

Опыт стимуляции спинного мозга при синдроме оперированного позвоночника

А.А. Кашеев¹, А.О. Гуша^{1,2}, А.Р. Юсупова², В.М. Тюрников¹, С.О. Арестов¹, А.В. Вершинин¹,
М.Д. Древал^{1,2}, Е.Н. Полторако¹, Д.В. Петросян¹

¹ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования», Москва, Россия

Введение. Одной из частых причин хронического болевого синдрома после операций по поводу патологии позвоночника является синдром оперированного позвоночника, характеризующийся появлением, сохранением или возобновлением нейропатической боли при отсутствии явных анатомических осложнений хирургического вмешательства. Одним из наиболее эффективных методов лечения синдрома оперированного позвоночника является хроническая стимуляция спинного мозга.

Цель исследования. Оценить эффективность и безопасность хронической стимуляции спинного мозга при синдроме оперированного позвоночника.

Материалы и методы. В нашем исследовании окончательная нейростимуляция была осуществлена 34 пациентам с болью нейропатического характера и неэффективностью медикаментозной терапии после тестовой стимуляции.

Результаты. Через 6 мес после операции средние показатели визуально-аналоговых шкал среднесуточной и максимальной оценки боли за день, а также выраженность нейропатической боли по шкале PainDetect снизились (на 54,4%, 50,7% и 57,3% соответственно), что соответствует принятым в литературе критериям эффективности метода. Большинство больных отметили значительное улучшение качества жизни и снижение потребности в медикаментозном обезболивании. Осложнения были отмечены в общей сложности у 26,4% пациентов и включали интраоперационное повреждение твердой мозговой оболочки, инфекцию в месте установки генератора, смещение электрода относительно исходного положения, потребовавшее коррекции положения. Нарастания неврологической симптоматики не было отмечено ни у одного из пациентов.

Заключение. Хроническая стимуляция спинного мозга является эффективным и безопасным методом лечения нейропатической боли при синдроме оперированного позвоночника.

Ключевые слова: синдром оперированного позвоночника, нейропатический болевой синдром, хроническая стимуляция спинного мозга, клинический эффект.

Адрес для корреспонденции: 125367, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80. ФГБНУ НЦН. E-mail: akascheev@endospine.ru. Кашеев А.А.

Для цитирования: Кашеев А.А., Гуша А.О., Юсупова А.Р., Тюрников В.М., Арестов С.О., Вершинин А.В., Древал М.Д., Полторако Е.Н., Петросян Д.В. Опыт стимуляции спинного мозга при синдроме оперированного позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2019; 13(4): 16–22.

DOI: 10.25692/ACEN.2019.4.3

Spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome

Aleksey A. Kashcheev¹, Artem O. Gushcha^{1,2}, Adilya R. Yusupova², Vladimir M. Turnikov¹, Sergey O. Arestov¹,
Andrey V. Vershinin¹, Maxim D. Dreval^{1,2}, Ekaterina N. Poltorako¹, David V. Petrosyan¹

¹Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

²Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russia

Introduction. A common cause of chronic pain after back surgery is failed back surgery syndrome, characterized by the development, persistence or recurrence of neuropathic pain in the absence of clear anatomical complications from the surgery. One of the most effective treatment methods for failed back surgery syndrome is permanent spinal cord stimulation.

Study aim. To assess the efficacy and safety of chronic spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome.

Materials and methods. In our study, after a stimulation trial final neurostimulation was performed in 34 patients with neuropathic pain and lack of improvement from the pharmacological treatment.

Results. Six months after the operation, there was a reduction in the average scores on the visual analogue scale for the daily average and maximum pain, as well as a reduction in the severity of neuropathic pain as measured by the PainDetect scale (by 54.4% 50.7% and 57.3%, respectively), which corresponds to the method's efficacy criteria found in the literature. The majority of patients noted a significant improvement in their quality of life and a reduced need for pain relief. Complications occurred in 26.4% of patients overall, including intraoperative damage to the dura mater, infection at the generator implantation site, and electrode displacement relative to the initial position, requiring correction. None of the patients experienced worsening of the neurological symptoms.

Keywords: *failed spine surgery syndrome, neuropathic pain, permanent spinal cord stimulation, clinical effect.*

For correspondence: 125367, Russia, Moscow, Volokolamskoye shosse, 80. Research Center of Neurology. E-mail: akascheev@endospine.ru. Kashcheev A.A.

For citation: Kashcheev A.A., Gushcha A.O., Yusupova A.R., Turnikov V.M., Arestov S.O., Vershinin A.V., Dreval M.D., Poltorako E.N., Petrosyan D.V. [Spinal cord stimulation in failed back surgery syndrome]. *Annals of clinical and experimental neurology* 2019; 13(4): 16–22. (In Russ.)

