., Kessler T.M. Sacral neuromodulation: mechanism of action // *Eur. Urol. Focus.* 2020. Vol. 6. No. 5. P. 823–825. DOI: 10.1016/j.euf.2019.11.018
17. Strine A.C., Keenan A.C., King S., et al. Sacral neuromodulation in children // *Current Bladder Dysfunction Reports.* 2015. Vol. 10. No. 4. P. 332–337. DOI: 10.1007/s11884-015-0322-7
18. Goldman H.B., Lloyd J.C., Noblett K.L., et al. International continence society best practice statement for use of sacral neuromodulation // *Neurourol. Urodyn.* 2018. Vol. 37. No. 5. P. 1823–1848. DOI: 10.1002/nau.23515
19. Beloy C., García-Novoa M.A., Argibay S., et al. Update on sacral neuromodulation and overactive bladder in pediatrics: a systematic review // *Archivos Espanoles de Urologia.* 2021. Vol. 74. No. 7. P. 699–708. DOI: 10.37554/en-20210307-3421-5
20. Декопов А.В., Томский А.А., Исагулян Э.Д., и др. Лечение нарушения функции тазовых органов у детей с миелодисплазией методом хронической сакральной нейростимуляции // *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко.* 2022. Т. 86. № 1. С. 48–55.
21. Hoebeke P., van Laecke E., Everaert K., et al. Transcutaneous neuromodulation for the urge syndrome in children: a pilot study // *J. Urol.* 2001. Vol. 166. No. 6. P. 2416–2419. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)65605-4
22. Butrick C.W. Patient selection for sacral nerve stimulation // *Int. Urogynecol. J.* 2010. Suppl. 2. P. S447–S451. DOI: 10.1007/s00192-010-1274-2
23. Dwyer M.E., Vandersteen D.R., Hollatz P., et al. Sacral neuromodulation for the dysfunctional elimination syndrome: a 10-year single-center experience with 105 consecutive children // *Urology.* 2014. Vol. 84. P. 911–918. DOI: 10.1016/j.urology.2014.03.059
24. Fuchs M.E., Lu P.L., Vrostek S.J., et al. Factors predicting complications after sacral neuromodulation in children // *Urology.* 2017. Vol. 107. P. 214–217. DOI: 10.1016/j.urology.2017.05.014
25. Rensing A.J., Szymanski K.M., Dunn S., et al. Pediatric sacral nerve stimulator explanation due to complications or cure: a survival analysis // *J. Pediatr. Urol.* 2019. Vol. 15. No. 1. P. e1–e6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2018.10.010
26. Pellegrino C., Bershadskii A., Lena F., et al. Sacral neuromodulation in pediatric population: what we learned after 65 implants // *Continence.* 2022. Vol. 2. Suppl. 2. P. 1–2. DOI: 10.1016/j.cont.2022.100438
27. Guys J.M., Haddad M., Planche D., et al. Sacral neuromodulation for neurogenic bladder dysfunction in children // *J. Urol.* 2004. Vol. 172. No. 4. Pt. 2. P. 1673–1676. DOI: 10.1097/01.ju.0000138527.98969.b0
28. 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. Vol. 184. P. 696–701. DOI: 10.1016/j.juro.2010.03.054
29. Lu P.L., Koppen I.J., Yacob D., et al. The prognostic value of manometry testing in children with constipation treated with sacral nerve stimulation // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2016. Vol. 63. Suppl. 2. P. 97–98.
30. Schober M.S., Sulkowski J.P., Lu P.L., et al. Sacral nerve stimulation for pediatric lower urinary tract dysfunction: development of a standardized pathway with objective urodynamic outcomes // *J. Urol.* 2015. Vol. 194. No. 6. P. 1721–1727. DOI: 10.1016/j.juro.2015.06.090
31. Groen L.A., Hoebeke P., Loret N., et al. Sacral neuromodulation with an implantable pulse generator in children with lower urinary tract symptoms: 15-year experience // *J. Urol.* 2012. Vol. 188. P. 1313–1317. DOI: 10.1016/j.juro.2012.06.039
32. Mosiello G., Safder S., Marshall D. Neurogenic bowel dysfunction in children and adolescents // *J. Clin. Med.* 2021. Vol. 10. No. 8. P. 1669. DOI: 10.3390/jcm10081669
33. Hiller S.C., Schober M.S. Pediatric sacral neuromodulation for voiding dysfunction in adult and pediatric neuromodulation // *Adult and Pediatric Neuromodulation* / Ed. by J. Gilleran, S. Alpert. 2018. P. 233–236. DOI: 10.1007/978-3-319-73266-4_17
34. Mason M.D., Stephany H.A., Casella D.P., et al. Prospective evaluation of sacral neuromodulation in children: outcomes and urodynamic predictors of success // *J. Urol.* 2016. Vol. 195. P. 1239–1244. DOI: 10.1016/j.juro.2015.11.034
35. Chen G., Liao L., Deng H. The effect of sacral neuromodulation in ambulatory spina bifida patients with neurogenic bladder and bowel dysfunction // *Urology.* 2021. Vol. 153. P. 345–350. DOI: 10.1016/j.urology.2020.11.075
36. Van der Jagt P.K.N., Dik P., Froeling M., et al. Architectural configuration and microstructural properties of the sacral plexus: a diffusion tensor MRI and fiber tractography study // *NeuroImage.* 2012. Vol. 62. No. 3. P. 1792–1799. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.06.06
37. Sharifiaghdas F. Sacral neuromodulation in congenital lumbosacral and traumatic spinal cord defects with neurogenic lower urinary tract symptoms: a single-center experience in children and adolescents // *World Journal of Urology.* 2019. Vol. 37. No. 12. P. 2775–2783. DOI: 10.1007/s00345-019-02721-x
38. Sievert K.D., Amend B., Gakis G., et al. Early sacral neuromodulation prevents urinary incontinence after complete spinal cord injury // *Ann. Neurol.* 2010. Vol. 67. P. 74–84. DOI: 10.1002/ana.21814
39. Chen G., Liao L., Dong Q., et al. The inhibitory effects of pudendal nerve stimulation on bladder overactivity in spinal cord injury dogs: is early stimulation necessary? // *Neuromodulation.* 2012. Vol. 15. P. 232–237. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2012.00434.x
40. Lombardi G., Musco S., Celso M., et al. Intravesical electrostimulation versus sacral neuromodulation for incomplete spinal cord patients suffering from neurogenic non-obstructive urinary retention // *Spinal Cord.* 2013. Vol. 51. P. 571–578. DOI: 10.1038/sc.2013.37
41. Hu M., Lai S., Zhang Y., et al. Sacral neuromodulation for lower urinary tract dysfunction in spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis // *Urol. Inter.* 2019. Vol. 103. No. 3. P. 337–343. DOI: 10.1159/000501529
42. Sager C., Barroso U.Jr., Murillo J., et al. Management of neurogenic bladder dysfunction in children update and recommendations on medical treatment // *Int. Braz. J. Urol.* 2022. Vol. 48. No. 1. P. 31–51. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2020.098
43. Humphreys M.R., Vandersteen D.R., Slezak J.M., et al. Preliminary results of sacral neuromodulation in 23 children // *J. Urol.* 2006. Vol. 176. No. 5. P. 2227–2231. DOI: 10.1016/j.juro.2006.07.013
44. Routh J.C., Cheng E.Y., Austin J.C., et al. Design and methodological considerations of the centers for disease control and prevention urologic and renal protocol for the newborn and young

