

УДК 616.1

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-2-107-121

ЭВОЛЮЦИЯ ТОРАКОСКОПИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ: ОТ СТАНОВЛЕНИЯ ДО СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА

А.Ш. Ревিশвили^{1,2}, Е.А. Артюхина^{1,2}, Е.Д. Стребкова^{1,2}, Е.С. Малышенко¹, М. Кадырова¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Большая Серпуховская, 27, Москва, Российская Федерация, 115093; ² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Москва, Российская Федерация, 125993

Основные положения

• Видеоассистированная торакоскопическая абляция фибрилляции предсердий, разработанная и внедренная с 2005 г. R. Wolf и коллегами, претерпела ряд модификаций, связанных с ее улучшением и упрощением. Изучение эволюционного становления торакоскопической абляции необходимо для оптимизации набора абляций и техники операции при различных формах фибрилляции предсердий.

Резюме

В настоящее время существует широкий спектр методов лечения фибрилляции предсердий (ФП): терапевтических, интервенционных и хирургических. Эффективность вышеописанных методов существенно варьирует в зависимости от формы ФП. Длительное время единственным высокоэффективным методом лечения ФП считался хирургический. В современной аритмологии операцию Maze IV и ее модификации рассматривают исключительно в качестве симультанной процедуры при кардиохирургических вмешательствах. Благодаря работе M. Haïssaguerre и соавт. установлено, что основной мишенью катетерных абляций при ФП следует считать легочные вены, но их изолированная абляция при непароксизмальных формах ФП сомнительна. Все это послужило стимулом для создания альтернативных методов лечения устойчивых форм ФП. Последние десятилетия все большее предпочтение отдается видеоассистированным торакоскопическим эпикардальным абляциям (ТА), не требующим стернотомии, искусственного кровообращения и кардиоплегии. ТА является альтернативным хирургическим методом лечения изолированных форм ФП на работающем сердце. Данная процедура может включать абляцию устьев легочных вен, абляцию задней стенки левого предсердия и устьев легочных вен, ампутацию ушка левого предсердия. Показатели эффективности ТА существенно варьируют из-за разнородности пациентов, техники операции и периода наблюдения. Цель данного обзора – представить данные эволюционного становления торакоскопической абляции ФП в зависимости от выбора хирургического доступа, набора линий абляции и используемого абляционного устройства.

Ключевые слова Торакоскопическая абляция • Фибрилляция предсердий • Левое предсердие

Поступила в редакцию: 01.02.2023; поступила после доработки: 06.04.2023; принята к печати: 20.05.2023

EVOLUTION OF THORACOSCOPIC TREATMENT OF ATRIAL FIBRILLATION: FROM INCEPTION TO CONTEMPORARY APPROACHES

A.Sh. Revishvili^{1,2}, E.A. Artyukhina^{1,2}, E.D. Strebkova^{1,2}, E.S. Malishenko¹, M. Kadirova¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution "A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 27, Bolshaya Serpuhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093; ² Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Russian Medical Academy of Continuous Professional Education" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 2/1, bld. 1, Barricadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993

Для корреспонденции: Елизавета Дмитриевна Стребкова, elizabeth.strebkova@yandex.ru; адрес: ул. Большая Серпуховская, 27, Москва, Российская Федерация, 115093

Corresponding author: Elizaveta D. Strebkova, elizabeth.strebkova@yandex.ru; address: 27, Bolshaya Serpuhovskaya St., Moscow, Russian Federation, 115093

Highlights

- The development and implementation of video-assisted thoracoscopic atrial fibrillation ablation since 2005 by R. Wolf and colleagues have undergone a number of modifications for improvement and simplification. A study of the evolutionary development of thoracoscopic ablation of atrial fibrillation is necessary to optimize ablation recruitment and surgical technique for different forms of atrial fibrillation.

Abstract

There is a variety of treatments for atrial fibrillation (AF): therapeutic, interventional and surgical. The effectiveness of these methods varies significantly depending on the form of AF. For a long time, surgery was considered the only highly effective treatment for AF. In modern arrhythmology, «Maze IV» and its modifications are considered only as a simultaneous procedure in cardiac surgery. The work of M. Haïssaguerre et al. has established that the main focus of catheter ablation (CA) in AF should be the pulmonary veins, but their isolation in non-paroxysmal AF is questionable. This discovery has stimulated the development of alternative treatment modalities for resistant AF. Recently, video-assisted thoracoscopic epicardial ablation (TSA), which does not require sternotomy, cardiopulmonary bypass and cardioplegia, has been increasingly preferred. TSA of AF is an alternative surgical treatment for isolated forms of AF on the working heart. This procedure may include: pulmonary vein ablation, posterior left atrial wall and pulmonary vein ablation and left atrial appendage exclusion, but its effectiveness varies considerably due to the heterogeneity of patients, surgical technique and follow-up period. The aim of this review is to provide data on the evolutionary development of thoracoscopic ablation of AF depending on the choice of surgical access, ablation line set and ablation device.

Keywords

Thoracoscopic ablation • Atrial fibrillation • Left atrium

Received: 01.02.2023; received in revised form: 06.04.2023; accepted: 20.05.2023

Список сокращений

ААТ – антиаритмическая терапия	ЛП – левое предсердие
ДИ – доверительный интервал	ТА – торакоскопическая абляция
КА – катетерная абляция	УЛП – ушко левого предсердия
ЛВ – легочные вены	ФП – фибрилляция предсердий

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенная тахикардия с частотой встречаемости в общей популяции 1–2% среди всех сердечных аритмий [1, 2]. В течение последующих лет ожидается увеличение больных ФП вследствие стремительного демографического старения населения. Данная патология ассоциирована с высоким риском развития ишемических инсультов, сердечной недостаточности и служит независимым предиктором смертности [3].

В настоящее время существует широкий спектр методов лечения ФП: терапевтических, интервенционных и хирургических. Консервативные стратегии лечения ФП дискутабельны и неоднозначны, обеспечивают достижение синусового ритма не более чем в 50% случаев. Благодаря работе М. Haïssaguerre и соавт. [4] установлено, что основной мишенью катетерных абляций (КА) при ФП следует считать легочные вены (ЛВ), но эффективность радиочастотной абляции в отношении персистирующих форм ФП оказалась крайне низкой [3]. В таких случаях дол-

госрочный успех КА составляет 20–60%, снижаясь с каждой последующей процедурой [5, 6]. Согласно исследованию R.R. Tilz и коллег (2012) [7], эффективность однократной КА в течение 5-летнего периода наблюдения составляет 20%, одно- и двукратной КА – 38%, многократных КА – 45%. Аналогичные результаты эффективности КА в течение 5-летнего периода наблюдения представлены С. Teunissen и соавт. (2016) [8]: при однократной КА – 24%, после нескольких КА – 41%.

