

EDN: WPZKGW

УДК 616.8-089

DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_4_112



ПРИМЕНЕНИЕ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В ЛЕЧЕНИИ КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ОПЕРИРОВАННОГО ПОЗВОНОЧНИКА И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Александр Евгеньевич Яковлев¹

✉ aeyakovlev@yahoo.com, orcid.org/0009-0002-2773-2052

Ольга Владимировна Мухина²

mukhinaov@rmapo.ru, orcid.org/0000-0002-7536-366

Марина Владимировна Яковлева¹

yakovleva003@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2584-9188

¹ Клиника «Медэлект» (Спартаковский пер., д. 2, стр. 5, Москва, Российская Федерация, 105082)² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С. П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы (2-й Боткинский проезд, д. 5, Москва, Российская Федерация, 125284)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. В лечении пациентов с синдромом оперированного позвоночника (СОП), особенно в старших возрастных группах, отягощенных сопутствующей полиорганной патологией, все чаще используется метод стимуляции спинного мозга.**ЦЕЛЬ.** Показать влияние стимуляции спинного мозга (ССМ) на болевой синдром и на функцию сердечно-сосудистой системы.**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В исследование вошли пациенты с хроническим вертеброгенным болевым синдромом, ранее подвергшиеся реконструктивным операциям на позвоночнике и имевшие сопутствующую сердечно-сосудистую патологию, несущую высокие хирургические риски.**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Полученные данные продемонстрировали не только неврологические и противоболевые эффекты стимуляции спинного мозга, но и позитивные нейромодуляционные влияния на ряд важнейших параметров сердечно-сосудистой системы, таких как функциональный класс сердечной недостаточности, нарушения сердечного ритма, давление в легочной артерии.**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** ССМ показывает высокую степень эффективности в достижении противоболевого эффекта, улучшении качества и продолжительности жизни у пациентов с СОП, которые не рассматриваются кандидатами на повторное оперативное вмешательство. Этот подход формирует новый мультидисциплинарный принцип лечения пациентов с участием специалистов в нейрохирургии и кардиологии.**Ключевые слова:** синдром оперированного позвоночника, ишемическая болезнь сердца, фибрилляция предсердий, желудочковая экстрасистолия, легочная гипертензия, хроническая сердечная недостаточность, антиаритмическая терапия, функциональная нейрохирургия, нейромодуляция, стимуляция спинного мозга**Для цитирования:** Яковлев А. Е., Мухина О. В., Яковлева М. В. Применение стимуляции спинного мозга в лечении коморбидных пациентов с синдромом оперированного позвоночника и сердечно-сосудистой патологией // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 4. С. 112–119. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_4_112.

THE USE OF SPINAL CORD STIMULATION IN THE TREATMENT OF COMORBID PATIENTS WITH POST-LAMINECTOMY SYNDROME AND CARDIOVASCULAR PATHOLOGY

Alexander E. Yakovlev¹

✉ aeyakovlev@yahoo.com, orcid.org/0009-0002-2773-2052

Olga V. Mukhina²

mukhinaov@rmapo.ru, orcid.org/0000-0002-7536-366

Marina V. Yakovleva¹

yakovleva003@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2584-9188

¹ Medelect Clinic (2 Spartakovsky Lane, bld. 5, Moscow, Russian Federation, 105082)

² Moscow Multidisciplinary Research and Clinical Center S. P. Botkin (5 2nd Botkinsky proezd, Moscow, Russian Federation, 125284)

Abstract

INTRODUCTION. In the treatment of patients with failed back surgery syndrome (FBSS), especially in older age groups burdened with concomitant multi-organ pathology, the method of spinal cord stimulation (SCS) is increasingly used.

AIM. To show the effect of spinal cord stimulation on pain syndrome and on cardiovascular function.

MATERIALS AND METHODS. The study included patients with chronic vertebrogenic pain syndrome who had previously undergone reconstructive surgery on the spine and had concomitant cardiovascular pathology that carries high surgical risks.

