

Трансвенозная экстракция электродов сердечных имплантируемых электронных устройств: оценка безопасности и эффективности

Для корреспонденции: Македон Феликсович Демурчев, dr.demurchev@mail.ru

Поступила в редакцию 22 августа 2024 г.
Исправлена 1 декабря 2024 г. Принята к печати 15 января 2025 г.

Цитировать: Демурчев М.Ф., Гришин И.Р., Сапельников О.В., Айвазян С.А., Сорокин И.Н., Косоногов К.А., Черкашин Д.И., Ардус Д.Ф., Подьянов М.А., Куликов А.А., Верещагина А.В., Емельянов А.В., Ширяев А.А., Акчурин Р.С. Трансвенозная экстракция электродов сердечных имплантируемых электронных устройств: оценка безопасности и эффективности. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2025;29(1):18-30. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2025-1-18-30>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: А.А. Ширяев, Р.С. Акчурин, О.В. Сапельников, И.Р. Гришин
Сбор и анализ данных: М.Ф. Демурчев, Д.Ф. Ардус, М.А. Подьянов, И.Р. Гришин, Д.И. Черкашин, К.А. Косоногов, С.А. Айвазян, И.Н. Сорокин
Статистическая обработка данных: М.Ф. Демурчев, А.В. Верещагина, А.В. Емельянов
Написание статьи: М.Ф. Демурчев, И.Р. Гришин, О.В. Сапельников, Д.Ф. Ардус
Исправление статьи: К.А. Косоногов, С.А. Айвазян, И.Н. Сорокин
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID

М.Ф. Демурчев, <https://orcid.org/0009-0005-3823-4907>
И.Р. Гришин, <https://orcid.org/0000-0002-2689-2751>
О.В. Сапельников, <https://orcid.org/0000-0002-5186-2474>
С.А. Айвазян, <https://orcid.org/0000-0002-9642-9754>
И.Н. Сорокин, <https://orcid.org/0000-0002-7350-8353>
К.А. Косоногов, <https://orcid.org/0000-0001-7482-4983>

М.Ф. Демурчев¹, И.Р. Гришин¹, О.В. Сапельников¹,
С.А. Айвазян², И.Н. Сорокин², К.А. Косоногов³,
Д.И. Черкашин¹, Д.Ф. Ардус¹, М.А. Подьянов¹,
А.А. Куликов¹, А.В. Верещагина¹, А.В. Емельянов¹,
А.А. Ширяев¹, Р.С. Акчурин¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

² Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Приволжский окружной медицинский центр» Федерального медико-биологического агентства, Нижний Новгород, Российская Федерация

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Городская клиническая больница № 5 Нижегородского района г. Нижнего Новгорода», Нижний Новгород, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Прогрессивное увеличение количества сердечно-сосудистых имплантируемых электронных устройств влечет за собой рост числа осложнений. Последние нередко требуют полной экстракции системы. Применение лазерного катетера и механического дилатора значительно усовершенствовало экстракцию систем и повысило успех операции. Трансвенозная экстракция электродов с использованием дополнительных инструментов позволяет безопасно удалить электрод в большинстве случаев, однако несет риск осложнений, самым грозным из которых является перфорация сосудистого русла. Гибридный подход (трансвенозная экстракция с торакоскопической поддержкой) обеспечивает визуальный контроль каждого этапа вмешательства для своевременной диагностики интраоперационных осложнений.

Цель. Изучить безопасность и эффективность различных подходов к трансвенозной экстракции электродов.

Методы. В исследование включили 154 пациента, которым с 2018 по 2024 г. в НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова выполнили трансвенозную экстракцию электродов по инфекционным и неинфекционным показаниям.

Результаты. Из 154 вмешательств 80 (51,9 %) произвели по инфекционным показаниям (группа 1) и 74 (48,1 %) — по неинфекционным (группа 2). Медиана «возраста» электрода составила 64 [30; 144] мес. За одну операцию удаляли от 1 до 5 электродов (среднее количество — 2). Одномоментную реимплантацию нового устройства пациентам из группы 2 произвели в 58 случаях (78,3 %) из 74.

Д.И. Черкашин, <https://orcid.org/0000-0003-1679-1719>
Д.Ф. Ардус, <https://orcid.org/0000-0001-8305-1855>
М.А. Подьянов, <https://orcid.org/0009-0003-7069-6349>
А.А. Куликов, <https://orcid.org/0000-0003-0043-6472>
А.В. Верещагина, <https://orcid.org/0000-0001-8158-3794>
А.В. Емельянов, <https://orcid.org/0000-0002-4027-2524>
А.А. Ширяев, <https://orcid.org/0000-0002-3325-9743>
Р.С. Акчурин, <https://orcid.org/0000-0002-2105-8258>
© Демурчев М.Ф., Гришин И.Р., Сапельников О.В., Айвазян С.А., Сорокин И.Н., Косоногов К.А., Черкашин Д.И., Ардус Д.Ф., Подьянов М.А., Куликов А.А., Верещагина А.В., Емельянов А.В., Ширяев А.А., Акчурин Р.С., 2025



В качестве техники трансвенозной экстракции электродов в 68 случаях (44 %) избрали метод простой тракции на запирающем стилете, в 86 (56 %) использовали дополнительный инструментарий. Механический дилатор применили в 14 (17 %) случаях, эксимерный лазер — в 26 (30 %), 2 инструмента совместно — 25 (29 %). Количество гибридных вмешательств с торакоскопическим контролем — 21 (24 %). Полной экстракции системы достигли в 128 (83,2 %) случаях, частичного успеха (величина остаточного фрагмента электрода > 4 см) — в 26 (17,8 %). Конверсия в открытую операцию потребовалась во время 3 (1,9 %) вмешательств из 154.

Заключение. Трансвенозная экстракция электродов с использованием высокотехнологичных инструментов позволяет повысить успех операции. Торакоскопический контроль открывает возможности интраоперационной визуализации анатомических структур для предотвращения фатальных осложнений.

Ключевые слова: механический дилатор; сердечное имплантируемое электронное устройство; торакоскопический контроль; трансвенозная экстракция электродов; эксимерный лазер

Transvenous extraction of cardiac implantable electronic device leads: the assessment of safety and efficacy

Corresponding author: Makedon F. Demurchev, dr.demurchev@mail.ru

Received 22 August 2024. Revised 1 December 2024. Accepted 15 January 2025.

