

ПОСТОЯННАЯ ЭПИДУРАЛЬНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА В ЛЕЧЕНИИ ФАРМАКОРЕЗИСТЕНТНОЙ БОЛИ У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ НЕУДАЧНОЙ ОПЕРАЦИИ НА ПОЗВОНОЧНИКЕ

А.Б. Дмитриев, Д.А. Рзаев, Н.П. Денисова

ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (Новосибирск);
Россия, 630087 Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 132/1

Контакты: Александр Борисович Дмитриев a_dmitriev@neuronsk.ru

Цель исследования — демонстрация собственного опыта применения постоянной стимуляции спинного мозга в терапии фармакорезистентной боли у пациентов с синдромом неудачной операции на позвоночнике, а также оценка эффективности данного метода и частоты осложнений.

Материалы и методы. За 2013–2015 гг. в Федеральном центре нейрохирургии (Новосибирск) 78 пациентам, страдающим синдромом неудачной операции на позвоночнике, имплантирована система для постоянной спинальной стимуляции. Все пациенты перенесли нейрохирургическое вмешательство на позвоночнике и имели фармакорезистентный болевой синдром нейрогенного характера. Оценка эффективности лечения проводилась с использованием визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) и опросника Douleur Neuropathique en 4 Questions (DN4). Катамнез составил от 6 до 18 мес.

Результаты. Средняя оценка по ВАШ до операции составила 6,7 балла, при выписке — 3,1 балла, через 6 мес — 3,2 балла, через 12 мес — 3,5 балла, через 18 мес — 3,4 балла. По шкале DN4 средний показатель до операции равнялся 5,3 балла, при выписке — 2,1 балла, через 6 мес — 2,4 балла, через 12 мес — 2,5 балла, через 18 мес — 2,4 балла. Осложнения (миграция, перелом электродов и кровоизлияние или воспаление в месте имплантации системы), которые потребовали ревизионных операций, развились в 12 (15,3 %) случаях.

Заключение. Спинальная стимуляция эффективно и безопасно снижает выраженность боли при синдроме неудачной операции на позвоночнике, однако имеет специфические осложнения, связанные с имплантируемыми системами.

Ключевые слова: спинальная стимуляция, синдром неудачной операции на позвоночнике, нейропатическая боль, осложнения

Для цитирования: Дмитриев А.Б., Рзаев Д.А., Денисова Н.П. Постоянная эпидуральная стимуляция спинного мозга в лечении фармакорезистентной боли у пациентов с синдромом неудачной операции на позвоночнике. Нейрохирургия 2018;20(2):43–49.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-2-43-49

Application of spinal cord stimulation in the treatment of persistent pain in failed back surgery syndrome

A.B. Dmitriev, D.A. Rzaev, N.P. Denisova

Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk), Ministry of Health of Russia;
132/1 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

The study objective is to demonstrate our experience of the spinal cord stimulation in the treatment of drug-resistant pain in patients with the failed back surgery syndrome (FBSS) and to evaluate its effectiveness and complications.

Materials and methods. Systems for chronic spinal cord stimulation were implanted in 78 patients suffering from FBSS in Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk) during 2013–2015. All patients had a drug-resistant neurogenic pain syndrome character and were undergone surgical intervention on the spine. Evaluating of the treatment effectiveness was carried out by visual analogue scale (VAS) and a scale Douleur Neuropathique en 4 Questions (DN4). Catamnesis ranged from 6 to 18 months.

Results. The median preoperative VAS score evaluation was 6.7, at hospital discharge — 3.1, after 6 months — 3.2, after 12 months — 3.5, after 18 months — 3.4. Evaluation on a scale DN4 before surgery was 5.3, at hospital discharge — 2.1, after 6 months — 2.4, after 12 months — 2.5, after 18 months — 2.4. Complications in the form of migration, fracture of the electrodes and development of hemorrhage or inflammation at the site of implantation of the system were observed in 12 (15.3 %) cases and required revision surgery.

Conclusion. Spinal stimulation is an effective and safe method of treatment of pain in FBSS, but it has specific complications associated with implantable systems.

