



Оригинальная статья

Влияние стимуляции спинного мозга на коррекцию застываний при ходьбе у пациентов с болезнью Паркинсона и прогрессирующим надъядерным параличом: серия клинических наблюдений

Ковалев В.В.¹ • Бриль Е.В.^{1,2} • Семенов М.С.¹ • Селивёрстов Ю.А.³ • Лепсверидзе Л.Т.¹

Ковалев Владислав Викторович – врач-невролог отделения нейрохирургии¹

✉ 121979, г. Москва, ул. Исаковского, 14–1–158, Российская Федерация. Тел.: +7 (926) 882 87 74. E-mail: sh4792@mail.ru

Бриль Екатерина Витальевна – канд. мед. наук, руководитель Федерального неврологического центра экстрапиримидных заболеваний и психического здоровья¹; доцент кафедры неврологии с курсом рефлексологии и мануальной терапии терапевтического факультета²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-4490>. E-mail: e.brill@inbox.ru

Семенов Максим Сергеевич – канд. мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии, доцент кафедры неврологии с курсом нейрохирургии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования¹. E-mail: msemenov1983@gmail.com

Селивёрстов Юрий Александрович – канд. мед. наук, врач-невролог высшей категории³; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6400-6378>. E-mail: doctor.goody@gmail.com

Лепсверидзе Леван Теймуразович – канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения нейрохирургии¹. E-mail: neuroleps@gmail.com

Актуальность. Застывания при ходьбе (фризинги) при болезни Паркинсона (БП), а также при прогрессирующем надъядерном параличе (ПНП) оказывают значительное негативное влияние на качество жизни пациентов, степень инвалидизации и риск падений. Отличительная черта фризингов – плохой ответ на медикаментозную терапию. Согласно данным опубликованных в последнее десятилетие открытых клинических исследований и описаний серий клинических наблюдений, в качестве одного из методов коррекции этого типа двигательных расстройств может рассматриваться стимуляция спинного мозга (ССМ).

Материал и методы. Представлена серия клинических наблюдений пациентов с БП и ПНП, перенесших имплантацию системы хронической эпидуральной ССМ на среднем грудном уровне для коррекции застываний при ходьбе. Через 2 и 5 месяцев проводили оценку эффективности хирургического лечения с применением следующих шкал и опросников: части III унифицированной шкалы оценки БП Международного общества по БП и двигательным расстройствам (Unified Parkinson's Disease Rating Scale of Movement Disorder Society, MDS-UPDRS), опросника по застываниям FOG-Q (Freezing of Gait Questionnaire), шкалы оценки баланса и уверенности движений при определенных видах активности (Activities-Specific Balance Confidence Scale, ABC), краткой формы опросника качества жизни при БП PDQ-8 (Parkinson's Disease Questionnaire-8), теста на время «Встань и иди» (Timed Up and Go Test, TUG), теста 10-метровой ходьбы (10 Meter Walk Test). Пациенты опрашивались на предмет возможных нежелательных реакций после проведения процедуры.

Результаты. У 4 пациентов (2 с БП и 2 с ПНП) собраны результаты 5-месячной оценки. Нежелательных явлений, связанных с ССМ, не зарегистрировано. Уменьшение тяжести двигательных проявлений по шкале MDS-UPDRS, часть III наблюдали только у 1 пациента, страдавшего БП. У 3 пациентов регистрировали увеличение скорости прохождения дистанции в 10 метров и выполнения TUG-теста. Все пациенты указывали на улучшение качества жизни (согласно опроснику PDQ-8) и повышение уверенности в поддержании равновесия (согласно опроснику ABC) ко 2-му месяцу после хирургического лечения, однако к 5-му месяцу вновь отмечалась отрицательная динамика.