RESULTS. The obtained data demonstrated not only the neurological and analgesic effects of spinal cord stimulation, but also positive neuromodulatory effects on a number of important parameters of the cardiovascular system, such as the functional class of heart failure, heart rhythm disturbances, and pulmonary artery pressure.

CONCLUSION. SCS shows a high degree of effectiveness in achieving an analgesic effect, improving the quality and duration of life in patients with FBSS who are not considered candidates for repeated surgical intervention. This approach forms a new multidisciplinary principle of patient treatment with the participation of specialists in neurosurgery and cardiology.

Keywords: failed back surgery syndrome, ischemic heart disease, atrial fibrillation, premature ventricular contractions, pulmonary hypertension, chronic heart failure, antiarrhythmic drug therapy, functional neurosurgery, neuromodulation, spinal cord stimulation

For citation: Yakovlev A. E., Mukhina O. V., Yakovleva V. V. The use of spinal cord stimulation in the treatment of comorbid patients with post-laminectomy syndrome and cardiovascular pathology. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(4):112–119. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_4_112.

Введение

За последние 30 лет стремительно увеличивается число оперативных вмешательств для лечения болевых синдромов вследствие дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника. Однако проблема боли в спине далека от своего разрешения, и, к сожалению, многие пациенты после хирургического лечения продолжают страдать от тех симптомов, что и до операции, улучшения качества жизни не происходит. Точная частота развития синдрома оперированного позвоночника (СОП) неизвестна, тем не менее общепризнанными показателями являются цифры от 10 до 40 % [1]. Лечение СОП представляет собой серьезную проблему для пациента и хирурга. Эффективным подходом в лечении СОП является мультидисциплинарный, или командный. В команду входят специалисты по лечению боли, хирурги, физиотерапевты и психологи, которые должны демистифицировать боль для пациента. Терапия синдрома СОП включает в себя консервативное лечение с назначением нестероидных противовоспалительных средств, антиконвульсантов, антидепрессантов, а иногда опиоидных препаратов. Используются минимально инвазивные вмешательства, а к хирургическим методикам прибегают в качестве последней линии тера-

пии. А. Л. Nachemson [2] показал, что частота успеха снижается с каждой повторной операцией спондилодеза у одного и того же пациента: 50 % успеха при первой повторной операции, 30 % при второй и 15 % при третьей. Лечение пожилых коморбидных пациентов с хроническим болевым синдромом вертеброгенного происхождения, особенно после реконструктивных операций на позвоночнике, является сложной медицинской проблемой, требующей мультидисциплинарного подхода. В большинстве случаев коморбидность обусловлена наличием возрастных сердечно-сосудистых патологий, таких как ишемическая болезнь сердца (ИБС), различные нарушения ритма сердца, хроническая сердечная недостаточность (ХСН). Так, ИБС и ХСН – основные причины смертности у пожилых пациентов. Фибрилляция предсердий (ФП) – самый распространенный вид нарушений сердечного ритма в популяции людей старше 60 лет, приводящий к значительному снижению качества жизни и социальной активности, высокому проценту инвалидизации, развитию сердечной недостаточности, необходимости хронического приема большого количества фармацевтических препаратов, имеющих высокую вероятность реализации системных, в том числе жизнеугрожаю-

щих побочных эффектов (кровотечения, нарушения функции щитовидной железы, проаритмогенные эффекты и т. д.) [3]. Желудочковые аритмии часто осложняют течение ИБС и ХСН и являются основной причиной внезапной сердечной смерти. Кроме того, известно, что эффективность лекарственной терапии аритмий не превышает 50 %, при этом лечение антиаритмическими препаратами абсолютно паллиативно, связано с рисками развития проаритмогенных эффектов и не влияет на продолжительность жизни [3].