DOI: 10.25692/ACEN.2019.4.3

Введение

Ежегодно в мире проводится свыше 1 млн операций на позвоночнике [1, 2]. За счет внедрения минимально инвазивных, эндоскопических и перкутанных технологий значительно улучшились ранние исходы операций, снизились сроки госпитализации и число интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений.

Тем не менее высока частота отсроченных осложнений, важнейшее место среди которых занимает синдром оперированного позвоночника (СОП, постламинэктомический синдром, синдром неудачно оперированного позвоночника и пр.) [2]. Некоторую путаницу в определении понятия вносят его неоднозначные трактовки. Известны следующие их варианты: «отсутствие положительного эффекта от одной или нескольких операций на поясничном отделе позвоночника, направленных на снижение болевого синдрома в ноге и/или спине» [3], «сохранение или возобновление болевого синдрома в пояснице/конечностях/шее после оперативного вмешательства, обычно позволяющего избавиться от такого» [4, 5], «хроническая боль в спине и ноге, появившаяся или не прошедшая после операции, сделанной по корректным показаниям», «боль неясного происхождения, сохранившаяся или появившаяся после операции в той же анатомической области» [6]. Таким образом, несмотря на отсутствие единого общепринятого определения, СОП всегда характеризует хронический характер боли, наличие в анамнезе операции (операций) на позвоночнике, отсутствие явного этиологического фактора и исходно анатомически верный характер проведенного вмешательства.

Одним из наиболее современных и обнадеживающих методов лечения СОП является хроническая электростимуляция спинного мозга (ЭСМ).

Материалы и методы

В исследование были проспективно включены пациенты, которым в нейрохирургическом отделении ФГБНУ НЦН с 2014 по 2017 г. осуществлялось хирургическое лечение СОП с применением технологии ЭСМ.

В дооперационном периоде проводилось расширенное исследование:

- неврологический осмотр (независимо неврологом и нейрохирургом);
- изучение анамнеза болезни;
- оценка болевого и депрессивного синдромов (визуально-аналоговые шкалы боли — ВАШ, шкала PainDetect, шкала депрессии Бека);
- магнитно-резонансная томография (МРТ) вовлеченной области позвоночника, компьютерная томография (КТ) и функциональная рентгенография с проведением функциональных проб;

- нейрофизиологические исследования (электронейромиография, транскраниальная магнитная стимуляция);
- тестовые рентген-ассистированные блокады;
- стандартные дооперационные анализы и исследования (общий и биохимический анализы крови, общий анализ мочи, ЭКГ, рентгенография грудной клетки);
- при необходимости — дополнительные методы (костная денситометрия, ультразвуковые исследования и пр.).

Критерии включения:

- нейропатический характер боли, ежедневный уровень боли не ниже 4 баллов по ВАШ, не ниже 19 по PainDetect;
- отсутствие показаний к анатомической ревизионной хирургии;
- отсутствие эффекта от корректной противоболевой медикаментозной терапии в течение 3–6 мес (оценивается неврологом и нейрохирургом).

Критерии исключения:

- выраженная связь боли с положением тела и аксиальной нагрузкой, наличие показаний к ревизионной операции, наличие стойкого эффекта от консервативного лечения;
- корешковый, проводниковый характеры болевого синдрома;
- наличие клинически значимой депрессии (≥ 20 баллов по шкале Бека), суицидальные попытки в анамнезе, интеллектуальная или эмоциональная ограниченность, резко усложняющая обучение пациента пользованию пультом и снижающая комплаентность;
- тяжелые сопутствующие заболевания;
- отрицательный результат тестового периода.

Далее пациентам, соответствующим критериям включения, проводилось двухэтапное хирургическое лечение по единому алгоритму. За время проведения исследования имплантировались системы двух производителей («St. Jude» и «Medtronic»). Задачей *первого этапа* хирургического вмешательства являлось проведение тестовой стимуляции с целью оценки зоны покрытия и первичной эффективности метода.

Под местной анестезией в условиях рентгеноперационной проводилась пункция эпидурального пространства иглой Туохи на уровне L2–L3 (уровень кожного доступа — L3–L4). Положение иглы верифицировали по общепринятой методике (техника «висячей капли» и техника «потери сопротивления»), затем интраоперационной рентгенографией. Потом мандрен извлекался, и по каналу иглы под контролем рентгеноскопии последовательно вводились проводник и тестовый электрод на уровень Th7–Th12 в зависимости от локализации болевого синдрома (рис. 1). Технические аспекты введения электрода зависели от выраженности и наличия спаячного процесса.