Key words: *spinal stimulation, failed back surgery syndrome, neuropathic pain, complications*

For citation: *Dmitriev A.B., Rzaev D.A., Denisova N.P. Application of spinal cord stimulation in the treatment of persistent pain in failed back surgery syndrome. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2018;20(2):43–49*

ВВЕДЕНИЕ

Аксиальный болевой синдром ежегодно является причиной операций на позвоночнике более чем у 1 млн человек. К сожалению, в 20–40 % случаев хирургическое вмешательство не достигает желаемого результата и пациенты после операции продолжают испытывать хроническую боль [1]. Части таких больных ставят диагноз «синдром оперированного позвоночника», для которого характерна боль в ногах, ягодицах или в пояснице [2]. Название этого синдрома в зарубежной литературе звучит как *failed back surgery syndrome (FBSS)*, что дословно переводится как «синдром неудачной операции на позвоночнике». Нередко боль в раннем послеоперационном периоде регрессирует, а спустя несколько недель или месяцев возникает вновь. К. Кумаг и соавт. (2008) [3] дали следующее описание FBSS: это хроническая корешковая боль, которая рецидивирует или персистирует в той же области, несмотря на анатомически успешно проведенную операцию [4]. Согласно определению Международной ассоциации по изучению боли (*International Association for the Study of Pain*), FBSS — поясничная (шейная) боль неизвестной природы, сохраняющаяся, несмотря на хирургическое вмешательство на позвоночнике, или возникающая после него в той же топографической области [5].

Статистические данные о распространенности FBSS до сих пор сильно варьируют — от 10 до 40 % в разных источниках, в среднем FBSS развивается после спинальных операций в 20 % случаев [6].

После множественных спинальных операций пациенты страдают не только хронической болью, но и депрессией, нарушением сна, ухудшением функциональных возможностей и другими сопутствующими расстройствами. Это приводит к потере работы, снижению социальной активности и коммуникации.

При лечении FBSS традиционно применяют консервативную терапию — медикаментозные блокады и эпидуральные инъекции стероидов, а также физиопроцедуры [2, 7–9]. Однако у большинства пациентов их эффективность остается низкой. Именно поэтому сегодня FBSS — это самое актуальное показание к проведению стимуляции спинного мозга (*spinal cord stimulation*) [5, 10].

Постоянная эпидуральная стимуляция спинного мозга (ЭССМ) впервые предложена С.Н. Шеaley и соавт. в 1967 г. [11]. Это альтернативный метод лечения пациентов с заболеваниями, проявляющимися нейропатическим болевым синдромом: FBSS, ком-

плексными регионарными болевыми синдромами, диабетической полинейропатией, постгерпетической межреберной невралгией и т.д. В заднее эпидуральное пространство помещают электрод, который соединяется с имплантируемым нейростимулятором и создает электрическое поле с определенной частотой импульса над задними столбами спинного мозга, а программируемое устройство позволяет пациенту самостоятельно контролировать параметры процедуры при помощи пульта.

С 1967 г. было выполнено более 200 тыс. операций по имплантации нейростимуляторов, а в настоящее время ежегодно в мире по разным показаниям имплантируют более 25 тыс. стимуляторов [10].

Как любой вид хирургического вмешательства, ЭССМ имеет свои осложнения. Они могут быть механическими (обусловленными дисфункцией имплантируемых компонентов) и биологическими (ликворея, раневая инфекция, повреждение структур спинного мозга). И хотя в публикациях последних лет не сообщается о серьезных неврологических осложнениях при использовании этого метода, но в целом частота осложнений не так уж мала и составляет от 20 до 75 % [5, 12].

Цель исследования — демонстрация собственного опыта применения постоянной ЭССМ в терапии фармакорезистентной боли у пациентов с FBSS, а также оценка эффективности данного метода и частоты осложнений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За 2013–2015 гг. в Федеральном центре нейрохирургии (Новосибирск) у 78 пациентов с FBSS была проведена имплантация системы постоянной ЭССМ *St. Jude Medical* (США): 2 электродов *Octrode* в заднее эпидуральное пространство на уровне тел позвонков Th₉–Th₁₁ и генератора *Eon-C* в надъягодичную область. Все больные на этапе отбора были проинформированы о специфике метода, его ограничениях, возможных осложнениях и ожидаемых результатах. Возраст пациентов составил 36–83 года (в среднем 53,2 года). Все пациенты перед имплантацией системы ЭССМ перенесли нейрохирургическое вмешательство на позвоночнике: у 38 больных была выполнена 1 операция, у 32—2 операции, у 3—3 операции, у 3—4 операции, у 1—6 и у 1—7 операций. Среднее количество перенесенных вмешательств до имплантации системы ЭССМ составило 1,7. Нейропатический болевой синдром у пациентов длился 2,4–7,0 года (в среднем

3,4 года). У 42 пациентов он отмечался в 2 конечностях, а у 36 – в 1.