СОП является показанием к хронической эпидуральной стимуляции спинного мозга (ССМ) при неэффективности консервативного лечения, отсутствии прямых безусловных показаний к повторной операции и нейрогенном характере боли. Высокая эффективность и экономическая целесообразность данного метода доказаны многократно, в том числе в хорошо организованных доказательных исследованиях. Несколько рандомизированных контролируемых исследований показали превосходство ССМ в достижении анальгезии, улучшении функционального статуса и качества жизни по сравнению с группой пациентов, у которых была проведена повторная операция на спине, или при традиционном медикаментозном лечении боли [1, 4].

На основании большого международного опыта можно судить о длительном и стабильном противоболевом эффекте хронической ССМ. Отсрочка решения о применении метода ССМ приводит только к ухудшению результатов в катамнезе.

Уже в течение последних трех десятилетий ССМ также успешно используется при лечении пациентов с рефрактерной стенокардией [5], а также начала применяться в лечении ФП [6, 7]. Опыт применения ССМ для профилактики развития ФП у пациентов после аортокоронарного шунтирования был опубликован 2022 г. [8].

Методика стимуляции спинного мозга. Для стимуляции дорсальных структур спинного мозга человека чрезкожно пунктируют эпидуральное пространство на верхнепоясничном или грудном уровне позвоночника. Один или два электрода проводятся под рент-

геновским контролем в краниальном направлении до уровня Th8-Th10 и, при необходимости, до C7-Th3, если стоит задача влияния на иннервацию сердца. Для воздействия на вегетативную регуляцию сердечной деятельности дистальный кончик электрода позиционируется на уровне нижнешейного – верхнегрудного отделов позвоночника. Сначала проводят тестовую стимуляцию течение 7–14 дней в амбулаторных условиях, приближенных к повседневным, для лучшей оценки больным динамики болевого синдрома и влияния его на повседневную активность, а также функции сердечно-сосудистой системы. Если клиницист и пациент удостоверяются в эффективности методики, то происходит установка постоянной системы для ССМ. В этом случае повторно вводят новые электроды, которые через подкожный тоннель выводят в нижнепоясничную (надъягодичную) область с хорошо развитыми мягкими тканями, и подключают к имплантируемому стимулятору, который размещается подкожно. Параметры силы тока и частоты стимуляции (обычно от 20 до 120 Гц) подбираются индивидуально, таким образом, чтобы стимуляция была переносима пациентом. Для этого выбирается сила тока на 10 % меньше вызывающей неприятные ощущения/парестезии. Длительность терапии варьирует в разных исследованиях от 6 ч в день (по 2 ч 3 раза в день) до 24 ч в сутки. Пользуясь пультом, пациент может самостоятельно регулировать длительность и параметры стимуляции, основываясь на собственных ощущениях. Имплантируемые стимуляторы представлены в двух вариантах: с подзаряжаемой (бесконтактная зарядка индукционным током) и с неподзаряжаемой батареей [9], а также могут быть совместимыми с магнитно-резонансной томографией (МРТ).

Цель исследования – оценить эффективность ССМ у пациентов с синдромом оперированного позвоночника СОП в старших возрастных группах с сопутствующей полиорганной патологией, которые не являются идеальными кандидатами на повторное хирургическое вмешательство. Изучить противоболевой, а также антиаритмический эффекты ССМ и влияние на сердечную недостаточность.

Материалы и методы

В исследование включены 5 пациентов с хроническим вертеброгенным болевым синдромом, ранее подвергшихся реконструктивным операциям на позвоночнике и имевшим сопутствующую сердечно-сосудистую патологию. Клинические данные пациентов приведены в табл. 1.

В связи с неэффективностью оперативного и последующего консервативного лечения вертеброгенного болевого синдрома, всем 5 пациентам была проведена операция имплантации постоянного нейростимулятора (рис. 1) с двумя восьмиконтактными электродами (*Medtronic Inc.*, США), установленными на уровне C7-Th3 и Th8-Th10 (рис. 2) (параметры стимуляции: частота – 60 Гц, длительность импульса – 240 мкс, амплитуда импульса – от 1,2 до 2,1 В.