Затем проводилось интраоперационное тестирование (стандартная частота импульса 60 Гц, ширина импульса 300 мс).

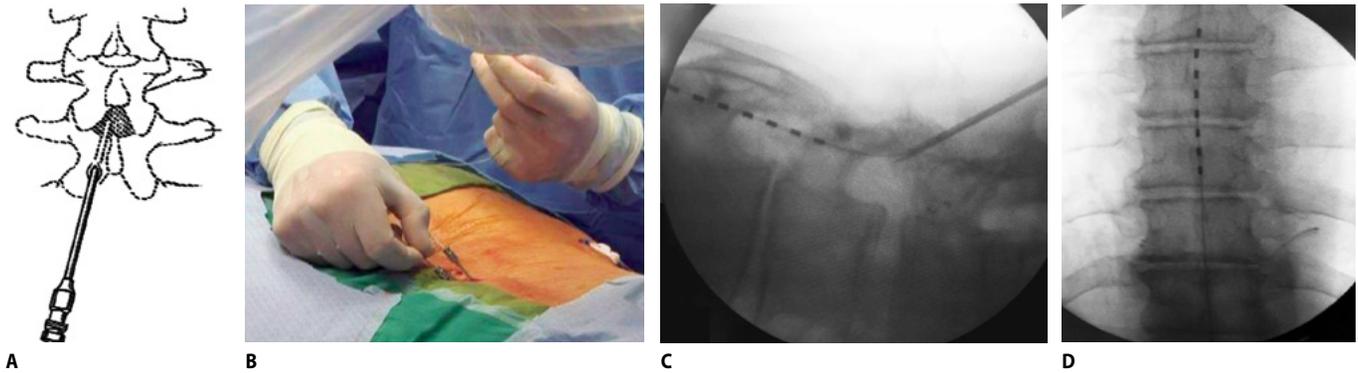


Рис. 1. Этапы установки тестового электрода хронической противоболевой стимуляции.
А — техника введения иглы Туохи (угол наклона иглы при вколе не должен превышать 30°); В — введение проводника через иглу Туохи; С, D — интраоперационный контроль дорсального положения электрода на уровне Th9–Th10 позвонков (прямая и боковая проекции)

Fig. 1. Stages of the trial electrode implantation for permanent analgesic stimulation.
A — Tuohy needle insertion technique (needle angle on insertion must not exceed 30°); B — guide wire insertion through the Tuohy needle; C, D — intraoperative verification of the dorsal position of the electrode at the level of T9–T10 vertebrae (AP and lateral views)

При этом пациент субъективно должен ощутить захват парестезиями зоны боли; необходимо, чтобы парестезии «полностью покрывали зону боли или спастичности» и «были приятными, безболезненными, переносимыми». При повышении частоты до 80–100 Гц объективно наблюдаются миофибрилляции в заинтересованных группах мышц (например, стопы, икроножных, задней и передней поверхностей одного или обоих бедер). В этом случае результат интраоперационного тестирования оценивался как положительный.

После этого тестовый электрод выводили удлинителем через контрапертуру в поясничной области и фиксировали двумя узловыми швами (рис. 2). Пациент активизировался сразу после операции.

В ходе *тестового периода*, который длился 1–7 сут, проводилась совместная оценка неврологического статуса с участием невролога и нейрохирурга, а также подбор параметров стимуляции. Принимая во внимание субъективный характер жалоб, значительное внимание уделялось опросу пациента, в том числе с применением стандартных дневников самочувствия.

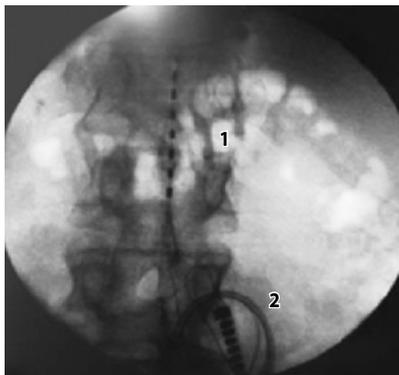


Рис. 2. Проведение интраоперационного тестирования.
1 — активная часть 8-канального электрода; 2 — коннектор удлинителя

Fig. 2. Intraoperative testing.
1 — active part of the 8-channel electrode; 2 — extension connector

В результате подбора определялись окончательные параметры нейростимуляции. В качестве нижней границы (perception) амплитудных характеристик выступало значение, при котором пациент начинает ощущать стимуляцию; в качестве верхней границы (comfort) — максимальное субъективно переносимое ощущение. В период тестовой стимуляции пациент пользовался временным программатором, непосредственно подключенным к удлинителю электрода, и самостоятельно выбирал уровень стимуляции в рамках запрограммированного диапазона амплитуд.

