

ГЛУБОКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ МОЗГА: ПОКАЗАНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА, ЭФФЕКТЫ, ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА И СИНДРОМЕ ТУРЕТТА

А.С. Темишиев¹, С.С-Х. Гаибов^{1,2}, Е.В. Захарчук^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственные медицинский университет» МЗ РФ, г. Тюмень, Россия

²ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница №2», г. Тюмень, Россия

DEEP BRAIN STIMULATION: INDICATIONS, ADVANTAGES, EFFECTS, FEATURES OF APPLICATION IN PARKINSON'S DISEASE AND TOURETTE'S SYNDROME

A.S. Temishev¹, S.S-Kh. Gaibov^{1,2},
E.V. Zakharchuk^{1,2}

¹Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

²Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

Сведения об авторах:

Темишиев Азамат Сайдуллаевич – врач-ординатор (ORCID iD: 0009-0002-7509-9714). Место работы и должность: ординатор кафедры неврологии с курсом нейрохирургии Института клинической медицины ФГБОУ ВО «Тюменский государственные медицинский университет» Минздрава России. Адрес: Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54. Электронная почта: medik@azatem.ru

Гаибов Сайди Сайт-Хусейнович – кандидат медицинских наук (SPIN-код: 4193-2273; ORCID iD: 0000-0002-5554-4588; AuthorID: 775592). Место работы и должность: доцент кафедры неврологии с курсом нейрохирургии Института клинической медицины ФГБОУ ВО «Тюменский государственные медицинский университет» Минздрава России. Адрес: Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54; врач-нейрохирург отделения нейрохирургии ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2». Адрес: Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 75. Электронная почта: s-stavros@mail.ru

Захарчук Екатерина Владимировна – врач-нефролог (ORCID iD: 0000-0002-1317-5219). Место работы и должность: ассистент кафедры неврологии с курсом нейрохирургии Института клинической медицины ФГБОУ ВО «Тюменский государственные медицинский университет» Минздрава России. Адрес: Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 54; врач-нейрохирург отделения нейрохирургии ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2». Адрес: Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 75. Электронная почта: katgor@yandex.ru

Глубокая стимуляция мозга (ГСМ, или DBS – Deep Brain Stimulation) является одним из самых прогрессивных методов лечения тяжёлых неврологических и психиатрических заболеваний. Метод представляет собой нейрохирургическую процедуру, при которой электроды имплантируются в определённые области головного мозга. Эти электроды подключены к устройству, генерирующему электрические импульсы для модуляции нейронной активности. ГСМ зарекомендовала себя как эффективное средство в лечении таких заболеваний, как болезнь Паркинсона (БП), эссенциальный трепор, дистония и синдром Туэтта (СТ). В данном обзоре рассмотрены основные показания, преимущества, механизмы действия, результаты применения метода, а также его место в современной клинической практике.

Ключевые слова: глубокая стимуляция мозга, DBS, хирургическое лечение экстрапирамидных заболеваний

Идея применения электрической стимуляции мозга для лечения неврологических расстройств берёт начало в середине XX века. Первые эксперименты на животных и ограниченные клинические исследования у людей показали, что электрическая активация определённых зон мозга может изменять двигательную активность [1].

В 1960-х годах хирургические методы, такие как таламотомия и паллидотомия, широко использовались для лечения трепора и других двигательных расстройств, однако

они носили необратимый характер. В это же время исследования по применению низкочастотной стимуляции продемонстрировали потенциал обратимых воздействий, но клинические успехи были ограничены [2].

Современная эра ГСМ началась в 1987 году, когда французский нейрохирург Алим-Луи Бенабид впервые применил высокочастотную стимуляцию субталамического ядра (STN) у пациентов с болезнью Паркинсона. Этот подход заменил деструктивные операции, показав высокий терапевтический эф-

фект при минимальных побочных последствиях. После успешного применения ГСМ при болезни Паркинсона метод был адаптирован для лечения других двигательных расстройств: эссенциального тремора (мишень: центральное промежуточное ядро таламуса, VIM) и дистонии (мишень: внутренний сегмент бледного шара, GPi).

С конца 1990-х годов начались исследования применения ГСМ для лечения психиатрических расстройств: обсессивно - компульсивного расстройства (мишень: передняя ножка внутренней капсулы), депрессии и резистентной эпилепсии.

С 2000-х годов техника ГСМ активно совершенствуется. В настоящее время разработаны адаптивные системы стимуляции, использующие биологическую обратную связь для повышения точности воздействия. Произошло расширение показаний для методики ГСМ, добавлены такие состояния, как синдром Туффетта и посттравматический болевой синдром. Достигнут значительный прогресс и в нейровизуализации, позволяющей точно позиционировать электроды в целях повышения эффективности [3, 4, 5].