Второй электрод на уровне верхнегрудного отдела был использован с целью обеспечения нейромодулирующего эффекта на вегетативную регуляцию сердца и коронарных артерий.

Операции проводили под местной анестезией с внутривенной седацией. Интра- и послеоперационных осложнений не отмечено ни в одном из 5 наблюдений.

Результаты исследования

В послеоперационном периоде у всех пациентов отмечено значительное уменьшение болевого синдрома, купирование неврологической симптоматики. Все пациенты отметили улучшение качества жизни после имплантации.

Кроме того, на фоне стимуляции верхнегрудного/нижнешейного отделов спинного моз-

Таблица 1. Исходные клинические данные пациентов

Table 1. Initial clinical data of patients

Пациент (пол, возраст)	ВАШ боли, баллы	ИБС	ФК ХСН (NYHA)	ФП	ЖА (градация по Lown)	ЛГ, мм рт. ст.
1, м., 72 года	6	АКШ	2	Персистентная	2	35
2, ж., 78 лет	8	Стент. ПМЖВ, ВТК	–	Пароксизмальная	1	28
3, м., 74 года	7	ПИКС	2	Хроническая	3	44
4, ж., 68 лет	9	–	–	Пароксизмальная	0	25
5, м., 81 год	7	ПИКС, стент. ПМЖВ, ОВ, ПКА	3	Хроническая	3	48

Примечание: здесь и далее ВТК – ветвь тупого края; ЖА – желудочковая аритмия; ЛГ – легочная гипертензия; ОВ – огибающая ветвь; ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; ПКА – правая коронарная артерия; ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь; СР – синусовый ритм; ФК – функциональный класс.



Рис. 1. Имплантируемый нейростимулятор

Fig. 1. Implantable neurostimulator

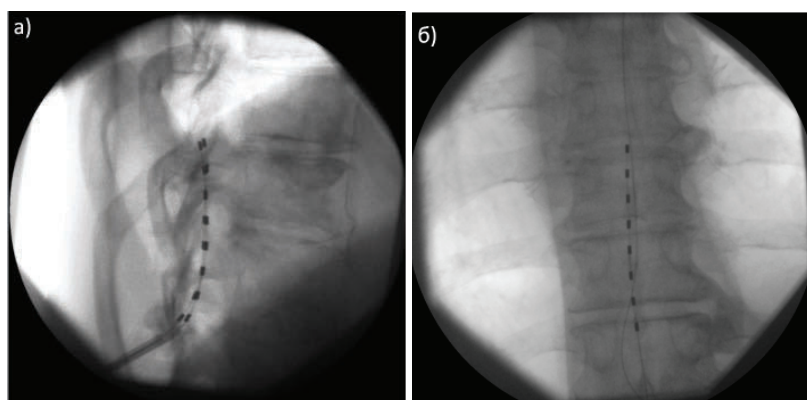


Рис. 2. Рентгенограмма – расположение электродов постоянного нейростимулятора: а – боковая проекция; б – прямая проекция

Fig. 2. X-ray – location of the permanent neurostimulator electrodes: а – lateral view; б – anteroposterior view

Таблица 2. Клинические данные пациентов на фоне проведения постоянной стимуляции спинного мозга (среднее время послеоперационного наблюдения – (14±6) месяцев)

Table 2. Clinical data of patients undergoing permanent spinal cord stimulation (average postoperative follow-up time – (14±6) months)