Заключение. Во всех 4 клинических наблюдениях применение метода ССМ было безопасным. Отмечено позитивное влияние ССМ на коррекцию фризингов и пострурального баланса при БП и ПНП. Однако продолжительность терапевтического эффекта может варьировать.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона, прогрессирующий надъядерный паралич, застывания при ходьбе, фризинги, стимуляция спинного мозга

Для цитирования: Ковалев ВВ, Бриль ЕВ, Семенов МС, Селивёрстов ЮА, Лепсверидзе ЛТ. Влияние стимуляции спинного мозга на коррекцию застываний при ходьбе у пациентов с болезнью Паркинсона и прогрессирующим надъядерным параличом: серия клинических наблюдений. Альманах клинической медицины. 2022;50. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-029.

Поступила 30.05.2022; доработана 28.08.2022; принята к публикации 30.08.2022; опубликована онлайн 16.09.2022

¹ ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России; 123098, г. Москва, ул. Маршала Новикова, 23, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1–1, Российская Федерация

³ ООО «Центр эпилептологии и неврологии им. А.А. Казаряна»; 119136, г. Москва, 1-й Сетуньский проезд, 5, Российская Федерация

По мере прогрессирования болезни Паркинсона (БП) нередко бывает недостаточно корректировать моторные симптомы только медикаментозными методами. Более того, ряд моторных расстройств при БП, таких как тремор и постуральная неустойчивость, могут быть и вовсе рефрактерны к медикаментозной терапии. При невозможности добиться удовлетворительного контроля моторных проявлений на развернутой стадии заболевания возникает потребность в применении хирургических методов лечения. Большинство из них направлено на деструкцию или стимуляцию глубоких структур головного мозга (англ. deep brain stimulation, DBS), а также на обеспечение непрерывной дофаминергической стимуляции. Несмотря на внушительный спектр терапевтических методик, наличие аксиальной моторной симптоматики остается предиктором неблагоприятного исхода лечения [1].

Как правило, аксиальные моторные симптомы развиваются на развернутых стадиях течения БП и вследствие плохого ответа на терапию оказываются наиболее инвалидизирующими [2]. Помимо нарушений позы, походки и постурального баланса к аксиальным моторным симптомам относятся феномен застывания при ходьбе (фризинги), для которого характерны относительно короткие пароксизмальные эпизоды нарушения способности инициировать ходьбу или продолжать движения. Чаще застывания характерны для БП, но могут встречаться и в ряде фенотипов прогрессирующего надъядерного паралича (ПНП), при паркинсоническом типе мультисистемной атрофии, а также в рамках нейродегенерации с дефицитом пантотенаткиназы и накоплением железа [3, 4]. Обычно эпизоды застываний короткие и длятся не более 3–10 секунд. По мере прогрессирования заболевания их длительность может достигать нескольких минут и даже приводить к тотальной акинезии. Частота встречаемости фризингов при БП коррелирует с длительностью течения заболевания, однако данный симптом может встречаться и на ранних стадиях. К факторам риска развития фризингов относят также мужской пол, раннее развитие нарушений ходьбы, выраженный когнитивный дефицит, прием высоких доз леводопы, значительную дофаминергическую денервацию полосатого тела и изменение экспрессии β -амилоида 1-42 ($A\beta$ -42), определяемого в цереброспинальной жидкости [5, 6]. Пока не установлено единого патогенетического механизма развития данного феномена. Вместе с тем в исследовании с применением

позитронно-эмиссионной томографии установлена связь застываний с нарушением мультимодальной интеграции на разных уровнях контроля локомоторной функции [7].

В последние годы значительно возрос интерес к изучению спинальной стимуляции как новому методу коррекции моторных проявлений БП и ПНП. Стимуляция спинного мозга (ССМ) – малоинвазивная хирургическая методика с доказанной эффективностью в терапии хронических болевых синдромов, спинальной травмы, а также спастических состояний различного генеза. Опубликованы несколько описаний клинических наблюдений применения ССМ у пациентов с БП по поводу хронических болевых синдромов, где отмечен позитивный эффект в отношении двигательных функций [8, 9]. R. Fuentes и соавт. представили результаты исследования применения ССМ на верхнегрудном уровне в модели экспериментальных животных с лекарственным паркинсонизмом, что послужило стимулом к более тщательному изучению ее эффектов, в особенности возможности применения для коррекции нарушений ходьбы [10]. Анализируя единичные описания клинических случаев, а также немногочисленные открытые клинические исследования в данной области, можно предположить, что ССМ малоэффективна в отношении основных проявлений БП – брадикинезии и тремора, но может быть эффективна в отношении аксиальной моторной симптоматики, в частности постуральной неустойчивости и феномена застывания при ходьбе [11, 12].