How to cite: Demurchev M.F., Grishin I.R., Sapelnikov O.V., Ayvazyan S.A., Sorokin I.N., Kosonogov K.A., Cherkashin D.I., Ardus D.F., Podyanov M.A., Kulikov A.A., Vereshchagina A.V., Emelyanov A.V., Shiryayev A.A., Akchurin R.S. Transvenous extraction of cardiac implantable electronic device leads: the assessment of safety and efficacy. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2025;29(1):18-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2025-1-18-30>

Funding

The study did not have sponsorship.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: A.A. Shiryayev, R.S. Akchurin, O.V. Sapelnikov, I.R. Grishin
Data collection and analysis: M.F. Demurchev, D.F. Ardus, M.A. Podyanov, I.R. Grishin,

Makedon F. Demurchev¹, Igor R. Grishin¹, Oleg V. Sapelnikov¹, Sergey A. Ayvazyan², Ilya N. Sorokin², Konstantin A. Kosonogov³, Dmitry I. Cherkashin¹, Darin F. Ardus¹, Maxim A. Podyanov¹, Alexey A. Kulikov¹, Anna V. Vereshchagina¹, Alexander V. Emelyanov¹, Andrey A. Shiryayev¹, Renat S. Akchurin¹

¹ Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Privolzhsky District Medical Center, Federal Medical and Biological Agency, Nizhny Novgorod, Russian Federation

³ Nizhegorodsky District Municipal Clinical Hospital No. 5, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract

Introduction: Progressive increase in the number of cardiac implanted electronic devices entails an increment of complications, which require the complete removal of the device system in selected cases. Instruments, such as laser sheath and mechanical dilator introduced into the surgical arsenal, significantly improved the removal of devices and increased the success rate of the procedure. Transvenous lead extraction using additional instruments enables the safe extraction of electrodes in most cases, but does not eliminate the risk of complications, the most significant of which is vascular bed perforation. The hybrid approach, combining transvenous lead extraction with thoracoscopic assistance, allows for visual monitoring

D.I. Cherkashin, K.A. Kosonogov,
S.A. Ayvazyan, I.N. Sorokin
Statistical analysis: M.F. Demurchev,
A.V. Vereshchagina, A.V. Emelyanov
Drafting the article: M.F. Demurchev,
I.R. Grishin, O.V. Sapelnikov, D.F. Ardus
Critical revision of the article: K.A. Kosonogov,
S.A. Ayvazyan, I.N. Sorokin
Final approval of the version to be published:
M.F. Demurchev, I.R. Grishin, O.V. Sapelnikov,
S.A. Ayvazyan, I.N. Sorokin, K.A. Kosonogov,
D.I. Cherkashin, D.F. Ardus, M.A. Podyanov,
A.A. Kulikov, A.V. Vereshchagina,
A.V. Emelyanov, A.A. Shiryayev, R.S. Akchurin

ORCID

M.F. Demurchev, <https://orcid.org/0009-0005-3823-4907>
I.R. Grishin, <https://orcid.org/0000-0002-2689-2751>
O.V. Sapelnikov, <https://orcid.org/0000-0002-5186-2474>
S.A. Ayvazyan, <https://orcid.org/0000-0002-9642-9754>
I.N. Sorokin, <https://orcid.org/0000-0002-7350-8353>
K.A. Kosonogov, <https://orcid.org/0000-0001-7482-4983>
D.I. Cherkashin, <https://orcid.org/0000-0003-1679-1719>
D.F. Ardus, <https://orcid.org/0000-0001-8305-1855>
M.A. Podyanov, <https://orcid.org/0009-0003-7069-6349>
A.A. Kulikov, <https://orcid.org/0000-0003-0043-6472>
A.V. Vereshchagina, <https://orcid.org/0000-0001-8158-3794>
A.V. Emelyanov, <https://orcid.org/0000-0002-4027-2524>
A.A. Shiryayev, <https://orcid.org/0000-0002-3325-9743>
R.S. Akchurin, <https://orcid.org/0000-0002-2105-8258>

© 2025 Demurchev et al.



of each step of the operation to detect intraoperative complications promptly.

Objective: The study aimed to investigate the safety and efficacy of different transvenous lead extraction methods.

Methods: One-hundred fifty-four patients, who underwent transvenous extraction of cardiac implantable electronic devices in Chazov National Medical Research Center for Cardiology from 2018 to 2024, were included in the study. Transvenous extraction of leads was performed both on infectious and non-infectious indications.

Results: Of the 154 surgical procedures performed, 80 (51.9%) were on infectious indications (group 1) and 74 (48.1%) were on non-infectious indications (group 2). The median age of the electrode was 64 months, (from 30 to 144 months). Between one and five electrodes were removed during each surgical procedure, with an average of two electrodes removed per procedure. Simultaneous reimplantation of a new device was performed in 58 (78.3%) of the 74 patients in the group 2.

In 68 cases (44%), the method of simple traction on a locking stylet was chosen as a transvenous electrode extraction technique, while additional instrumentation was used in 86 cases (56%). In particular, a mechanical dilator was used in 14 cases (17%), an excimer laser was engaged in 26 cases (30%), and 2 instruments together were used in 25 cases (29%). The number of hybrid interventions with thoracoscopic control amounted to 21 (24%). Complete extraction of the system was achieved in 128 cases (83.2%), and 26 (17.8%) cases were partially successful (residual electrode fragment value >4 cm). Conversion to open surgery was required in 3 (1.9%) of 154 interventions.

Conclusion: Transvenous lead extraction using high-tech tools provides an opportunity to improve the success of the operation. Thoracoscopic control opens up the possibilities of intraoperative visualization of anatomical structures to prevent fatal complications.

Keywords: Cardiac Implantable Electronic Devices; Lasers, Excimer; Mechanical Dilator; Thoracoscopic Control; Transvenous Lead Extraction

Введение

Впервые в мире внутрисердечное устройство (трансвенозный электрокардиостимулятор) было имплантировано в 1958 г., а в 1962 г. в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева произвели первую установку миокардиальной системы электрокардиостимуляции в СССР [1]. Позднее в практику были внедрены кардиовертеры-дефибрилляторы, устройства для ресинхронизирующей и кардиомодулирующей терапии. Разнообразие устройств, их усложнение, расширение показаний для имплантации привели к экспоненциальному росту количества операций,

что способствовало увеличению числа осложнений [2–5] и, как следствие, трансвенозных экстракций электродов (ТЭЭ).

Показания к экстракции имплантированных систем делятся на инфекционные и неинфекционные. К первым относятся изолированная инфекция ложа устройства, эрозия кожи над устройством, бактериемия, электрод-ассоциированный эндокардит. Неинфекционными показаниями являются повреждение электродов, жизнеугрожающая межэлектродная интерференция, окклюзия вены, препятствующая имплантации нового элект-

трода при необходимости, хроническая некупирующаяся боль, связанная с имплантированным устройством, жизненные показания к проведению магнитно-резонансной томографии при отсутствии альтернативных методов диагностики [6; 7].

Осложнения, связанные с сердечно-сосудистыми имплантируемыми электронными устройствами (СИЭУ), зачастую невозможно устранить изменением программных настроек устройства или консервативной терапией. Хотя накоплен большой опыт имплантации внутрисердечных устройств, инфекции систем стимуляции составляют большую долю общего количества осложнений. В таких случаях показана полная экстракция имплантированного устройства и электродов (I класс показаний) [6].

Первую операцию по извлечению электродов СИЭУ провел в 1985 г. C.L. Byrd в связи с инфицированием системы [8]. Ежегодно в мире выполняется более 15 тыс. эксплантаций эндокардиальных систем [9; 10].

Экстракция может быть выполнена открытым оперативным или трансвенозным доступом. Наличие вегетаций более 2 см — показание для открытого вмешательства, так как при ТЭЭ существует риск массивной тромбоэмболии. Трансвенозный доступ при отсутствии противопоказаний более предпочтителен ввиду малой травматичности, меньшего косметического дефекта, более короткого реабилитационного периода, меньшего риска осложнений.