Пациент (пол, возраст)	ВАШ боли, баллы	ИБС	ФК ХСН (NYHA)	ФП	ЖА (градация по Lown)	ЛГ, мм рт. ст.
1, м., 72 года	1	АКШ	1	Синусовый ритм	1	30
2, ж., 78 лет	3	Стент. ПМЖВ, ВТК	–	Синусовый ритм	1	24
3, м., 74 года	2	ПИКС	1	Синусовый ритм	2	32
4, ж., 68 лет	3	–	–	Пароксизмальная	0	25
5, м., 81 год	1	ПИКС, стент. ПМЖВ, ОВ, ПКА	2	Пароксизмальная	1	35

га отмечен ряд позитивных клинических эффектов на сердечно-сосудистую систему: восстановление/стабилизация синусового ритма у пациентов, имевших диагноз «ФП», уменьшение количества желудочковых аритмий по данным холтеровского мониторингирования электрокардиограммы, улучшение показателей теста с 6-минутной ходьбой у всех 4 пациентов с ИБС. У 2 из 3 пациентов, исходно имевших вторичную легочную гипертензию, отмечено стабильное снижение давления в ЛА (табл. 2).

Кроме того, у 4 из 5 пациентов отмечено уменьшение потребности в гипотензивной терапии.

Отдельного внимания заслуживает динамика давления в легочной артерии. У тех пациентов, которые исходно не имели легочной гипертензии, давление в легочной артерии оставалось нормальным на протяжении всего времени послеоперационного наблюдения. Пациенты, исходно имевшие легочную гипертензию, наряду с уменьшением функционального

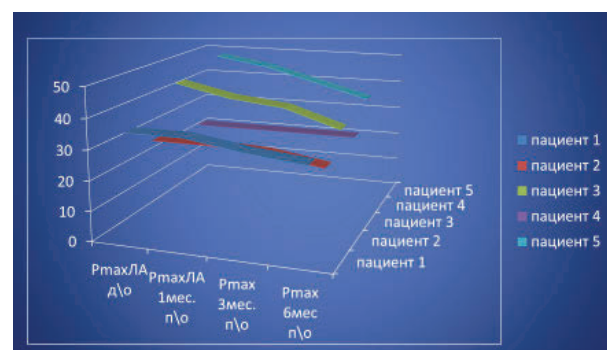


Рис. 3. Диаграмма динамики давления в легочной артерии в дооперационном периоде и на фоне постоянной стимуляции спинного мозга через 1, 3 и 6 месяцев после имплантации нейростимулятора

Fig. 3. Diagram of pressure dynamics in the pulmonary artery in the preoperative period and during continuous stimulation of the spinal cord 1, 3 and 6 months after implantation of the neurostimulator

класса СН и аритмической нагрузки (ФП и ЖА, табл. 1; 2), продемонстрировали значимое снижение давления в легочной артерии через 3 и 6 месяцев постоянной ССМ (рис. 3).

Обсуждение

В приведенных клинических наблюдениях продемонстрированы не только неврологические и противоболевые эффекты постоянной стимуляции спинного мозга, но и нейромодуляционные влияния постоянной нейростимуляции на ряд важнейших параметров сердечно-сосудистой системы, таких как функциональный класс сердечной недостаточности, нарушения сердечного ритма, давление в легочной артерии.

В настоящее время общепринятой является концепция автономной регуляции сердца, имеющей парасимпатический (холинергический) и симпатический (адренергический) отделы, согласованное взаимодействие которых определяет вегетативный баланс. Однако становится понятным, что эта концепция чрезмерно упрощена, так как сегодня известно, что интракардиальная нервная система имеет несколько ганглиев, расположенных на задней поверхности предсердий и, возможно, выполняющих функцию собственного «маленького мозга» сердца, регулирующего эфферентные влияния на миокард и принимающего афферентные сигналы от каждого сердечного сокращения. Это ганглионарное сплетение выполняет интегративные функции и находится под внешним модуляционным воздействием симпатической и парасимпатической нервной системы. Известно, что сердечные ганглии преимущественно состоят из холинергических нейронов, но в них имеется и некоторое количество симпатических эфферентных нейронов. В связи со сложными взаимосвязями между ганглиями, афферентные, механосенсорные, ноцицептивные и хемосенсорные сигналы от каждой из четырех камер сердца могут обрабатываться в пределах одного ганглия. Такая взаимосвязь определяет сложность прогнозирования эффектов стимуляции или абляции конкретного ганглия, поскольку каждый из них выполняет множество взаимозаменяемых и взаимодополняемых функций. Интракардиальная нервная система находится под постоянным влиянием вегетативной нервной системы опосредованно через экстракардиальную нервную систему. Симпатическая иннервация сердца исходит из верхнего шейного, звездча-