В современной аритмологии операцию Cox-Maze IV и ее модификации рассматривают исключительно в качестве симультанной процедуры при кардиохирургических вмешательствах. Операция Maze остается единственным «золотым стандартом» с точки зрения достижения и удержания синусового ритма при лечении ФП [9]. С момента внедрения в хирургическую практику данная процедура претерпела ряд модификаций по причине ее улучшения и упрощения. На смену хирургическим разрезам пришли линии, выполняемые с помощью альтернативных источников энергии. Высокая эф-

фективность процедуры Maze IV в отдаленном периоде наблюдения неоспорима. Согласно данным Е. Ларенна и соавт. (2020) [10], эффективность данного вмешательства у пациентов с длительно персистирующими формами ФП достигает 67% в течение 5-летнего периода наблюдения.

Общеизвестное исследование, представленное в 2017 г. N. Ad и соавт. [11], показало высокую (59%) эффективность изолированной процедуры Cox-Maze IV из правостороннего миниторакотомного доступа в условиях искусственного кровообращения в течение 5-летнего периода наблюдения. Начало выполнения Maze IV из миниторакотомных доступов стало основой разработки торакоскопических подходов для проведения эпикардиальных абляций без ИК на работающем сердце. Основными требованиями при создании и внедрении минимально инвазивных хирургических методов абляции следует считать: минимальную инвазивность, техническую простоту выполнения, а также сохранение эффективности восстановления и удержания синусового ритма. В связи с этим из Maze IV и ее последующих модификаций для торакоскопической абляции (ТА) заимствованы основные эпикардиальные линии абляции левого предсердия (ЛП) согласно схеме Box lesion (рисунок). Большинство хирургов стремятся расширить этот базисный набор линий абляции до Dallas lesion и биатриального подхода. Некоторые авторы предлагают рассматривать гибридный подход с дополнением классической схемы Box lesion исключительно эндокардиальными КА с полным воспроизведением процедуры Maze IV. Другие исследователи предлагают перейти на технологию Converge, основу которой, по их мнению, составляют КА, а эпикардиальные абляции задней стенки ЛП лишь дополняют последние (рисунок).

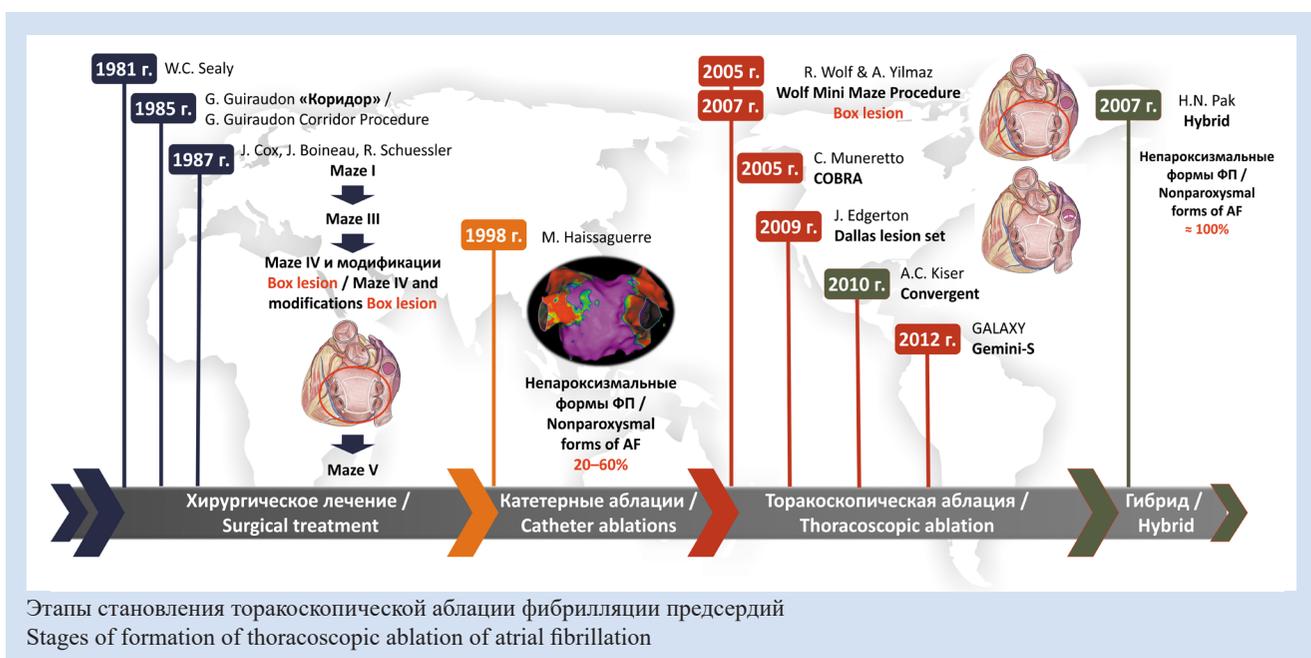
Варьирование данных об эффективности ТА

обусловлено разнородностью пациентов, набором линий абляции и используемыми абляционными устройствами. Также следует учитывать недооценку бессимптомных рецидивов ФП после ТА вследствие отсутствия пролонгированной регистрации электрокардиограмм. S. Haldar и соавт. (2020) в крупном рандомизированном исследовании CASA-AF [12] представили данные, согласно которым только у 26% больных после ТА сохранялся устойчивый синусовый ритм в течение года наблюдения. Т. Ohtsuka и коллеги (2017) [13] сообщили о 47% эффективности ТА в течение 2-летнего периода наблюдения. В систематическом обзоре исследовательской группы под руководством S. van Laar (2019) [14] эффективность ТА составила 54% через 1,7 года после операции. Частота осложнений при ТА варьирует от 7,8 до 23,0%. На сегодняшний день не существует единого реестра оценки осложнений, ассоциированных с ТА [14–16].

Цель данного обзора – представить данные эволюционного становления торакоскопической абляции фибрилляции предсердий в зависимости от выбора хирургического доступа, набора линий абляции и используемого абляционного устройства.

Преимущества биполярных радиочастотных устройств

В 2003 г. А. Saltman с коллегами [17] впервые выполнили торакоскопическую операцию с использованием микроволнового абляционного устройства на работающем сердце. Ключевыми считались абляции по задней стенке ЛП и устьев ЛВ. Микроволновая абляция не получила широкого применения, так как эффективность вмешательства составила 42% в течение 12 мес. наблюдения [18]. В связи с этим для выполнения эпикардиальных абляций стали использовать устройства с радиочастотной энергией [19, 20]. Односторонний доступ с применением монопо-



лярного аблационного электрода привлекателен из-за низкой частоты осложнений, связанных с биполярным зажимом и билатеральным доступом. В дальнейшем исследования показали, что эффективность ТА из одностороннего доступа с применением монополярного электрода составляет 89% с антиаритмической терапией (ААТ) и снижается до 51% после отмены ААТ [21, 22].