Материал и методы

Работа представляет собой описание серии клинических наблюдений применения тонической эпидуральной ССМ на среднегрудном уровне у пациентов с БП и ПНП, наблюдающихся в Федеральном неврологическом центре экстрапиримидных заболеваний и психического здоровья ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России и Научного центре неврологии. Хирургическое лечение проводили на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России в период с 01.10.2020 по 01.04.2022. Критерием отбора пациентов служила клинически верифицированная идиопатическая БП (отвечающая диагностическим критериям Международного общества двигательных расстройств, 2015), стадии 3–4 по шкале Хен – Яра с наличием застываний и других аксиальных моторных проявлений, а также клинически верифицированный (вероятный) ПНП (отвечающий обновленным критериям



Международного общества двигательных расстройств, 2017), фенотип акинезии с прогрессирующими застываниями. На дооперационном этапе все пациенты прошли комплексное неврологическое, лабораторное и инструментальное обследование, включающее магнитно-резонансную томографию головного мозга, с целью исключения ранее перенесенного нарушения мозгового кровообращения и других возможных неврологических заболеваний.

Всем пациентам в условиях общей анестезии была выполнена имплантация системы хронической эпидуральной нейростимуляции Medtronic PrimeAdvanced с применением парных цилиндрических 8-канальных электродов. Электроды были установлены на среднем грудном уровне (Th7–Th10) эпидурально в проекции медиальных отделов задних столбов спинного мозга. Регистрировались нежелательные реакции, ассоциированные с процедурой. С целью оценки эффективности проводилось комплексное обследование, включавшее оценку неврологического статуса до операции, через 2 и 5 месяцев после хирургического лечения с использованием следующих шкал и опросников: части III унифицированной шкалы оценки БП Международного общества по БП и двигательным расстройствам (Unified Parkinson's Disease Rating Scale of Movement Disorder Society, MDS-UPDRS), опросника по застываниям FOG-Q (Freezing of Gait Questionnaire), шкалы оценки баланса и уверенности движений при определенных видах активности (Activities-Specific Balance Confidence Scale, ABC), краткой формы опросника качества жизни при БП PDQ-8 (Parkinson's Disease Questionnaire-8), теста на время «Встань и иди» (Timed Up and Go Test, TUG), теста 10-метровой ходьбы (10 Meter Walk Test). TUG-тест и тест 10-метровой ходьбы выполнялись через 40–60 минут после приема препаратов леводопы.

Протокол исследования утвержден локальным этическим комитетом при ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России (заседание локального этического комитета от 03.09.2020 № 38а). Все пациенты перед участием в исследовании добровольно подписали информированное согласие на обследование и лечение.

Результаты

В течение 6 месяцев были обследованы 4 пациента.

Пациенты 1 и 2, мужского пола, 71 и 76 лет соответственно, страдали идиопатической БП (стадии 3 и 4 по Хен – Яру). Средняя длительность течения заболевания – 10 лет. Оба пациента

находились на дофаминергической терапии: суммарная суточная доза в пересчете на леводопу составила 875 и 1000 мг соответственно. В обоих случаях в клинической картине наблюдалась аксиальная моторная симптоматика, которая была представлена нарушениями постурального баланса, камптокормией и феноменом застывания при ходьбе. Пациент 2 изначально имел более тяжелый функциональный статус и передвигался исключительно с опорой на ходунки. Оба пациента страдали от хронической фармакорезистентной люмбоишалгии, обусловленной дегенеративными изменениями позвоночника и нарушением осевого баланса, что, в свою очередь, выступало в качестве еще одного показателя для имплантации системы хронической спинальной стимуляции.