того и грудных ганглиев, которые связаны со спинным мозгом на уровне C1-C3, C7-Th2, Th1-Th5 соответственно. Преганглионарная парасимпатическая иннервация выходит из продолговатого мозга через блуждающий нерв, от которого отходят несколько маленьких веточек, идущих к интракардиальной нервной системе. Парасимпатическая иннервация сосредоточена вокруг синоатриального и атриовентрикулярного узлов, поэтому вагусным влияниям предсердия подвержены в большей степени, чем желудочки.

Влияние работы центральной нервной системы на электрофизиологические параметры сердца очевидно (учащение частоты сердечных сокращений, пароксизмы ФП на фоне стресса, катехоламинергическая ФЖ и т. д.) и осуществляется не только посредством вегетативной нервной системы, но и через нейрогуморальные факторы – ренин-ангиотензин-альдостероновую систему (РААС), мозговой натрийуретический пептид и пр. Совместно нейрогуморальные влияния (ВНС и РААС) модулируют множество параметров клеточной электрофизиологии миокарда – работу ионных каналов на мембране кардиомиоцита, кинетику внутриклеточного кальция, длительность потенциала действия и многое другое, что макроскопически проявляется изменением вариабельности сердечного ритма, удлинением или укорочением времени атриовентрикулярного проведения и дисперсией интервала QT. Поэтому нейрогормональная регуляция электрофизиологических показателей сердца является областью активного исследования ее потенциальных антиаритмических эффектов [10].

Основным методом нейромодуляции, применяемым в клинической практике, является ССМ. Методика ССМ в течение десятилетий с успехом используется для лечения хронической боли и рефрактерной стенокардии [5, 9, 11].

В новейших исследованиях [12–14] основное внимание уделяется эффективности ССМ в лечении хронической сердечной недостаточности. Изучение антиаритмических эффектов ССМ находится на уровне экспериментальных исследований. Поскольку ВНС играет значительную роль в возникновении и поддержании

аритмий, нейромодуляционный эффект ССМ должен быть направлен на увеличение тонуса ее парасимпатического звена и снижение симпатического. В настоящее время в литературе имеются данные нескольких экспериментальных работ, исследований на животных, результаты которых дают основания продолжать работы по изучению антиаритмических эффектов нейромодуляции посредством ССМ и поиску оптимальных зон и режимов стимуляции [15, 16].

Данные клинические наблюдения являются в настоящее время уникальной демонстрацией не только антиаритмического эффекта нейромодуляции при хронической, персистентной и пароксизмальной формах фибрилляции предсердий у пожилых коморбидных пациентов с ИБС [6, 7, 8, 17], но и демонстрируют позитивное влияние постоянной стимуляции высоких отделов спинного мозга на желудочковые аритмии и давление в легочной артерии. Более чем годичный период послеоперационного наблюдения позволяет говорить о стойких позитивных клинических эффектах спинальной стимуляции на кардиальную патологию.