Достижение трансмуральности монополярным аблационным устройством сомнительно вследствие постоянного циркулирования крови и охлаждения области аблации. При смыкании бранш биполярного аблационного устройства циркуляция крови в данной области прекращается, что обеспечивает достижение надежной трансмуральности в зоне аблации [23, 24]. В эксперименте на животных доказана непрерывность и трансмуральность линий аблации, выполненных биполярными аблационными устройствами [25–27].

Эпикардиальный жир в значительной степени влияет на эффективность аблации, выступая плохим проводником радиочастотной энергии [26]. Эпикардиальный жир более выражен у пациентов с длительно персистирующими формами ФП. Некоторые авторы описывают толстые эпикардиальные жировые подушечки в области крыши ЛП [28]. В связи с этим при использовании монополярного электрода радиочастотная энергия может не достигать миокарда ЛП. При применении биполярных аблационных устройств энергия поступает между браншами зажима и проникает от эндокарда к эпикарду и в обратном направлении. С другой стороны, отсутствие плотной фиксации монополярного электрода вследствие постоянных сердечных сокращений может провоцировать формирование дополнительных проаритмогенных воздействий, что в отдаленном периоде может привести к возврату предсердных тахикардий.

Согласно вышесказанному, при выполнении процедур из билатерального торакоскопического доступа предпочтение отдается биполярным аблационным устройствам [29]. Свобода от ФП при билатеральном доступе с использованием аблационного биполярного зажима составляет после отмены ААТ от 86 [30] до 51% [31] в течение года наблюдения в смешанной популяции пациентов.

Билатеральная торакоскопическая аблация с использованием биполярных аблационных устройств

Билатеральная видеоассистированная ТА стала основным методом лечения изолированных форм ФП. Данный метод может включать изоляцию устьев ЛВ, аблацию ганглионарных сплетений, фрагментацию задней стенки ЛП, дополнительные линейные аблации, пересечение связки Маршалла и удаление ушка левого предсердия (УЛП). В 2005 г.

R. Wolf и соавт. [32] представили первый опыт видеоассистированной торакоскопической эпикардиальной аблации устьев ЛВ на работающем сердце с ампутацией УЛП. Процедура получила название Wolf Mini Maze Procedure.

Изоляцию ЛВ выполнили аблационным биполярным неорошаемым зажимом из билатерального миниторакотомного доступа. УЛП ампутировали с помощью хирургического эндостеплера. Авторы представили результаты эффективности ТА, сопоставимые с операцией Maze III. Свобода от ФП составила 91% в течение 3-месячного периода наблюдения. Далее при анализе 157 пациентов в течение 4 лет свобода от ФП достигла 92% при пароксизмальной, 85% при персистирующей и 75% при длительно персистирующей формах ФП [33]. Таким образом, операция под руководством R. Wolf стала новым перспективным направлением лечения изолированной ФП.

Е. Вeyer и соавт. [34] провели многоцентровое исследование с включением 100 пациентов, которым была выполнена ТА по методу R. Wolf. Эффективность ТА при персистирующей форме ФП составила 96%, при длительно персистирующей ФП – 71%. Прием ААТ отменен у 62% больных, антикоагулянтной терапии – у 65%. Осложнения в течение 14 мес. наблюдения обнаружены в 13% случаев: имплантация электрокардиостимулятора – 5%, повреждение диафрагмального нерва – 3%, послеоперационный гемоторакс – 3%, транзиторная ишемическая атака – 1%, тромбоэмболия легочной артерии – 1% [34].

А. Yilmaz с коллегами предложили новые доступы при ТА [29]. Ученые заменили 5 см билатеральные торакотомные разрезы на два торакоскопических порта, таким образом, процедура стала выполняться исключительно из торакоскопических доступов. В метаанализе S.P.J. Krul и соавт. [35] оценена эффективность эпикардиальных аблаций, тогда как метаанализ, выполненный под руководством M. La Meir и соавт. [36], носил больше описательный характер. В первый метаанализ включали только радиочастотную энергию аблации, тогда как M. La Meir продемонстрировал все возможные альтернативные источники энергии. S.P.J. Krul и коллеги [35] показали, что при отмене ААТ свобода от ФП после ТА составила 69% (95% доверительный интервал (ДИ) 58–78%) в течение года наблюдения. При этапном подходе эффективность процедуры возрастала до 83% после отмены ААТ [35]. Согласно последним наблюдениям, эффективность ТА по схеме Box lesion с использованием устройств AtriCure (West Chester, Inc., Ohio, США) исключительно для непароксизмальных форм ФП составляет 70,7% в отдаленном периоде наблюдения. В течение 12 мес. наблюдения эффективность избирательного гибридного подхода достигает 90% [37, 38].

Работы FAST [16] и FAST II [15] являются пер-

выми рандомизированными исследованиями, в которых проведено сравнение ТА и КА у 123 пациентов с ФП. Большинство больных в анамнезе имели неудачные предшествующие КА, количество линий аблации в различных центрах широко варьировало. Для изоляции устьев ЛВ при ТА использован аблационный биполярный зажим Isolator Synergy Clamp (AtriCure, Inc., West Chester, Ohio, США). Свобода от ФП в группе ТА через год составила 65,6 против 36,5% при КА без ААТ ($p = 0,0022$) и 78,7 против 42,9% с ААТ ($p < 0,0001$). Нежелательные события в течение 12 мес. составили 34,4% в хирургической группе и 15,9% в группе КА ($p = 0,027$). Основная доля осложнений приходилась на процедуральные – 23% при ТА против 3,2% при КА ($p = 0,001$). Хирургические осложнения включали шесть пневмотораксов, один гемоторакс и две имплантации электрокардиостимулятора [16]. Метаанализ C. van Laag и соавт. 2017 г. [39] показал, что эффективность ТА после одного и двух лет наблюдения после отмены ААТ составила 65–96 и 59–92% при всех формах ФП соответственно.