Пациенты 3 и 4, мужского пола, 65 и 62 лет соответственно, страдали ПНП и имели сходный фенотип: акинезия с прогрессирующими застываниями. Средняя длительность течения заболевания составила 3 года. Пациенты из группы ПНП также получали препараты леводопы в суммарной суточной дозе 600 и 500 мг соответственно, но без существенного эффекта.

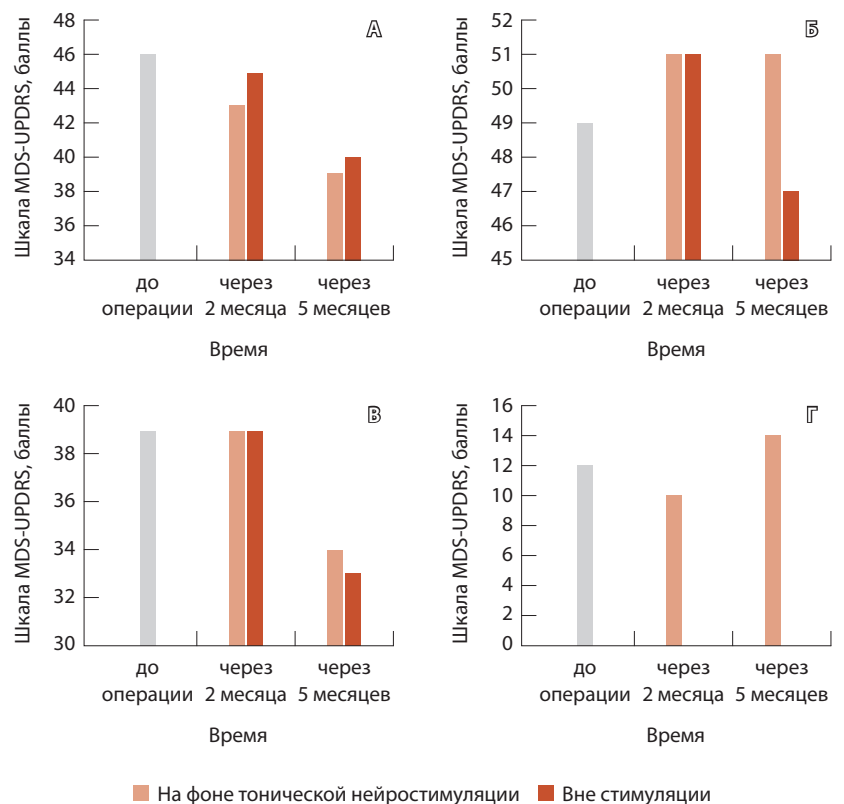


Рис. 1. Оценка по шкале MDS-UPDRS, часть III: А – пациент 1, Б – пациент 2, В – пациент 3, Г – пациент 4