Проводили неврологический осмотр и оценивали болевой синдром по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и опроснику Douleur Neuropathique en 4 Questions (DN4) в дооперационном периоде, после имплантации тестовых электродов, после имплантации постоянной системы, а также через 6, 12 и 18 мес. В анамнезе контролировали интенсивность болевого синдрома, корректировали параметры ЭССМ и при необходимости дополняли ее медикаментозной терапией.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средняя оценка боли по ВАШ до операции составила 6,7 балла (от 5 до 9), при выписке – 3,1 балла, через 6 мес – 3,2 балла, через 12 мес – 3,5 балла, а через 18 мес – 3,4 балла. Средний показатель по DN4 до операции равнялся 5,3 балла, при выписке – 2,1 балла, через 6 мес – 2,2 балла, через 12 мес – 2,5 балла, через 18 мес – 2,4 балла (рис. 1). Хирургические осложнения наблюдались у 12 (15,3 %) пациентов: у 6 (7,7 %) – миграция электродов (рис. 2), у 2 (2,5 %) – серома в области имплантации генератора, у 2 (2,5 %) – перелом электрода (рис. 3), у 1 (1,3 %) – эпидуральное кровоизлияние. У 1 (1,3 %) больного после реимплантации системы ЭССМ (по поводу замены генератора) через 2 нед была выявлена флегмона в области установки электродов, что потребовало удаления всей системы. В структуре осложнений (рис. 4) кровоизлияние, серома и флегмона развились в раннем послеоперационном периоде. Миграция электродов произошла в сроки от 1 до 4 мес. Самыми поздними осложнениями являлись переломы электрода, которые мы наблюдали у 2 пациентов в сроки 8 и 14 мес после операции.

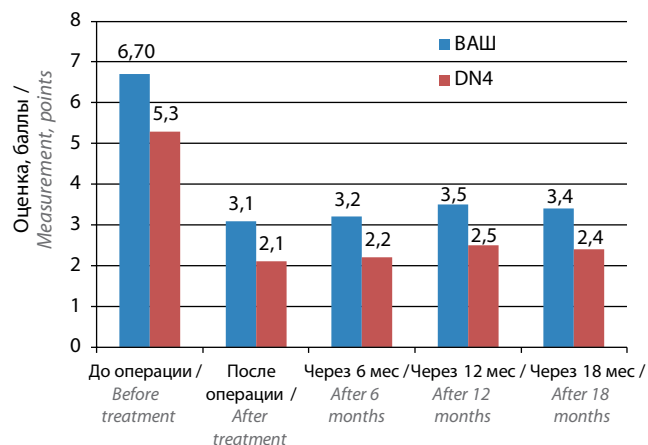


Рис. 1. Оценка боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) и опроснику Douleur Neuropathique en 4 Questions (DN4) до и после установки системы постоянной эпидуральной стимуляции спинного мозга

Fig. 1. Pain severity measurement using Visual Analog Scale (VAS) and Douleur Neuropathique en 4 Questions (DN4) before and after the implantation of spinal cord stimulator



Рис. 2. Миграция электрода

Fig. 2. Electrode migration



Рис. 3. Перелом электрода

Fig. 3. Electrode fracture

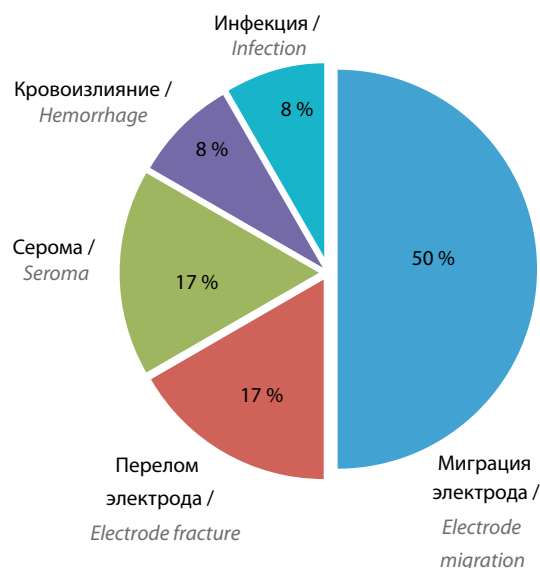


Рис. 4. Структура осложнений после установки системы постоянной эпидуральной стимуляции спинного мозга