Однако ТЭЭ осложняется тем, что со временем вокруг электрода формируется фиброзная капсула, особенно плотная в местах длительного контакта электрода с сосудистой стенкой. Зачастую фиброзная покрышка кальцинируется, в особенности у молодых пациентов, что затрудняет процесс извлечения электродов. В таком случае ТЭЭ методом простой тракции неосуществима ввиду крайне высокого риска конверсии в открытое вмешательство.

Эта проблема и развитие технологий привели к разработке новых инструментов для экстракции электродов. Наиболее распространенными и эффективными считаются лазерный катетер (SLS II, GlideLight (Philips, Амстердам, Нидерланды)) и механический ротационный дилатор (TightRail (Philips)).

Принцип действия лазерного катетера основан на генерации эксимерного лазера с использованием хлорида ксенона (рис. 1). Образующаяся энергия длиной волны 308 нм и глубиной проникновения 0,05 мм поглощается белками и липидами, входящими в состав фиброзной капсулы, которая окружает электрод [11; 12].

В клинической практике это означает, что фиброзную оболочку, обычно окружающую электроды, можно «разрезать», не повреждая эндотелиальную стенку или изоляцию электродов. Основным ограничением при использовании лазерного катетера являются участки с выраженным кальцинозом, в отношении которых он неэффективен.

A



B



Рис. 1. Эксимерная лазерная система: установка для генерации эксимерного лазера (A); поперечное сечение лазерного катетера (B) (адаптировано с сайта компании-производителя: <https://www.philips.ru/healthcare/product/HCIGTDGLLS/glidelight-laser-sheath>)



Рис. 2. Внешний вид и поперечное сечение механического дилатора (адаптировано с сайта компании-производителя: <https://www.philips.ru/healthcare/product/HICIGDTRRDS/tightrail-mechanical-rotating-dilator-sheath>)

В отличие от лазерного катетера, механический дилатор обеспечивает «освобождение» электрода от окружающих тканей за счет вращения выкручивающихся лезвий на конце инструмента, которые приводятся в движение путем мануального нажатия на ручку (рис. 2).

Механический дилатор эффективен в отношении участков с выраженным фиброзом и/или кальцинозом. Вследствие отсутствия избирательности воздействия движение инструмента должно быть строго коаксиальным по отношению к электроду, в противном случае возможно повреждение последнего вплоть до его пересечения.

Гибридный подход (ТЭЭ с торакоскопической поддержкой) позволяет осуществлять визуальный контроль каждого этапа вмешательства, что помо-

гает своевременно диагностировать интраоперационные осложнения [13–15].

Цель — изучение безопасности и эффективности современных подходов к трансвенозной экстракции электродов.

Методы

В исследование включили 154 пациента, которым с 2018 по 2024 г. выполнили экстракцию системы стимуляции в НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова. ТЭЭ проводили как по инфекционным, так и по неинфекционным показаниям. Пациентов включали в исследование последовательно. Критериями включения являлись инфекция системы имплантированного эндокардиального устройства, вегетации на электродах, не превышавшие 2 см. К неинфекционным

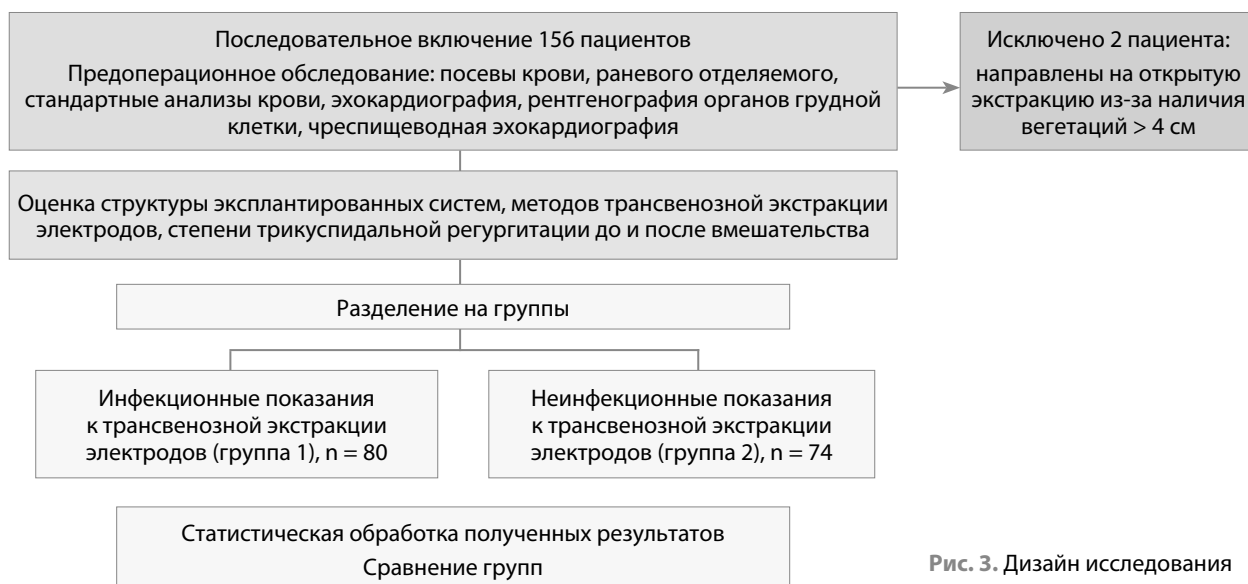


Рис. 3. Дизайн исследования

показаниям относили дисфункцию электродов, перелом электрода и повреждение изоляции электрода. Критерием исключения были показания к открытой экстракции системы стимуляции. Дизайн исследования представлен на рис. 3. В общей когорте пациентов и после разделения на группы в соответствии с показаниями к ТЭЭ провели анализ количества интраоперационных осложнений, оценку структуры эксплантированных систем, «возраста» электродов, выраженности трикуспидальной регургитации до и после трансвенозной экстракции.

Трансвенозная экстракция электродов

Все операции проводили под эндотрахеальным наркозом с внутривенным потенцированием. В каждом случае выполняли интраоперационную чреспищеводную эхокардиографию для оценки степени трикуспидальной регургитации и мониторинга перикардального выпота. При отсутствии у пациента спонтанного ритма устанавливали электрод для временной кардиостимуляции через правую внутреннюю яремную вену. Перед началом каждого вмешательства осуществляли пункционный доступ к бедренной вене для заведения проводника, по которому в случае необходимости доставляли баллонный окклюзионный катетер (Philips–Spectranetics, Колорадо-Спрингс, США) или ловушку для захвата интравенозных или изначально фрагментированных электродов Needle’s Eye Snare (Cook Medical, Блумингтон, США). Все операции проводили с кардиохирургическим сопровождением для осуществления при необходимости конверсии в открытый доступ.

Операционное поле трехкратно обрабатывали 10% раствором повидон-йода, затем однократно 95% этанолом. После кожного разреза выделяли корпус СИЭУ с проксимальными концами электродов. Последние освобождали от окружающих тканей максимально дистально до их места впадения в подключичную вену. Срезали коннекторные части, в просвет электрода заводили прочищающий, а затем запираемый стилет LLD (англ. Lead Locking Device) (Philips–Spectranetics, Колорадо-Спрингс, США), изоляцию закрепляли швом. Изначально проводили тракцию на стилете, при отсутствии результата использовали лазерный катетер и/или механический дилатор в зависимости от клинической ситуации.