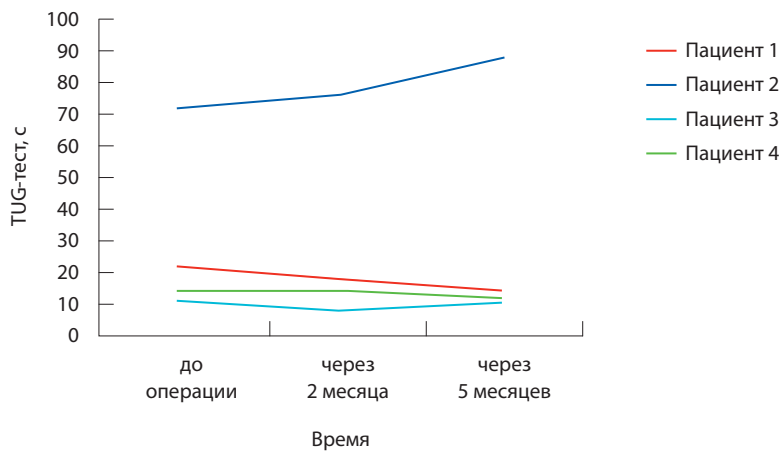


Рис. 2. Время выполнения TUG-теста

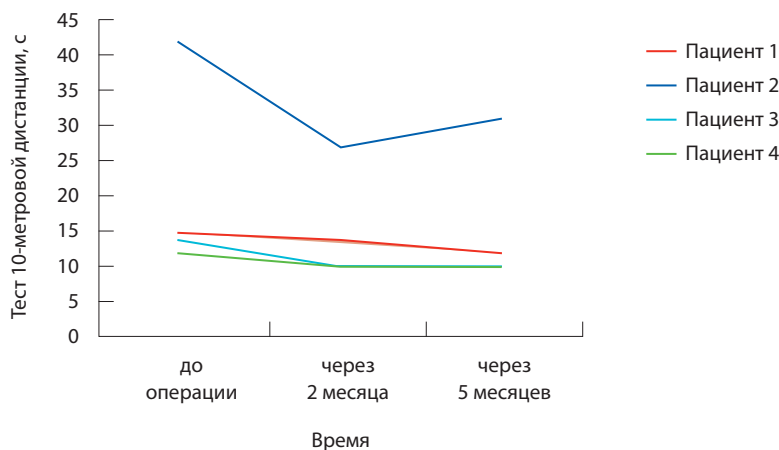


Рис. 3. Время прохождения 10-метровой дистанции

Первичное программирование нейростимулятора осуществлялось в течение первых 2 недель после хирургического лечения с подбором оптимальных параметров стимуляции в диапазоне частот от 60 до 130 Гц с длительностью импульса 200–400 мкс, интенсивность тонической стимуляции была надпороговой и устанавливалась индивидуально в зависимости от субъективных ощущений пациента. При подборе программы в некоторых случаях отмечали парестезии, однако они не влияли на качество жизни и нормально переносились пациентами.

Оценку пациентов по шкале MDS-UPDRS выполняли на фоне продолжающейся тонической нейростимуляции и через 1 неделю после ее отмены. Оценить неврологический статус пациента 4 вне стимуляции не удалось вследствие невозможности его госпитализации. Через 2 и 5 месяцев после операции только у пациента 1 определялась

тенденция к снижению баллов по шкале MDS-UPDRS, часть III (оценка на фоне стимуляции спустя 2 месяца после хирургического лечения снизилась на 6,5%, спустя 5 месяцев – на 15,2%). У остальных же пациентов динамика была разнонаправленной (рис. 1).

Несмотря на отсутствие четкого тренда на регрессию баллов по шкале MDS-UPDRS, часть III, у 3 из 4 пациентов регистрировали улучшение ходьбы при выполнении TUG-теста (рис. 2) и увеличение скорости прохождения дистанции в 10 метров (рис. 3). Исключение составил пациент 2, имевший исходно существенно более тяжелый функциональный статус. По результатам оценки по опросникам ABC и PDQ-8 на 2-й месяц после хирургического лечения все пациенты отмечали улучшение, однако к 5-му месяцу вновь возникала тенденция к субъективному ухудшению состояния (таблица).

Обсуждение и заключение

Малое число наблюдений и неоднородность пациентов не позволили провести статистический анализ, соответственно, невозможно было составить достоверное суждение об эффективности ССМ в отношении коррекции двигательных нарушений. Это может быть определено только по результатам дальнейшего долгосрочного проспективного исследования. Вместе с тем в ходе наблюдения за прооперированными пациентами не было отмечено клинически значимых послеоперационных осложнений как в раннем, так и в отдаленном периоде, что подтверждает ранее постулированный тезис о безопасности методики.