На сегодняшний день глубокая стимуляция мозга признана золотым стандартом в хирургическом лечении ряда двигательных и психиатрических расстройств. Более 150000 пациентов по всему миру подверглись этой процедуре, и ежегодно выполняется около 10000 новых операций [6, 7].

Механизм действия глубокой стимуляции мозга (ГСМ)

Глубокая стимуляция мозга (ГСМ) работает за счёт модуляции патологической нейронной активности в определённых структурах мозга. Высокочастотные электрические импульсы действуют на нарушенные нейронные сети, что приводит к нормализации их функционирования [8]. Этот механизм действует несколько ключевых процессов [9, 10, 11]:

Электрическое действие на нейронные сети. ГСМ использует электроды, имплантированные в мишени мозга (например, субталамическое ядро, таламус, внутренний сегмент бледного шара). Высокочастотная стимуляция (обычно 130–185 Гц) изменяет активность нейронов, вызывая:

– снижение патологической гиперактивности: подавляются избыточные возбужда-

ющие сигналы, приводящие к моторным нарушениям, тикам или обсессивным проявлениям;

– усиление тормозных сигналов: это помогает восстанавливать баланс между возбуждающими и тормозящими путями.

Модуляция нейротрансмиссии. Стимуляция влияет на выработку и транспорт различных нейромедиаторов:

– допаминергическая система: ГСМ улучшает регуляцию допамина в моторных путях, что особенно важно при болезни Паркинсона;

– глутаматергическая система: подавление избыточного высвобождения глутамата в базальных ганглиях способствует снижению тиков и гиперкинезов;

ГАМК-ergicическая система: усиливается тормозное действие ГАМК, что стабилизирует работу корково-подкорковых связей.

Влияние на нейронные осцилляции. В нормальном состоянии мозг функционирует благодаря координированным колебаниям нейронной активности (осцилляциям). При патологиях, таких как болезнь Паркинсона или синдром Туффетта, эти осцилляции нарушаются:

– подавление патологических бетаритмов: ГСМ снижает избыточные бета-колебания в моторных путях, которые связаны с ригидностью и брадикинезией;

– восстановление нормальных альфа- и тета-ритмов: это способствует улучшению моторной и когнитивной функции.

Диссоциация электрической активности. Стимуляция не только подавляет гиперактивные нейроны, но и вызывает деполяризацию соседних областей мозга. Это позволяет:

– нормализовать активность сетей: влияние ГСМ распространяется на целевые области и их соединения (таламус-кортикалные и кортикостриарные пути);

– разорвать патологические связи: уменьшается аномальная синхронизация нейронов, вызывающая моторные симптомы и тики.

Пластические изменения нейронов. Долговременное применение ГСМ может вызывать структурные изменения:

– усиление нейропластичности: мозг адаптируется к стимуляции, формируя новые связи и компенсируя дефекты нейронной сети.

– снижение гиперактивности стриатума: это ключевой эффект при синдроме Туретта и обсессивно-компульсивных расстройствах.

Терапевтический эффект через обратную связь. Некоторые современные системы ГСМ используют биологическую обратную связь. Адаптивная стимуляция: датчики определяют уровень активности мозга в реальном времени, автоматически изменяя параметры стимуляции. Это повышает точность и эффективность лечения, минимизируя побочные эффекты.

Ключевыми мишениями ГСМ являются: субталамическое ядро (STN) (основная цель при болезни Паркинсона), внутренний сегмент бледного шара (GPi) (используется для лечения дискинезий, дистонии и синдрома Туретта), центромедианное ядро таламуса (CM-Pf) (влияет на моторные и когнитивные симптомы, особенно при синдроме Туретта) [12, 13].

Применение в практике, показания и методы

1. Болезнь Паркинсона (БП)

Основным показанием для ГСМ при болезни Паркинсона являются моторные флуктуации и дискинезии, не поддающиеся коррекции медикаментозной терапией (например, леводопой). Также ГСМ оказывает благоприятный эффект при трепоре, ригидности и брадикинезии, которые остаются резистентными к стандартному лечению [14]. В большинстве случаев когнитивные способности пациентов сохраняются или даже улучшаются благодаря снижению выраженности депрессии и апатии [15]. Рекомендованными мишениями для электродов при болезни Паркинсона являются субталамическое ядро (STN) и внутренний сегмент бледного шара (GPi). Положительный эффект сохраняется более 5–10 лет у большинства пациентов.