В случае эффективности тестового периода больному проводился *второй этап* хирургического лечения — имплантация постоянной системы ЭСМ.

Под местной анестезией ревизовалось место перкутанного введения электрода, а проксимальный его конец (коннектор) выводился наружу. После этого в подкожно-жировой клетчатке правой ягодичной области формировался «карман», куда имплантировался генератор системы импульсов. Генератор соединялся с электродом. После рентгенологического контроля положения дистального конца системы и обязательной пробной стимуляции раны полностью ушивались, накладывалась асептическая повязка (рис. 3). Пациент активизировался сразу после операции.

В ходе *послеоперационного периода* параметры нейростимуляции корректировали, а также создавали дополнительные программы для состояния сна и бодрствования, ходьбы и пр. Разница амплитудных характеристик объясняется вариабельностью силы импульса в зависимости от положения тела (наиболее характерной в первые 2–3 мес после операции), а также снижением потребности в противоспастическом эффекте вне активных движений больного.

Оценка результатов проводилась через 6 мес после операции по следующим параметрам:

- выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ (среднесуточная боль и максимальная боль за сутки);
- выраженность болевого синдрома по шкале PainDetect;
- учет послеоперационных осложнений.

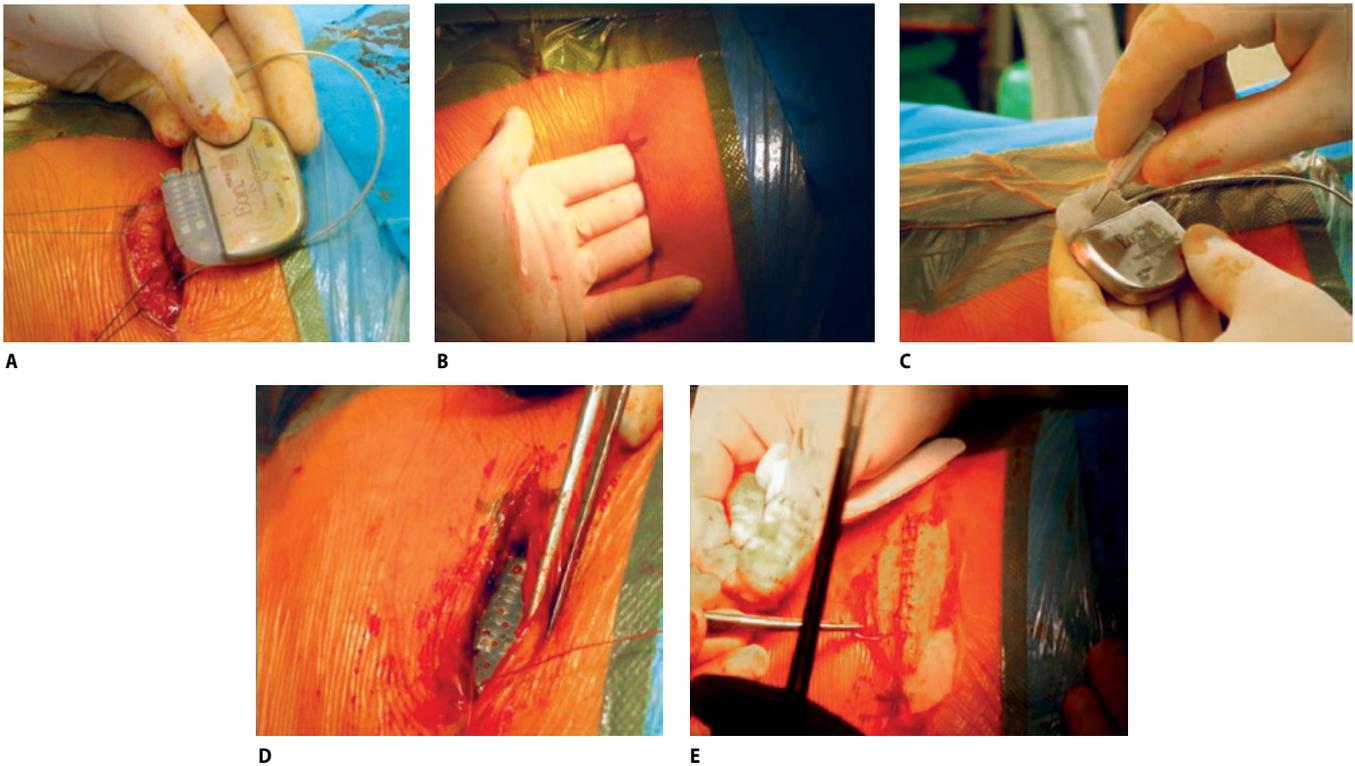


Рис. 3. Имплантация постоянной системы хронической спинальной стимуляции.
 А — подключение окончательного электрода к генератору импульсов Eon-C; В — размер «кармана» для генератора в подкожной клетчатке ягодичной области; С — соединение электрода с генератором; D — положение коннектора; E — послойное ушивание операционной раны

Fig. 3. Implantation of the permanent spinal stimulation system.
 A — connecting the final electrode to the EonC impulse generator; B — size of the generator 'pocket' in the gluteal subcutaneous tissue; C — connecting the electrode to the generator; D — connector position; E — layered closure of the postoperative wound.