child with spina bifida // *J. Urol.* 2016. Vol. 196. No. 6. P. 1728–1734. DOI: 10.1016/j.juro.2016.07.081

45. Van der Wilt A.A., van Wunnik B.P.W., Sturkenboom R., et al. Sacral neuromodulation in children and adolescents with chronic constipation refractory to conservative treatment // *International Journal of Colorectal Disease.* 2016. Vol. 31. No. 8. P. 1459–1466. DOI: 10.1007/s00384-016-2604-8

46. Lu P.L., Koppen I.J.N., Orsagh-Yentis D.K. Sacral nerve stimulation for constipation and fecal incontinence in children: Long-term outcomes, patient benefit, and parent satisfaction // *Neurogastroenterol. Motil.* 2017. Vol. 30. No. 2. DOI: 10.1111/nmo.13184

47. Koppen I.J., von Gontard A., Chase J., et al. Management of functional nonretentive fecal incontinence in children: recommendations from the International Children's Continence Society // *J. Pediatr. Urol.* 2016. Vol. 12. No. 1. P. 56–64. DOI: 10.1016/j.jpuro.2015.09.008

48. 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. Vol. 50. No. 10. P. 1644–1647. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2015.03.0

49. Ramage L., Malakounides G., Iacona R. Current state of neuro-modulation for constipation and fecal incontinence in children: a systematic review // *Eur. J. Pediatr. Surg.* 2019 Vol. 29. No. 6. P. 495–503. DOI: 10.1055/s-0038-1677485

50. Clark C., Ngo T., Comiter C.V., et al. Sacral nerve stimulator revision due to somatic growth // *J. Urol.* 2011. Vol. 186. P. 1576–1580. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.098

51. Boswell T.C., Hollatz P., Hutcheson J.C., et al. Device outcomes in pediatric sacral neuromodulation: a single center series

of 187 patients // *J. Pediatr. Urol.* 2021. Vol. 17. No. 72. P. e1–e7. DOI: 10.1016/j.jpuro.2020.10.010

52. Siegel S., Kreder K., Takacs E., et al. Prospective randomized feasibility study assessing the effect of cyclic sacral neuromodulation on urinary urge incontinence in women // *Female Pelvic Med. Reconstr. Surg.* 2018. Vol. 24. No. 4. P. 267–271. DOI: 10.1097/SPV.0000000000000457

53. Widmann B., Galata C., Warschkow R., et al. Success and complication rates after sacral neuromodulation for fecal incontinence and constipation: a single-center follow-up study // *J. Neurogastroenterol. Motil.* 2019. Vol. 25. No. 1. P. 159–170. DOI: 10.5056/jnm17106

54. Stephany H.A., Juliano T.M., Clayton D.B., et al. Prospective evaluation of sacral nerve modulation in children with validated questionnaires // *J. Urol.* 2013. Vol. 190. No. 4. P. 1516–1522. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.099

55. Wright A.J., Haddad M. Electroneurostimulation for the management of bladder bowel dysfunction in childhood // *Eur. J. Paediatr. Neurol.* 2017. Vol. 21. No. 1. P. 67–74. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.05.012

56. Sayed D., Chakravarthy K., Amirdelfan K., et al; ASPN MRI Compatibility Working Group, Deer T. A comprehensive practice guideline for magnetic resonance imaging compatibility in implanted neuromodulation devices // *Neuromodulation.* 2020. Vol. 23. No. 7. P. 893–911. DOI: 10.1111/ner.13233

57. Matzel K.E., Chartier-Kastler E., Knowles C.H., et al. Sacral neuromodulation: standardized electrode placement technique // *Neuromodulation.* 2017. Vol. 20. No. 8. P. 816–824. DOI: 10.1111/ner.12695