Торакоскопический контроль проводили пациентам высокого риска, которые соответствовали параметрам: имплантация СИЭУ в возрасте до 30 лет; «возраст» стимулирующего электрода > 10 лет, дефибриллирующего электрода > 5 лет; выраженный кальциноз по данным мультиспиральной компьютерной томографии [9].

Конверсию в открытый доступ осуществляли в случаях жизнеугрожающих осложнений и/или безуспешной экстракции при абсолютных показаниях к извлечению электродов. Стимулятор-зависимым пациентам с неинфекционными показаниями к экстракции проводили одномоментную реимплантацию СИЭУ. Больным с инфекционными показаниями к ТЭЭ в случае подозрения на наличие вегетаций по данным чреспищеводной эхокардиографии выполняли отсроченную имплантацию после получения отрицательного бактериального посева крови

Табл. 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов

Показатель	Значение, n = 154	
Возраст, лет	68 [56; 76]	
Пол	Мужской, n (%)	96 (62,3)
	Женский, n (%)	58 (37,7)
Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации	I, n (%)	7 (8,7)
	II, n (%)	35 (47,4)
	III, n (%)	31 (42,1)
	IV, n (%)	1 (1,7)
Фракция выброса левого желудочка, %	57 [50; 60]	
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	54 (35)	
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	74 (48,3)	
Гипертоническая болезнь, n (%)	100 (64,9)	
Индекс массы тела, кг/м ²	27 [24; 32]	
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	78,5 [59,25; 92,00]	
Острое нарушение мозгового кровообращения, n (%)	21 (13,6)	
Сахарный диабет, n (%)	35 (22,7)	

в течение 72 ч на фоне антибактериальной терапии. Операцию считали успешной при полном удалении электродов и когда величина оставшегося фрагмента не превышала 4 см.

Статистический анализ

Статистический анализ данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Excel 2010 (Microsoft, Редмонд, США) и статистических программ STATISTICA 10 (StatSoft Inc., Талса, США). Качественные величины представлены как абсолютные значения и доли. Выборочные параметры, приведенные в таблицах, представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха (Lq; Uq). Для оценки различий между двумя независимыми выборками использовали U-критерий Манна – Уитни. Уровень различий считали достоверным при $p < 0,05$, значения $0,05 < p < 0,10$ интерпретировали как тенденцию.

Результаты

Клинико-демографическая характеристика пациентов представлена в табл. 1. В общей выборке 62,3 % ($n = 96$) составили мужчины. Медиана возраста больных — 68 [56; 76] лет. Среди 154 пациентов у 74 (48,3 %) диагностирована хроническая сердечная недостаточность, медиана фракции выброса левого желудочка — 57 [50; 60] %.

В структуре эксплантированных систем 57,1 % ($n = 88$) составили устройства для постоянной электрокардиостимуляции, что, вероятно, связано

с их большей распространенностью по сравнению с кардиовертерами-дефибрилляторами (доля эксплантаций 11,7 % ($n = 18$)) и устройствами для сердечной ресинхронизирующей терапии (7,8 % ($n = 12$)). Также провели экстракцию 6 (3,9 %) систем модуляции сердечной сократимости.

Суммарно удалили 313 электродов: 8 % ($n = 25$) — с пассивной фиксацией и 92 % ($n = 288$) — с активной. С учетом того, что основную массу удаленных систем составили электрокардиостимуляторы, отмечали значительное количество эксплантированных стимуляционных желудочковых электродов ($n = 155$; 49,5 %). Все дефибриллирующие электроды, подвергшиеся ТЭЭ, были двуспиральными и составили 7,1 % ($n = 22$) общего количества удаленных электродов.

Медиана «возраста» электрода составила 64 [30; 144] мес. За одно вмешательство удаляли от 2 до 4 электродов. На ТЭЭ направляли в том числе пациентов с наличием заглушенных ($n = 18$; 5,8 %) или обрезанных ($n = 25$; 7,9 %) электродов.

Одномоментную реимплантацию нового устройства в группе с неинфекционными показаниями к ТЭЭ произвели в 58 (78,3 %) из 74 операций.

Летальные случаи отсутствовали. Из 154 оперативных вмешательств 80 (51,9 %) произвели по инфекционным показаниям (группа 1) и 74 (48,1 %) — по неинфекционным (группа 2) (рис. 4).

По основным клинико-демографическим характеристикам группы были сопоставимы, однако в группе 1 наблюдалась тенденция к большему ко-

Табл. 2. Клинико-демографическая характеристика пациентов по группам

Показатель	Группа 1, $n = 80$	Группа 2, $n = 74$	p
Возраст, лет	70 [61; 76]	66,5 [50,5; 73,0]	0,15
Пол	Мужской, n (%)	55 (69,2)	0,25
	Женский, n (%)	25 (30,8)	
Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации	I, n (%)	8 (9,4)	0,38
	II, n (%)	40 (50)	
	III, n (%)	32 (40,6)	
	IV, n (%)	0	
Фракция выброса левого желудочка, %	55 [47; 60]	57,5 [50; 60]	0,41
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	28 (35,2)	26 (32,2)	0,77
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	38 (47)	36 (53,2)	0,69
Гипертоническая болезнь, n (%)	53 (66,1)	47 (59,6)	0,52
Индекс массы тела, кг/м ²	27 [23; 32]	27 [25; 31]	0,409
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	75,5 [58,25; 92,00]	80 [61; 93]	0,59
Острое нарушение мозгового кровообращения, n (%)	9 (11,7)	13 (14,5)	0,61
Сахарный диабет, n (%)	22 (27,9)	13 (14,5)	0,07

Примечание. Полужирным шрифтом выделены достоверный уровень различий при $p < 0,05$ или тенденция — значения $0,05 < p < 0,10$.

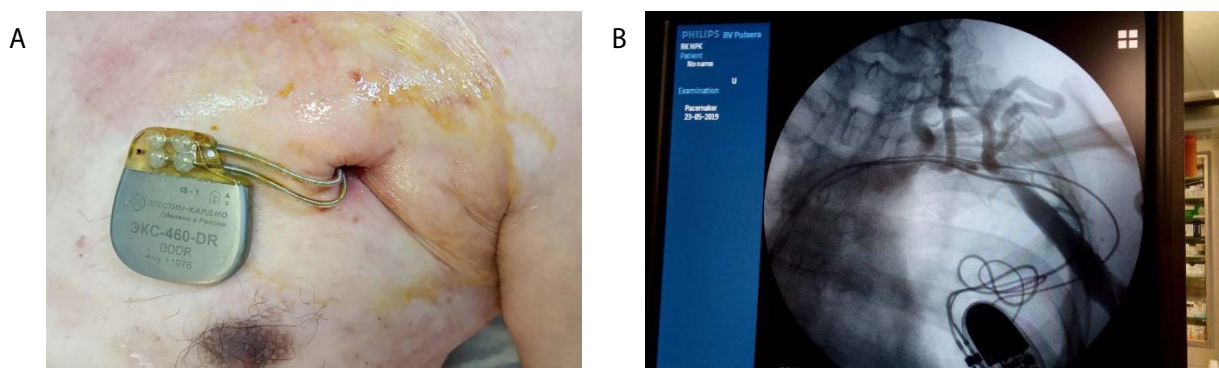


Рис. 4. Осложнения у пациентов с сердечно-сосудистыми имплантируемыми электронными устройствами: пролежень ложа электрокардиостимулятора (абсолютное показание к экстракции системы стимуляции, класс I) (А); синдром Педжета – Шреттера (неинфекционное показание (класс IIA) к трансвенозной экстракции электродов при необходимости имплантации дополнительного электрода) (В)