Результаты

В исследование были включены в общей сложности 34 пациента, соответствовавшие критериям включения, которым были осуществлены оба этапа установки системы нейростимуляции. Пять пациентов (12,8% от исходной выборки), соответствовавших критериям включения, были исключены в связи с отрицательными результатами тестового периода.

Мужчины составили 19 (55,8%) пациентов, женщины — 15 (44,2%); возраст 29–82 года. Количество предшествовавших операций на поясничном отделе: 1 (11,7% пациентов), 2 (32,3%), 3 (26,5%), 4 (17,6%), 5 (5,9%), 6 (3,0%) и 7 (3,0%). У 20 больных (58,8%) к моменту операции имелись имплантированные системы стабилизации позвоночника.

Средний срок госпитализации пациентов, оперированных с применением нейростимуляции, включая тестовый период, составил 12,9 дня.

При динамическом наблюдении пациентов через 6 мес после операции отмечена отчетливая положительная динамика болевого синдрома по всем трем параметрам оценки (табл. 1). Большинство больных отметили значительное улучшение качества жизни и снижение потребности в медикаментозном обезболивании.

Осложнения были отмечены в общей сложности у 9 (26,4%) пациентов и включали интраоперационное повреждение твердой мозговой оболочки — у 1 (2,9%) пациента, инфекцию в месте установки генератора — у 1 (2,9%) пациента, смещение электрода относительно исходного положения,

Таблица 1. Динамика основных параметров выраженности болевого синдрома в ходе исследования

Table 1. Changes in the main characteristics of the pain severity during the study

Параметр / Parameter	До операции / Before surgery	После операции (6 мес) / After surgery (6 months)	Среднее изменение, % / Mean change, %
ВАШ / Visual Analogue Scale			
среднесуточная оценка / average daily score	6,8 (5–9)	3,1 (0–7)	54,4
максимальная оценка / maximum score	7,1 (5–9)	3,5 (0–7)	50,7
PainDetect Scale	27,2 (19–36)	11,6 (3–20)	57,3

потребовавшее коррекции положения, — у 7 (20,5%) пациентов. Нарастания неврологических симптомов дефицита не отмечено ни у одного из пациентов.

Обсуждение

Согласно доступным клиническим исследованиям, СОП является распространенным состоянием с частотой развития 10–40% [7] и развивается в среднем через 4,7 года после операции [8]. СОП значительно снижает качество жизни пациентов, приводит к необходимости повторных и зачастую неоправданных анатомических операций (частота которых варьирует от 4% до 19% [9]), формированию хронической боли, депрессии, медико-социальной дезадаптации, является причиной инвалидизации и постоянного приема сильнодействующих лекарственных средств. В европейской практике 38% пациентов с СОП получают антидепрессанты, 38% — антиконвульсанты, 62% — опиаты [10], 86% используют более четырех методов немедикаментозной терапии одновременно [11]. Таким образом, СОП является значимой медико-социальной проблемой.

Эффективности ЭСМ при СОП посвящено значительное число исследований. С момента первых имплантаций систем нейростимуляции «Shealy» в 1967 г. в мире установлено свыше 200 000 систем, причем до 25 000 устанавливаются в настоящее время ежегодно [12, 13]. СОП является одним из наиболее частых показаний к нейростимуляции [14]. Так, исследование EVIDENCE с выборкой 132 пациента показало стойкое снижение выраженности нейропатической боли в конечности (свыше 50% от исходного) в сроки 6–24 мес после установки электрода [15]. Исследование PROCESS продемонстрировало уменьшение боли на 50–70% при достоверном снижении необходимости в лекарственной анальгезии [16]. R.V. North показал, что в США стоимость спинальной стимуляции для системы здравоохранения на 17–53% ниже, чем стоимость повторной хирургии при СОП [17]. Ретроспективное исследование, проведенное К. Kumar и коллегами [18], показало, что у 60% пациентов (выборка составила 410 пациентов) выраженность боли снизилась более чем на 50%. Отечественные авторы также подтверждают данные зарубежной литературы: в серии из 100 пациентов, оперированных в НМИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, отмечена высокая эффективность метода в раннем и отсроченном периодах с отказом или сокращением медикаментозного обезболивания в 75% случаев [14]. И.Н. Морозов и соавт. на основании анализа группы из 45 больных пришли к выводу о преимуществе спинальной стимуляции перед медикаментозным лечением при СОП [19].