Fig. 4. The structure of complications after the after implantation of spinal cord stimulator

ОБСУЖДЕНИЕ

FBSS проявляется фармакорезистентным нейропатическим болевым синдромом, обычно с длительным течением, частота которого не имеет тенденции к снижению, несмотря на совершенствование техники спинальных операций и появление более щадящих методов [6, 13]. Хорошо известно, что повторные операции имеют меньше шансов на успех, чем первичные [12, 14, 15], а риск возникновения FBSS возрастает с каждой последующей операцией [15, 16]. Медиана ежегодных прямых затрат на каждого пациента, страдающего FBSS, в Европе составляет около 1802 евро [6, 17]. В настоящее время отсутствуют данные о распространенности данного синдрома и величине затрат на лечение таких пациентов в России. Тем не менее известно, что около 7,8 % населения страдают от тяжелых хронических нейропатических болей в спине и/или конечностях [9, 12]. Совершенно очевидно, что FBSS представляет собой существенную проблему не только для пациента, но и для государства.

ЭССМ проводится при неэффективности консервативного лечения FBSS, при отсутствии прямых показаний к повторной операции и нейрогенном характере боли [6]. Ее эффективность можно оценить по числу удовлетворенных результатами лечения пациентов — по разным источникам оно составляет от 47 до 83 % [18–20].

Физиологический механизм действия ЭССМ лишь отчасти объясняется «воротной» теорией, предложенной R. Melzack, P.D. Wall в 1965 г., согласно которой передача болевого импульса блокируется антидромными импульсами, идущими по коллатеральным волокнам (тактильной и вибрационной чувствительности) задних столбов [10, 11, 21]. В основе обезболивающего действия ЭССМ лежит электрофизиологическая блокада проведения болевых импульсов, выработка эндогенных антиноцицептивных веществ (гамма-аминомасляной кислоты, серотонина, глицина, норадреналина и др.) и усиление нисходящих влияний антиноцицептивной системы; периферическая вазодилатация вследствие воздействия на симпатическую нервную систему; изменение эмоционального фона благодаря воздействию на лимбическую систему [4, 22, 23].

Сегодня FBSS — наиболее частое показание к выполнению постоянной ЭССМ. Во всем мире только по поводу этого синдрома ежегодно устанавливается более 20 тыс. систем ЭССМ [3, 10, 24]. Более чем за 40-летний период высокая эффективность и экономическая целесообразность метода в лечении FBSS доказана неоднократно [3, 13, 16, 17, 19, 22, 25–28]. Так, например, в своем 10-летнем исследовании J.P. Van Buyten и соавт. (2001) [29] констатировали у 68 % пациентов с FBSS уменьшение боли по ВАШ до 57 % на фоне проведения ЭССМ. В рандомизированном исследовании R.B. North и соавт. (2007) [15]

установлено, что в группе ЭССМ у 47 % пациентов выраженность боли уменьшилась более чем на 50 %, в то время как в группе повторных операций — только у 12 % пациентов [30, 31].

Среди факторов, влияющих на стабильность положительных результатов лечения, большинство исследователей выделяют длительность анамнеза болевого синдрома и количество произведенных ранее открытых операций на позвоночнике [5, 18]. Так, в исследовании K. Kumag и соавт. (1998), с участием 235 пациентов эффективность постоянной ЭССМ при ее применении в первые 3 года отметили 90 % пациентов, удовлетворенных качеством жизни и результатами лечения. В то же время из пациентов с длительностью анамнеза болевого синдрома более 12 лет только 9 % признали ЭССМ эффективной [24]. Схожие данные были получены и другими ведущими авторами [27, 31].

Интересная ситуация сложилась с анализом данных литературы о частоте осложнений и экономической эффективности ЭССМ. На первых порах ее применения многие авторы сообщали об относительно низкой частоте осложнений [5, 12, 18, 19, 26]. Кроме того, нет сообщений о серьезных неврологических осложнениях [18, 19, 24].