Табл. 3. Характеристика пациентов, которым выполнили трансвенозную экстракцию электродов по инфекционным показаниям

Показатель	Значение
Общие данные	
Санация ложа до экстракции*, n (%)	38 (47,5)
Эрозия кожи, n (%)	60 (75,4)
Продолжительность инфекции до экстракции, мес.	4,5 [2,00; 8,25]
Лабораторные данные	
Лейкоцитоз, $\times 10^9/\text{л}$	7,2 [5,5; 8,6]
С-реактивный белок, пг/мл	4,7 [2,10; 15,15]
Прокальцитонин, нг/мл	0,06 [0,0325; 0,1000]
Результаты бактериологии	
Возбудитель (посев из раны):	
<i>Acinetobacter baumannii</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Enterococcus faecalis</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Moraxella osloensis</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Staphylococcus aureus</i> , n (%)	8 (10)
<i>Streptococcus haemolyticus</i> , n (%)	3 (3,75)
<i>Staphylococcus lugdunensis</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Staphylococcus capitis</i> , n (%)	1 (1,25)
<i>Staphylococcus epidermidis</i> , n (%)	17 (21,25)
<i>Staphylococcus hominis</i> , n (%)	3 (3,75)
Бактериемия, n (%)	11 (13,75)
Возбудитель в крови:	
<i>Staphylococcus aureus</i> , n (%)	4 (4,9)
<i>Staphylococcus epidermidis</i> , n (%)	7 (8,7)
Данные чреспищеводной эхокардиографии	
Вегетации более 2 см, n (%)	3 (3,7)
Вегетации менее 2 см, n (%)	4 (5)

Примечание. * — рекомендовано полное удаление системы.

Табл. 4. Причины экплантации электродов у пациентов, которым выполнили трансвенозную экстракцию электродов по неинфекционным показаниям

Показатель	Значение
Дисфункция предсердного электрода, n (%)	35 (22,7)
Дисфункция желудочкового электрода, n (%)	55 (35,7)
Перелом электрода, n (%)	9 (5,8)
Повреждение изоляции электрода, n (%)	47 (30,5)

личеству пациентов с сахарным диабетом 2-го типа по сравнению с группой 2 ($p = 0,07$) (табл. 2).

В группе 1 в среднем продолжительность инфекции до экстракции составила 4,5 мес. Санацию раны на дооперационном этапе произвели в 38 (47,5 %) случаях. У 37 пациентов при проведении посевов из раны обнаружили возбудителя инфекции (табл. 3). При этом у 11 больных (13,75 %) выявили бактериемию, преимущественно определяли рост колоний *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus epidermidis*. Примечательно, что при оценке анализов крови значительного лейкоцитоза, повышения уровня С-реактивного белка и прокальцитонина не обнаружили.

Причины экстракции электродов в группе 2 представлены в табл. 4.

В группе неинфекционных показаний было значительно больше эксплантированных кардиовертеров-дефибрилляторов ($p = 0,02$). При этом по общему количеству удаленных электродов группа 1 превосходила группу 2 ($p = 0,003$). Выявили закономерно большее число удаленных стимулирующих правожелудочковых ($p = 0,05$) и предсердных электродов ($p = 0,016$). В остальном группы сопоставимы (табл. 5).

Табл. 5. Результаты трансвенозной экстракции электродов в группах

Показатель	Группа 1, n = 80	Группа 2, n = 74	p
Электрокардиостимулятор, n (%)	52 (64,7)	36 (62,9)	0,84
Кардиовертер-дефибриллятор, n (%)	4 (4,4)	14 (16,1)	0,02
Устройство для ресинхронизирующей терапии (CRT-D/P), n (%)	7 (8,8)	5 (9,6)	0,86
Модулятор сердечной сократимости, n (%)	2 (2,9)	4 (3,2)	0,4
«Возраст» электродов, мес.	63,5 [26,5; 143,5]	55 [28,5; 144,0]	0,67
Общее количество электродов	184	129	0,003
Интраоперационные осложнения, n (%)	5 (5,8)	5 (6,4)	0,84
Виды удаленных электродов			
Дефибриллирующий двуспиральный, n (%)	11 (6,2)	14 (10,9)	0,33
Стимуляционный желудочковый, n (%)	90 (48,9)	63 (49,0)	0,05
Стимуляционный предсердный, n (%)	80 (43,4)	50 (39,0)	0,016
Левожелудочковый, n (%)	6 (3,4)	5 (3,6)	0,82
Результат операции			
Частичное удаление, n (%)	12 (14,7)	14 (19,4)	0,24
Полное удаление, n (%)	68 (85,3)	60 (80,6)	0,25

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены достоверный уровень различий при $p < 0,05$ или тенденция — значения $0,05 < p < 0,10$.

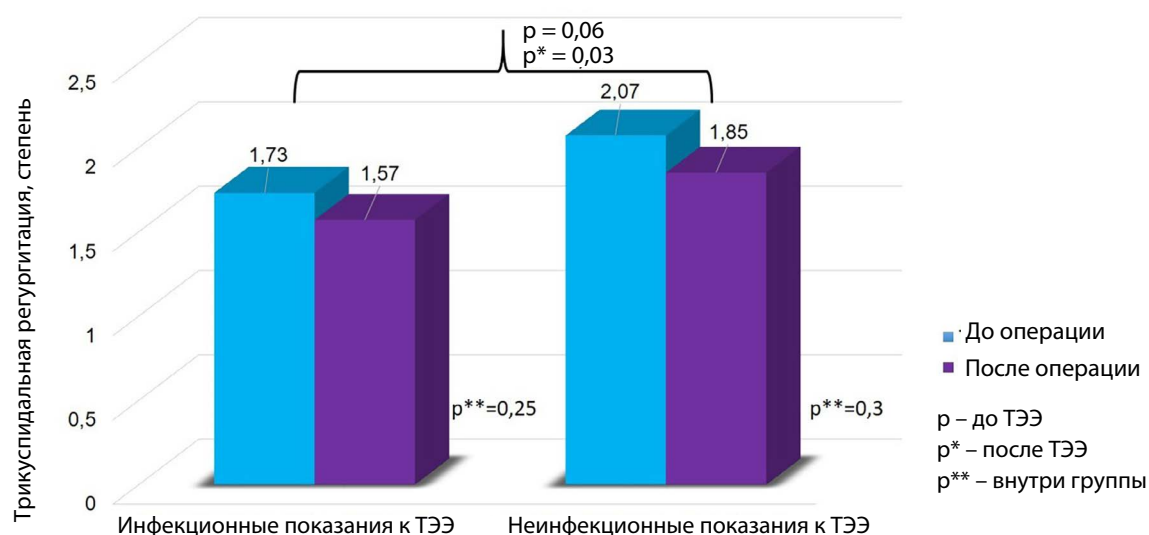


Рис. 5. Динамика трикуспидальной регургитации у пациентов с инфекционными и неинфекционными показаниями к трансвенозной экстракции электродов до и после вмешательства

Примечание. ТЭЭ — трансвенозная экстракция электродов.