2. Синдром Туретта (СТ)

При синдроме Туретта с тяжёлыми моторными и вокальными тиками, вызывающими значительные нарушения качества жизни, ГСМ является методом выбора. Проводится она у пациентов, рефрактерных к поведенческой и медикаментозной терапии, имеющих сопутствующие психиатрические расстройства, такие как обсессивно-компульсивное расстройство (ОКР). Основными целями является снижение интенсивности тиков, улучшение функционирования и качества жизни. Исследования показывают снижение

интенсивности тиков на 50–70% на фоне стимуляции базальных ганглиев. Также уменьшается выраженность обсессивно-компульсивных расстройств и тревожности. Улучшается социального функционирование пациентов (снижение изоляции и повышение активности в обществе) [16].

3. Эссенциальный трепор

Хронический трепор, не поддающийся лечению медикаментами первой линии (примидон, пропранолол) или ботулиническим токсином, является показанием для ГСМ. Чаще всего мишенью является центральное промежуточное ядро таламуса (VIM). Эффективность метода при данной патологии велика: пациенты отмечают значительное облегчение уже в первые месяцы после операции [2].

4. Дистония

Фокальная или генерализованная дистония, вызывающая значительные функциональные нарушения при отсутствии эффекта от инъекций ботулотоксина также является показанием для ГСМ. На фоне лечения улучшается координация и снижается боль, связанная с мышечными спазмами [1].

5. Обсессивно-компульсивное расстройство (ОКР)

Метод ГСМ используется при тяжёлых формах ОКР, не поддающихся медикаментозной и когнитивно-поведенческой терапии. Стимуляция направлена на структуры передней части внутренней капсулы и субталамическое ядро [2].

6. Резистентная эпилепсия

Метод ГСМ применяется у пациентов, у которых хирургическая резекция очагов невозможна. Мишенью является переднее ядро таламуса, участвующее в эпилептической сети [1].

7. Посттравматический болевой синдром

ГСМ может применяться в случаях, когда медикаментозное лечение и другие инвазивные методы неэффективны. Цели включают модуляцию болевых путей и снижение хронической боли [1, 17, 18].

Преимуществами применения ГСМ являются [1, 2]:

1. Таргетное воздействие на специфические структуры мозга:

– электроды воздействуют только на определённые участки мозга, что минимизирует системные побочные эффекты;

– высокая частота стимуляции подавляет патологическую активность нейронных сетей, улучшая функционирование мозга.

2. Обратимость метода: в отличие от деструктивных операций (например, таламотомии), ГСМ не разрушает ткани мозга. Электроды могут быть отключены или перенастроены при необходимости.

3. Универсальность и гибкость настройки: параметры стимуляции (частота, амплитуда, полярность) могут быть адаптированы индивидуально для достижения оптимального эффекта.

4. Долговременный эффект: пациенты отмечают значительное улучшение на протяжении многих лет после операции. Исследования демонстрируют стабильное снижение симптомов у большинства пациентов.

5. Снижение медикаментозной нагрузки: после имплантации электродов пациенты могут снизить дозировки препаратов, таких как леводопа, что уменьшает лекарственные побочные эффекты (например, дискинезии).

6. Улучшение качества жизни: пациенты с болезнью Паркинсона и синдромом Туретта сообщают о значительном улучшении физической, социальной и эмоциональной сфер жизни.

Особенности применения метода ГСМ при синдроме Туретта

Синдром Туретта (СТ) – это неврологическое расстройство, характеризующееся наличием множественных моторных и вокальных тиков. Он часто ассоциируется с психическими заболеваниями, включая обсессивно-компульсивное расстройство (ОКР), синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) и импульсивные расстройства.

Для пациентов с тяжёлыми формами СТ, которые не реагируют на медикаментозное и поведенческое лечение, глубокая стимуляция мозга (ГСМ) становится важной альтернативой. Этот метод позволяет уменьшить выраженность тикозного гиперкинеза и повысить качество жизни, особенно у пациентов, страдающих от сопутствующих психиатрических нарушений. Основными показаниями для проведения ГСМ у пациентов с синдромом Туретта являются резистентные формы СТ, когда выраженные моторные и вокальные тики существенно мешают в повседневной жизни (например, нарушающие речь, выпол-

нение задач или физическую активность), а медикаментозная и поведенческая терапии оказываются неэффективными [16, 18]. Сопутствующие психиатрические нарушения: такие как ОКР, СДВГ, тревожные расстройства, усиливающие выраженность тиков, также являются показанием для выбора метода ГСМ. Глубокая стимуляция мозга при СТ направлена на несколько мишней, каждая из которых имеет свои особенности:

1. Базальные ганглии (внутренний сегмент бледного шара – GPi):

– GPi участвует в контроле движений и подавлении нежелательных моторных паттернов;

– стимуляция этой области приводит к значительному уменьшению моторных и вокальных тиков.