Во многих работах изучено соотношение стоимости и качества лечения. В них подчеркивается, что, несмотря на первоначально высокую стоимость ЭССМ (за счет стоимости оборудования), через 2,5 года расходы на ЭССМ становятся существенно ниже, чем расходы на традиционное лечение без нейростимуляции. С появлением перезаряжаемых систем, которые могут служить до 10 лет, стоимость применения ЭССМ должна стать еще меньше [3, 12, 32]. Тем не менее достижение долгосрочного успеха ЭССМ, по мнению ряда авторов, затруднено именно вследствие частоты осложнений стимуляции и ее высокой стоимости [28, 33, 34].

Осложнения ЭССМ делятся на 2 группы: 1) осложнения, связанные с оборудованием: смещение электрода или его перелом, преждевременный разряд батареи, сбой программы стимуляции; 2) биологические осложнения: раневая инфекция, образование подкожной гематомы, ликворея, боль в области имплантации генератора. В обзоре литературы I.A. ten Voorwerk и M.J. Staal (1998) сообщают, что частота осложнений варьирует от 20 до 75 %, в среднем составляя 42 % [35]. J.A. Turner и соавт. (1995) выявили неблагоприятные последствия в 34 % случаев [20]. T. Cameron (2004) приводит аналогичные данные о 36 % осложнений, из которых наиболее часты (22 %) проблемы с оборудованием (миграция или разрыв электрода), в то время как биологические осложнения (инфицирование послеоперационных ран, эпидуральные кровоизлияния и ликворея) составляют только 8 % [10].

В терапии FBSS осложнения ЭССМ не только разрушают противоболевой эффект, но и несут

дополнительные затраты, увеличивая и без того высокую стоимость оборудования и имплантации. К примеру, в ретроспективном 15-летнем исследовании К. Кутаг и соавт. показывают, как изменяется стоимость лечения методом ЭССМ при возникновении того или иного осложнения. Так, в начале применения ЭССМ, по данным авторов, стоимость первичной имплантации составляла 23 205 канад. долл. и затем ежегодные расходы составили 3609 долл. (с учетом замены генератора каждые 4 года). Стоимость лечения осложнений варьировала от 130 долл. (эвакуация гематомы) до 22 406 долл. (лечение глубокой инфекции раны с применением антибиотиков) и составила в среднем 7092 долл. Другими словами, развитие осложнений в среднем увеличивает ежегодные расходы вдвое. Кроме того, отрицательная тестовая стимуляция наблюдалась у 25 пациентов, ее средняя стоимость составила 7859 долларов. Из 21 пациента, кому потребовались ревизионные вмешательства, 7 отказались от продолжения лечения, и у них система ЭССМ была удалена. Стоимость 1 удаления составила в среднем 1739 долл. Если принять во внимание вышеуказанные расходы, средняя стоимость имплантации увеличивается до 24 809 долл. на 1 пациента (включая тех, у кого не было осложнений) [36].

Интересно, что авторы проанализировали не только частоту осложнений и стоимость их лечения, но и причины наиболее частых из них. Например, они выявили зависимость риска миграции электрода от места имплантации генератора. Миграцию электрода наблюдали у 3 (21 %) из 14 больных с генераторами, имплантированными в ягодичную область, и в 2 раза реже — у 15 (10 %) из 146 больных с генераторами, имплантированными в переднюю брюшную стенку. Из биологических осложнений наиболее часто встречалось инфицирование раны [36].

Частота инфекционных осложнений, по разным данным, составляет от 0 до 12 % (в среднем 5 %) [32, 34, 37]. При анализе 114 случаев воспалительных осложнений после имплантации систем ЭССМ К.А. Follett и соавт. (2004) установили, что наиболее распространенными очагами инфицирования являются подкожный карман генератора импульсов (54 %) и место соединения электрода с удлинителем (17 %). Множественные очаги инфицирования отмечены в 14 % случаев, в 8 % воспаление развилось в области имплантации электрода (поясничная область), а в 8 % очаг инфекции так и не был найден. Золотистый стафилококк был наиболее частой причиной инфицирования: он был выявлен в 48 % случаев. Удаление

системы потребовалась у 94 (82 %) из 114 пациентов [37]. Если учитывать эти данные, инфекция раны является не только самым грозным, но и самым дорогостоящим осложнением. Периоперационное введение антибиотиков при имплантации системы ЭССМ признано действенной профилактической мерой, но эффективность антибактериальной терапии в послеоперационном периоде не доказана [36–38].