У всех пациентов с имплантированными устройствами оценивали состояние трикуспидального клапана. До ТЭЭ степень тяжести трикуспидальной регургитации в группе 2 была статистически значимо выше ($p = 0,06$), чем в группе 1. В послеоперационном периоде между группами сохранилось различие по этому показателю ($p = 0,03$), однако внутри

групп значимого изменения недостаточности трикуспидального клапана не выявили (рис. 5).

В 44 % ($n = 68$) случаев ТЭЭ проводили методом простой тракции на запирательном стилете, в 56 % ($n = 86$) применяли дополнительные инструменты. В 17 % ($n = 14$) случаев использовали механический дилатор, в 30 % ($n = 26$, пациенты без выраженного



Рис. 6. Фиброзная капсула вокруг электрода с пассивной фиксацией

кальциноза фиброзной капсулы вокруг электрода) — лазерный катетер (рис. 6). Совместное использование лазера и дилатора составило 29 % ($n = 25$). В 24 % ($n = 21$) случаев проводили гибридное вмешательство с торакоскопическим контролем (рис. 7).

При сравнении двух групп по использованным техникам выявили, что в группе 2 значимо чаще применяли простую тракцию ($p = 0,04$), в остальной группы статистически значимо не различались (рис. 8).

Пяти (3,4 %) пациентам потребовался дополнительный бедренный доступ (1 случай заведения доставляемого окклюзионного баллона при повреждении верхней полой вены и 4 случая заведения ловушки Needle's Eye при безуспешной экстракции из подключичного доступа).

Окклюзионный баллон использовали у больного с инфекционными показаниями к экстракции си-

стемы стимуляции: при работе механическим дилатором в области впадения верхней полой вены в правое предсердие отмечали прогрессирующую гипотонию, выпот в полости перикарда по данным чреспищеводной эхокардиографии. Незамедлительно по проводнику завели окклюзионный баллон, раздули в верхней полой вене. Выполняли экстренную стернотомию. При ревизии установили разрыв верхней полой вены в месте впадения в правое предсердие, баллон был неэффективен. Начали массивную гемотрансфузию, подключили больного к аппарату искусственного кровообращения. Выполняли открытую экстракцию электродов, пластику верхней полой вены. Время с момента диагностики до начала искусственного кровообращения составило 12 мин. Суммарная кровопотеря не превышала 4,5 л. Пациента выписали через 2 недели в удовлетворительном состоянии.

У 27 (17,7 %) больных выявили окклюзию подключичной вены. Полной экстракции систем и электродов удалось достичь в 128 (83,2 %) случаях, частичный успех (величина остаточного фрагмента электрода > 4 см) составил 26 случаев (17,8 %).

Конверсия в открытое вмешательство потребовалась при 3 (1,9 %) операциях из 154. Из них 1 экстренную стернотомию провели вследствие разрыва верхней полой вены при ТЭЭ без торакоскопии и 2 плановые конверсии в открытый доступ потребовались при интраоперационном развитии

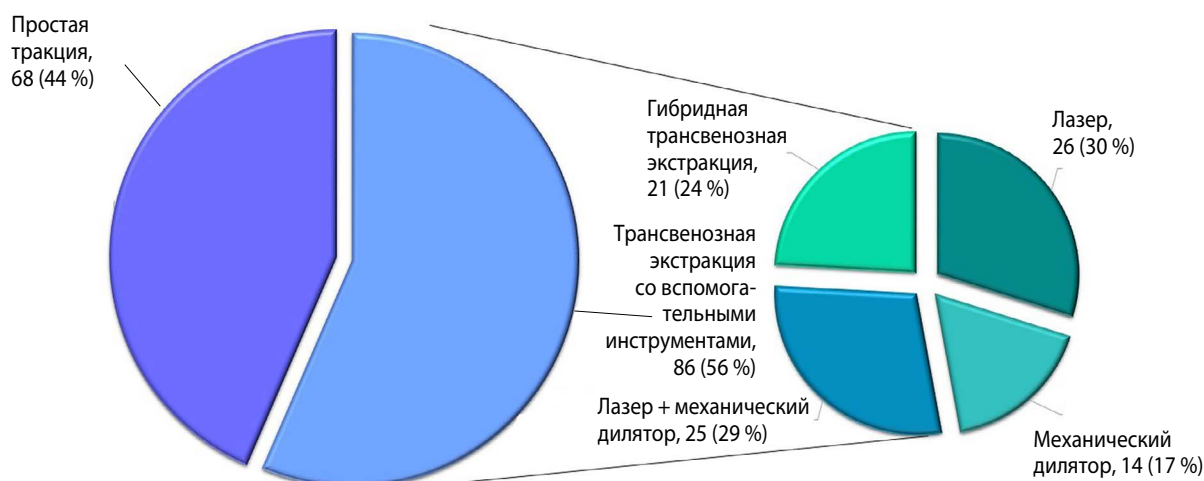


Рис. 7. Техники трансвенозной экстракции электродов

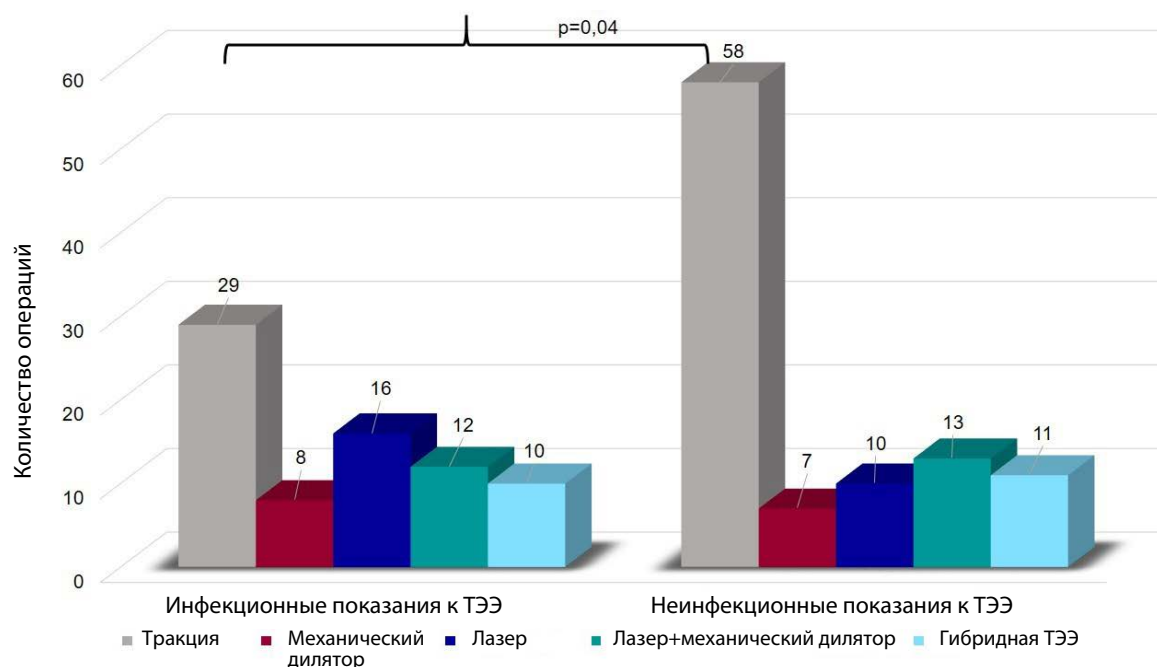


Рис. 8. Техники трансвенозной экстракции электродов по группам пациентов

Примечание. ТЭЭ — трансвенозная экстракция электродов.