Список литературы

1. Тюлькин О.Н., Назаров А.С., Давыдов Е.А., Берснев В.П. Особенности клинических проявлений синдрома оперированного позвоночника. *Трансляционная медицина* 2015; 2–3: 69–75. DOI: 10.18705/2311-4495-2015-0-2-3-69-75.
2. Taylor R.S. Epidemiology of refractory neuropathic pain. *Pain Pract* 2006; 6: 22–26. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2006.00054.x. PMID: 17309705.
3. Kumar K., Taylor R.S., Jacques L. et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: a multicentre randomized controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain* 2007; 132: 179–188. DOI: 10.1016/j.pain.2007.07.028. PMID: 17845835.
4. Kumar K., Taylor R.S., Jacques L. et al. The effects of spinal cord stimulation in neuropathic pain are sustained: a 24-month follow-up of the prospective randomized controlled multicenter trial of the effectiveness of spinal cord stimulation.

Данные нашего исследования в целом сопоставимы с результатами других работ, посвященных нейростимуляции: противоболевой эффект варьирует от 50% до 60%, в зависимости от применяемого инструмента оценки. Согласно общепринятому мнению, эффективность менее 50% при тестовой стимуляции должна быть предиктором отказа от дальнейшей имплантации конструкции. Тем не менее 4 из 34 пациентов имели эффективность ниже 50% при тестировании и все же настаивали на втором этапе, поскольку даже такое снижение выраженности болевого синдрома улучшало их качество жизни. У отдельных пациентов эффективность метода в начальном периоде достигала 90%, но со временем постепенно снижалась, что может объясняться феноменом толерантности нервной системы и соотносится с данными Э.Д. Исагуляна и соавт. [20]. Следует отметить сравнительно высокий уровень техногенных осложнений в нашей серии (20,5%), при этом наибольшее число смещений электродов наблюдалось в первый год освоения метода и постепенно снижалось по мере накопления опыта. Важно отметить, что у всех пациентов, включая оперированных ранее по поводу грудно-поясничных деформаций, удавалось успешно провести электрод перкутанно и не прибегать к его открытой установке.

Таким образом, хроническая ЭСМ является эффективным методом лечения резистентного нейропатического болевого синдрома, вызванного СОП. Применение хронической спинальной стимуляции позволяет снизить выраженность хронической боли на 50% и более, значительно улучшить качество жизни, уменьшить необходимость пациента в обезболивающих препаратах и избежать ненужных ревизионных операций. Залогом успеха хронической ЭСМ является строгое следование показаниям к применению метода, а также тщательный отбор пациентов. Метод нейростимуляции в большинстве случаев безопасен для пациента и технически несложен для оперирующего спинального хирурга; осложнения чаще носят техногенный характер (смещение электрода) и могут быть легко устранены. Применение новых систем нейростимуляции, в частности высокочастотной стимуляции и дистанционных неимплантируемых источников тока, способно улучшить имеющиеся результаты и снизить число осложнений.

Для оценки отсроченных результатов нейростимуляции при СОП необходим длительный катамнез и расширение группы пациентов. Больные с СОП нуждаются в мультидисциплинарном подходе с участием нейрохирургов, неврологов, ортопедов, реабилитологов и смежных специалистов.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

References

1. Tulkin O.N., Nazarov A.S., Davydov E.A., Bersnev V.P. [Characteristics of clinical presentations of failed back surgery syndrome]. *Translyatsionnaya medicina* 2015; (2–3): 69–75. DOI: 10.18705/2311-4495-2015-0-2-3-69-75. (In Russ.)
2. Taylor R.S. Epidemiology of refractory neuropathic pain. *Pain Pract* 2006; 6: 22–26. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2006.00054.x. PMID: 17309705.
3. Kumar K., Taylor R.S., Jacques L. et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: a multicentre randomized controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain* 2007; 132: 179–188. DOI: 10.1016/j.pain.2007.07.028. PMID: 17845835.
4. Kumar K., Taylor R.S., Jacques L. et al. The effects of spinal cord stimulation in neuropathic pain are sustained: a 24-month follow-up of the prospective randomized controlled multicenter trial of the effectiveness of spinal cord stimulation.

Neurosurgery 2008; 63: 762–770. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325731.46702.D9. PMID: 18981888.

5. Leveque J.C., Villavicencio A.T., Rubin L. et al. Spinal cord stimulation for failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 2001; 4: 1–9. DOI: 10.1046/j.1525-1403.2001.00001.x. PMID: 22151565.