При пятилетнем периоде наблюдения в трех работах эффективность ТА составила 47–69%. После отмены ААТ через год и два года эффективность процедуры составила 78% (95% ДИ 72–83%, $n = 13$) и 77% (95% ДИ 64–86%, $n = 6$) соответственно. Эффективность процедуры в течение года после отмены ААТ составила 81% (95% ДИ 73–86%, $n = 7$) при пароксизмальной, 63% (95% ДИ 57–69%, $n = 5$) при персистирующей и 67% (95% ДИ: 52–79%, $n = 3$) при длительно персистирующей формах ФП. При продолжающемся приеме ААТ эффективность процедуры была существенно выше, достигнув 84% (95% ДИ 78–89%, $n = 5$) и 85% (95% ДИ 78–90%, $n = 3$) через год и два года соответственно [40]. Госпитальные осложнения определены в 2,9% случаев: летальность – 0,26%, конверсия – 0,85%, имплантация электрокардиостимулятора – 0,77%, цереброваскулярные события – 0,34%, конверсия вследствие кровотечения – 0,26%, паралич диафрагмального нерва – 0,17%, реинтубация вследствие дыхательной недостаточности – 0,09%, тромбоэмболия легочной артерии – 0,17%, пневмония – 0,09%, пневмоторакс – 1,62% [40].

В 2019 г. во главе с C. van Laag опубликован систематический обзор [14] с участием 475 пациентов, которым выполнены ТА по схеме Box lesion и дополнительные линейные аблации (триангулярная, бикавальная линии – на усмотрение оперирующего хирурга), ампутация УЛП. Во всех трех центрах, включенных в анализ, при операциях использовали аблационные устройства AtriCure (West Chester, Inc., США). Средний период наблюдения составил 20 ± 9 мес. Эффективность ТА после отмены ААТ составила 65,1% (157/241) при пароксизмальной ФП, 62,1% (100/161) при персистирующей ФП и 45,8% (27/59) при длительно персистирующей ФП.

Общая эффективность ТА после отмены ААТ зарегистрирована на уровне 61,6% (284/461) [14]. Свобода от ФП при продолжающейся ААТ составила 72,7% (174/241) для пациентов с пароксизмальной ФП, 68,9% (111/161) для пациентов с персистирующей формой ФП и 54,2% (32/59) для пациентов с длительно персистирующей формой ФП. Общая эффективность ТА с ААТ – 68,8% (317/461) [14].

Систематический обзор L. Vos и соавт. [40], направленный исключительно на изучение осложненных ТА, показал, что ни предшествующие КА, ни форма ФП не связаны с риском развития интраоперационных осложнений. Повышенный риск осложнений ассоциирован с женским полом, возрастом старше 70 лет и застойной сердечной недостаточностью [39]. Всем больным изоляцию ЛВ выполняли с помощью биполярного аблационного зажима AtriCure Isolator Synergy (West Chester, Inc., США). Дополнительные аблации проводили с помощью Transpolar Pen (Atricure Inc, США). Ампутацию или изоляцию УЛП из системного кровотока выполняли с применением эндостеплера EndoGia (Tyco Healthcare Group, США) или при помощи AtriClip (Atricure Inc., США). Общая частота осложнений при ТА составила 11,8%: значимых – 3,2%, малых – 8,1% [40]. В другом исследовании L. Vos и соавт. (2020) [41] свобода от ФП составила 60% (49/82) в течение 4-летнего периода наблюдения, эффективность после отмены ААТ – 86% (42/49). Эффективность ТА при пароксизмальной ФП зарегистрирована на уровне 71%, для непароксизмальных форм ФП – 49% ($p = 0,07$). Все операции включали исключительно тотальную ТА по схеме Box lesion с выполнением дополнительной триангулярной линии и линии к УЛП. Ушко ЛП ампутировали с помощью режущее-сшивающего эндостеплера EndoGia (Medtronic, США) [41].

Согласно рандомизированному исследованию M.S. Choi и коллег (2020), общая эффективность ТА в отношении непароксизмальных форм ФП, не требующая в дальнейшем дополнительных КА, составила 70% в течение года наблюдения [42]. Важным фактором неудачных эпикардиальных аблаций чаще всего является эпикардиальный жир по задней стенке ЛП и в области устьев ЛВ. Исследовательская группа под руководством K.N. Hong (2007) показала, что эпикардиальные трансмуральные линии аблации можно выполнить только пациентам при отсутствии эпикардиального жира или при его толщине менее 3 мм [43]. В другом исследовании описано, что эпикардиальный жир чаще всего распространен в области крыши ЛП [44]. Данное наблюдение может объяснять более эффективное и надежное формирование нижней линии Box lesion по сравнению с верхней линией. Персистирующие и длительно персистирующие формы ФП требуют большего набора линий аблаций. Дополнительные аблации в области

ЛП могут создать дополнительный блок проведения аритмогенного импульса, что, по мнению некоторых авторов, служит профилактикой возврата предсердных тахикардий [45, 46]. Остается открытым вопрос необходимости биатриальных эпикардиальных абляций при торакоскопическом лечении. Результаты одних исследований демонстрируют лучшую эффективность при биатриальном подходе. В других работах выполнение эпикардиальной линии абляции каватрикуспидального истмуса к митральному перешейку с помощью монополярного электрода считается низкоэффективным и бессмысленным [47].

J. Edgerton и соавт. (2009) [48] предложили набор линий абляции Dallas lesion set, который включает изоляцию ЛВ с помощью AtriCure Cincinnati (AtriCure, Inc., США), фрагментацию задней стенки ЛП, ампутацию или клипирование УЛП. Дополнительно выполняют триангулярная линия от левого фиброзного треугольника аортального клапана к устью УЛП и абляция ганглионарных сплетений. Общая эффективность данного метода при отмене ААТ составила 69,8%, для непароксизмальных форм ФП – 34,8% [47]. В исследовании T. Weimar и коллег [49] эффективность метода Dallas lesion set составила 71% через 24 мес., в 5% случаев требовались дополнительные КА. J. Sirak с соавт. [50] представили результаты процедуры Dallas lesion set под названием Five-box thoracoscopic maze procedure – по их мнению, данная операция полностью воспроизводит левопредсердный этап Maze III. Так, эффективность вмешательства в течение 3 мес. наблюдения составила 94% (34/36 пациентов). Через 6 и 13 мес. устойчивый синусовый ритм сохранялся у 19/19 и у 4/4 больных соответственно [50].