гематомы верхней полой вены во время гибридной трансвенозной экстракции.

Обсуждение

ТЭЭ сердечных имплантируемых устройств — безопасный и эффективный метод хирургического лечения. Безопасность процедуры подтверждена низкой частотой интраоперационных осложнений: 1,7 % по данным мировой литературы [16], что согласуется с результатами настоящего исследования.

Об эффективности операции свидетельствуют данные B.L. Wilkoff и соавт., которые сообщили о 94% успехе полного удаления систем СИЭУ, причем экстракция электродов с пассивной (53 %) и активной фиксацией (47 %) была представлена практически в равной степени. Средний «возраст» электродов, как и в нашем исследовании, составил 69 ± 46 и 65 ± 42 мес. соответственно для экстракции без лазера и с его применением [12].

Основными показаниями для ТЭЭ как в нашем исследовании, так и по данным зарубежных работ, были инфекционные осложнения, ассоциированные с СИЭУ. В регистре ELECTRa проанализировано 3 510 пациентов, которым выполнили ТЭЭ. В 53 % случаев показанием к экстракции стала инфекция системы стимуляции, а неинфекционные причины составили 46 % [16; 17].

При сравнении двух групп мы выявили различия в динамике трикуспидальной регургитации до и после ТЭЭ, количестве удаляемых электродов, технике экстракции. Вероятнее всего, разница в числе удаляемых электродов обусловлена необходимостью полной экстракции системы стимуляции и всех электродов в случае инфекционных показаний к ТЭЭ, а статистически значимое различие в экстракции электродов методом простой тракции вызвано более агрессивной фиброзной инкапсуляцией при наличии инфекции системы стимуляции, что можно считать дополнительным фактором риска.

Успех ТЭЭ определяет не только «возраст», но и тип удаляемого электрода. Несмотря на большую долю стандартных стимулирующих электродов как в предсердной, так и в желудочковой позиции, в данном исследовании встречались двуспиральные дефибриллирующие и левожелудочковые электроды. Двуспиральные дефибриллирующие электроды по сравнению с односпиральными имеют большую площадь контакта спирали с сосудистой стенкой, что обуславливает образование выраженной фиброзной капсулы, в особенности после срабатывания устройства, и значительно усложняет процедуру ТЭЭ. В исследовании S. Pecha и соавт. также отмечена высокая доля экстракции стандартных стимуляционных электродов (пред-

сердечных — 35,4 %, желудочковых — 57,7 %), что в целом связано с большей распространенностью имплантаций систем ЭКС по сравнению с другими сердечно-сосудистыми имплантируемыми устройствами [18].

ТЭЭ с использованием механических дилаторов и/или лазерных катетеров позволяет безопасно удалить электрод в большинстве случаев, однако несет риск осложнений, самое грозное из которых — перфорация сосудистого русла. Серьезные осложнения требуют немедленного (в течение 5–10 мин) хирургического вмешательства с торакотомией или стернотомией [13]. Интраоперационно заподозрить их помогает постоянный инвазивный контроль артериального давления, чреспищеводная эхокардиография, однако зачастую этого недостаточно при операциях высокого риска, в связи с чем мы внедрили гибридный подход к ТЭЭ. В данном исследовании из всех экстракций со вспомогательными инструментами 21 (24 %) выполнили с торакоскопическим контролем. В зарубежной литературе встречаются единичные описания данного метода, при этом многоцентровые исследования, как и отечественные работы, отсутствуют. Наиболее крупный регистр по ТЭЭ ELECTRa не включал гибридный подход к трансвенозной экстракции.

Ограничения

Ограничением исследования является невозможность выделить группу сравнения, так как ТЭЭ выполняют по жизненным показаниям.

Заключение

ТЭЭ — безопасный и эффективный метод удаления систем СИЭУ. Процедура является приоритетной в регламентирующих документах при отсутствии показаний к открытому вмешательству, характеризуется меньшей травматичностью и не продолжительным реабилитационным периодом. Совместное применение механического дилатора и лазерного катетера позволяет с большой эффективностью выполнять экстракцию значительно кальцинированных и фибрированных электродов. Рекомендован бедренный доступ при каждой операции ТЭЭ для быстрой доставки окклюзионного баллона при наличии показаний. Торакоскопический контроль при ТЭЭ является новейшей разработкой, позволяет своевременно диагностировать и предупреждать фатальные осложнения, в связи с чем рекомендован для проведения операций у пациентов высокого риска.

Список литературы / References

1. Симоненко В.Б., Стеклов В.И. Электрическая стимуляция сердца: история, современное состояние и перспектива развития. *Клиническая медицина*. 2012;90(12):4-10.
Simonenko V.B., Steklov V.I. Electrical stimulation of the heart: history, current state and prospects. *Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2012;90(12):4-10. (In Russ.)
2. Buxton A.E., Lee K.L., Fisher J.D., Josephson M.E., Prystowsky E.N., Hafley G. A randomized study of the prevention of sudden death in patients with coronary artery disease. Multicenter Unsustained Tachycardia Trial Investigators. *N Engl J Med*. 1999;341(25):1882-1890. PMID: 10601507. <https://doi.org/10.1056/NEJM199912163412503>
3. Hohnloser S.H., Kuck K.H., Dorian P., Roberts R.S., Hampton J.R., Hatala R., Fain E., Gent M., Connolly S.J.; DINAMIT Investigators. Prophylactic use of an implantable cardioverter-defibrillator after acute myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2004;351(24):2481-2488. PMID: 15590950. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa041489>
4. Kurtz S.M., Ochoa J.A., Lau E., Shkolnikov Y., Pavri B.B., Frisch D., Greenspon A.J. Implantation trends and patient profiles for pacemakers and implantable cardioverter defibrillators in the United States: 1993–2006. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010;33(6):705-711. PMID: 20059714. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2009.02670.x>
5. Steinbeck G., Andresen D., Seidl K., Brachmann J., Hoffmann E., Wojciechowski D., Kornacewicz-Jach Z., Sredniawa B., Lupkovic G., Hofgärtner F., Lubinski A., Rosenqvist M., Habets A., Wegscheider K., Senges J.; IRIIS Investigators. Defibrillator implantation early after myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2009;361(15):1427-1436. PMID: 19812399. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0901889>
6. Bongiorno M.G., Burri H., Deharo J.C., Starck C., Kennergren C., Saghy L., Rao A., Tascini C., Lever N., Kutarski A., Lozano I.F., Strathmore N., Costa R., Epstein L., Love C., Blomstrom-Lundqvist C.; ESC Scientific Document Group. 2018 EHRA expert consensus statement on lead extraction: recommendations on definitions, endpoints, research trial design, and data collection requirements for clinical scientific studies and registries: endorsed by AHA/ACC/HRS/LAQRS. *Europace*. 2018;20(7):1217. PMID: 29566158. <https://doi.org/10.1093/europace/euy050>
7. Epstein L.M., Maytin M. Strategies for transvenous lead extraction procedures. *J Innov Card Rhythm Manag*. 2017;8(5):2702-2716. PMID: 32494448; PMCID: PMC7252922. <https://doi.org/10.19102/icrm.2017.080502>
8. Byrd C.L., Schwartz S.J., Hedin N.B., Goode L.B., Fearnot N.E., Smith H.J. Intravascular lead extraction using locking stylets and sheaths. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1990;13(12 Pt 2):1871-1875. PMID: 1704557. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.1990.tb06906.x>
9. Айвазян С.А., Сапельников О.В., Гришин И.Р., Сорокин И.Н. Шкалы стратификации рисков экстракции электродов сердечных имплантируемых электронных устройств и перспективы их практического применения: обзор литературы. *Вестник аритмологии*. 2022;29(2):50-57. <https://doi.org/10.35336/VA-2022-2-05>
Aivazyan S.A., Sapelnikov O.V., Grishin I.R., Sorokin I.N. Lead extraction risk scores and practical use: literature review. *Journal of Arrhythmology*. 2022;29(2):50-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.35336/VA-2022-2-05>

