



<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.3.037>
УДК 616.743.1-009.12



Забродец Г.В.¹✉, Боярчик В.П.¹, Сидорович Р.Р.¹, Лихачев С.А.¹, Строцкий А.В.²,
Рагузин А.А.², Голец Ю.Н.¹

¹ Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии,
Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Опыт применения крестцовой нейромодуляции в Беларуси при нейрогенных расстройствах мочеиспускания: алгоритм хирургического лечения

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Забродец Г.В. – концепция, редактирование, обзор литературы, написание статьи; Боярчик В.П. – обзор литературы, написание статьи; Сидорович Р.Р. – написание статьи, редактирование; Лихачев С.А. – редактирование; Строцкий А.В. – редактирование; Рагузин А.А. – обзор литературы, написание статьи; Голец Ю.Н. – обзор литературы, написание статьи.

Подана: 14.09.2023

Принята: 20.09.2023

Контакты: gzabrodzets@tut.by

Резюме

Цель. Оценить эффективность и безопасность применения крестцовой нейромодуляции (КНМ) у пациентов с нервно-мышечной дисфункцией мочевого пузыря (НМДМП) при патологии спинного мозга.

Материалы и методы. Было обследовано в условиях неврологического отделения РНПЦ неврологии и нейрохирургии 22 пациента. Все пациенты прошли предварительное специализированное обследование и консультирование квалифицированным урологом с целью выявления урологических противопоказаний.

Результаты. Давность патологии среди пациентов составила $13,4 \pm 9,9$ года. Травматическая болезнь спинного мозга отмечалась в 14 случаях, врожденный порок развития спинного мозга – в 6 случаях. Описан разработанный алгоритм хирургического лечения пациентов с НМДМП, включающий поэтапное и дифференцированное использование КНМ. 21 из 22 пациентов успешно прошли этап интраоперационной тестовой стимуляции, а 20 – этап послеоперационной тестовой стимуляции. У 12 пациентов наблюдался сопутствующий синдром хронической тазовой боли, который значительно регрессировал от 50 до 100% у всех пациентов на фоне КНМ.

Заключение. Разработанный и апробированный алгоритм хирургического лечения пациентов с НМДМП позволяет поэтапно дифференцированно отбирать пациентов вплоть до непосредственной имплантации крестцового нейростимулятора, что значительно снижает вероятность неэффективного применения методики КНМ.

Ключевые слова: крестцовая нейромодуляция, критерии включения и исключения, тестовая нейростимуляция, спинальная патология, нейрогенная дисфункция нижних мочевых путей

Zabrodzets G.¹✉, Boyarchik V.¹, Sidorovich R.¹, Likhachev S.¹, Strotsky A.², Raguzin A.², Holets Yu.¹

¹ Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Experience in the Use of Sacral Neuromodulation in Belarus for Neurogenic Urination Disorders: An Algorithm for Surgical Treatment

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Zabrodzets G. – concept, editing, literature review, text writing; Boyarchik V. – literature review, text writing; Sidorovich R. – text writing, editing; Likhachev S. – editing; Strotsky A. – editing; Raguzin A. – literature review, text writing; Holets Yu. – literature review, text writing.

Submitted: 14.09.2023

Accepted: 20.09.2023

Contacts: gzabrodzets@tut.by

Abstract

Purpose. To evaluate the effectiveness and safety of sacral neuromodulation (SNM) in patients with neuromuscular bladder dysfunction (NMBD) due to spinal cord pathology.

Materials and methods. 22 patients were examined in the neurological department of the Republican Scientific and Practical Center for Neurology and Neurosurgery. All patients underwent preliminary specialized examination and consultation by a qualified urologist in order to identify urological contraindications.

Results. The duration of pathology among patients was 13.4 ± 9.9 years. Traumatic disease of the spinal cord was noted in 14 cases, congenital malformation of the spinal cord – in 6 cases. The developed algorithm for surgical treatment of patients with NMBD is described, including the staged and differentiated use of SNM. 21 of 22 patients successfully completed the intraoperative test stimulation stage, and 20 successfully completed the postoperative test stimulation stage. In 12 patients, concomitant chronic pelvic pain syndrome was observed, which significantly regressed from 50 to 100% in all patients against the background of SNM.

Conclusion. The developed and tested algorithm for the surgical treatment of patients with NMBD allows for a step-by-step differentiated selection of patients up to the direct implantation of a sacral neurostimulator, which significantly reduces the likelihood of ineffective use of the SNM technique.