Q.Z. Guo и соавт. одними из первых описали опыт использования устройства Gemini-S в 2015 г. [51]. Операция была выполнена из билатерального торакоскопического доступа с формированием единого блока изоляции наружной стенки ЛВ, верхней и нижней линий Vox. Всего в исследование вошли 14 пациентов с различными формами ФП, синусовый ритм в течение 6 мес. наблюдения сохранялся у 9/10 (90%) обследованных. В 2012 г. представлены результаты исследования GALAXY [52], посвященного торакоскопическому лечению ФП с использованием нового абляционного биполярного орошаемого зажима – Cardioblade Gemini-S (Medtronic, США). Устройство не требует селективного выделения ЛВ, абляцию по схеме Vox lesion выполняют единым блоком. Свобода от ФП через 12 и 24 мес. составила 90 и 67% для пациентов с пароксизмальной формой ФП, 80 и 63% для лиц с персистирующими формами ФП. Не зарегистрировано случаев операционной смертности, инфаркта миокарда или инсульта. Одному пациенту потребовалась повторная операция в связи с развившимся кровотечением в раннем послеоперационном периоде [52].

В настоящее время в литературе описан целый ряд протоколов использования абляционного устройства Medtronic Cardioblade Gemini-S (Medtronic, США) с хорошими клиническими результатами [51, 53]. Однако V. Janusauskas и соавт. [54] показали, что эффективность процедуры в течение 5-летнего периода наблюдения после отмены ААТ снижается до 38%. N. Harlaar (2022) с коллегами [55] представили данные эффективности торакоскопической абляции с использованием орошаемого биполярного абляционного устройства Gemini-S (Medtronic, США) из билатерального видеоассистированного торакоскопического доступа. Были сформированы верхняя и нижняя линии Vox lesion с одномоментным включением легочных вен. УЛП ампутировали с помощью EndoGia 60 мм (Medtronic, США). Это первое исследование, в которое вошли пациенты исключительно с длительно персистирующей формой ФП. Эффективность абляции составила 74,7% (95% ДИ 62,7–83,4%) в течение двух и 50,0% (95% ДИ 36,0–62,6%) в течение пяти лет наблюдения. Дополнительные КА в связи с рецидивом аритмии выполнены в 20,8% (n = 16) случаев. Эффективность с учетом больных после дополнительных КА составила 92,3% (95% ДИ 82,1–96,8) через два года и 68,0% (95% ДИ 50,9–80,2) через пять лет после КА. Общая частота осложнений в данном исследовании отмечена на уровне 14,3%. Единственным независимым предиктором возврата аритмии считался LAVI (относительный риск 1,05, 95% ДИ 1,02–1,09, p = 0,001) [55].

Ранее в работе N. Harlaar и коллег [56] сообщалось о предпочтении в применении биполярных абляционных зажимов при выполнении ТА. Одной группе пациентов (n = 42) Vox lesion выполнено согласно вышеописанной методике (так называемое в иностранных источниках литературы Clamping box), другой группе больных (n = 38) проведена отдельная изоляция устьев ЛВ с дальнейшим формированием при помощи монополярного электрода верхней и нижней линий Vox. Через год после абляции эффективность метода Clamping box была выше, по сравнению со второй группой, составив 91 против 79% соответственно (p = 0,08). КА проведены 4/42 (10%) больным группы Clamping box и 8/38 (21%) пациентам второй группы (p = 0,15). Дополнительные КА в ЛВ выполнены двум участникам группы Clamping box и трем обследованным из группы II. Прорыв возбуждения в области крыши ЛП отмечен у одного пациента группы Clamping box и у четырех лиц без использования биполярного абляционного зажима. Радиочастотная абляция каватрикуспидального истмуса выполнена 6 пациентам в двух группах. Двоим больным проведена радиочастотная абляция к митральному истмусу вследствие регистрации атипичного трепетания предсердий [56].

В настоящее время представлен ряд клинических случаев, демонстрирующих упрощение и снижение инвазивности ТА для уменьшения объема выполняемых эпикардиальных аблаций из унилатерального доступа: право- или левостороннего в зависимости от опыта и предпочтения оперирующего хирурга.

Унилатеральная правосторонняя торакоскопическая абляция с использованием биполярных аблационных устройств

Единственный на сегодняшний день опыт использования унилатерального правостороннего доступа опубликован коллективом авторов из Нидерландов – J. Fleerackers и коллегами [57]. Для выполнения ТА использовано оборудование AtriCure (West Chester, Inc., США). Процедура включала биатриальный набор эпикардиальных аблаций: аблации ЛП проведены согласно стандартной схеме Box lesion, на правом предсердии дополнительно изолированы верхняя полая вена и ушко правого предсердия, сформированы кава-кавальная линия. Технические особенности доступа к левым ЛВ включали проведение светового диссектора через поперечный синус кпереди между УЛП и левыми ЛВ под углом 45° к косому синусу перикарда. Далее проведен зажим по проводнику так, чтобы бранша аблационного зажима с направляющим красным силиконовым проводником располагалась сверху левых ЛВ (между УЛП и легочными венами), а вторая бранша аблационного зажима проходила к задней стенке ЛП до пересечения с левой нижней ЛВ. Только после визуализации двух бранш зажима в косом синусе начинают выполнять абляцию левых ЛВ. Проводят мягкую вентиляцию правого легкого. Для безопасного удаления аблационного биполярного электрода следует постоянно контролировать силиконовый проводник, который необходимо держать в постоянном натяжении [57].

Несмотря на правосторонний доступ, через поперечный синус перикарда проводят клипирование УЛП с помощью Atriclip Pro-2 (AtriCure, Inc., США). УЛП позиционируется между браншами клипсы с помощью вакуумного отсоса. Пациента экстубируют в операционной. Плевральный дренаж удаляют через час после операции. Среднее время операции составило 120 мин. Среднее время госпитального периода – 6 дней [56]. Всего было выполнено 13 операций из унилатерального правостороннего доступа. Не отмечено ни одного интраоперационного осложнения и ни в одном случае не потребовался переход на билатеральный торакоскопический доступ. Послеоперационные осложнения включали инфекцию мочевыводящих путей (n = 1), пневмоторакс (n = 1), желудочное кровотечение (n = 1) и постперикардиотомный синдром (n = 1). Одному пациенту имплантирован электрокар-

диостимулятор вследствие синдрома слабости синусового узла [57]. Эффективность ТА из унилатерального правостороннего доступа составила 85% в течение 3 мес. наблюдения. Антиаритмические препараты отменили 65% больных. Неврологических событий не зарегистрировано. По мнению авторов, унилатеральный правосторонний доступ уменьшает проявление болевого синдрома в послеоперационном периоде и для опытного хирурга является более простым в техническом исполнении по сравнению с левосторонним подходом [57].

Унилатеральная торакоскопическая абляция с использованием аблационного устройства COBRA

C. Muneretto с коллегами [58] одновременно с R. Wolf предложили другое устройство для выполнения эпикардиальных аблаций – Estech COBRA (Estech, США) с вакуумным эффектом и системой внутреннего охлаждения. Использование данного оборудования позволяет добиться создания первичного Box lesion, аналогичного Maze III, из правостороннего торакоскопического доступа [59, 60]. По данным C. Muneretto и соавт., эффективность процедуры в раннем периоде наблюдения составила 91% [61]. В Российской Федерации данное устройство впервые применено в ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» в 2017 г. [62].