REFERENCES

- Vaz GT, Vasconcelos MM, Oliveira EA, et al. Prevalence of lower urinary tract symptoms in school-age children. *Pediatric Nephrology.* 2012;27(4):597–603. DOI: 10.1007/s00467-011-2028-1
- Sampaio C, Sousa AS, Fraga LG, et al. Constipation and lower urinary tract dysfunction in children and adolescents: a population-based study. *Front Pediatr.* 2016;4:101. DOI: 10.3389/fped.2016.00101
- Sumboonnanond A, Sawangsuk P, Sungkabuth P, et al. Screening and management of bladder and bowel dysfunction in general pediatric outpatient clinic: a prospective observational study. *BMC Pediatr.* 2022;22:288. DOI: 10.1186/s12887-022-03360-9
- Yüksel S, Yurdakul AÇ, Zencir M, et al. Evaluation of lower urinary tract dysfunction in Turkish primary schoolchildren: an epidemiological study. *J Pediatr Urol.* 2014;10(6):1181–1186. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.05.008
- Austin PF, Bauer SB, Bower W, et al. The standardization of terminology of lower urinary tract function in children and adolescents: update report from the standardization committee of the International Children's Continence Society. *Neurol Urodyn.* 2016;35(4):471–481. DOI: 10.1002/nau.22751
- Lai HH, Shen B, Rawal A, et al. The relationship between depression and overactive bladder/urinary incontinence symptoms in the clinical OAB population. *BMC Urol.* 2016;16:60. DOI: 10.1186/s12894-016-0179-x
- Collis D, Kennedy-Behr A, Kearney L. The impact of bowel and bladder problems on children's quality of life and their parents: a scoping review. *Child Care Health Dev.* 2019;45(1):1–14. DOI: 10.1111/cch.12620
- Santos JD, Lopes RI, Koyle MA. Bladder and bowel dysfunction in children: an update on the diagnosis and treatment of a common, but underdiagnosed pediatric problem. *Can Urol Assoc J.* 2017;11:S64–S72. DOI: 10.5489/cuaj.4411
- Caldwell KPS. The electrical control of sphincter incompetence. *Lancet.* 1963;282:174–175. DOI: 10.1016/s0140-6736(63)92807-1
- Abello A, Das AK. Electrical neuromodulation in the management of lower urinary tract dysfunction: evidence, experience and future prospects. *Ther Adv Urol.* 2018;10(5):165–173. DOI: 10.1177/1756287218756082
- Szymański JK, Słabuszewska-Józwiak A, Zareba K, et al. Neuromodulation — a therapeutic option for refractory overactive bladder: a recent literature review. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques.* 2019;14(4):476–485. DOI: 10.5114/witm.2019.85352
- Mass-Lindenbaum M, Calderón-Pollak D, Goldman HB, et al. Sacral neuromodulation — when and for who. *Int Braz J Urol.* 2021;47(3):647–656. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2021.99.08
- Tanagho EA, Schmidt RA. Bladder pacemaker: scientific basis and clinical future. *Urology.* 1982;20(6):614–619. DOI: 10.1016/0090-4295(82)90312-0
- Vaganev D, Fransen E, Voorham J, et al. Behind the scenes: an electromyographic interpretation of the pelvic floor contractions seen by the naked eye upon lead stimulation in sacral neuromodulation patients [Abstract]. *Neurol Urodyn.* 2019;38:S446–S448.
- Gill BC, Pizarro-Berdichevsky J, Bhattacharyya PK, et al. Real-time changes in brain activity during sacral neuromodulation for overactive bladder. *J Urol.* 2017;198:1379–1385. DOI: 10.1016/j.juro.2017.06.074