Помимо прочего, данная работа, с одной стороны, еще раз указала на слабые стороны дизайна исследований, объектом изучения которых выбираются эффекты тонической стимуляции, а с другой стороны, наметила пути решения этой проблемы. Одна из специфических особенностей тонической стимуляции – развитие зоны наведенной парестезии, что обусловлено воздействием поля электромагнитной индукции на структуры, входящие в состав чувствительных афферентных трактов (дорсальные столбы, нейроны задних рогов). Данная особенность делает невозможным включение группы плацебо-контроля, так как испытуемому известно, функционирует ли в настоящий момент стимулятор. Этот «изъян» тонической стимуляции отсутствует в стимуляторах нового поколения, использующих протокол Burst, то есть протокол повторяющихся высокочастотных стимулов, применяемый в транскраниальной магнитной стимуляции (англ. transcranial



Результаты оценки по опросникам PDQ-8, ABC, FOG-Q

№ пациента	PDQ-8, %	ABC, %	FOG-Q, баллы
Пациент 1			
до операции	84,4	41,9	14
через 2 месяца	62,5	46,88	17
через 5 месяцев	53,16	48,44	11
Пациент 2			
до операции	50	33,75	19
через 2 месяца	28,13	41,88	16
через 5 месяцев	43,75	32,19	19
Пациент 3			
до операции	59,38	33,75	15
через 2 месяца	43,75	35,31	17
через 5 месяцев	50	39,06	17
Пациент 4			
до операции	43,75	66,9	14
через 2 месяца	21,9	75,9	8
через 5 месяцев	31,25	58,13	10

magnetic stimulation, TMS) [13]. Очевидно, что внедрение данного протокола нейромодуляции

Дополнительная информация

Финансирование

Работа выполнена в рамках проведения диссертационного исследования В.В. Ковалева. Финансирование (в частности закупка систем спинальной стимуляции Medtronic PrimeAdvanced: генераторы, цилиндрические 8-канальные электроды) осуществлено за счет средств, выделенных для оказания высокотехнологичной медицинской помощи на отделение нейрохирургии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России.

Конфликт интересов

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

позволит избежать ошибок, связанных с оценкой и интерпретацией результатов подобных работ.

Аксиальные симптомы появляются на развращенной стадии БП и плохо реагируют на медикаментозную терапию, значительно ухудшая качество жизни больных. При ПНП застывания и постуральная неустойчивость возникают в более ранние сроки и также выступают инвалидирующим фактором, приводящим к падениям и травмам. В связи с этим, учитывая опубликованные к настоящему времени случаи положительного влияния ССМ на указанные моторные расстройства, данный метод представляет интерес и может быть рассмотрен в будущем как «терапия спасения» в случаях отсутствия ответа на медикаментозную терапию или глубокую стимуляцию мозга. На основании наблюдений за описанными в настоящей статье пациентами с БП и ПНП можно предположить достаточно высокий профиль безопасности методики ССМ и ее потенциальную эффективность в отношении коррекции застываний, имея в виду возможный механизм действия через стимуляцию проводников глубокой чувствительности и модуляцию тем самым системы локомоторных ядер ствола. ☺

Участие авторов

В.В. Ковалев – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ полученных данных, написание текста; Е.В. Бриль – концепция и дизайн исследования, обработка данных, редактирование текста, утверждение итогового варианта текста рукописи; М.С. Семенов и Л.Т. Лепсвердизе – хирургический этап лечения, редактирование текста; Ю.А. Селивёрстов – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, редактирование текста. Все авторы прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией, согласны нести ответственность за все аспекты работы и гарантируют, что ими надлежащим образом были рассмотрены и решены вопросы, связанные с точностью и добросовестностью всех частей работы.