Заключение

Таким образом, данные клинические наблюдения наглядно демонстрируют высокую степень эффективности нейромодуляционного воздействия стимуляции нижнегрудного и верхнегрудного отдела спинного мозга:

- 1) действенный противоболевой эффект у пациентов с СОП и улучшение качества жизни;
 - 2) выраженный стабильный антиаритмический эффект – удержание синусового ритма у пожилых пациентов с различными формами фибрилляции предсердий, безуспешно лечеными антиаритмическими препаратами;
 - 3) стойкое снижение функционального класса ХСН (улучшение показателей теста с 6-минутной ходьбой и биохимических маркеров сердечной недостаточности);
 - 4) снижение давления в легочной артерии у пациентов с исходной легочной гипертензией.
- Следует особо подчеркнуть, что все эти эффекты на фоне нейростимуляции спинного

мозга были достигнуты у пациентов с крайне неблагоприятным набором прогностических факторов и высокой вероятностью большого процента фиброзной ткани в предсердиях, в числе которых пожилой возраст, коморбидность, ИБС (в том числе постинфарктный кардиосклероз), нарушения сердечного ритма (различные формы ФП и ЖА); формирование вторичной легочной гипертензии 2–3-й ст., длительный анамнез гипертонической болезни с развитием гипертрофии миокарда левого желудочка, многососудистое поражение коронарных артерий, неэффективность антиаритмической терапии (в том числе Кордарона) и прочей кардиотропной терапии, направленной на лечение ХСН и ЛГ.

Все вышеизложенное позволяет рассматривать стимуляцию спинного мозга как высокоэффективный и нетравматичный метод нейромодуляции сердечной деятельности, воздействующий на первичные звенья патогенеза кардиологической патологии [18–20]. Для обоснования широкого внедрения в кардиологическую практику методики нейромодуляции требуются большие проспективные исследования, направленные на разработку критериев отбора и определение показаний и противопоказаний к ССМ, выявление сроков и параметров стимуляции. Но уже сегодня с уверенностью можно сказать, что формируется новая мультидисциплинарная парадигма лечения пациентов, возникающая на основе синтеза методов функциональной нейрохирургии и кардиологии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