16. De Wachter S, Vaganee D, Kessler TM. Sacral neuromodulation: mechanism of action. *Eur Urol Focus*. 2020;6(5):823–825. DOI: 10.1016/j.euf.2019.11.018
17. Strine AC, Keenan AC, King S, et al. Sacral neuromodulation in children. *Current Bladder Dysfunction Reports*. 2015;10(4):332–337. DOI: 10.1007/s11884-015-0322-7
18. Goldman HB., Lloyd JC, Noblett KL, et al. International continence society best practice statement for use of sacral neuromodulation. *NeuroUrol Urodyn*. 2018;37(5):1823–1848. DOI: 10.1002/nau.23515
19. Beloy C, García-Novoa MA, Argibay S, et al. Update on sacral neuromodulation and overactive bladder in pediatrics: a systematic review. *Archivos Espanoles de Urologia*. 2021;74(7):699–708. DOI: 10.37554/en-20210307-3421-5
20. Dekopov AV, Tomskiy AA, Isagulyan ED, et al. Chronic sacral neuromodulation for pelvic floor dysfunction in children with *spina bifida*. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2022;86(1):48–55. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20228601148
21. Hoebeke P, Van Laecke E, Everaert K, et al. Transcutaneous neuromodulation for the urge syndrome in children: a pilot study. *J Urol*. 2001;166(6):2416–2419. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)65605-4
22. Butrick CW. Patient selection for sacral nerve stimulation. *Int Urogynecol J*. 2010:S447–S451. DOI: 10.1007/s00192-010-1274-2
23. Dwyer ME, Vandersteen DR, Hollatz P, et al. Sacral neuromodulation for the dysfunctional elimination syndrome: a 10-year single-center experience with 105 consecutive children. *Urology*. 2014;84:911–918. DOI: 10.1016/j.urology.2014.03.059
24. Fuchs ME, Lu PL, Vyrostek SJ, et al. Factors predicting complications after sacral neuromodulation in children. *Urology*. 2017;107:214–217. DOI: 10.1016/j.urology.2017.05.014
25. Rensing AJ, Szymanski KM, Dunn S, et al. Pediatric sacral nerve stimulator explanation due to complications or cure: a survival analysis. *J Pediatr Urol*. 2019;15(1):e1–e6. DOI: 10.1016/j.jpuro.2018.10.010
26. Pellegrino C, Bershadskii A, Lena F, et al. Sacral neuromodulation in pediatric population: what we learned after 65 implants. *Continence*. 2022;2:1–2. DOI: 10.1016/j.cont.2022.100438
27. Guys JM, Haddad M, Planche D, et al. Sacral neuromodulation for neurogenic bladder dysfunction in children. *J Urol*. 2004;172:1673–1676. DOI: 10.1097/01.ju.0000138527.98969.b0
28. 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;184:696–701. DOI: 10.1016/j.juro.2010.03.054
29. Lu PL, Koppen IJ, Yacob D, et al. The prognostic value of manometry testing in children with constipation treated with sacral nerve stimulation. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2016;63(Suppl 2):S97–S8.
30. Schober MS, Sulkowski JP, Lu PL, et al. Sacral nerve stimulation for pediatric lower urinary tract dysfunction: development of a standardized pathway with objective urodynamic outcomes. *J Urol*. 2015;194(6):1721–1727. DOI: 10.1016/j.juro.2015.06.090
31. Groen LA, Hoebeke P, Loret N, et al. Sacral neuromodulation with an implantable pulse generator in children with lower urinary tract symptoms: 15-year experience. *J Urol*. 2012;188:1313–1317. DOI: 10.1016/j.juro.2012.06.039
32. Mosiello G, Safder S, Marshall D. Neurogenic bowel dysfunction in children and adolescents. *J Clin Med*. 2021;10(8):1669. DOI: 10.3390/jcm10081669
33. Hiller SC, Schober MS. Pediatric sacral neuromodulation for voiding dysfunction. In: *Adult and Pediatric Neuromodulation*. Ed. by J. Gilleran, S. Alpert. 2018:233–236. DOI: 10.1007/978-3-319-73266-4_17