Литература / References

- Sharma VD, Patel M, Miocinovic S. Surgical Treatment of Parkinson's Disease: Devices and Lesion Approaches. *Neurotherapeutics*. 2020;17(4):1525–1538. doi: 10.1007/s13311-020-00939-x.
- Fasano A, Aquino CC, Krauss JK, Honey CR, Bloem BR. Axial disability and deep brain stimulation in patients with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2015;11(2):98–110. doi: 10.1038/nrneuro.2014.252.
- Cucca A, Biagioni MC, Fleisher JE, Agarwal S, Son A, Kumar P, Brys M, Di Rocco A. Freezing of gait in Parkinson's disease: from pathophysiology to emerging therapies. *Neurodegener Dis Manag*. 2016;6(5):431–446. doi: 10.2217/nmt-2016-0018.
- Hogarth P. Neurodegeneration with brain iron accumulation: diagnosis and management. *J Mov Disord*. 2015;8(1):1–13. doi: 10.14802/jmd.14034.
- Gao C, Liu J, Tan Y, Chen S. Freezing of gait in Parkinson's disease: pathophysiology, risk factors and treatments. *Transl Neurodegener*. 2020;9:12. doi: 10.1186/s40035-020-00191-5.
- Kim R, Lee J, Kim HJ, Kim A, Jang M, Jeon B, Kang UJ. CSF β -amyloid42 and risk of freezing of gait in early Parkinson disease. *Neurology*. 2019;92(1):e40–e47. doi: 10.1212/WNL.0000000000006692.
- Tard C, Delval A, Devos D, Lopes R, Lefant P, Dujardin K, Hossein-Foucher C, Semah F, Duhamel A, Defebvre L, Le Jeune F, Moreau C. Brain metabolic abnormalities during gait with freezing in Parkinson's disease. *Neuroscience*. 2015;307:281–301. doi: 10.1016/j.neurosci.2015.08.063.
- Fénelon G, Goujon C, Gurruchaga JM, Cesaro P, Jarraya B, Palfi S, Lefaucheur JP. Spinal cord stimulation for chronic pain improved motor function in a patient with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2012;18(2):213–214. doi: 10.1016/j.parkreldis.2011.07.015.
- Nishioka K, Nakajima M. Beneficial Therapeutic Effects of Spinal Cord Stimulation in Advanced Cases of Parkinson's Disease With Intractable Chronic Pain: A Case Series. *Neuromodulation*. 2015;18(8):751–753. doi: 10.1111/ner.12315.



10. Fuentes R, Petersson P, Siesser WB, Caron MG, Nicoletis MA. Spinal cord stimulation restores locomotion in animal models of Parkinson's disease. *Science*. 2009;323(5921):1578–1582. doi: 10.1126/science.1164901.
11. Fonoff ET, de Lima-Pardini AC, Coelho DB, Monaco BA, Machado B, Pinto de Souza C, Dos

Santos Ghilardi MG, Hamani C. Spinal Cord Stimulation for Freezing of Gait: From Bench to Bedside. *Front Neurol*. 2019;10:905. doi: 10.3389/fneur.2019.00905.

12. de Andrade EM, Ghilardi MG, Cury RG, Barbosa ER, Fuentes R, Teixeira MJ, Fonoff ET. Spinal cord stimulation for Parkinson's disease: a sys-

tematic review. *Neurosurg Rev*. 2016;39(1):27–35. doi: 10.1007/s10143-015-0651-1.

13. De Ridder D, Vanneste S. Burst and Tonic Spinal Cord Stimulation: Different and Common Brain Mechanisms. *Neuromodulation*. 2016;19(1):47–59. doi: 10.1111/ner.12368.

Spinal cord stimulation for freezing of gait in Parkinson's disease and progressive supranuclear palsy: a case series

V.V. Kovalev¹ • E.V. Bril^{1,2} • M.S. Semenov¹ • Yu.A. Seliverstov³ • L.T. Lepsveridze¹

Background: Freezing of gait (FOG) in Parkinson's disease (PD) and progressive supranuclear palsy (PSP) exert a significant adverse impact on the patients' quality of life, the degree of their disability, and the risk of falls. A specific characteristic of FOG is a poor response to medical treatment. According to the data of open-label clinical trials and clinical case series published in the last decade, spinal cord stimulation (SCS) can be considered as one of the methods to improve this type of movement disorders.