2. Центромедианное-парафасцикулярное ядро таламуса (CM-Pf):

– влияет на интеграцию сенсорных и моторных сигналов, участвующих в формировании тиков;

– исследования показали снижение выраженности симптомов и улучшение когнитивной функции.

3. Передняя ножка внутренней капсулы:

– часто стимулируется при наличии сильных обсессивно-компульсивных симптомов;

– этот регион обеспечивает модуляцию фрonto-таламической активности, что уменьшает эмоциональную лабильность и тревожность.

Эффективность ГСМ при синдроме Туретта подтверждена рядом исследований. Так, пациенты демонстрируют снижение выраженности тиков на 50–70% спустя 6–12 месяцев после начала стимуляции. У некоторых пациентов достигается почти полное подавление моторных и вокальных тиков. Также отмечается уменьшение обсессивно-компульсивных проявлений (например, навязчивых мыслей и действий), уменьшение тревожности и депрессии, что повышает общий уровень благополучия. На фоне стимуляции пациенты становятся более активными, улучшаются отношения с семьёй и коллегами. Увеличивается способность выполнять профессиональные и образовательные задачи. Как любая оперативная методика, ГСМ имеет свои ограничения и риски. К операци-

онным рискам относятся кровоизлияния, инфекции, неправильное положение электродов, возможные повреждения окружающих тканей. Неврологические осложнения включают побочные эффекты, такие как парестезии, дисфония, изменения настроения. У небольшой части пациентов может наблюдаться усиление симптомов. Имеются и этические аспекты: применение ГСМ у детей и подростков связано с дилеммой долгосрочных последствий стимуляции, а также сложностями в определении согласия пациента и его семьи [12, 19, 20].

Новые устройства с обратной связью позволяют автоматически изменять параметры стимуляции в зависимости от текущей активности мозга, повышая эффективность лечения. Изучение длительного эффекта ГСМ (более 10 лет) поможет понять её влияние на развитие нейропластичности и возможные побочные эффекты. Применение ГСМ в сочетании с психотерапией и медикаментами может значительно повысить эффективность лечения.

Особенности применения метода ГСМ при болезни Паркинсона

Болезнь Паркинсона (БП) – это хроническое нейродегенеративное заболевание, связанное с прогрессирующей утратой дофаминергических нейронов чёрной субстанции головного мозга. Основные симптомы включают трепет покоя, брадикинезию, ригидность и постуральную нестабильность. На поздних стадиях медикаментозная терапия, в частности, применение леводопы, часто приводит к появлению побочных эффектов, таких как дискинезии и моторные флюктуации [21, 22]. В этих случаях ГСМ становится эффективным методом лечения. К сожалению, проведение стимуляционных методов при БП не избавляет от необходимости применения лекарственных средств, однако позволяет в большей или меньшей степени уменьшить их количество [23, 24].

Основными показаниями к проведению ГСМ при БП являются:

1. Моторные флюктуации: выраженные изменения между состояниями "включено" (эффект от леводопы) и "выключено" (конец действия препарата).

2. Дискинезии: лекарственно - индуцированные неконтролируемые движения, которые мешают повседневной активности.

3. Ригидность и брадикинезия: симптомы, не поддающиеся коррекции медикаментами.

4. Тремор: тремор, резистентный к стандартной фармакотерапии, является независимым показанием.

Кандидатами на ГСМ чаще всего становятся пациенты с положительным ответом на леводопу, что свидетельствует о сохранности дофаминергических путей [25, 26].

Для лечения БП используется стимуляция следующих структур мозга.

Субталамическое ядро (STN):

– наиболее частая мишень для ГСМ.

– стимуляция STN снижает выраженность всех основных моторных симптомов БП (тремора, ригидности, брадикинезии) и позволяет уменьшить дозы леводопы.

Внутренний сегмент бледного шара (GPi):

– используется для снижения лекарственно-индуцированных дискинезий;

– GPi также эффективно подавляет моторные флюктуации и трепет.

Вентральное промежуточное ядро таламуса (VIM): применяется преимущественно для лечения трепета, не поддающегося терапии леводопой.

ГСМ зарекомендовала себя как эффективный метод для улучшения моторных и немоторных симптомов БП.

Основными результатами использования метода являются:

1. Снижение моторных симптомов: в исследованиях пациенты показывают улучшение по моторной шкале UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) на 50–70% в течение первых лет после операции.

2. Уменьшение дозировок медикаментов: дозы леводопы могут быть сокращены на 30–50%, что снижает побочные эффекты, такие как дискинезии.