6. Merskey H., Bogduk N. Lumbar spinal or radicular pain after failed spinal surgery. In: Merskey H., Bogduk N. (eds.) *Classification of Chronic Pain*. Seattle; 1994. P. 179.

7. Hoy D., Brooks P., Blyth F., Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010; 24: 769–781. DOI: 10.1016/j.berh.2010.10.002. PMID: 21665125.

8. Follett K.A., Dirks B.A. Etiology and evaluation of the failed back surgery syndrome. *Neurosurg Q* 1993; 3: 40–59.

9. Durand G., Girodon J., Debais F. Medical management of failed back surgery syndrome in Europe: evaluation modalities and treatment proposals. *Neurochirurgie* 2015; 61(Suppl 1): S57–S65. DOI: 10.1016/j.neuchi.2015.01.001. PMID: 25676909.

10. Thomson S., Jacques L. Demographic characteristics of patients with severe neuropathic pain secondary to failed back surgery syndrome. *Pain Pract* 2009; 9: 206–215. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2009.00276.x. PMID: 19281499.

11. Ragab A., Deshazo R.D. Management of back pain in patients with previous back surgery. *Am J Med* 2008; 121: 272–278. DOI: 10.1016/j.amjmed.2008.01.004. PMID: 18374682.

12. Shealy C.N., Mortimer J.T., Reswick J.B. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg* 1967; 46: 489–91. PMID: 4952225.

13. Kreis P., Fishman S. Spinal cord stimulation percutaneous implantation techniques. N.Y.; 2009.

14. Исагулян Э.Д., Томский А.А., Шабалов В.А. и др. Хроническая электростимуляция спинного мозга в лечении синдрома оперированного позвоночника. *Хирургия позвоночника* 2015; 12(3): 33–43.

15. North R.B., Kumar K., Wallace M.S. et al. Spinal cord stimulation versus re-operation in patients with failed back surgery syndrome: an international multicenter randomized controlled trial (EVIDENCE study). *Neuromodulation* 2011; 14: 330–335. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2011.00371.x. PMID: 21992427.

16. Kumar K., North R., Taylor R. et al. Spinal cord stimulation vs. conventional medical management: a Prospective, Randomized, Controlled, Multicenter Study of Patients with Failed Back Surgery Syndrome (PROCESS Study). *Neuromodulation* 2005; 8: 213–218. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2005.00027.x. PMID: 22151547.

17. North R.B., Kidd D., Shipley J., Taylor R.S. Spinal cord stimulation versus reoperation for failed back surgery syndrome: a cost effectiveness and cost utility analysis based on a randomized, controlled trial. *Neurosurgery* 2007; 61: 361–368. DOI: 10.1227/01.NEU.0000255522.42579.EA. PMID: 17762749.

18. Kumar K., Hunter G., Demeria D. Spinal cord stimulation in treatment of chronic benign pain: challenges in treatment planning and present status, a 22-year experience. *Neurosurgery* 2006; 58: 481–496. DOI: 10.1227/01.NEU.0000192162.99567.96. PMID: 16528188.

19. Морозов И.Н., Ушаков А.И. Нейромодуляция в терапии медикаментозно-резистентного болевого синдрома у пациентов с болезнью оперированного позвоночника. *Современные технологии в медицине* 2015; 7(3): 90–94.

20. Исагулян Э.Д., Томский А.А., Декопов А.В. и др. Результаты стимуляции моторной коры головного мозга в лечении хронических болевых синдромов. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко* 2015; 79(6): 46–60.

Поступила 10.06.2019
 Принята в печать 11.10.2019

Neurosurgery 2008; 63: 762–770. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325731.46702.D9. PMID: 18981888.

5. Leveque J.C., Villavicencio A.T., Rubin L. et al. Spinal cord stimulation for failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 2001; 4: 1–9. DOI: 10.1046/j.1525-1403.2001.00001.x. PMID: 22151565.

6. Merskey H., Bogduk N. Lumbar spinal or radicular pain after failed spinal surgery. In: Merskey H., Bogduk N. (eds.) *Classification of Chronic Pain*. Seattle; 1994. P. 179.

7. Hoy D., Brooks P., Blyth F., Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010; 24: 769–781. DOI: 10.1016/j.berh.2010.10.002. PMID: 21665125.

8. Follett K.A., Dirks B.A. Etiology and evaluation of the failed back surgery syndrome. *Neurosurg Q* 1993; 3: 40–59.

9. Durand G., Girodon J., Debais F. Medical management of failed back surgery syndrome in Europe: evaluation modalities and treatment proposals. *Neurochirurgie* 2015; 61(Suppl 1): S57–S65. DOI: 10.1016/j.neuchi.2015.01.001. PMID: 25676909.