34. Mason MD, Stephany HA, Casella DP, et al. Prospective evaluation of sacral neuromodulation in children: outcomes and urodynamic predictors of success. *J Urol*. 2016;195:1239–1244. DOI: 10.1016/j.juro.2015.11.034
35. Chen G, Liao L, Deng H. The effect of sacral neuromodulation in ambulatory *spina bifida* patients with neurogenic bladder and bowel dysfunction. *Urology*. 2021;153:345–350. DOI: 10.1016/j.urology.2020.11.075
36. Van der Jagt PKN, Dik P, Froeling M, et al. Architectural configuration and microstructural properties of the sacral plexus: a diffusion tensor MRI and fiber tractography study. *NeuroImage*. 2012;62(3):1792–1799. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.06
37. Sharifiaghdas F. Sacral neuromodulation in congenital lumbosacral and traumatic spinal cord defects with neurogenic lower urinary tract symptoms: a single-center experience in children and adolescents. *World Journal of Urology*. 2019;37(12):2775–2783. DOI: 10.1007/s00345-019-02721-x
38. Sievert KD, Amend B, Gakis G, et al. Early sacral neuromodulation prevents urinary incontinence after complete spinal cord injury. *Ann Neurol*. 2010;67:74–84. DOI: 10.1002/ana.21814
39. Chen G, Liao L, Dong Q, et al. The inhibitory effects of pudendal nerve stimulation on bladder overactivity in spinal cord injury dogs: is early stimulation necessary? *Neuromodulation*. 2012;15:232–237. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2012.00434.x
40. Lombardi G, Musco S, Celso M, et al. Intravesical electrostimulation versus sacral neuromodulation for incomplete spinal cord patients suffering from neurogenic non-obstructive urinary retention. *Spinal Cord*. 2013;51:571–578. DOI: 10.1038/sc.2013.37
41. Hu M, Lai S, Zhang Y, et al. Sacral neuromodulation for lower urinary tract dysfunction in spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Urol Inter*. 2019;103(3):337–343. DOI: 10.1159/000501529
42. Sager C, Barroso UJr, Murillo J, et al. Management of neurogenic bladder dysfunction in children update and recommendations on medical treatment. *Int Braz J Urol*. 2022;48(1):31–51. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2020.098
43. Humphreys MR, Vandersteen DR, Slezak JM, et al. Preliminary results of sacral neuromodulation in 23 children. *J Urol*. 2006;176(5):2227–2231. DOI: 10.1016/j.juro.2006.07.013
44. Routh JC, Cheng EY, Austin JC, et al. Design and methodological considerations of the centers for disease control and prevention urologic and renal protocol for the newborn and young child with *spina bifida*. *J Urol*. 2016;196(6):1728–1734. DOI: 10.1016/j.juro.2016.07.081
45. Van der Wilt AA, van Wunnik BPW, Sturkenboom R, et al. Sacral neuromodulation in children and adolescents with chronic constipation refractory to conservative treatment. *International Journal of Colorectal Disease*. 2016;31(8):1459–1466. DOI: 10.1007/s00384-016-2604-8
46. Lu PL, Koppen IJN, Orsagh-Yentis DK. Sacral nerve stimulation for constipation and fecal incontinence in children: long-term outcomes, patient benefit, and parent satisfaction. *Neurogastroenterol Motil*. 2017;30(2). DOI: 10.1111/nmo.13184
47. Koppen IJ, von Gontard A, Chase J, et al. Management of functional nonretentive fecal incontinence in children: recommendations from the International Children's Continence Society. *J Pediatr Urol*. 2016;12(1):56–64. DOI: 10.1016/j.jpuro.2015.09.008