3. Долговременный эффект: у большинства пациентов улучшение сохраняется на протяжении 5–10 лет после операции. Однако, у некоторых возникают немоторные симптомы, такие как когнитивные нарушения, которые требуют дополнительного внимания.

4. Улучшение качества жизни: ГСМ значительно повышает уровень активности пациентов, улучшает социальные и профессиональные аспекты жизни

Наряду со стандартными рисками, характерными для данного хирургического метода, при болезни Паркинсона отмечается ограниченная его эффективность в отношении немоторных симптомов заболевания. Так, ГСМ менее эффективна в лечении когнитивных нарушений и постуральной нестабильности, характерных для поздних стадий БП [5, 27, 28, 29].

Современные устройства с обратной связью на основе данных о нейронной активности мозга позволяют динамически настраивать параметры стимуляции для повышения её эффективности. Новые исследования указывают на возможность начала терапии на более ранних стадиях БП, что улучшает долгосрочные результаты и предотвращает прогрессирование симптомов.

Для паркинсонологов, осуществляющих отбор пациентов для направления в центры DBS, должно быть выделено дополнительное время приёма. Такие пациенты требуют более пристального сбора анамнеза, включающего как моторные, так и немоторные аспекты заболевания, оценки по шкале UPDRS в OFF- и ON-медикаментозных состояниях, проведения нейропсихологического скрининга и анкетирования с использованием психологических тестов (шкалы депрессии и тревоги, выявление импульсивно - компульсивных нарушений и т.д.) [30, 31]. Расширенное обследование на этом этапе сокращает поток нерелевантных пациентов, направляемых в центр DBS, и позволяет проводить отбор более эффективно, что увеличивает доступность более раннего получения нейрохирургического лечения [26].

Заключение

Глубокая стимуляция мозга (ГСМ) зарекомендовала себя как эффективный, обрати-

мый и безопасный метод лечения тяжёлых неврологических и психиатрических заболеваний, включая болезнь Паркинсона (БП) и синдром Туэтта (СТ). Метод позволяет улучшить качество жизни пациентов за счёт значительного снижения моторных симптомов, таких как трепор, ригидность, тики и дискинезии, а также частично облегчить сопутствующую психиатрическую симптоматику, такую как обсессивно-компульсивные расстройства.

Основные преимущества ГСМ включают гибкость настройки параметров, долговременный эффект, снижение медикаментозной нагрузки и улучшение социальной и профессиональной активности пациентов. Механизм действия метода основан на модуляции нейронных сетей через электрическую стимуляцию целевых зон мозга, что способствует восстановлению нейронного баланса и подавлению патологической активности. Несмотря на значительные успехи, ГСМ имеет свои ограничения и риски, такие как хирургические осложнения, побочные эффекты (например, нарушения речи) и ограниченную эффективность на поздних стадиях заболеваний. Современные технологии, такие как адаптивная стимуляция с биологической обратной связью, обещают ещё больше улучшить результаты терапии. ГСМ остаётся незаменимым инструментом в нейрохирургии для лечения пациентов с рефрактерными формами заболеваний, предоставляя надежду на значительное улучшение качества их жизни [26, 32, 33]. Однако дальнейшие исследования необходимы для расширения показаний и повышения безопасности и эффективности метода.

Литература / References:

1. Бриль Е.В. Глубокая стимуляция головного мозга при экстрапирамидных заболеваниях. *Современная медицина*. 2019; 1 (13): 60-61. [Bril E.V. Deep brain stimulation in extrapyramidal diseases. *Modern medicine*. 2019; 1 (13): 60-61.] (In Russ)
2. Гушча А.О., Тюрников В.М., Кащеев А.А. Современные возможности хирургической нейромодуляции. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018; 12 (5S): 32-37. [Gushcha AO, Tyurnikov VM, Kashcheev AA. Modern possibilities of surgical neuro-modulation. *Annals of clinical and experimental Neurology*. 2018; 12 (5S): 32-33.] (In Russ)
3. Malek N. Deep Brain Stimulation in Parkinson's Disease. *Neurol India* 2019; 67 (4): 968-978.
4. Xu W, Zhang C, Deeb W, et al. Deep brain stimulation for Tourette's syndrome. *Transl Neurodegener*. 2020; 9: 4.
5. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Современная тактика лечения поздних стадий болезни Паркинсона. *Медицинская наука и образование Урала*. 2017; 18; 4 (92): 188-193. [Kicherova OA, Reichert LI. Modern tactics of treatment of advanced stages of Parkinson's disease. *Medical science and education of the Urals*. 2017; 18; 4 (92): 188-193.] (In Russ)
6. Селивёрстов Ю.А. Неврология сегодня. Обзор 71-й ежегодной встречи Американской академии неврологии. *Бюллетень национального общества по изучению болезни Паркинсона и расстройств движений*. 2019; 2: 3-5. [Seliverstov YuA. Neurology today. Review of the 71st Annual Meeting of the American Academy of Neurology. *Bulletin of the National Society for the Study of*