В данном исследовании мы также отметили высокую эффективность ЭССМ у пациентов с FBSS. Действительно, нейропатическая боль у таких больных хорошо поддается лечению: это обусловлено достаточно большим представительством нервных волокон с нижних конечностей в задних столбах и относительно поверхностным их расположением на уровне D_9 – D_{11} , что позволяет эффективно воздействовать на них стимуляцией. Кроме того, нижнегрудной отдел позвоночника менее подвижен (в отличие, например, от шейного), что обеспечивает стабильное положение электродов, расположенных в нем и, как следствие, устойчивую стимуляцию.

У всех пациентов наблюдался стойкий обезболивающий эффект на протяжении 18 мес, и даже развитие осложнений у 12 пациентов не заставило их отказаться от ЭССМ. Действительно, все осложнения были купированы нами, стимуляция была восстановлена, однако абсолютно во всех случаях это потребовало стационарного лечения. Таким образом, число госпитализаций на 78 пациентов для имплантации систем постоянной ЭССМ составило 90, среднее количество койко-дней в этих «дополнительных» госпитализациях — 4,4. У пациентов, не имевших осложнений при имплантации систем ЭССМ, среднее количество койко-дней равнялось 6,8. Можно сказать, что за счет осложнений общее количество койко-дней увеличилось до 7,5. И хотя мы подробно не подсчитывали расходы на имплантацию систем и ликвидацию осложнений, наш опыт показал, что уменьшение частоты осложнений улучшает функциональные результаты и уменьшает расходы на лечение с применением ЭССМ в долгосрочной перспективе. Это согласуется с приведенными данными литературы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спинальная стимуляция — эффективный и безопасный метод лечения боли при FBSS, однако она имеет специфические осложнения, связанные с имплантируемыми системами. Предупреждение последних не только улучшает результаты лечения, но и уменьшает затраты на него.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Булюбаш И.Д. Синдром неудачно оперированного позвоночника: психологические аспекты неудовлетворительных исходов хирургического лечения. Хирургия позвоночника 2012;(3): 49–56. [Boulyubash I.D. Failed back surgery syndrome: psychological aspects of unsatisfactory outcomes of surgical treatment. *Khirurgiya pozvonochnika* = *Spine Surgery* 2012;(3):49–56. (In Russ.)].
2. Есин Р.Г., Данилов В.И., Минкина И.Ш., Есин О.Р. Синдром люмбоишалгии у пациентов, перенесших операцию по поводу пояснично-крестцовой радикулопатии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2009;(11):37–41. [Esin R.G., Danilov V.I., Minkina I.Sh., Esin O.R. Failed back syndrome in patients after the surgery for compressive lumbosacral radiculopathy. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova* = *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry* 2009;(11):37–41. (In Russ.)].
3. 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(4):762–70. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325731.46702.D9. PMID: 18981888.
4. Leveque J.C., Villavicencio A.T., Bulsara K.R. et al. Spinal cord stimulation for failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 2001;4(1):1–9. DOI: 10.1046/j.1525-1403.2001.00001.x. PMID: 22151565.
5. Исагулян Э.Д., Шабалов В.А. Хроническая электростимуляция спинного мозга в лечении синдрома оперированного позвоночника. Хирургия позвоночника 2014;(4):41–8. [Isagulyan E.D., Shabalov V.A. Chronic electrical stimulation of the spinal cord in the treatment of failed back surgery syndrome. *Khirurgiya pozvonochnika* = *Spine Surgery* 2014;(4):41–8. (In Russ.)].
6. Oaklander A.L., North R.B. Failed back surgery syndrome. In: Bonica's Management of Pain. Ed. by D.J. Loeser, S.H. Butler, C.R. Chapman, D.C. Turk. 3rd edition. Philadelphia, 2001. Pp. 1540–1549.
7. Павлов С.А., Шпагин М.В., Ястребов Д.Н., Степанов Д.А. Комплексная терапия остаточного болевого синдрома после дискэктомии на поясничном уровне. Медицинский альманах 2011;1(14):143–5. [Pavlov S.A., Shpagin M.V., Yastrebov D.N., Stepanov D.A. Complex therapy of rudimentary pain syndrome after discotomy at dorsolumbar level. *Meditinskii almanah* = *Medical Almanac* 2011;1(14):143–5. (In Russ.)].