48. Sulkowski JP, Nacion KM, Deans KJ, et al. Sacral nerve stimulation: a promising therapy for fecal and urinary incontinence and constipation in children. *J Pediatr Surg.* 2015;50(10):1644–1647. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2015.03.0
49. Ramage L, Malakounides G, Iacona R. Current state of neuromodulation for constipation and fecal incontinence in children: a systematic review. *European Journal of Pediatric Surgery.* 2019;29(6):495–503. DOI: 10.1055/s-0038-1677485
50. Clark C, Ngo T, Comiter CV, et al. Sacral nerve stimulator revision due to somatic growth. *J Urol.* 2011;186:1576–1580. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.098
51. Boswell TC, Hollatz P, Hutcheson JC, et al. Device outcomes in pediatric sacral neuromodulation: a single center series of 187 patients. *J Pediatr Urol.* 2021;17(72):e1–e7. DOI: 10.1016/j.jpuro.2020.10.010
52. Siegel S, Kreder K, Takacs E, et al. Prospective randomized feasibility study assessing the effect of cyclic sacral neuromodulation on urinary urge incontinence in women. *Female Pelvic Med Reconstr Surg.* 2018;24(4):267–271. DOI: 10.1097/SPV.0000000000000457
53. Widmann B, Galata C, Warschkow R, et al. Success and complication rates after sacral neuromodulation for fecal incontinence and constipation: a single-center follow-up study. *J Neurogastroenterol Motil.* 2019;25(1):159–170. DOI: 10.5056/jnm17106
54. Stephany HA, Juliano TM, Clayton DB, et al. Prospective evaluation of sacral nerve modulation in children with validated questionnaires. *J Urol.* 2013;190(4):1516–1522. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.099
55. Wright AJ, Haddad M. Electroneurostimulation for the management of bladder bowel dysfunction in childhood. *Eur J Paediatr Neurol.* 2017;21(1):67–74. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.05.012
56. Sayed D, Chakravarthy K, Amirdelfan K, et al. ASPN MRI Compatibility Working Group. A comprehensive practice guideline for magnetic resonance imaging compatibility in implanted neuromodulation devices. *Neuromodulation.* 2020;23(7):893–911. DOI: 10.1111/ner.13233
57. Matzel KE, Chartier-Kastler E, Knowles CH, et al. Sacral neuromodulation: standardized electrode placement technique. *Neuromodulation.* 2017;20(8):816–824. DOI: 10.1111/ner.12695

ОБ АВТОРАХ

* **Алина Михайловна Ходоровская**, научный сотрудник;
адрес: Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин,
ул. Парковая, д. 64–68;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2772-6747>;
eLibrary SPIN: 3348-8038;
e-mail: alinamyh@gmail.com

Владимир Александрович Новиков, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3754-4090>;
Scopus Author ID: 57193252858;
e-mail: novikov.turner@gmail.com

Алексей Васильевич Звозиль, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5452-266X>;
e-mail: zvosil@mail.ru

Валерий Владимирович Умнов, д-р мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5721-8575>;
e-mail: umnovvv@gmail.com

Дмитрий Валерьевич Умнов, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4293-1607>;
e-mail: dmitry.umnov@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

* **Alina M. Khodorovskaya**, MD, Research Associate;
address: 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg,
196603, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2772-6747>;
eLibrary SPIN: 3348-8038;
e-mail: alinamyh@gmail.com

Vladimir A. Novikov, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3754-4090>;
Scopus Author ID: 57193252858;
e-mail: novikov.turner@gmail.com

Alexey V. Zvosil, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5452-266X>;
e-mail: zvosil@mail.ru

Valery V. Umnov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5721-8575>;
e-mail: umnovvv@gmail.com

Dmitry V. Umnov, MD, PhD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4293-1607>;
e-mail: dmitry.umnov@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Сергеевич Жарков;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-1593>;

e-mail: striker5621@gmail.com

Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук,

профессор, чл.-корр. РАН;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;

ResearcherID: P-8596-2015;

Scopus Author ID: 6504128319;

eLibrary SPIN: 7125-4930;

e-mail: vissarionovs@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

Dmitry S. Zharkov, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-1593>;

e-mail: striker5621@gmail.com

Sergei V. Vissarionov, MD, PhD, Dr. Sci. (Med.),

Professor, Corresponding Member of RAS;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;

ResearcherID: P-8596-2015;

Scopus Author ID: 6504128319;

eLibrary SPIN: 7125-4930;

e-mail: vissarionovs@gmail.com