В 2017 г. исследование HISTORIC-AF [63] показало, что эффективность изолированной хирургической процедуры, выполненной с применением оборудования Estech COBRA, составила 77 и 75% через 6 и 12 мес. соответственно. Эндокардиальные аблации в рамках гибридного подхода выполнены в данном исследовании только при возврате предсердной тахикардии. Эффективность гибридного лечения составила 91 и 88% через 6 и 12 мес. соответственно [63].

Унилатеральная левосторонняя торакоскопическая абляция с использованием биполярных аблационных устройств

Унилатеральный левосторонний торакоскопический доступ в последнее время является приоритетным среди хирургов с большим опытом выполнения торакоскопических аблаций. Впервые техника проведения данной операции описана В. Maesen и М. La Meir [64]. При выполнении данной процедуры используют аблационные электроды Isolator Synergy Clamp и CoolRail (AtriCure, Inc., США). Абляцию начинают с левых ЛВ. Следующим этапом обеспечивают доступ к правым ЛВ: через косой синус проводят световой диссектор за правую нижнюю ЛВ, и проводник извлекают сверху правой верхней ЛВ в поперечный синус. Таким образом, силиконовый диссектор обходит правые ЛВ с латеральной стороны. Далее по проводнику аккумуля-

ратно проводят биполярный аблационный зажим, при этом стенку ЛП необходимо приподнять, чтобы минимизировать риск травматизации при разведении бранш и захвата между ними правых ЛВ. Положение кончиков бранш оценивают через поперечный синус перикарда. Перед началом аблации проводят преоксигенацию с увеличенным потоком кислорода до 100%. После завершения аблации правых ЛВ аблационный биполярный зажим извлекают медленными ротационными движениями под постоянным визуальным контролем. Процедуру завершают клипированием УЛП с помощью Atriclip Pro (AtriCure, Inc., США). В связи с левосторонним доступом проверка блока проведения правых ЛВ не всегда возможна [64].

В мировой литературе представлено два крупных наблюдения 2022 г., авторов из Нидерландов [65, 66], посвященных технологии унилатерального левостороннего доступа при ТА, предложенной В. Maesen и М. La Meir [64]. Первое исследование опубликовано в августе 2022 г. С.А. van der Heijden с соавт. [65]. В нем описано одномоментное выполнение унилатеральной левосторонней ТА с последующим переходом на роботассистированную операцию MIDCAB (minimally invasive direct coronary artery bypass). Всего в анализ было включено 23 пациента (9 лиц с непароксизмальными формами ФП). Преимущественно осложнения были связаны со вторым этапом лечения, а именно MIDCAB: кровотечение из торакотомной раны ($n = 1$), инфаркт миокарда с элевацией сегмента ST ($n = 1$). Свобода от предсердных тахикардий составила 81% (17/21) в течение года наблюдения, 8 пациентам ААТ была полностью отменена. Несмотря на то что сопутствующая хирургическая аблация ФП имеет только IIА класс рекомендаций, хирургическая аблация ФП ассоциирована с существенным улучшением качества жизни пациентов как после самостоятельной, так и симультанной процедуры [67].

Другое наблюдение, представленное С.А. van der Heijden с соавт. [66], направлено на изучение эффективности ТА из унилатерального левостороннего торакоскопического доступа при гибридном лечении ФП. ТА выполнена согласно технике, предложенной В. Maesen и М. La Meir [64], катетерные аблации (второй этап) проведены исключительно при индицировании у пациента ФП, типичного или атипичного трепетания предсердий. Всего выполнено 119 процедур, преимущественно у больных с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП ($n = 85$; 71%). Серьезные осложнения были представлены: кровотечением, потребовавшим повторного вмешательства без конверсии ($n = 1$; 0,8%), тампонадой сердца ($n = 1$; 0,8%), инфарктом миокарда со стентированием ($n = 1$; 0,8%), имплантацией кардиостимулятора ($n = 1$;

0,8%) и пневмотораксом ($n = 1$; 0,8%). Эффективность гибридного лечения ФП у пациентов с пароксизмальной ФП составила 82% с ААТ и 62% без ААТ, у лиц с непароксизмальными формами ФП свобода от ФП составила 78% с ААТ и 76% без ААТ в течение 12 мес. наблюдения. Через два года показатели эффективности зарегистрированы на уровне 71% (с ААТ) и 50% (без ААТ) для пароксизмальной ФП и 65% (с ААТ) и 61% (без ААТ) при персистирующей и длительно персистирующей формах ФП [66].

Субксефоидальный доступ при процедуре CONVERGENT

Под руководством Jose M. Sanchez [68] разработан субксефоидальный доступ. Этот метод выступает альтернативой билатеральному торакоскопическому доступу и обеспечивает подход к задней стенке ЛП. Визуализация задней стенки ЛП позволяет выполнить аблацию между правыми и левыми ЛВ в пределах косого синуса перикарда. Данный торакоскопический подход следует рассматривать как дополнение к КА устьев ЛВ, а не как изолированную видеоассистированную эпикардальную аблацию. Основной целью данной процедуры является эпи- и эндокардиальная аблация задней стенки ЛП. Дополнительным аспектом эпикардальной аблации может стать изоляция ганглионарных сплетений и эпикардального жира. Используют униполярный орошаемый электрод для линейной радиочастотной аблации с вакуумной поддержкой Epi-Sense (Atricure, США) [69]. Изоляцию УЛП обычно выполняют аппаратом Lariat (SentreHeart, Inc., США) одномоментно с эндокардиальной аблацией [68, 69].

А.С. Kiser и соавт. [70] сообщили о первом опыте Convergent-процедуры у 28 пациентов с персистирующей и длительно персистирующей ФП. Всем больным выполнены одномоментно эпи- и эндокардиальные аблации по задней стенке ЛП и изоляция УЛВ. Летальность составила 0%. При наблюдении в течение 6 мес. свобода от ФП после отмены ААТ зарегистрирована на уровне 76%. В других исследованиях с периодом наблюдения более 12 мес. получены аналогичные результаты: свобода от ФП в течение 12 мес. составила 73–88% [70–72]. В. Gersak и соавт. сообщили о наиболее длительном периоде наблюдения – в течение 4 лет – и эффективности процедуры Convergent 81% [73].

Заключение

Применение торакоскопического лечения изолированной ФП продолжает стремительно расти. Данная процедура отвечает важным критериям: высокая эффективность при непароксизмальных формах ФП, малоинвазивность, меньшая частота осложнений по сравнению с процедурой Cox-Maze

IV и ее модификациями, а также возможность выполнения ампутации УЛП с целью профилактики развития тромбоэмболических инсультов.

Видеоассистированное торакоскопическое лечение изолированной ФП заняло промежуточную позицию по эффективности между КА и процедурой Cox-Maze. Основным вопросом остается определение оптимального набора линий аблации, поскольку при непароксизмальных формах ФП рассматривать только изоляцию устьев ЛВ нерационально вследствие высокого риска рецидива аритмии. Предложены многочисленные вариации в выборе дополнительных линий аблации для профилактики рецидива ФП, однако оптимальная стратегия тотальной ТА до сих пор обсуждается. В связи с этим для некоторых пациентов с персистирующей и длительно перси-

стирующей формами ФП целесообразно рассматривать двухэтапный или гибридный подходы, которые, по результатам некоторых исследований, показывают многообещающие результаты.

Конфликт интересов

А.Ш. Ревিশвили заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.А. Артюхина заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.Д. Стребкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.С. Малышенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. М. Кадырова заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования статьи.

Информация об авторах

Ревিশвили Амиран Шотаевич, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор директор федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; заведующий кафедрой ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии имени академика А.В. Покровского федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-1791-9163

Артюхина Елена Александровна, доктор медицинских наук, профессор руководитель отделения электрофизиологических рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения аритмий федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; профессор кафедры ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии имени академика А.В. Покровского федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7065-0250

Стребкова Елизавета Дмитриевна, младший научный сотрудник отделения электрофизиологических рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения аритмий федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; аспирант по специальности «сердечно-сосудистая хирургия» кафедры ангиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной хирургии и аритмологии имени академика А.В. Покровского федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-5837-7255

Author Information Form

Revishvili Amiran S., Academician of the Russian Academy of Sciences, PhD, Professor, Director of the Federal State Budgetary Educational Institution “A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Head of the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology named after Academician A.V. Pokrovsky, Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-1791-9163

Artyukhina Elena A., PhD, Professor, Head of the Department of Electrophysiological and Endovascular Image-guided Methods of Diagnosis and Treatment of Arrhythmias, Federal State Budgetary Educational Institution “A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Professor at the Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology named after Academician A.V. Pokrovsky, Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7065-0250

Strebkova Elizaveta D., Junior Researcher at the Department of Electrophysiological and Endovascular Image-guided Methods of Diagnosis and Treatment of Arrhythmias, Federal State Budgetary Educational Institution “A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; Postgraduate Student, Department of Angiology, Cardiovascular, Endovascular Surgery and Arrhythmology named after Academician A.V. Pokrovsky, Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-5837-7255

Малышенко Егор Сергеевич, научный сотрудник отделения кардиохирургии федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1572-3178

Кадырова Мадина, кандидат медицинских наук заведующая отделением ультразвуковой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8231-6866

Malyshenko Egor S., Researcher at the Department of Cardiac Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution “A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1572-3178

Kadyrova Madina, PhD, Head of the Ultrasound Diagnostics Department, Federal State Budgetary Educational Institution “A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center of Surgery” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8231-6866

Вклад авторов в статью

РАШ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

АЕА – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СЕД – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

МЕС – получение данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КМ – получение данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

RASh – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

AEA – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SED – contribution to the concept and design of the study, data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

MES – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

KM – data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пиданов О.Ю., Богачев-Прокофьев А.В., Елесин Д.А., Иваницкий Э. А., Бобровский О. А., Шиленко П. А., Дурыгин П. А., Зотов А. С., Вачев С. А., Вайкин В. Е., Мамчур С. Е., Сапельников О. В., Быстров Д. О. Торакоскопическая абляция для лечения пациентов с изолированной формой фибрилляции предсердий в России. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2018;22(2):14-21.
2. Lippi G., Sanchis-Gomar F., Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke*. 2021;16(2):217-221. doi: 10.1177/1747493019897870.
3. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., Arbelo E., Bax J.J., Blomström-Lundqvist C., Boriani G., Castella M., Dan G., Dilaveris P.E., Fauchier L., Filippatos G., Kalman J.M., La Meir M., Lane D.A., Lebeau J., Lettino M., Lip G.Y., Pinto F.J., Neil Thomas G., Valgimigli M., Van Gelder I.C., Van Putte B.P., Watkins C.L. et al. Рекомендации ESC 2020 по диагностике и лечению пациентов с фибрилляцией предсердий, разработанные совместно с Европейской ассоциацией кардиоторакальной хирургии (EACTS). Российский кардиологический журнал. 2021;26(9):4701. doi:10.15829/1560-4071-2021-4701 (doi: 10.1093/eurheartj/ehaa945).
4. Haïssaguerre M., Jaïs P., Shah D.C., Takahashi A., Hocini M., Quiniou G., Garrigue S., Le Mouroux A., Le Métayer P., Clémenty J. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med*. 1998;339:659–66. doi: 10.1056/NEJM199809033391003.
5. Wesselink R., Neefs J., van den Berg N.W.E., Meulendijks E.R., Terpstra M.M., Kawasaki M., Nariswari F.A., Piersma F.R., van Boven W.J.P., Driessen A.H.G., de Groot J.R. Does left atrial epicardial conduction time reflect atrial fibrosis and the risk of atrial fibrillation recurrence after thoracoscopic ablation? Post hoc analysis of the AFACT trial. *BMJ Open*. 2022;12(3): 056829. doi: 10.1136/bmjopen-2021-056829.
6. Артюхина Е.А., Дедух Е.В., Яшков М.В. Этапный хирургический и катетерный подход к лечению длительно-персистирующей фибрилляции предсердий. Российский кардиологический журнал. 2019;(7):96-98. doi: 10.15829/1560-4071-2019-7-96-98.
7. Tilz R.R., Rillig A., Thum A.M., Arya A., Wohlmuth P., Metzner A., Mathew S., Yoshiga Y., Wissner E., Kuck K.H., Ouyang F. Catheter ablation of long-standing persistent atrial fibrillation: 5-year outcomes of the Hamburg sequential ablation strategy. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60:1921–9. doi: 10.1016/j.jacc.2012.04.060.
8. Teunissen C., Kassenberg W., van der Heijden J.F., Hassink R.J., van Driel V.J., Zuithoff N.P., Doevendans P.A., Loh P. Five-year efficacy of pulmonary vein antrum isolation as a primary ablation strategy for atrial fibrillation: a single-centre cohort study. *Europace*. 2016;18:1335–42. doi: 10.1093/europace/euv439.
9. Cox J.L. The longstanding, persistent confusion surrounding surgery for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139:1374–86. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.027.
10. Lapenna E., De Bonis M., Giambuzzi I., Del Forno B., Ruggeri S., Cireddu M., Gulletta S., Castiglioni A., Alfieri O., Della Bella P., Benussi S. Long-term outcomes of stand-alone Maze IV for persistent or long-standing persistent atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2020;109:124–31. doi: 10.1093/icvts/ivab355.
11. Ad N., Holmes S.D., Friehling T. Minimally invasive stand-alone Cox Maze procedure for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation: perioperative safety and 5-year outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2017;10:e005352. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005352.
12. Haldar S., Khan H.R., Boyalla V., Kralj-Hans I., Jones S., Lord J., Onyimadu O., Satishkumar A., Bahrami T., De Souza