8. Anderson S.R. A rationale for the treatment algorithm of failed back surgery syndrome. *Curr Rev Pain* 2000;4(5): 395–406. PMID: 10998748.
9. Павленко С.С. Эпидемиология боли. Неврологический журнал 1999;4(1): 41–6. [Pavlenko S.S. Epidemiology of pain. *Nevrologicheskii zhurnal* = *Neurological Journal* 1999;4(1):41–6. (In Russ.)].
10. Cameron T. Safety and efficacy of spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain: a 20-year literature review. *J Neurosurg* 2004;100(3 Suppl Spine):254–67. PMID: 15029914.
11. 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(4):489–91. PMID: 4952225.
12. Шабалов В.А., Исагулян Э.Д. Что делать с «трудной» болью? Электростимуляция спинного и головного мозга в лечении хронической неонкологической боли. М., 2008. 96 с. [Shabalov V.A., Isagulyan E.D. What to do with “difficult” pain? Electric stimulation of the spinal cord and brain in the treatment of chronic non-oncological pain. Moscow, 2008. 96 p. (In Russ.)].
13. Long D.M. Failed back syndrome: etiology, assessment, and treatment. In: *Surgical Management of Pain*. Ed. by K.J. Burchiel. N.Y., 2002. Pp. 354–364.
14. Javid M.J., Hader E.J. Long-term follow-up review of patients who underwent laminectomy for lumbar stenosis: a prospective study. *J Neurosurg* 1998;89(1): 1–7. DOI: 10.3171/jns.1998.89.1.0001. PMID: 9647165.
15. 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(2):361–8. DOI: 10.1227/01.NEU.0000255522.42579.EA. PMID: 17762749.
16. Meyerson B.A. Neurosurgical approaches to pain treatment. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45(9):1108–13. PMID: 11683661.
17. Kumar K., Malik S., Demeria D. Treatment of chronic pain with spinal cord stimulation versus alternative therapies: cost-effectiveness analysis. *Neurosurgery* 2002;51(1):106–15. PMID: 12182407.
18. Bell G.K., Kidd D., North R.B. Cost-effectiveness analysis of spinal cord stimulation in treatment of failed back surgery syndrome. *J Pain Symptom Manage* 1997;13(5):286–95. PMID: 9185434.
19. Burchiel K.J., Anderson V.C., Brown F.D. et al. Prospective, multicenter study of spinal cord stimulation for relief of chronic back and extremity pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21(23):2786–94. PMID: 8979327.
20. Turner J.A., Loeser J.D., Bell K.G. Spinal cord stimulation for chronic low back pain: a systematic literature synthesis. *Neurosurgery* 1995;37(6):1088–95. PMID: 8584149.
21. Melzack R., Wall P.D. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150(3699):971–9. PMID: 5320816.
22. Campbell J.N., Davis K.D., Meyer R.A. et al. The mechanism by which dorsal column stimulation affects pain: evidence for a new hypothesis. In: 6th World Congress on Pain. Adelaide (Australia), 1990.
23. Lazorthes Y., Verdier J.C., Sol J.C. Spinal cord stimulation for neuropathic pain. In: *Handbook of Clinical Neurology*. Ed. by F. Cervero, T. Jensen. Vol. 81: Pain. Elsevier, 2006. Pp. 887–899.
24. Kumar K., Toth C., Nath R.K., Laing P. Epidural spinal cord stimulation for treatment of chronic pain – some predictors of success. A 15-year experience. *Surg Neurol* 1998;50(2): 110–20. PMID: 9701116.
25. Kay A.D., McIntyre M.D., Macrae W.A., Varma T.R. Spinal cord stimulation – a long-term evaluation in patients with chronic pain. *Br J Neurosurg* 2001;15(4):335–41. PMID: 11599450.
26. Linderoth B., Fedorcsak I., Meyerson B.A. Peripheral vasodilatation after spinal cord stimulation: animal studies of putative effector mechanisms. *Neurosurgery* 1991;28(2):187–95. PMID: 1671794.
27. Molnar G., Barolat G. Principles of cord activation during spinal cord stimulation. *Neuromodulation* 2014;17(Suppl 1): 12–21. DOI: 10.1111/ner.12171. PMID: 24974772.
28. Schu S., Slotty P.J., Bara G. et al. A prospective, randomised, double-blind, placebo-controlled study to examine the effectiveness of burst spinal cord stimulation patterns for the treatment of failed back surgery syndrome. *Neuromodulation* 2014;17(5): 443–50. DOI: 10.1111/ner.12197. PMID: 24945621.
29. Van Buyten J.P., Van Zundert J., Vueghs P., Vanduffel L. Efficacy of spinal cord stimulation: 10 years of experience in a pain centre in Belgium. *Eur J Pain*