10. Thomson S., Jacques L. Demographic characteristics of patients with severe neuropathic pain secondary to failed back surgery syndrome. *Pain Pract* 2009; 9: 206–215. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2009.00276.x. PMID: 19281499.

11. Ragab A., Deshazo R.D. Management of back pain in patients with previous back surgery. *Am J Med* 2008; 121: 272–278. DOI: 10.1016/j.amjmed.2008.01.004. PMID: 18374682.

12. Shealy C.N., Mortimer J.T., Reswick J.B. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg* 1967; 46: 489–91. PMID: 4952225.

13. Kreis P., Fishman S. Spinal cord stimulation percutaneous implantation techniques. N.Y.; 2009.

14. Isagulyan E.D., Tomsky A.A., Shabalov V.A. et al. [Chronic electrical stimulation of the spinal cord for failed back surgery syndrome]. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2015; 12(3): 33–43. DOI: 10.14531/ss2015.3.33-43. (In Russ.)

15. North R.B., Kumar K., Wallace M.S. et al. Spinal cord stimulation versus re-operation in patients with failed back surgery syndrome: an international multicenter randomized controlled trial (EVIDENCE study). *Neuromodulation* 2011; 14: 330–335. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2011.00371.x. PMID: 21992427.

16. Kumar K., North R., Taylor R. et al. Spinal cord stimulation vs. conventional medical management: a Prospective, Randomized, Controlled, Multicenter Study of Patients with Failed Back Surgery Syndrome (PROCESS Study). *Neuromodulation* 2005; 8: 213–218. DOI: 10.1111/j.1525-1403.2005.00027.x. PMID: 22151547.

17. North R.B., Kidd D., Shipley J., Taylor R.S. Spinal cord stimulation versus reoperation for failed back surgery syndrome: a cost effectiveness and cost utility analysis based on a randomized, controlled trial. *Neurosurgery* 2007; 61: 361–368. DOI: 10.1227/01.NEU.0000255522.42579.EA. PMID: 17762749.

18. Kumar K., Hunter G., Demeria D. Spinal cord stimulation in treatment of chronic benign pain: challenges in treatment planning and present status, a 22-year experience. *Neurosurgery* 2006; 58: 481–496. DOI: 10.1227/01.NEU.0000192162.99567.96. PMID: 16528188.

19. Morozov I.N., Ushakov A.I. [Neuromodulation for refractory failed back surgery syndrome patients]. *Sovremennyye tehnologii v medicine* 2015; 7(3): 90–94. (In Russ.)

20. Isagulyan E.D., Tomsky A.A., Dekopov A.V. et al. [Results of motor cortex stimulation in the treatment of chronic pain syndromes]. *Voprosy neyrokhirurgii im. N.N. Burdenko* 2015; 79(6): 46–60. (In Russ.)

Received 10.06.2019
 Accepted 11.10.2019

Информация об авторах: Кашчев Алексей Алексеевич — к.м.н., н.с. нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Гуша Артем Олегович — д.м.н., проф. каф. нейрохирургии ФГБОУ РМАНПО, зав. нейрохирургическим отделением ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Юсупова Адилья Ринатовна — ординатор каф. нейрохирургии ФГБОУ РМАНПО, Москва, Россия;
Тюрников Владимир Михайлович — к.м.н., с.н.с. нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Арестов Сергей Олегович — к.м.н., с.н.с. нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Вершинин Андрей Вячеславович — к.м.н., врач-нейрохирург нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Древал Максим Дмитриевич — к.м.н., преподаватель каф. нейрохирургии ФГБОУ РМАНПО, н.с. нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Полторако Екатерина Николаевна — врач-нейрохирург нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия;
Петросян Давид Вазгенович — аспирант, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия.

Information about the authors: Aleksey A. Kashcheev, PhD (Med.), researcher, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Artem O. Guscha, D. Sci. (Med.), Prof., Department of Neurosurgery, Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education; Head of Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Adilya R. Yusupova, clinical postgraduate student, Department of Neurosurgery, Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education, Moscow, Russia;
Vladimir M. Turnikov, PhD (Med.), senior researcher, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Sergey O. Arestov, PhD (Med.), senior researcher, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Andrey V. Vershinin, PhD (Med.), neurosurgeon, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Maxim D. Dreval, PhD (Med.), lecturer, Department of Neurosurgery, Russian Medical Academy of Continuing Postgraduate Education; researcher, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
Ekaterina N. Poltorako, neurosurgeon, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia;
David V. Petrosyan, postgraduate student, neurosurgeon, Neurosurgical department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia