Kazakh Journal of Clinical Neuroscience
ISSN 1813-3908

Оригинальная статья

DBS-ассоциированные инфекции после первичных и ревизионных вмешательств: Одноцентровое ретроспективное исследование

Айдаров С.А. [1*], Нуриманов Ч.С. [2], Маммадинова И.З. [3], Нұрақай Н.А. [4], Құдайбергенов Д.Д. [5], Махамбетов Е.Т. [6]

Received: July 28, 2026
Revised: August 23, 2026
Accepted: August 30, 2026
Published: October 02, 2026

Citation: Seitzhan Aidarov, Chingiz Nurimanov, Iroda Mammadinova, Nurtay Nurakay, Daniyar Kudaybergenov, Yerbol Makhambetov. DBS-assotsiirovannye infektsii posle pervichnykh i revizionnykh vmeshatel'stv: Odnotsentrovoe retrospektivnoe issledovanie (DBS-Associated Infections Following Primary and Revision Procedures: A Single-Center Retrospective Study) [in Russian]. Kaz J Clin NeuSci. 2026, 79 (3), kjcn055.
https://doi.org/10.53498/whd7xs64

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

[1] Врач-невролог отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: seitzhan.aidarov@ncn.kz
[2] Врач-нейрохирург отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: chingiz.nurimanov@ncn.kz
[3] Врач-нейрохирург отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: iroda.mammadinova@ncn.kz
[4] Врач-нейрохирург отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: nurtaynurakay@ncn.kz
[5] Врач-резидент отделения сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: daniyar.kudaybergenov@ncn.kz
[6] Заведующий отделением сосудистой и функциональной нейрохирургии, Национальный центр нейрохирургии, Астана, Казахстан. E-mail: erbol.mahambetov@nmh.kz

*** Корреспондирующий автор:** seitzhan.aidarov@ncn.kz

Резюме

Глубинная стимуляция головного мозга (англ.: Deep Brain Stimulation, DBS) стала одним из эффективных методов лечения двигательных расстройств, таких как болезнь Паркинсона, дистония и эссенциальный тремор. Однако различные осложнения, возникающие после DBS, являются серьезной проблемой для пациентов и нейрохирургов.

Цель исследования: оценить частоту, клинические особенности, микробиологический профиль и исходы лечения DBS-ассоциированных инфекционных осложнений после первичной имплантации и ревизионных вмешательств.

Методы. Проведено ретроспективное одноцентровое исследование пациентов, перенесших первичную имплантацию DBS-системы или ревизионные вмешательства в период с мая 2013 г. по декабрь 2025 г. В анализ включены 363 первичные имплантации и 369 ревизионных операций. Инфекции классифицировали как ранние (<90 дней) и поздние (>90 дней), а также как поверхностные, глубокие неосложненные и глубокие осложненные. Оценивали частоту инфекций области хирургического вмешательства, микробиологический профиль, тактику лечения, частоту эксплантации, реимплантации и повторных инфекционных осложнений.

Результаты. DBS-ассоциированные инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ) развились у 27 пациентов, что составило 3,7% от общего числа операций. После первичной имплантации осложнения наблюдались чаще, чем после замены внутреннего генератора импульсов: 20/363 (5,5%) против 7/369 (1,9%) соответственно (p=0,010; OR=3,0). Ранние осложнения зарегистрированы в 10 случаях, поздние — в 17. Ранние осложнения чаще сопровождались положительными бактериологическими посевами: 9/10 (90,0%) против 5/17

(29,4%) при поздних осложнениях (p=0,004). Наиболее частым возбудителем был метициллин-чувствительный Staphylococcus aureus. Полная эксплантация DBS-системы выполнена в 25 из 27 случаев. Повторная имплантация проведена у 17 пациентов через 6–12 месяцев после удаления системы; у 3 пациентов развился повторный эпизод ИОХВ.

Выводы. DBS-ассоциированные инфекционные осложнения следует рассматривать не как однородную группу, а как спектр состояний с различными клиническими фенотипами. Ранние осложнения чаще соответствовали глубоким микробиологически подтвержденным инфекциям, тогда как поздние осложнения чаще были культура-негативными и соответствовали поверхностным ИОХВ. Такое разделение может иметь значение при выборе хирургической тактики, оценке возможности сохранения компонентов DBS-системы и планировании сроков повторной имплантации.

Ключевые слова: глубинная стимуляция головного мозга, DBS, болезнь Паркинсона, инфекции области хирургического вмешательства, факторы риска.

1. Введение

Глубинная стимуляция головного мозга (англ.: Deep Brain Stimulation (DBS)) стала одним из эффективных методов лечения двигательных расстройств, таких как болезнь Паркинсона, дистония и эссенциальный тремор. Применение DBS продолжает расти, поскольку в настоящее время оно одобрено Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США для лечения эпилепсии и имеются сообщения о его эффективности при психических расстройствах и хронических болевых синдромах [1].

Однако, различные осложнения, возникающие после DBS, являются серьезной проблемой для пациентов и нейрохирургов. Например, из-за интракраниальной имплантации электрода DBS может привести к внутримозговому кровоизлиянию. Кроме того, DBS может вызвать эрозию кожи и инфекцию из-за подкожного размещения объемного инородного тела, называемого внутренним генератором импульсов (англ.: Implantable Pulse Generator (IPG)) и длинного удлинителя [2,3]. Осложнения, требующие повторной операции после DBS, истощают пациентов физически, психически и экономически. Уровень инфицирования широко варьируется в литературе и достигает до 25% [2,4]. Традиционным лечением инфекций, ассоциированных с имплантацией устройств для DBS, является системная антибиотикотерапия и удалением имплантированного устройства [5-9]. Однако на сегодняшний день основные факторы риска и профилактические меры против этих инфекций остаются неизвестными.

В данном исследовании авторы проанализировали случаи инфекций области хирургического вмешательства (ИОХВ) после имплантации системы DBS, оценили их глубину, микробиологический профиль и попытались выявить возможные факторы риска.

2. Материалы и методы

Дизайн исследования

В данное ретроспективное когортное исследование включены пациенты, перенесших первичную имплантацию DBS и реимплантацию IPG в Национальном центре нейрохирургии (Астана) в период с мая 2013 г. по декабрь 2025 г., для выявления возможных факторов риска развития ИОХВ. Пациентов идентифицировали с помощью медицинских карт. Мы просмотрели записи каждого пациента, чтобы получить данные о демографии, характеристиках пациентов, процедурах и ИОХВ.

Участники в исследования

В работу были включены 363 случаев первичных имплантаций и 369 случаев ревизионных операций по поводу истощение заряда нейростимулятора (Таблица 1). Для проведения сравнительного анализа и оценки потенциальных факторов риска когорта пациентов была разделена на две группы. Основную группу (группу ИОХВ) составили пациенты, у которых в

послеоперационном периоде развились ИОХВ. В контрольную группу вошли остальные пациенты, у которых ранний и отдаленный послеоперационный периоды протекали без признаков инфицирования элементов DBS-системы.

Таблица 1 - Демографические данные пациентов, количество операций и показания к операции

Количество пациентов	363
Средний возраст	54,45± 3,29
Пол	Женский 202, мужской 161
Диагноз	Болезнь Паркинсона- 306, дистония- 51, эссенциальный тремор- 6
Количество первичных имплантаций	363
Количество реимплантаций	369
Общее количество операций	732

ИОХВ и их лечение

Инфекции классифицировались как ранние (<90 дней) и поздние (>90 дней). Инфекционные агенты были зарегистрированы на основе бактериологического посева с раны. Хотя многие авторы используют порог в 90 дней для разделения инфекций на ранние и поздние, некоторые исследователи расширяют период наблюдения до 1 года, учитывая, что DBS- система является инородным телом и риск инфицирования сохраняется на всем протяжении ее нахождения [10,11]. В нашем исследовании мы использовали порог в 90 дней для разделения ранних и поздних инфекций, однако все пациенты наблюдались не менее 1 года, что позволило зафиксировать случаи, развившиеся после 3 месяцев [12].

Лечение инфекций проводилось на основе результатов интраоперационных посевов и под руководством клинического фармаколога. Тактика лечения определялась индивидуально с учетом глубины инфекционного процесса, состояния кожных покровов и клинической зависимости пациента от стимуляции. При поверхностных осложнениях без нарушения целостности кожи и без экспозиции компонентов DBS-системы рассматривалась возможность сохранения устройства на фоне антибактериальной терапии и местного лечения.

Описание техники эксплантация DBS-системы

При нарушении целостности кожных покровов с экспозицией компонентов DBS-системы выполнялась полная эксплантация системы независимо от наличия или отсутствия гнойного отделяемого. Выбор в пользу полной эксплантации DBS-системы при экспозиции компонентов был связан с потенциальным риском распространения инфекции вдоль имплантированных элементов системы. Даже при отсутствии явных признаков вовлечения других участков сохранялась вероятность восходящего инфицирования, что ограничивало возможность частичного сохранения компонентов DBS. Эксплантация DBS-системы выполнялась при наличии одного или нескольких интраоперационных критериев: экспозиции компонентов устройства, гнойного отделяемого и/или невозможности надежного закрытия мягких тканей.

Статистические методы

Статистический анализ проводили на уровне отдельных хирургических вмешательств при оценке частоты инфекций после первичной имплантации и ревизионных операций и на уровне пациентов при анализе клинических характеристик, результатов лечения и повторных инфекционных осложнений. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений и долей, выраженных в процентах. Сравнение категориальных показателей выполняли с помощью точного критерия Фишера, что было обусловлено небольшим числом наблюдений и наличием ожидаемых частот менее 5 в отдельных ячейках таблиц сопряженности. В частности, сравнивали частоту инфекционных осложнений после первичной имплантации и замены внутреннего генератора импульсов, а также частоту положительных результатов бактериологического исследования при ранних и поздних инфекциях. Величину эффекта оценивали с помощью отношения шансов (OR) с расчетом 95%-го доверительного интервала. Все статистические тесты были двусторонними. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$. Статистическую обработку данных выполняли с

использованием программы IBM SPSS Statistics, версия 27.0.

Этические аспекты. Протокол данного исследования было одобрено Локальной комиссией по биоэтике Национального нейрохирургического центра №1 от 16 февраля 2026 года.

3. Результаты

В нашем исследовании 363 пациентам была произведена 363 первичных имплантаций и 369 ревизионных операции по поводу истощения IPG (Таблица 1). DBS- ассоциированная поверхностная инфекция (13 случая) без гнойного отделяемого наблюдались преимущественно по ходу электрода и удлинителя, а также в месте соединения электрода и удлинителя в заушной области. DBS-ассоциированная глубокая неосложненная инфекция (13 случая) чаще наблюдался в месте имплантации IPG, сопровождались обильным гнойным отделяемым. В одном случае глубокая DBS- ассоциированная инфекция осложнилась развитием интракраниального гнойно-воспалительного процесса, что соответствовало критериям глубокой осложненной инфекции.

Таблица 2 - Сравнение инфекционных осложнений после имплантации и замены имплантируемого генератора

Общее количество инфекций	27
Ранний (менее 90 дней) и поздний (более 90 дней)	10 против 17
Инфекции после первичных имплантаций	20/363 (5,5%)
Инфекции после реимплантаций	7/369 (1,89%)

Всего у 27 пациентов (3,6%) развилась ИОХВ (10 ранних против 17 поздних). 20 случаев произошли после имплантации системы DBS и 7 - после операции по реимплантации IPG или других оперативных вмешательств, таких как ревизионные операции при миграции IPG (Таблица 2). Наиболее распространенным микроорганизмом был Метициллинчувствительный золотистый стафилококк (MSSA) (Таблица 3). В трех случаях была микст инфекция, такие как S. haemoliticus+ S. hominis+ S. Epidermidis, S. aureus+ S.

Epidermitis, E. cloacae + MSSA. Только у одного пациента был декомпенсированный сахарный диабет 2 типа (HbA1c 7,5%, глюкоза крови натощак 10 ммоль/л). У данного пациента был высеян P. aeruginosa.

Таблица 3 - Инфекционные агенты

Метициллинчувствительный золотистый стафилококк (S. Aureus)	9
E. cloacae	1
P. aeruginosa	1
Микст- инфекция	3
Патогенные культуры не выделены	13

При сравнении группы ИОХВ и контрольной группы статистически значимых различий по возрасту и полу выявлено не было (p>0,05). Медиана ИМТ составила 28 кг/м² (IQR 24- 31) в группе ИОХВ и 26 кг/м² (IQR 22- 29,25) в контрольной группе; различие не достигло статистической значимости (p= 0,178). Доля пациентов с ИМТ ≥30 кг/м² была выше в группе ИОХВ по сравнению с контрольной группой: 40,7% (11/27) против 25,1% (176/702), однако различие не достигло статистической значимости (p=0,075; OR=2,05). При сравнении ранних и поздних ИОХВ медиана ИМТ была выше у пациентов с поздними осложнениями: 30 кг/м² (IQR 24- 32) против 26 кг/м² (IQR 22,25- 28) при ранних ИОХВ. Однако различие не достигло статистической значимости (p=0,129).

В нашей серии полная эксплантация DBS-системы была выполнена в 25 из 27 случаев независимо от глубины поражения. Такая тактика отражала опыт нашего центра и была связана с опасением распространения инфекционного процесса вдоль компонентов DBS-системы. Повторная имплантация выполнялась через 6– 12 месяцев после удаления устройства. Из 25 пациентов, перенесших полную эксплантацию, повторная имплантация была проведена в 17 случаях. У 3 пациентов после повторной имплантации развился повторный эпизод ИОХВ,

во всех случаях- в течение первых 6 месяцев после операции. В этих случаях повторное развитие ИОХВ наблюдалось несмотря на применение местных антисептических средств и системной антибактериальной терапии. У двух пациентов- через 8 и 9 лет после реимплантации. При повторной ИОХВ после реимплантации у пациентов отмечались отличия в микробиологическом профиле по сравнению с первичным эпизодом. С учетом небольшого числа наблюдений этот факт не позволяет делать окончательные выводы, однако может свидетельствовать в пользу реинфекции, а не персистирования исходного инфекционного процесса.

Частота DBS-ассоциированных инфекционных осложнений была выше после первичной имплантации по сравнению с заменой IPG: 20/363 (5,5%) против 7/369 (1,9%) соответственно. Различие между группами достигло статистической значимости (p=0,010; OR=3,0).

Ранние DBS-ассоциированные осложнения значительно чаще сопровождались положительными бактериологическими посевами по сравнению с поздними осложнениями: 9/10 (90,0%) против 5/17 (29,4%) соответственно (p=0,004; точный критерий Фишера). Поздние осложнения чаще были культура-негативными и соответствовали критериям поверхностной ИОХВ.

4. Обсуждение

В настоящем исследовании проанализирован одноцентровой опыт лечения DBS-ассоциированных инфекционных осложнений после первичной имплантации DBS- системы и ревизионных вмешательств. Общая частота ИОХВ составила 3,6%, что сопоставимо с ранее опубликованными данными и находится в нижнем диапазоне значений, представленных в литературе. Инфекционные осложнения чаще развивались после первичной имплантации DBS, чем после замены IPG, однако статистически значимых различий между группами получено не было.

Повышенный ИМТ рассматривается в литературе как возможный модифицируемый фактор риска ИОХВ после имплантации нейростимуляторов [10]. Это может быть связано с большей толщиной подкожно-жировой клетчатки, техническими трудностями при формировании ложа IPG и повышенным натяжением краев раны. В нашей серии статистически значимой связи между ИМТ и развитием ИОХВ выявлено не было: медиана ИМТ составила 28 кг/м² в группе ИОХВ и 26 кг/м² в контрольной группе (p=0,178). Вместе с тем ожирение встречалось чаще у пациентов с ИОХВ: 40,7% против 25,1% в контрольной группе (p=0,075; OR=2,05). Это может указывать на возможную тенденцию, однако небольшое число инфекционных осложнений не позволяет рассматривать ожирение как самостоятельный фактор риска в нашей серии. При интерпретации различий ИМТ между ранними и поздними осложнениями следует учитывать, что у пациентов после DBS, особенно при болезни Паркинсона, в литературе описано увеличение массы тела в отдаленном послеоперационном периоде [13-15]. Это связывают с уменьшением моторных симптомов, снижением энергозатрат и возможным влиянием стимуляции на механизмы регуляции аппетита. В нашей серии медиана ИМТ была выше у пациентов с поздними ИОХВ по сравнению с ранними осложнениями: 30 кг/м² против 26 кг/м², однако различие не достигло статистической значимости. Поэтому эти данные следует рассматривать не как доказательство причинной связи, а как возможную клиническую тенденцию. Можно предположить, что избыточная масса тела в отдаленном послеоперационном периоде может способствовать изменению натяжения мягких тканей в зоне фиксированных компонентов DBS-системы, включая коннекторы, удлинители и ложе IPG. В сочетании с хроническим механическим давлением это потенциально может повышать риск поздних поверхностных осложнений. Однако для подтверждения этой гипотезы необходимы проспективные данные с динамической оценкой массы тела до и после DBS.

Основным наблюдением нашего исследования стало различие между ранними и поздними DBS-ассоциированными осложнениями. Ранние осложнения чаще сопровождались положительными бактериологическими посевами и соответствовали критериям глубокой инфекции. Напротив, поздние осложнения чаще были культура- негативными и соответствовали критериям поверхностной ИОХВ. Это позволяет предположить, что DBS-ассоциированные осложнения не являются однородной группой и могут различаться по механизму развития, клиническому течению и подходам к лечению.

Ранние глубокие инфекции, вероятно, в большей степени связаны с периоперационной контаминацией или ранним послеоперационным

инфицированием тканей вокруг компонентов DBS-системы. Это подтверждается более высокой частотой положительных бактериологических посевов в данной группе и преобладанием типичных кожных микроорганизмов, прежде всего метициллин-чувствительного Staphylococcus aureus. В таких случаях инфекционный процесс чаще имеет клинически очевидный характер и требует активной антибактериальной и хирургической тактики [1,16].

В отличие от этого, поздние поверхностные осложнения в нашей серии чаще не сопровождались ростом патогенной флоры. Они развивались в более отдаленные сроки и преимущественно локализовались по ходу электрода, удлинителя или в области соединения компонентов DBS-системы. Это может указывать на значимую роль хронического механического воздействия имплантированных компонентов на мягкие ткани. В таких случаях клиническая картина может имитировать инфекционный процесс, однако отрицательные посевы и отсутствие гнойного отделяемого позволяют рассматривать эти осложнения как отдельный фенотип DBS-ассоциированной ИОХВ [17].

Практическое значение такого разделения заключается в том, что ранние и поздние осложнения могут требовать различной хирургической тактики. При ранних глубоких инфекциях, особенно при наличии гнойного отделяемого, экспозиции компонентов устройства или положительных посевов, вероятность сохранения системы ограничена. Напротив, при поздних поверхностных культура-негативных осложнениях без признаков глубокой инфекции в отдельных случаях может рассматриваться более консервативная или органосохраняющая тактика [17,18]. Тем не менее решение о сохранении или удалении компонентов DBS-системы должно приниматься индивидуально с учетом глубины поражения, микробиологических данных, зависимости пациента от стимуляции и риска неврологического ухудшения после эксплантации.

Вопрос объема удаления DBS-системы при инфекционных осложнениях остается дискуссионным. По данным литературы, частота неудач лечения после попыток сохранения или частичного удаления компонентов устройства может достигать 27-40% [10]. В нашей серии полная эксплантация DBS-системы была выполнена в 25 из 27 случаев, что отражает более агрессивную хирургическую тактику нашего центра. Такой подход был обусловлен риском распространения инфекции вдоль имплантированных компонентов, особенно при экспозиции устройства, наличии гнойного отделяемого или невозможности надежного закрытия мягких тканей.

Вместе с тем удаление DBS-системы у пациентов с двигательными расстройствами может сопровождаться клиническим ухудшением и снижением качества жизни, поскольку DBS обычно применяется при фармакорезистентных формах заболевания. Поэтому решение о полной эксплантации должно приниматься индивидуально, с учетом глубины инфекционного процесса, зависимости пациента от стимуляции, возможности контроля инфекции и перспектив повторной имплантации [19,20].

В нашей серии повторная имплантация DBS-системы была выполнена в 17 из 25 случаев полной эксплантации через 6-12 месяцев после купирования инфекции. Повторная ИОХВ после реимплантации зарегистрирована у 3 пациентов и развилась в течение первых 6 месяцев после повторной операции. При этом микробиологический профиль повторных эпизодов отличался от первичного, что может указывать на реинфекцию, а не на персистирование исходного инфекционного процесса.

Полученные данные также объясняют высокую долю культура-негативных случаев. В нашей серии отсутствие роста патогенной флоры чаще наблюдалось при поздних поверхностных осложнениях. Вероятными причинами могут быть предшествующий амбулаторный прием антибиотиков, местная обработка раны, а также неинфекционный или преимущественно механический характер части поздних осложнений. Поэтому отрицательный результат бактериологического исследования не всегда исключает DBS-ассоциированное осложнение, но должен интерпретироваться с учетом клинической картины и глубины поражения.

Ограничениями исследования являются ретроспективный дизайн, одноцентровой характер, небольшое число инфекционных осложнений и невозможность полноценного многофакторного анализа факторов риска. Кроме того, часть пациентов до госпитализации могла получать антибактериальную терапию, что могло повлиять на результаты бактериологических посевов. Несмотря на эти ограничения, исследование отражает длительный опыт одного DBS-центра и демонстрирует клинически важное различие между ранними глубокими инфекциями и поздними поверхностными культура-негативными осложнениями.

5. Выводы

Таким образом, DBS-ассоциированные инфекционные осложнения следует рассматривать не как единую группу, а как спектр состояний с различными клиническими фенотипами. В нашей серии ранние осложнения чаще соответствовали микробиологически подтвержденным глубоким инфекциям, тогда как поздние осложнения чаще проявлялись как культура-негативные поверхностные ИОХВ. Подобное разделение может быть полезным при выборе хирургической тактики, оценке возможности сохранения компонентов DBS-системы и планировании сроков повторной имплантации.

DBS-ассоциированные ИОХВ представляют собой спектр состояний с различными клиническими фенотипами. В нашей серии ранние осложнения преимущественно соответствовали глубоким бактериальным инфекциям, вероятно связанным с периоперационной контаминацией. Поздние осложнения чаще были культура-негативными и соответствовали поверхностным ИОХВ, в развитии которых возможную роль может играть хроническое механическое воздействие компонентов DBS-системы на мягкие ткани. Органосохраняющая тактика может рассматриваться только при поверхностных ИОХВ без экспозиции компонентов устройства, гнойного отделяемого и невозможности надежного закрытия мягких тканей.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Данное исследование является инициативной работой и не имеет источников финансирования.

ИИ декларация. Авторы заявляют о том, что при написании данной рукописи ИИ технологии не были применены.

Вклад авторов. Концептуализация – Е.М., С.А.; написание черновой версии – С.А., И.М.; сбор, обработка и анализ данных – Н.Н., Д.К., И.М., С.А.; написание и редактирование – С.А., Е.М.

Литература

1. Kantzanou, M., Korfias, S., Panourias, I., Sakas, D. E., & Karalexi, M. A. (2021). Deep brain stimulation-related surgical site infections: A systematic review and meta-analysis. Neuromodulation: Technology at the Neural Interface, 24(2), 197–211. https://doi.org/10.1111/ner.13354

2. van Kroonenburgh, I., Tan, S. K. H., Heiden, P., Wirths, J., Matis, G., Seifert, H., Visser-Vandewalle, V., & Andrade, P. (2024). Incidence and management of hardware-related wound infections in spinal cord, peripheral nerve field, and deep brain stimulation surgery: A single-center study. Stereotactic and Functional Neurosurgery, 102(1), 13–23. https://doi.org/10.1159/000535054