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

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Chan C. W., Peng P. Failed back surgery syndrome. *Pain Med.* 2011;(12):577–606.
2. Nachemson A. L. Evaluation of results in lumbar spine surgery. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1993;(251):130–133.
3. Catheter Ablation vs Anti-arrhythmic Drug Therapy for Atrial Fibrillation Trial (CABANA). Thesis of Heart Rhythm Congress. 2018. Available from: [Acc.org/latest-in-cardiology/clinical-trials/2018/05/10/15/15/cabana#references-for-article](https://acc.org/latest-in-cardiology/clinical-trials/2018/05/10/15/15/cabana#references-for-article) [Accessed 15 October 2024].
4. Packer D. L., Mark D. B., Robb R. A. et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy on Mortality, Stroke, Bleeding, and Cardiac Arrest Among Patients With Atrial Fibrillation: The CABANA Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2019;321(13):1261–1274.
5. 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.
6. Mesa J., Yakovlev A. E.. Treatment of intractable angina pectoris utilizing spinal cord stimulation. *Rev Cardiovasc Med.* 2008;9(1):70–74.
7. Яковлев А. Е. и др. Первый отечественный опыт успешного применения нейростимуляции спинного мозга в комплексном лечении пациентки с перманентной формой фибрилляции предсердий и спинальным стенозом // Кардиология. 2019. Т. 59, № 9. С. 83–90. [Yakovlev A. E., Yakovleva M. V., Chaykovskaya M. K., Ardashov A. V. The first in Russia experience of successful implementation of constant neurostimulation of the spinal cord in the complex treatment of a patient with permanent form of atrial fibrillation combined with spinal stenosis. *Cardiology.* 2019;59(9):83–90. (In Russ.)].
8. Яковлев А. Е. и др. Опыт клинического наблюдения за пациентами с сочетанной кардиологической и неврологической патологией: инновационный подход к лечению фибрилляции предсердий // Вестн. аритмологии. 2019. № 1. С. 57–60. [Yakovlev A. E., Yakovleva M. V., Chaikovskaya M. K. Experience of clinical observation of patients with combined cardiologic and neurological pathology: an innovative approach to the treatment of atrial fibrillation. *Journal of Arrhythmology* 2019;1(95):57–60. (In Russ.)].
9. Romanov A., Lomivorotov V., Chernyavskiy A., Murtazin V., Kliver E., Ponomarev D., Mikheenko I., Yakovlev A., Yakovleva M., Steinberg J. Temporary Spinal Cord Stimulation to Prevent Postcardiac Surgery Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(7):754–756.
10. EFNS guidelines on neurostimulation therapy for neuropathic pain. *European Journal of Neurology.* 2007;(14):952–970.
11. Parati G., Esler M. The human sympathetic nervous system: its relevance in hypertension and heart failure. *Eur Heart J.* 2012;33(9):1058–1066.
12. Henderson J. M., Levy R. M. et al. NANS Training Requirements for Spinal Cord Stimulation Devices: Selection, Implantation and Follow-up. *Neuromodulation: Technology at the neural interface.* 2009;12(3) :171–174. cThe DEFEAT-HF Study. Douglas P. Zipes, Petr Neuzil, Heinz Theres, David Caraway, PHD, Douglas L. Mann, Clas Mannheimer, Peter Van Buren, et al. *JACC. Heart Failure.* 2016;4(2).
13. Lopshire J. C., Zipes D. P. Device therapy to modulate the autonomic nervous system to treat heart failure. *Curr Cardiol. Rep* 2012;14(5):593–600.
14. Singh J. P., Kandala J., John Camm A. Non-pharmacological modulation of the autonomic tone to treat heart failure. *Eur Heart J.* 2014;35(2):77–85.
15. Zipes D. P., Rubart M. Neural modulation of cardiac arrhythmias and sudden cardiac death. *Heart Rhythm.* 2006;3(1):108–113.
16. Shen M. J., Choi E. K., Tan A. Y. et al. Neural mechanisms of atrial arrhythmias. *Nat Rev Cardiol.* 2012;9(1):30–39.
17. Yakovlev A. E., Yakovleva M. V. The use of spinal cord stimulation for the patient with ventricular arrhythmia, atrial fibrillation and pulmonary hypertension. *Creative Cardiology.* 2024;18(1):104–112.
18. Sousa-Pinto B., Ferreira-Pinto M. J., Santos M., Leite-Moreira A. F. Central nervous system circuits modified in heart failure: pathophysiology and therapeutic implications. *Heart Fail Rev.* 2014;19(6):759–779.
19. Takashi Kusayama et al. Neural Mechanisms and Therapeutic Opportunities for Atrial Fibrillation. *Methodist Debaquey Cardiovasc J.* 2021;17(1):43–47.
20. Peter Hanna et al. Neuroscientific therapies for atrial fibrillation. *ESC, Cardiovascular Research.* 2021;(117):1732–1745.

Сведения об авторах

Александр Евгеньевич Яковлев – врач-нейрохирург, руководитель Клиники «Медэлект» (Москва, Россия);
 Ольга Владимировна Мухина – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, ассистент кафедры Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Московского много-

профильного научно-клинического центра им. С. П. Боткина (Москва, Россия);

Марина Владимировна Яковлева – кандидат медицинских наук, врач-кардиолог, главный врач Клиники «Медэлект» (Москва, Россия).

Information about the authors

Alexander E. Yakovlev – Neurosurgeon, Head, Medelect Clinic (Moscow, Russia);
 Mukhina Olga Vladimirovna – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Assistant at the Department of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,

Moscow Multidisciplinary Research and Clinical Center S. P. Botkin (Moscow, Russia);

Marina V. Yakovleva – Cand. of Sci. (Med.), Cardiologist, Chief Physician, Medelect Clinic (Moscow, Russia).

Принята к публикации 29.11.2024

Accepted 29.11.2024