- Parkinson's Disease and Movement Disorders.* 2019; 2: 3-5.] (In Russ)
7. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Гиперкинезы. Диагностика. Современные методы лечения. Тюмень, 2015. [Kicherova OA, Reichert LI. Hyperkinesis. Diagnostics. Modern methods of treatment. Tyumen, 2015.] (In Russ)
8. Okun M.S. Deep-Brain Stimulation for Parkinson's Disease. *New England Journal of Medicine.* 2012; 367 (16): 1529-1538.
9. Deuschl G, Antonini A, Costa J, et al. European Academy of Neurology/Movement Disorder Society-European Section Guideline on the Treatment of Parkinson's Disease: I. Invasive Therapies. *Mov Disord.* 2022; 37 (7): 1360-1374.
10. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Болезнь Паркинсона и другие экстрапирамидные заболевания. Тюмень, 2011. [Kicherova OA, Reichert LI. Parkinson's disease and other extrapyramidal diseases. Tyumen, 2011.] (In Russ)
11. Lozano AM, Lipsman N, Bergman H, et al. Deep brain stimulation: current challenges and future directions. *Nature Reviews Neurology.* 2019; 15: 148-160.
12. Кравченко Н.Е. Синдром Жиля де ля Туретта в фильме «Сирота Бруклин». *Современная терапия в психиатрии и неврологии.* 2024; 2: 27-30. [Kravchenko NE. Gilles de la Tourette syndrome in the film "Orphan Brooklyn". *Modern therapy in psychiatry and neurology.* 2024; 2: 27-30.] (In Russ)
13. Schuepbach WM, Rau J, Knudsen K, et al. Neurostimulation for Parkinson's disease with early motor complications. *New England Journal of Medicine.* 2013; 368 (7): 610-622.
14. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Паркинсонизм: современные представления. Тюмень, 2015. [Kicherova OA, Reichert LI. Parkinsonism: modern concepts. Tyumen, 2015.] (In Russ)
15. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Когнитивные нарушения при болезни Паркинсона. *Медицинская наука и образование Урала.* 2018; 19; 4 (96): 183-186. [Kicherova OA, Reichert LI. Cognitive impairments in Parkinson's disease. *Medical science and education of the Urals.* 2018; 19; 4 (96): 183-186.] (In Russ)
16. Andrade P, Noble J, Temel Y, et al. Deep brain stimulation of the globus pallidus internus for Tourette syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry.* 2020; 91 (5): 458-467.
17. Дурова М.В., Кичерова О.А., Рейхерт Л.И., Ярцев С.Е., Зуева Т.В. Повышение эффективности лечения болевого синдрома при радикулопатии: реальность и возможности. *Научный форум. Сибирь.* 2017; 3 (1): 67-68. [Durova MV, Kicherova OA, Reichert LI, Yartsev SE, Zueva TV. Improving the effectiveness of pain syndrome treatment in radiculopathy: reality and possibilities. *Scientific forum. Siberia = Nauchnyj forum. Sibir'.* 2017; 3 (1): 67-68.] (In Russ)
18. Кичерова О.А., Климов Г.Ю., Рейхерт Л.И., Скрябин Е.Г. Особенности болевого синдрома при вертебробогенной патологии у женщин. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2024; 124 (5): 14-21. [Kicherova OA, Klimov GYu, Reichert LI, Scriabin EG. Features of pain syndrome in vertebrogenic pathology in women. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2024; 124 (5): 14-21.] (In Russ)
19. Кужина А.К., Рейхерт Л.И., Кичерова О.А., Зотов П.Б., Доян Ю.И. Способы оценки приверженности к терапии при хронических заболеваниях. *Паллиативная медицина и реабилитация.* 2023; 3: 5-7. [Kuzhina AK, Reichert LI, Kicherova OA, Zotov PB, Doyan YuI. Methods for assessing adherence to therapy in chronic diseases. *Palliative medicine and rehabilitation.* 2023; 3: 5-7.] (In Russ)
20. Зотов П.Б., Аксельров М.А., Аксельров П.М. и др. «Качество жизни» в клинической практике. Тюмень: Вектор Бук, 2022. [Zotov PB, Akselrov MA, Akselrov PM. and others. "Quality of life" in clinical practice. Tumen: Vector Book, 2022.] (In Russ)
21. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И., Ахметьянов М.А. Факторы, оказывающие влияние на развитие болезни Паркинсона, роль витамина Д (обзор литературы). *Научный форум. Сибирь.* 2021; 7 (1): 9-11. [Kicherova OA, Reichert LI, Akhmetyanov MA. Factors influencing the development of Parkinson's disease, the role of vitamin D (literature review). *Scientific forum. Siberia = Nauchnyj forum. Sibir'.* 2021; 7 (1): 9-11.] (In Russ)
22. Рейхерт Л.И., Кичерова О.А., Вербах Т.Э., Доян Ю.И., Белова Е.В., Крымская О.С. Нейролептический паркинсонизм: диагностика, лечение, профилактика. *Академический журнал Западной Сибири.* 2023; 19; 1 (98): 7-11. [Reichert LI, Kicherova OA, Verbakh TE, Doyan YuI, Belova EV, Krymskay OS. Neuroleptic parkinsonism: diagnosis, treatment, prevention. *Academic Journal of West Siberia Akademicheskiy zhurnal Zapadnoy Sibiri.* 2023; 19 (1): 7-11.] (In Russ) DOI: 10.32878/sibir.23-19-01(98)-7-11 (In Russ)
23. Шашкин Ч.С., Шпеков А.С., Калиев А.Б., Джамантаева Б.Д., Комаров Ж.И. Болезнь Паркинсона в нейрохирургической практике. *Нейрохирургия и неврология Казахстана.* 2013; 1 (30): 17-21. [Shashkin ChS, Shpekov AS, Kaliev AB, Dzhamatayeva BD, Komarov ZhI. Parkinson's disease in neurosurgical practice. *Neurosurgery and neurology of Kazakhstan.* 2013; 1 (30): 17-21.] (In Russ)
24. Ахметьянов М.А., Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Нейротрофические и нейропротективные эффекты витамина D. Роль в нейродегенерации. *Научный форум. Сибирь.* 2022; 8 (1): 18-22. [Akhmetyanov MA, Kicherova OA, Reichert LI. Neurotrophic and neuroprotective effects of vitamin D. Role in neurodegeneration. *Scientific forum. Siberia = Nauchnyj forum. Sibir'.* 2022; 8 (1): 18-22.] (In Russ)
25. Лихачев С.А., Вашилин В.В., Буняк А.Г., Алексеевец В.В., Забродец Г.В. Глубокая стимуляция мозга у пациентов с болезнью Паркинсона: показания, порядок отбора, результаты лечения. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2018; 17 (1): 137-142. [Likhachev SA, Vashchilin VV, Bunyak AG, Alekseev VV, Zabrodets GV. Deep brain stimulation in patients with Parkinson's disease: evidence, selection procedure, treatment results. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* 2018; 17 (1): 137-142.] (In Russ)
26. Бриль Е.В., Томский А.А., Поддубская А.А., Гамалея А.А., Федорова Н.В. Анализ причин отказа в нейрохирургическом лечении пациентам с болезнью Паркинсона при направлении в экстрапирамидный центр. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2021; 15 (3): 43-53. [Bril EV, Tomsky AA, Poddubskaya AA, Gamaleya AA, Fedorova NV. Analysis of the reasons for refusal of neurosurgical treatment for patients with Parkinson's disease when referred to an extrapyramidal center. *Annals of clinical and experimental Neurology.* 2021; 15 (3): 43-53.] (In Russ)
27. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И. Современные подходы к диагностике и лечению сосудистого паркинсонизма. *Медицинская наука и образование Урала.* 2017; 18; 3 (91): 65-68. [Kicherova OA, Reichert LI. Modern ap-