3. Venkatesan, S., Zakare-Fagbamila, R. T., Sriram, S., Reddy, R., Foote, K. D., & Hilliard, J. D. (2026). Management patterns in deep brain stimulator hardware infection: Is hardware sparing feasible? Stereotactic and Functional Neurosurgery. Advance online publication. https://doi.org/10.1159/sfn/aeuag001

4. Cabral, A. M., Pereira, A. A., Vieira, M. F., Pessôa, B. L., & de Oliveira Andrade, A. (2022). Prevalence of distinct types of hardware failures related to deep brain stimulation. Neurosurgical Review, 45(2), 1123–1134. https://doi.org/10.1007/s10143-021-01673-4

5. Bervini, D., Giulieri, S., Trampuz, A., Pollo, C., Levivier, M., & Bloch, J. (2014). Infections associated with deep brain stimulators: Characteristics and outcome. Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery, 75(S 02), 44. https://doi.org/10.1055/s-0034-1383774

6. Morishita, T., Foote, K. D., Burdick, A. P., Katayama, Y., Yamamoto, T., Frucht, S. J., & Okun, M. S. (2010). Identification and management of deep brain stimulation intra- and postoperative urgencies and emergencies. Parkinsonism & Related Disorders, 16(3), 153–162. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2009.10.003

7. Vicheva, P., Butler, M., & Shotbolt, P. (2020). Deep brain stimulation for obsessive-compulsive disorder: A systematic review of randomised controlled trials. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 109, 129–138. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.007

8. Kozano, I., Kawasaki, T., Hamada, K., Kimura, K., Kishida, H., Okamura, Y., Higuchi, Y., Uramaru, K., Sakata, K., & Yamamoto, T. (2019). Analysis of device-related infection after deep brain stimulation surgery. No Shinkei Geka. Neurological Surgery, 47(10), 1037–1043. https://doi.org/10.11477/mf.1436204070

9. Moser, M., Chitta, S., O'Brien, P. F., Caras, A., & Holloway, K. L. (2022). Recrudescent infection after deep brain stimulator reimplantation. Journal of Neurosurgery, 137(4), 1145–1152. https://doi.org/10.3171/2021.11.JNS211425

10. Tabaja, H., Yuen, J., Tai, D. B. G., Campioli, C. C., Chesdachai, S., DeSimone, D. C., Hassan, A., Klassen, B. T., Miller, K. J., Lee, K. H., & Mahmood, M. (2023). Deep brain stimulator device infection: The Mayo Clinic Rochester experience. Open Forum Infectious Diseases, 10(1), ofac631. https://doi.org/10.1093/ofid/ofac631

11. Atchley, T. J., Laskay, N. M., Sherrod, B. A., Rahman, A. F., Walker, H. C., & Guthrie, B. L. (2019). Reoperation for device infection and erosion following deep brain stimulation implantable pulse generator placement. Journal of Neurosurgery, 133(2), 403–410. https://doi.org/10.3171/2019.3.JNS183023

12. Kähkölä, J., Puhto, T., Katisko, J., & Lahtinen, M. (2024). Recommendations for the prevention and management of deep brain stimulation infections based on 26-year single-center experience. Stereotactic and Functional Neurosurgery, 102(4), 240–247. https://doi.org/10.1159/000539188

13. Sedrak, M. F., Chang, R. N., Pezeshkian, P., Reyes, C. E., Prentice, H. A., Paxton, E. W., Skordilis, M. A., Hickey, P. T., Srivastava, S., & Anderson, R. (2025). Deep brain stimulation within a multi-center US-based healthcare system: A descriptive epidemiologic review from 2010 through 2021. Journal of Clinical Neuroscience, 139, 111428. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2025.111428

14. Steinhardt, J., Münte, T. F., Schmid, S. M., Wilms, B., & Brüggemann, N. (2020). A systematic review of body mass gain after deep brain stimulation of the subthalamic nucleus in patients with Parkinson's disease. Obesity Reviews, 21(2), e12955. https://doi.org/10.1111/obr.12955

15. Eisinger, R. S., Okun, M. S., Cernera, S., Cagle, J., Beke, M., Ramirez-Zamora, A., Kim, B. H., Barbosa, D. A. N., Qiu, L., Vaswani, P., Aamodt, W. W., Halpern, C. H., Foote, K. D., Gunduz, A., & Almeida, L. (2023). Weight and survival after deep brain stimulation for Parkinson's disease. Parkinsonism & Related Disorders, 115, 105810. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2023.105810

16. van der Vlis, T. A. B., van de Veerdonk, M. M., Ackermans, L., Leentjens, A. F., Janssen, M. L., Kuijf, M. L., Schruers, K. R. J., Duits, A., Gubler, F., Kubben, P., & Temel, Y. (2022). Surgical and hardware-related adverse events of deep brain stimulation: A ten-year single-center experience. Neuromodulation: Technology at the Neural Interface, 25(2), 296–304. https://doi.org/10.1016/j.neurom.2021.12.011

17. Hasimoglu, O., Hanoglu, T., Karacoban, T. O., Altınkaya, A., Erkan, B., & Tugcu, B. (2025). Analysis of intracerebral abscesses in deep brain stimulation and association with hardware-related wound complications. Journal of the Formosan Medical Association, 124(8), 738–745. https://doi.org/10.1016/j.jfma.2025.04.004

18. Ricciuti, R. A., Ottaviani, M. M., Mancini, F., Liverotti, V., Marruzzo, D., Marano, M., Barbieri, F., Paracino, R., Pagano, S., Di Lazzaro, V., & Dobran, M. (2025). Long-term infective complications of deep brain stimulation in Parkinson's disease: A 22-year follow-up. Clinical Parkinsonism & Related Disorders, 12, 100335. https://doi.org/10.1016/j.prdoa.2025.100335

19. Hussein, A. F. A., Imran, W. M., Serag, I., Abbas, A., Hammad, E. M., Pastrana-Brandes, S., Al-Aish, S. T., Mahmoud, D., Zazo Hassan, A. M., Ghattas, A. S., Megali, M. H., Muthana, A., Almusawi, A. A. H., & Chaurasia, B. (2025). Deep brain stimulation (DBS) in movement disorders management: Exploring therapeutic efficacy, neurobiological mechanisms, and clinical implications. Annals of Medicine and Surgery, 87(4), 2163–2179. https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000003096

20. Li, J., Zhang, W., Mei, S., Qiao, L., Wang, Y., Zhang, X., Li, J., Hu, Y., Jia, X., & Zhang, Y. (2021). Prevention and treatment of hardware-related infections in deep brain stimulation surgeries: A retrospective and historical controlled study. Frontiers in Human Neuroscience, 15, 707816. https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.707816

Бастапқы және ревизиялық хирургиялық араласулардан кейінгі DBS-ассоциацияланған инфекциялар: Бір орталықты ретроспективті зерттеу

Айдаров С.А. [1*], Нуриманов Ч.С. [2], Маммадинова И.З. [3], Нұрақай Н.А. [4], Құдайбергенов Д.Д. [5], Махамбетов Е.Т. [6]

[1] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің невролог дәрігері, Ұлттық нейрохирургия орталығы, Астана, Қазақстан. E-mail: seitzhan.aidarov@ncn.kz

[2] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің нейрохирург дәрігері, Ұлттық нейрохирургия орталығы, Астана, Қазақстан. E-mail: chingiz.nurimanov@ncn.kz

[3] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің нейрохирург дәрігері, Ұлттық нейрохирургия орталығы, Астана, Қазақстан. E-mail: iroda.mammadinova@ncn.kz

[4] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің нейрохирург дәрігері, Ұлттық нейрохирургия орталығы,

Астана, Қазақстан. E-mail: nurtaynurakay@ncn.kz
[5] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің резидент дәрігері, Ұлттық нейрохирургия орталығы,
Астана, Қазақстан. E-mail: daniyar.kudaybergenov@ncn.kz
[6] Тамыр және функционалды нейрохирургия бөлімшесінің меңгерушісі, Ұлттық нейрохирургия орталығы,
Астана, Қазақстан. E-mail: erbol.mahambetov@nmh.kz

Түйіндеме

Бас миының терең стимуляциясы (ағылш.: Deep Brain Stimulation (DBS)) Паркинсон ауруы, дистония және эссенциалды тремор сияқты қозғалыс бұзылыстарын емдеудің тиімді әдістерінің біріне айналды. Дегенмен, DBS-тен кейін туындайтын әртүрлі асқынулар емделушілер мен нейрохирургтар үшін күрделі мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты: бастапқы имплантациядан және ревизиялық араласулардан кейінгі DBS-ассоциацияланған инфекциялық асқынулардың жиілігін, клиникалық ерекшеліктерін, микробиологиялық бейінін және ем нәтижелерін бағалау.

Әдістері. 2013 жылғы мамырдан 2025 жылғы желтоқсанға дейін DBS-жүйесінің алғашқы имплантациясы немесе ревизиялық араласулар жасалған науқастарға ретроспективті бірорталықты зерттеу жүргізілді. Талдауға 363 алғашқы имплантация және 369 ревизиялық ота енгізілді. Инфекциялар ерте (<90 күн) және кеш (>90 күн), сондай-ақ беткей, терең асқынбаған және терең асқынған инфекциялар ретінде жіктелді. Хирургиялық араласу аймағы инфекциясының (ХААИ) жиілігі, микробиологиялық бейіні, емдеу тактикасы, эксплантация, қайта имплантация және қайталамалы инфекциялық асқынулар жиілігі бағаланды.

Нәтижелері. DBS-ассоциацияланған ХААИ жалпы саны 27 науқаста дамыды, яғни барлық оталардың 3,6%-ын құрады. Асқынулар импульстердің ішкі генераторын ауыстыруымен салыстырғанда алғашқы имплантациядан кейін жиірек байқалды: тиісінше 20/363 (5,5%) және 7/369 (1,9%) (p=0,010; OR=3,0). Ерте асқынулар 10 жағдайда, кеш асқынулар 17 жағдайда тіркелді. Ерте асқынулар бактериологиялық себінділердің оң нәтижелерімен жиірек қатар жүрді: кеш асқынулармен салыстырғанда 9/10 (90,0%) және 5/17 (29,4%) (p=0,004). Ең жиі анықталған қоздырғыш метициллинге сезімтал Staphylococcus aureus болды. DBS-жүйесінің толық эксплантациясы 27 жағдайдың 25-інде орындалды. Жүйе алынғаннан кейін 6–12 айдан соң 17 науқасқа қайта имплантация жасалды; 3 науқаста ХААИ қайталанған эпизоды дамыды.

Қорытынды. DBS-ассоциацияланған инфекциялық асқынуларды біртекті топ ретінде емес, әртүрлі клиникалық фенотиптері бар жағдайлар спектрі ретінде қарастыру қажет. Ерте асқынулар көбіне микробиологиялық тұрғыдан расталған терең инфекцияларға сәйкес келсе, кеш асқынулар жиі бактериологиялық себінді нәтижесі теріс инфекциялардан болып, беткей ХААИ критерийлеріне сәйкес келді. Мұндай жіктеу хирургиялық әдісті таңдауда, DBS-жүйесінің компоненттерін сақтап қалу мүмкіндігін бағалауда және қайта имплантация мерзімін жоспарлауда маңызды болуы мүмкін.

Түйін сөздер: бас миының терең стимуляциясы, DBS, Паркинсон ауруы, хирургиялық араласу аймағының инфекциялары, қауіп-қатер факторлары.

DBS-Associated Infections Following Primary and Revision Procedures: A Single-Center Retrospective Study

Seitzhan Aidarov [1*], Chingiz Nurimanov [2], Iroda Mammadinova [3], Nurtay Nurakay [4], Daniyar Kudaybergenov [5], Yerbol Makhambetov [6]

[1] Neurologist, Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: seitzhan.aidarov@ncn.kz
[2] Neurosurgeon, Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: chingiz.nurimanov@ncn.kz
[3] Neurosurgeon, Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: iroda.mammadinova@ncn.kz
[4] Neurosurgeon, Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: nurtaynurakay@ncn.kz
[5] Resident Physician, Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: daniyar.kudaybergenov@ncn.kz
[6] Head of the Department of Vascular and Functional Neurosurgery, National Center for Neurosurgery, Astana, Kazakhstan.
E-mail: erbol.mahambetov@nmh.kz

https://doi.org/10.53498/whd7xs64

Abstract

Deep Brain Stimulation (DBS) has become an effective treatment method for movement disorders, such as Parkinson's disease, dystonia, and essential tremor. However, various post-DBS complications pose a significant challenge to patients and neurosurgeons.

Objective. To evaluate the incidence, clinical characteristics, microbiological profile, and treatment outcomes of DBS-associated infectious complications after primary implantation and revision procedures.

Methods. A retrospective single-center study was conducted among patients who underwent primary DBS system implantation or revision procedures between May 2013 and December 2025. The analysis included 363 primary implantations and 369 revision surgeries. Infections were classified as early (<90 days) and late (>90 days), as well as superficial, deep uncomplicated, and deep complicated infections. The incidence of surgical site infection (SSI), microbiological profile, treatment strategy, explantation rate, reimplantation rate, and recurrent infectious complications were assessed.

Results. DBS-associated SSI developed in 27 patients, accounting for 3.6% of the total number of procedures. Complications were more frequent after primary implantation than after IPG replacement: 20/363 (5.5%) versus 7/369 (1.9%), respectively (p=0.010; OR=3.0). Early complications were observed in 10 cases and late complications in 17 cases. Early complications were more often associated with positive bacterial cultures: 9/10 (90.0%) versus 5/17 (29.4%) in late complications (p=0.004). The most common pathogen was methicillin-sensitive Staphylococcus aureus. Complete DBS system explantation was performed in 25 of 27 cases. Reimplantation was performed in 17 patients 6–12 months after system removal; 3 patients developed recurrent SSI.

Conclusions. DBS-associated infectious complications should not be regarded as a homogeneous group, but rather as a spectrum of conditions with different clinical phenotypes. Early complications more often corresponded to deep microbiologically confirmed infections, whereas late complications were more frequently culture-negative and met the criteria for superficial SSI. This distinction may be important when choosing surgical strategy, assessing the possibility of preserving DBS system components, and planning the timing of reimplantation.

Keywords: deep brain stimulation, DBS, Parkinson's disease, surgical site infections, risk factors.

https://doi.org/10.53498/whd7xs64