10. Айвазян С.А., Артюхина Е.А., Гуреев С.В., Косоногов А.Я., Криволапов С.Н., Лебедев Д.С., Нечепуренко А.А., Поляк Д.Г., Ревшвили А.Ш., Сапельников О.В., Хомути-нин Д.Н. *Экстракция электродов сердечных имплантируемых электронных устройств: показания, методики, оснащение, ведение пациентов*. Под ред. академика РАН А.Ш. Ревшвили. М.: Видар-М, 2021. 144 с.
Aivazyan S.A., Artyukhina E.A., Gureev S.V., Kosonogov A.Ya., Krivolapov S.N., Lebedev D.S., Nechipurenko A.A., Podolyak D.G., Revishvili A.Sh., Sapelnikov O.V., Khomutinin D.N.; Revishvili A.Sh. (ed.). *Extraction of electrodes of cardiac implantable electronic devices: indications, methods, equipment, patient management*. Moscow: Vidar-M Publ.; 2021. 144 p. (In Russ.)
11. Wazni O., Epstein L.M., Carrillo R.G., Love C., Adler S.W., Riggio D.W., Karim S.S., Bashir J., Greenspon A.J., DiMarco J.P., Cooper J.M., Onufer J.R., Ellenbogen K.A., Kutalek S.P., Dentry-Mabry S., Ervin C.M., Wilkoff B.L. Lead extraction in the contemporary setting: the LExCon study: an observational retrospective study of consecutive laser lead extractions. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(6):579-586. PMID: 20152562. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.08.070>
12. Wilkoff B.L., Byrd C.L., Love C.J., Hayes D.L., Sellers T.D., Schaerf R., Parsonnet V., Epstein L.M., Sorrentino R.A., Reiser C. Pacemaker lead extraction with the laser sheath: results of the pacing lead extraction with the excimer sheath (PLEXES) trial. *J Am Coll Cardiol*. 1999;33(6):1671-1676. PMID: 10334441. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(99\)00074-1](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(99)00074-1)
13. Kusumoto F.M., Schoenfeld M.H., Wilkoff B.L., Berul C.I., Birgersdotter-Green U.M., Carrillo R., Cha Y.-M., Clancy J., Deharo J.-C., Ellenbogen K.A., Exner D., Hussein A.A., Kennergren C., Krahn A., Lee R., Love C.J., Madden R.A., Mazzetti H.A., Moore J.C., Parsonnet J., Patton K.K., Rozner M.A., Selzman K.A., Shoda M., Srivathsan K., Strathmore N.F., Swerdlow C.D., Tompkins C., Wazni O. 2017 HRS expert consensus statement on cardiovascular implantable electronic device lead management and extraction. *Heart Rhythm*. 2017;14(12):e503-e551. PMID: 28919379. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.09.001>
14. Айвазян С.А., Гришин И.Р., Емельянов А.В., Зарайнов В.Е., Киселев Н.М., Палагина А.А., Потехина А.В., Про-
ваторов С.И., Сапельников О.В., Топоринский А.Б., Черкашин Д.И. Способ удаления эндокардиальных электродов под контролем видеоторакоскопии у больных высокого риска повреждения системы верхней полой вены. Патент RU 2743616 C1. Опубликовано 20.02.2021.
Ayvazyan S.A., Grishin I.R., Yemelyanov A.V., Zagainov V.E., Kiselev N.M., Palagina A.A., Potekhina A.V., Provatorov S.I., Sapelnikov O.V., Toporinsky A.B., Cherkashin D.I. Method of removing endocardial electrodes under the control of videothoracoscopy in patients at high risk of damage to the superior vena cava system veins. Patent RU 2743616 C1. Published 20.02.2021. (In Russ.)
15. Dai M., Joyce D.L., Blackmon S., Friedman M.P.H.P.A., Espinosa R., Osborn M.J., Huang C., Cha Y.-M. Outcomes of video-assisted thoracoscopic surgery for transvenous lead extraction. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2018;29(7):1032-1037. PMID: 29858883. <https://doi.org/10.1111/jce.13643>
16. Bongiorno M.G., Kennergren C., Butter C., Deharo J.C., Kutarski A., Rinaldi C.A., Romano S.L., Maggioni A.P., Andarala M., Auricchio A., Kuck K.-H., Blomström-Lundqvist C.; ELECTRa Investigators. The European Lead Extraction ConTrolled (ELECTRa) study: a European Heart Rhythm Association (EHRA) registry of transvenous lead extraction outcomes. *Eur Heart J*. 2017;38(40):2995-3005. PMID: 28369414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx080>
17. Sidhu B.S., Ayis S., Gould J., Elliott M.K., Mehta V., Kennergren C., Butter C., Deharo J.-C., Kutarski A., Maggioni A.P., Auricchio A., Kuck K.-H., Blomström-Lundqvist C., Bongiorno M.G., Rinaldi C.A.; ELECTRa Investigators Group. Risk stratification of patients undergoing transvenous lead extraction with the ELECTRa Registry Outcome Score (EROS): an ESC EHRA EORP European lead extraction ConTrolled ELECTRa registry analysis. *Europace*. 2021;23(9):1462-1471. PMID: 33615342. <https://doi.org/10.1093/europace/euab037>
18. Pecha S., Ziegelhoeffer T., Yildirim Y., Choi Y.-H., Willems S., Reichenspurner H., Burger H., Hakmi S. Safety and efficacy of transvenous lead extraction of very old leads. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2021;32(3):402-407. PMID: 33257960; PMID: PMC8906697. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa278>