- proaches to the diagnosis and treatment of vascular parkinsonism. *Medical science and education of the Urals.* 2017; 18; 3 (91): 65-68.] (In Russ)
28. Хомячук А.А., Кичерова О.А., Рейхерт Л.И., Пантелейева Н.Н. Постинсультная депрессия: современные представления (обзор литературы). *Тюменский медицинский журнал.* 2023; 25; 2 (87): 46-49. [Khomyachuk AA, Kicherova OA, Reichert LI, Panтелейева NN. Post-stroke depression: modern concepts (literature review). *Tyumen Medical Journal = Tyumenskij medicinskij zhurnal.* 2023; 25; 2 (87): 46-49.] (In Russ)
29. Кичерова О.А., Мингалева А.Ю., Рейхерт Л.И., Зотов П.Б., Доян Ю.И. Особенности депрессивных нарушений при болезни Паркинсона. *Современные проблемы науки и образования.* 2024; 4: 100. [Kicherova OA, Mingaleeva AYu, Reichert LI, Zотов PB, Adoyan YuI. Features of depressive disorders in Parkinson's disease. *Modern problems of science and education.* 2024; 4: 100.] (In Russ)
30. Кичерова О.А., Рейхерт Л.И., Прилепская О.А. Пропедевтика нервных болезней. Учебник для студентов медицинских ВУЗов. Тюмень, 2016. [Kicherova OA, Reichert LI, Prilepskaya OA. Propaediatrics of nervous diseases. *Textbook for students of medical universities.* Tyumen, 2016.] (In Russ)
31. Горбачевский А.В., Доян Ю.И., Кичерова О.А., Рейхерт Л.И., Бимусинова М.Т. Использование шкал и опросников в неврологии и нейрореабилитации для оценки двигательных и чувствительных нарушений. *Современные проблемы науки и образования.* 2023; 4: 139. [Gorbachevsky AV, Doyan YuI, Kicherova OA, Reichert LI, Bimusinova MT. The use of scales and questionnaires in neurology and neuroreal rehabilitation to assess motor and sensory disorders. *Modern problems of science and education.* 2023; 4: 139.] (In Russ)
32. Рейхерт Л.И., Кичерова О.А., Ахметьянов М.А. Связанное со здоровьем качество жизни в неврологической практике. *Академический журнал Западной Сибири.* 2022; 18 (3): 25-34. [Reichert LI, Kicherova OA, Akhmetyanov MA. Health-related quality of life in neurological practice. *Academic Journal of West Siberia = Akademicheskiy zhurnal Zapadnoi Sibiri.* 2022; 18 (3): 25-34.] (In Russ) DOI: 10.32878/sibir.22-18-03(96)-25-34
33. Зотов П.Б., Любов Е.Б., Скрябин Е.Г., Гарагашева Е.П. Качество жизни в клинической практике. *Девиантология.* 2022; 6 (2): 48-56. [Zотов PB., Lyubov E.B., Skryabin E.G., Garagashova E.P. Quality of life in clinical practice. *Deviant Behavior (Russia).* 2022; 6 (2): 48-56.] DOI: 10.32878/devi.22-6-02(11)-46-56 (In Russ)