- 2001;5(3):299–307. DOI: 10.1053/eujp.2001.0249. PMID: 11558985.
30. North R.B., Ewend M.G., Lawton M.T. et al. Failed back surgery syndrome: 5-year follow-up after spinal cord stimulator implantation. *Neurosurgery* 1991;28(5):692–9. PMID: 1831547.
 31. North R.B., Kidd D.H., Farrokhi F., Piantadosi S.A. Spinal cord stimulation versus repeated lumbosacral spine surgery for chronic pain: a randomized, controlled trial. *Neurosurgery* 2005;56(1):98–106. PMID: 15617591.
 32. Quigley D.G., Arnold J., Eldridge P.R. et al. Long-term outcome of spinal cord stimulation and hardware complications. *Stereotact Funct Neurosurg* 2003; 81(1–4):50–6. DOI: 10.1159/000075104. PMID: 14742964.
 33. Simpson E.L., Duenas A., Holmes M.W. et al. Spinal cord stimulation for chronic pain of neuropathic or ischaemic origin: systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2009;13(17):1–154. DOI: 10.3310/hta13170. PMID: 19331797.
 34. Taylor R.S., Ryan J., O'Donnell R. et al. The cost-effectiveness of spinal cord stimulation in the treatment of failed back surgery syndrome. *Clin J Pain* 2010;26(6):463–9. DOI: 10.1097/AJP.0b013e3181daccce. PMID: 20551721.
 35. Ten Vaarwerk I.A., Staal M.J. Spinal cord stimulation in chronic pain syndromes. *Spinal Cord* 1998;36(10):671–82. PMID: 9800271.
 36. Kumar K., Wilson J.R., Taylor R.S., Gupta S. Complications of spinal cord stimulation, suggestions to improve outcome, and financial impact. *J Neurosurg Spine* 2006;5(3):191–203. DOI: 10.3171/spi.2006.5.3.191. PMID: 16961079.
 37. Follett K.A., Boortz-Marx R.L., Drake J.M. et al. Prevention and management of intrathecal drug delivery and spinal cord stimulation system infections. *Anesthesiology* 2004;100(6):1582–94. PMID: 15166581.
 38. Zucco F., Lavano A. Spinal cord stimulation for refractory failed back surgery syndrome patients: a cost-effective treatment in Italy (precise study). In: *INS 11th World Congress in Berlin. Neuromodulation: technology transforming chronic illness management*. Berlin, 2013.

Вклад авторов

А.Б. Дмитриев: получение данных для анализа, анализ полученных данных (включая статистический), обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;

Д.А. Рзаев: проведение операций, научное редактирование;

Н.П. Денисова: проведение операций, получение данных для анализа.

Authors' contributions

A.B. Dmitriev: obtaining data for analysis, analysis of the obtained data (including statistical), reviewing of publications of the article's theme, article writing;

D.A. Rzaev: performing surgery, article scientific editing;

N.P. Denisova: performing surgery, obtaining data for analysis.

ORCID авторов

А.Б. Дмитриев: <https://orcid.org/0000-0003-3578-6915>

Д.А. Рзаев: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

Н.П. Денисова: <https://orcid.org/0000-0002-6076-5262>

ORCID of authors

A.B. Dmitriev: <https://orcid.org/0000-0003-3578-6915>

D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

N.P. Denisova: <https://orcid.org/0000-0002-6076-5262>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Informed consent. All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 04.06.2017. **Принята к публикации:** 23.03.2018.

Article received: 04.06.2017. **Accepted for publication:** 23.03.2018.