Keywords: sacral neuromodulation, inclusion and exclusion criteria, test neurostimulation, spinal cord pathology, neurogenic dysfunction of the lower urinary tract

■ ВВЕДЕНИЕ

Нервно-мышечная дисфункция мочевого пузыря (НМДМП) – это синдром, проявляющийся различными формами функциональных расстройств мочеиспускания от недержания до задержки мочеиспускания. Все многообразие форм НМДМП объединено одной общей составляющей – разобщение мочевого пузыря как рабочей



системы с корковыми центрами, обеспечивающими произвольный, волевой характер смены фаз накопления мочи и мочеиспускания [1]. В отечественной литературе нейрогенные расстройства мочеиспускания, возникающие вследствие нарушения спинальной иннервации мочевого пузыря, часто объединялись термином «спинальный мочевой пузырь». Интерес к изучению проблемы нарушений мочеиспускания при заболеваниях нервной системы обусловлен не только распространенностью данных нарушений и влиянием на качество жизни, но и возрастанием частоты вторичных урологических осложнений, обусловленных как эпизодами превышения внутрипузырного давления, так и накоплением остаточной мочи [1, 2]. В связи с этим рекомендуется наиболее ранняя диагностика и лечение НМДМП. В случаях рефрактерности к консервативному лечению или его недостаточной эффективности рассматриваются такие малоинвазивные методы лечения, как интрадетрузорные инъекции препаратов ботулотоксина (БТ), инъекции БТ в область наружного уретрального сфинктера (как и хирургическое рассечение его мышечных волокон) [3, 4]. В связи с развитием научно-технической базы в сфере имплантируемых нейростимуляторов появилась возможность воздействия на НМДМП с помощью крестцовой нейромодуляции (КНМ) [5–7].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность и безопасность применения КНМ у пациентов с НМДМП при патологии спинного мозга.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всего было обследовано в условиях неврологического отделения РНПЦ неврологии и нейрохирургии 22 пациента из сформированной электронной базы данных пациентов с НМДМП вследствие патологии спинного мозга. Все пациенты прошли предварительное специализированное обследование и консультирование квалифицированным урологом с целью выявления урологических противопоказаний к КНМ. При выявлении временных (относительных) противопоказаний к КНМ (инфекция мочевых путей, трофические нарушения, декомпенсация соматической патологии) проводилась коррекция данных отклонений. Результаты неврологического статуса пациентов представлялись на основе «Международных стандартов в оценке неврологических нарушений при травме позвоночника и спинного мозга» (далее – Стандарты) (http://www.asia-spinalinjury.org/publications/2006_Classif_worksheet.pdf). Решение о целесообразности проведения интраоперационной тестовой нейростимуляции (ИОТНС) и послеоперационной тестовой нейростимуляции (ПОТНС) с последующей имплантацией нейростимулятора принималось консилиумом профильных специалистов на базе неврологии и нейрохирургии.

Имплантировались 4- или 8-контактные электроды диаметром 1,3 мм, длина контактной поверхности каждого цилиндрического платина-иридиевого электрода и межэлектродное расстояние равнялись 3 мм (4 мм в случае установки 8-контактного электрода). При этом 4-контактный электрод имел «якорную» систему фиксации в области крестца в отличие от 8-контактного, который устанавливался при наличии сопутствующего стойкого синдрома хронической тазовой боли (СХТБ) и позволял воздействовать на сравнительно большую площадь крестцовых корешков (3 случая имплантации).

На основе данных литературы и собственного опыта был разработан алгоритм хирургического лечения пациентов с НМДМП, включающий поэтапное и дифференцированное использование КНМ (приведен в результатах исследования).

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью электронных таблиц Microsoft Excel и пакета прикладных программ Statistica 8.0.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

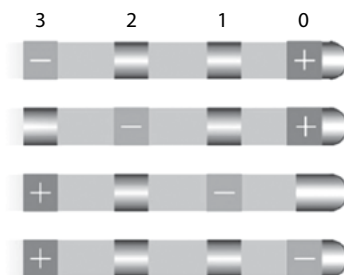
Среди наблюдаемых 22 пациентов (возраст 20–58 лет, средний возраст $40,1 \pm 12,4$ года) мужчины и женщины были представлены в равной степени. Давность патологии среди пациентов составила $13,4 \pm 9,9$ года. В 14 случаях причиной НМДМП являлась травматическая болезнь спинного мозга (ТБСМ), в 6 – врожденный порок развития (ВПР) спинного мозга и его оболочек с преимущественным поражением каудальных отделов спинного мозга (давность патологии с момента проявления клинической симптоматики 10–32 года). Характеристика пациентов и их неврологического статуса на основе Стандартов представлена в таблице. Верхний неврологический уровень (ВНУ) определялся по номеру наиболее каудального сегмента спинного мозга с симметрично определяемой нормальной моторной и сенсорной функцией.