DEEP BRAIN STIMULATION: INDICATIONS, ADVANTAGES, EFFECTS, FEATURES OF APPLICATION IN PARKINSON'S DISEASE AND TOURETTE'S SYNDROME

A.S. Temishev¹, S.S-Kh. Gaibov^{1,2},
E.V. Zakharchuk^{1,2}

¹Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia; medik@azatem.ru

²Regional Clinical Hospital No. 2, Tyumen, Russia

Abstract:

Deep brain stimulation (DBS) is one of the most advanced treatments for severe neurological and psychiatric disorders. The method is a neurosurgical procedure in which electrodes are implanted in specific areas of the brain. These electrodes are connected to a device that generates electrical impulses to modulate neural activity. DBS has proven itself to be an effective treatment for such disorders as Parkinson's disease (PD), essential tremor, dystonia, and Tourette's syndrome (TS). This literature review discusses the main indications, advantages, mechanisms of action, results of the method, as well as its place in modern clinical practice.

Keywords: deep brain stimulation, DBS, surgical treatment of extrapyramidal disorders

Вклад авторов:

А.С. Темищев: написание текста рукописи;
С.С-Х. Гаивов: разработка дизайна исследования, написание текста рукописи;
Е.В. Захарчук: редактирование текста рукописи.

Authors' contributions:

A.S. Temishev: writing the text of the manuscript;
S.S-Kh. Gaibov: development of research design, writing the text of the manuscript;
E.V. Zakharchuk: editing of the text of the manuscript.

Финансирование: Данное исследование не имело финансовой поддержки.
Financing: The study was performed without external funding.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила / Article received: 18.01.2025. Принята к публикации / Accepted for publication: 11.02.2025.

Для цитирования: Темищев А.С., Гаивов С.С-Х., Захарчук Е.В. Глубокая стимуляция мозга: показания, преимущества, эффекты, особенности применения при болезни Паркинсона и синдроме Туэтта. *Академический журнал Западной Сибири.* 2025; 21 (1): 20-27. DOI: 10.32878/sibir.25-21-01(106)-20-27

For citation: Temishev A.S., Gaibov S.S-Kh., Zakharchuk E.V. Deep brain stimulation: indications, advantages, effects, features of application in Parkinson's disease and Tourette's syndrome. *Academic Journal of West Siberia.* 2025; 21 (1): 20-27. (In Russ) DOI: 10.32878/sibir.25-21-01(106)-20-27