Materials and methods: We present a clinical series of patients with PD and PSP, who underwent implantation of a chronic epidural SCS system at the mid-thoracic level to correct FOG. The efficacy of surgical treatment was assessed at 2 and 5 months with the following scales and questionnaires: part III Unified Parkinson's Disease Rating Scale of Movement Disorder Society (MDS-UPDRS), Freezing of Gait Questionnaire (FOG-Q), Activity-Specific Balance Confidence Scale (ABC), Parkinson's Disease Quality of Life Questionnaire-8 (PDQ-8), Time up and Go Test (TUG), 10 Meter Walk Test. The patients were asked to report possible adverse reactions after the procedure.

Results: The results of a 5-month follow-up were obtained from 4 patients (2 with PD and 2 with PSP). There were no adverse events associated with SCS. Only one patient with PD experienced a decrease

in the severity of motor symptoms according to the MDS-UPDRS part III scale. An increase in the speed of 10 meters' walking distance and TUG test performance was observed in 3 patients. All patients reported an improvement in the quality of life (according to the PDQ-8 questionnaire) and confidence in maintaining balance (according to the ABC questionnaire) by month 2 after surgery. However, at month 5, a negative trend was noted again.

Conclusion: The SCS method was safe in all 4 clinical cases described. There was a positive effect of SCS on the improvement of FOG and postural balance in PD and PSP. However, the duration of the therapeutic effect may vary.

Key words: Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy, freezing of gait, spinal cord stimulation

For citation: Kovalev VV, Bril EV, Semenov MS, Seliverstov YuA, Lepsveridze LT. Spinal cord stimulation for freezing of gait in Parkinson's disease and progressive supranuclear palsy: a case series. *Almanac of Clinical Medicine*. 2022;50. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-029.

Received 30 May 2022; revised 28 August 2022; accepted 30 August 2022; published online 16 September 2022

Vladislav V. Kovalev – Neurologist, Department of Neurosurgery¹

✉ Ul. Isakovskogo 14–1–158, Moscow, 121979, Russian Federation. Tel.: +7 (926) 882 87 74. E-mail: sh4792@mail.ru

Ekaterina V. Bril – MD, PhD, Head of Federal Research Center of Extrapyramidal Disorders and Mental Health¹; Associate Professor, Chair of Neurology with a Course of Reflexology and Manual Therapy, Therapeutic Faculty²; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-4490>. E-mail: e.brill@inbox.ru

Maksim S. Semenov – MD, PhD, Head of Department of Neurosurgery, Associate Professor, Chair of Neurology with a Course of Neurosurgery, Biomedical University of Innovations and Continuous Education¹. E-mail: msemenov1983@gmail.com

Yury A. Seliverstov – MD, PhD, Neurologist of Superior Expert Category³; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6400-6378>. E-mail: doctor.goody@gmail.com

Levan T. Lepsveridze – MD, PhD, Neurosurgeon, Department of Neurosurgery¹. E-mail: neuroleps@gmail.com

Funding

The study was performed as a part of the thesis research by Vladislav V. Kovalev. The study (in particular, the purchase of spinal cord stimulation systems Medtronic PrimeAdvanced: generators, cylindrical 8-channel electrodes) was financed from the budget allocated for high technology medical care to the Department of Neurosurgery, A.I. Burnazyan State Medical Research Center.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests as per this article.

Authors' contribution

V.V. Kovalev, the study concept and design, data collection, management, and analysis, text writing; E.V. Bril, the study concept and design, data management, text editing, approval of the final version of the manuscript; M.S. Semenov and L.T. Lepsveridze, surgical procedures, text editing; Yu.A. Seliverstov, the study concept and design, data collection and management, text editing. All the authors have read and approved the final version of the manuscript before submission, agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

¹ A.I. Burnazyan State Medical Research Center; ul. Marshala Novikova 23, Moscow, 123098, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; ul. BARRIKADNAYA 2/1–1, Moscow, 125993, Russian Federation

³ Center of Epileptology and Neurology named after A.A. Kazaryan; 1-y Setun'skiy proezd 5, Moscow, 119136, Russian Federation