Все пациенты проходили последовательно этапы ИОТНС и ПОТНС, после чего в условиях нейрохирургического отделения РНПЦ ННХ принималось решение о целесообразности выполнения им имплантации КНМ с последующим продолжающимся динамическим наблюдением.

В большинстве случаев (19/22) постоянный электрод устанавливался в S3-крестцовое отверстие справа. Так как по принятому протоколу ИОТНС при отсутствии анатомических и/или неврологических ограничений тестирование начинали с S3-крестцового отверстия справа. При получении достаточного ответа при нейрофизиологическом тестировании с помощью иглы-проводника – полноценное сокращение мышц тазового дна с акцентом в перианальной области (возможно дополнительное подошвенное сгибание большого пальца стопы) – следующим этапом выполнялась установка постоянного электрода для КНМ с подбором наилучших электродных пар для последующего применения. Так как пациенты в ходе всех этапов хирургического лечения находились в наркозе, то сенсорные ощущения при выполнении ИОТНС не могли быть оценены, в связи с этим визуально учитывался двигательный ответ. При вовлечении в сокращение мышц нижних конечностей проводилось сужение межэлектродного расстояния путем смещения анода на один электрод ближе к катоду. Комбинации пар катод (–) и анод (+) рассмотрены для 4-контактного электрода на рисунке.

При отсутствии достаточного эффекта формировался усиленный катод (2 контакта программировались как катод). При использовании 8-контактного применялся аналогичный подход.

У пациента № 3 электрод был установлен в 4-крестцовое отверстие, а у пациента № 5 было установлено два постоянных электрода: в 3-е и 4-е крестцовые отверстия в связи с недостаточно явным моторным эффектом мышц тазового дна (на этапе ПОТНС 1 электрод был удален в первый же день из-за неприемлемых сенсорных ощущений). У пациента № 15 имплантированный электрод был удален на 6-е сутки ПОТНС в связи с отсутствием эффекта, у пациента № 18 на этапе ИОТНС стимуляция



Комбинации пар катод (-) и анод (+) для 4-контактного электрода
Combinations of cathode (-) and anode (+) pairs for a four-contact electrode

на уровне S2–4 с обеих сторон не дала моторных ответов (было принято решение о нецелесообразности имплантации КНМ). Таким образом, из 22 пациентов 21 успешно прошел этап ИОТНС, а 20 – этап ПОТНС, после чего им в условиях нейрохирургического отделения РНПЦ ННХ была выполнена имплантация КНМ с последующим продолжающимся динамическим наблюдением.

Ведущим неврологическим синдромом при ТБСМ на шейно-грудном уровне являлся синдром поражения верхнего моторного нейрона (ВМН) – нижний спастический парализ/параплегия, чему соответствовало во всех случаях характерное нарушение функции мочеиспускания в виде синдрома гиперактивного мочевого пузыря (СГМП) с признаками детрузорно-сфинктерной диссинергии (ДСД).

В связи с нарушением надсегментарных связей с вышележащими центрами управления процессами накопления мочи в мочевом пузыре и его произвольным опорожнением на фоне незаторможенного и часто учащенного мочеиспускания ДСД проявляется характерным прерыванием позыва и/или потока мочи при мочеиспускании, что является характерным для спинальной патологии. Данный тип поражения выявлен у 4 пациентов.

При локализации патологии на уровне 12-го грудного позвонка и ниже присоединяются признаки смешанного неврологического поражения – верхнего и нижнего мотонейронов (НМН), когда отмечаются смешанные парезы (2 пациента) либо являются вялые парезы – синдром НМН (16 случаев). Во всех случаях при наличии синдрома НМН выявлялась хроническая задержка мочи (ХЗМ) за счет гипоконтрактивности мочевого пузыря, тем не менее у четырех пациентов при этом ХЗМ сопровождалась признаками стрессового недержания мочи (НМ), обусловленного слабостью сфинктерного аппарата нижних мочевых путей.

На этапе ПОТНС повторялась аналогичная схема подбора стимуляции. При наличии нежелательных моторных реакций или неприятных сенсорных ощущений, а также при отсутствии достаточного стимуляционного эффекта программировалась монополярная стимуляция, когда анодом являлся сам имплантируемый КНМ. Во всех случаях подбора параметров стимуляции сила тока выше 4 мВ не устанавливалась, так как данные параметры указывают на удаленное расположение электрода от целевой структуры и относительно быстрое истощение аккумуляторной батареи КНМ.

Характеристика пациентов, неврологического статуса, этапов КНМ
Characteristics of patients, neurological status, stages of SNM

Пациенты	Пол	Возраст	Диагноз	Давность патологии, лет	Ранг тяжести	ВНУ	Неврол. синдром	НМДМП	Тест-период, дни	Имплантация электрода		**ИОКТ
										Уровень	Сторона	
1	ж	47	ТБСМ*	24	D	L1	НМН	ХЗМ	6	S3	D	
2	ж	33	ТБСМ	7	B	T12	В/НМН	СГМП/ДСД	8	S3	D	+
3	м	32	ВПР	32	D	L5	НМН	ХЗМ/НМ	6	S4	D	+
4	м	27	ТБСМ	10	B	T4	ВМН	СГМП/ДСД	14	S3	D	+
5	м	34	ТБСМ	15	B	T10	ВМН	СГМП/ДСД	7	S3 /4	D	
6	м	30	ТБСМ	3	B	T12	НМН	ХЗМ/НМ	10	S3	D	+
7	м	33	ТБСМ	9	B	T12	В/НМН	СГМП/ДСД	10	S3	D	
8	м	42	ТБСМ	19	B	T5	ВМН	СГМП/ДСД	4	S3	D	+
9	ж	33	ВПР	33	D	S3	НМН	ХЗМ/НМ	7	S3	D	
10	м	48	ТБСМ*	3	D	S2	НМН	ХЗМ	5	S3	D	
11	м	44	ТБСМ	20	B	T6	ВМН	СГМП/ДСД	5	S3	D	+
12	ж	56	ВПР*	15	D	S2	НМН	ХЗМ	7	S3	D	+
13	ж	29	ВПР*	10	D	S2	НМН	ХЗМ	4	S3	D	
14	м	20	ВПР*	20	D	S2	НМН	ХЗМ	14	S3	D	
15	ж	72	ТБСМ*	10	D	S1	НМН	ХЗМ	6	S3	D	
16	ж	51	ТБСМ*	2	D	L5	НМН	ХЗМ	5	S3	S	
17	ж	58	ТБСМ*	17	D	L5	НМН	ХЗМ	7	S3	D	
18	ж	27	ТБСМ*	2	D	L5	НМН	ХЗМ	1	S2 /4	D/S	
19	ж	40	ТБСМ*	1	D	L5	НМН	ХЗМ	6	S3	S	
20	м	40	ВПР*	23	D	L5	НМН	ХЗМ	9	S2	D	
21	м	46	ТБСМ*	3	C	L1	НМН	ХЗМ	5	S3	S	
22	ж	50	ТБСМ*	3	D	L1	НМН	ХЗМ	5	S3	D	

Примечания: * пациенты с синдромом хронической тазовой боли; ** применение интраоперационного компьютерного томографа.



В основном в большинстве случаев после имплантации электрода для хронической стимуляции этап ПОТНС занял $8 \pm 4,1$ дня (4–14 дней). В 1 случае по объективным причинам, не связанным с тестовой стимуляцией, тестовый период занял 2 недели, так как из-за развития вирусной пневмонии (легкое течение) тестовая стимуляция прерывалась на 5 дней. В 3 случаях потребовалось удлинение тестового периода до 10–14 дней по причине отсроченного появления положительного эффекта нейромодуляции. У пациентки с сопутствующим СХТБ в первый день начала тестовой стимуляции отмечился практически полный регресс болевых ощущений, что позволило в последующем активно опрашивать пациентов на наличие данного симптома с целью дополнительного наблюдения за эффектом КНМ. Всего на данном этапе с сопутствующим СХТБ наблюдаются 12 пациентов с выполненной КНМ. У всех пациентов в ближайшие 3–6 дней при проведении ПОТНС болевой синдром значительно регрессировал – от 50 до 100% (болевой синдром замещается при сохранности чувствительности ощущением легкой парестезии в перианальной зоне).

Алгоритм хирургического лечения пациентов с НМДМП, включающий поэтапное и дифференцированное использование КНМ

Первичное принятие решения о целесообразности хирургического лечения пациентов с НМДМП с использованием КНМ проводится в амбулаторных условиях в составе квалифицированных в данной области специалистов урологического, неврологического и нейрохирургического профилей.

1. Анализ критериев включения/исключения.

1.1. Этап амбулаторный.

1.1.1. Анализируются жалобы и ожидания пациента от нейромодуляции сакральных нервов, анамнез заболевания и сопутствующей патологии, дневник мочеиспусканий пациента.

1.1.2. Наличие любого из нижеследующих критериев (или их комбинации) со значительным нарушением качества жизни и отсутствие эффективности консервативного медикаментозного лечения указывает на потенциальную эффективность КНМ: недержание мочи или учащенное мочеиспускания (в том числе с эпизодами недержания), синдром хронической тазовой боли, хроническая задержки мочи (необструктивного типа), фекальная инконтиненция.

1.1.3. При выявлении признаков психического заболевания и/или когнитивных нарушений, данных о наркотической и/или алкогольной зависимости пациента КНМ противопоказана. При необходимости проводится консультация психолога и/или психиатра.

1.2. Этап стационарный.

1.2.1. Анализируются результаты диагностики НМДМП с использованием инструментальных (включая КУДИ) и лабораторных методов исследования. При наличии признаков: «сморщенного» мочевого пузыря, псевдодивертикулов, мочекаменной болезни с возможностью обтурации мочевыводящих путей на разных уровнях, пузырно-мочеточникового рефлюкса с признаками поражения верхних мочевых путей, патологии, приводящей к обструктивному типу мочеиспускания (нефункционального характера) КНМ противопоказана. При наличии признаков

- текущей инфекции нижних мочевых путей рекомендуется повторное рассмотрение вопроса после соответствующей терапии.
- 1.2.2. Анализируются результаты данных неврологического осмотра и результатов МРТ/КТ и рентгенологических методов исследований области повреждения спинного мозга, корешков конского хвоста и крестца. При наличии признаков: полного поражения нижнего двигательного нейрона на любом уровне (сегмент спинного мозга, корешки конского хвоста) или крестцового и/или тазового сплетений, участвующих в обеспечении иннервации детрузора, прямой кишки и/или мышц тазового дна, КНМ противопоказана.
- 1.2.3. В особых случаях (признаки аномального строения крестца, врожденных или послеоперационных дефектов крестца) рассматривается возможность технического выполнения КНМ (надежность фиксации электрода для хронической КНМ). При необходимости пациенту выполняется дополнительно МРТ/КТ. При отсутствии технических возможностей безопасной для пациента и надежной фиксации электрода на уровне S2–S4-крестцовых отверстий с какой-либо из сторон КНМ противопоказана.
- 1.2.4. При соответствии пациента всем оговоренным выше критериям включения и отсутствии критериев исключения согласовывается госпитализация (или перевод) в РНПЦ неврологии и нейрохирургии. На данном этапе проводится повторная оценка соответствия пациента критериям включения/исключения, получается согласие (письменное) пациента для данного хирургического вмешательства и планируется тактика проведения хирургического вмешательства на основании анализа имеющихся данных и проведенных обследований.
2. Этап хирургического лечения (имплантации электродов).
- 2.1. Выполнение хирургических этапов с проведением тестовой нейростимуляции и последующей имплантации нейростимулятора – под общим наркозом без миорелаксантов.
- 2.1.1. Первичная ИОТНС проводится при установке фораминальной иглы на уровне S3-крестцового отверстия со стороны наиболее сохранной рефлекторной дуги (определяется на основании данных анамнеза, неврологического осмотра и результатов обследований). Оптимальный результат: визуальное сокращение мышц тазового дна (параметры тестовой стимуляции: 210 мкс, частота 15 Гц, амплитуда 1–5 мВ (предел 10 мВ)). При технической невозможности установки фораминальной иглы в данные отверстия (или при отсутствии мышечных ответов с мышц тазового дна) возможно тестирование крестцовых корешков на противоположной стороне или на S2-уровне по аналогичной методике (визуальное подошвенное сгибание большого пальца стопы). При отсутствии мышечных двигательных ответов на стимуляцию тестовой иглы и корректном ее положении в выбранных крестцовых отверстиях дальнейшая установка электрода для постоянной КНМ не проводится.
- 2.1.2. После имплантации постоянного электрода под рентгенконтролем с расположением электродов в полости малого таза (в соответствии



- с нормальным положением волокон крестцового сплетения – каудолатеральное направление) и одного контакта в области крестцового канала проводится повторное ИОТНС на корректность расположения по вышеописанной методике (как и с фораминальной иглой) с возможностью выбора полярности контактов электродов. При необходимости проводится коррекция их расположения.
- 2.1.3. В особых случаях (при минимальных двигательных ответах или ответах при стимуляции свыше 3–5 мВ) возможна установка двух постоянных электродов в разные крестцовые отверстия (предпочтение отдается расположению электродов по обе стороны крестца) с последующим выбором наиболее эффективного при проведении тестовой стимуляции наружным нейростимулятором в условиях палатного наблюдения.
- 2.1.4. В особых случаях (при наличии аномалий строения или послеоперационных дефектов задней стенки крестца) на этапе ИОТНС используется интраоперационный КТ.
- 2.1.5. Производится выведение дистальной части электрода через контрапертуру на боковой поверхности ягодичи и подключение к наружному стимулятору через удлинительную линию.
3. Этап тестовой наружной стимуляции в палате.
- 3.1. Этап послеоперационного палатного нейрофизиологического тестирования с применением наружного нейростимулятора длится около 7 дней.
- 3.2. За период палатного наблюдения при тестовой стимуляции оцениваются параметры дневника мочеиспусканий (частота мочеиспусканий, недержаний, выраженность позывов), объем остаточной мочи, синдром хронической тазовой боли, возможность удержания кала. Также оцениваются возможные побочные эффекты: инфицирование послеоперационной раны, болевой синдром в области электрода и/или удлинительных линий, иное негативное влияние на функцию тазовых органов. По возможности проводится смена параметров тока стимуляции и смена полярности и номера стимулирующих электродов. При отсутствии эффекта или наличии нежелательных явлений от стимуляции имплантация постоянного нейростимулятора не проводится, установленные электроды удаляются.
4. Этап хирургического лечения (имплантации нейростимулятора).
5. После имплантации постоянного крестцового нейростимулятора пациент обучается пользованию пультом управления с возможностью коррекции в малых пределах силы тока и возможности включения/выключения стимулятора. Дальнейшие контрольные визиты пациента к врачу согласовываются по необходимости по номеру контактного телефона, предоставляемого пациенту.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный и апробированный алгоритм хирургического лечения пациентов с НМДМП позволяет поэтапно дифференцированно отбирать пациентов вплоть до непосредственной имплантации крестцового нейростимулятора, что значительно снижает вероятность неэффективного применения методики КНМ.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Abrams P., et al. The standardization of terminology in lower urinary tract function: report from the Standardization sub-committee of the International Continence Society. *Neurourol Urodyn.* 2002;21(2):167–78. Doi: 10.1002/nau.10052.
2. Penders J., et al. Urinary infections in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2003 Oct;41(10):549–52. Doi: 10.1038/sj.sc.3101499.
3. Schurch B., et al. Botulinum-A toxin for treating detrusor hyperreflexia in spinal cord injured patients: a new alternative to anticholinergic drugs? *Preliminary results. J Urol.* 2000 Sep;164(3 Pt 1):692–7. Doi: 10.1097/00005392-200009010-00018.
4. Game X., et al. Botulinum toxin A detrusor injections in patients with neurogenic detrusor overactivity significantly decrease the incidence of symptomatic urinary tract infections. *Eur Urol.* 2008 Mar;53(3):613–8. Doi: 10.1016/j.eururo.2007.08.039.
5. Matzel K.E., et al. Sacral neuromodulation: standardized electrode placement technique. *Neuromodulation.* 2017 Dec;20(8):816–824. Doi: 10.1111/ner.12695. Epub 2017 Oct 4.
6. Vaganee D., et al. Sacral neuromodulation using the standardized tined lead implantation technique with a curved vs a straight stylet: 2-year clinical outcomes and sensory responses to lead stimulation. *BJU Int.* 2019 May;123(5A):E7–E13. Doi: 10.1111/bju.14650.
7. Van Kerrebroeck P.E., Marcelissen T.A. Sacral neuromodulation for lower urinary tract dysfunction. *World J Urol.* 2012 Aug;30(4):445–50. Doi: 10.1007/s00345-011-0780-2.