- A. et al. Catheter ablation vs. thoracoscopic surgical ablation in long-standing persistent atrial fibrillation: CASA-AF randomized controlled trial. *Eur Heart J*. 2020;41:4471–4480. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa658.
13. Ohtsuka T., Nonaka T., Hisagi M., Ninomiya M. En bloc left pulmonary vein and appendage isolation in thoracoscopic surgery for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2018;106:1340–7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.06.065.
14. van Laar C., Bentala M., Weimar T., Doll N., Swaans M.J., Molhoek S.G., Hofman F.N., Kelder J., van Putte B.P. Thoracoscopic ablation for the treatment of atrial fibrillation: a systematic outcome analysis of a multicentre cohort. *Europace*. 2019;21:893–9. doi: 10.1093/europace/euy323.
15. Sindby J.E., Vadmann H., Lundbye-Christensen S., Riahi S., Hjortshøj S., Boersma L.V.A., Andreassen J.J. Percutaneous versus thoracoscopic ablation of symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: a randomised controlled trial—the FAST II study. *J Cardiothorac Surg*. 2018;13(1): 101. doi: 10.1186/s13019-018-0792-8.
16. Boersma L.V., Castella M., van Boven W., Berruzo A., Yilmaz A., Nadal M., Sandoval E., Calvo N., Brugada J., Kelder J., Wijffels M., Mont L. Atrial fibrillation catheter ablation versus surgical ablation treatment (FAST): a 2-center randomized clinical trial. *Circulation*. 2012;125: 23-30. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.074047.
17. Saltman A.E., Rosenthal L.S., Francalancia N.A., Lahey S.J. A completely endoscopic approach to microwave ablation for atrial fibrillation. *Heart Surg Forum*. 2003;6:38–41.
18. Pruitt J.C., Lazzara R.R., Dworkin G.H. Badhwar V., Kuma C., Ebra G. Totally endoscopic ablation of lone atrial fibrillation: initial clinical experience. *Ann Thorac Surg*. 2006;81:1325-1330. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.07.095.
19. Xu J., Luc J.G., Phan K. Atrial fibrillation: review of current treatment strategies. *J Thorac Dis*. 2016;8(9):886-900. doi:10.21037/jtd.2016.09.13.
20. Yilmaz A., Geuzebroek G.S., Van Putte B.P., Boersma L.V., Sonker U., De Bakker J.M., Van Boven W.J. Completely thoracoscopic pulmonary vein isolation with ganglionic plexus ablation and left atrial appendage amputation for treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;38:356-60. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.058.
21. Pak H-N., Hwang C., Lim H.E., Kim J.S., Kim Y.H. Hybrid Epicardial and endocardial ablation of persistent or permanent atrial fibrillation: a new approach for difficult cases. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007;18(9):917–23. doi: 10.1111/j.1540-8167.2007.00882.x.
22. Mahapatra S., LaPar D.J., Kamath S., Payne J., Bilchick K.C., Mangrum J.M., Ailawadi G. Initial experience of sequential surgical epicardial-catheter endocardial ablation for persistent and longstanding persistent atrial fibrillation with long-term follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2011;91(6):1890–8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2011.02.045.
23. Suárez A.G. Hornero F. Berjano E.J. Mathematical modeling of epicardial RF ablation of atrial tissue with overlying epicardial fat. *Open Biomed Eng J*. 2010; 4: 47-55. doi: 10.2174/1874120701004020047.
24. Thomas S.P. Guy D.J. Boyd A.C., Eipper V.E., Ross D.L., Chard R.B. Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. *Ann Thorac Surg*. 2003; 75: 543-548. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04314-x.
25. Gaynor S.L., Diodato M.D., Prasad S.M., Ishii Y., Schuessler R.B., Bailey M.S., Damiano N.R., Bloch J.B., Moon M.R., Damiano R.J. Jr. A prospective, single-center clinical trial of a modified Cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;128:535-542. doi: 10.1016/j.jtcvs.2004.02.044.
26. Accord R.E., van Suylen R.J., van Brakel T.J., Maessen J.G. Post-mortem histologic evaluation of microwave lesions after epicardial pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:881-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.069.
27. Deneke T., Khargi K., Müller K.M., Lemke B., Mügge A., Laczkovics A., Becker A.E., Grewe P.H. Histopathology of intraoperatively induced linear radiofrequency ablation lesions in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2005;26:1797-803. doi: 10.1093/eurheartj/ehi255.
28. Osmancik P., Budera P., Zdarska J., Herman D., Petr R., Straka Z. Electrophysiological findings after surgical thoracoscopic atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm*. 2016; 13: 1246-1252. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.02.007.
29. Yilmaz A., Geuzebroek G.S., Van Putte B.P., Boersma L.V., Sonker U., De Bakker J.M., Van Boven W.J. Completely thoracoscopic pulmonary vein isolation with ganglionic plexus ablation and left atrial appendage amputation for treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;38:356-60. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.058.
30. Pison L., La Meir M., van Opstal J., Blaauw Y., Maessen J., Crijns H.J. Hybrid thoracoscopic surgical and transvenous catheter ablation of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(1):54–61. doi: 10.1016/j.jacc.2011.12.055.
31. Kurfirst V., Mokraček A., Bulava A., Čanadyova J., Haniš J., Pešl L. Two-staged hybrid treatment of persistent atrial fibrillation: short-term single-center results. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014;18(4):451–6. doi: 10.1093/icvts/ivt538.
32. Wolf R.K., Schneeberger E.W., Osterday R., Miller D., Merrill W., Flege J.B. Jr., Gillinov A.M. Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;130:797-802. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.03.041.
33. Gillinov A.M., Wolf R.K. Surgical ablation of atrial fibrillation. *Prog Cardiovasc Dis*. 2005;48(3):169-177. doi:10.1016/j.pcad.2005.06.012.
34. Beyer E., Lee R., Lam B.K. Point: Minimally invasive bipolar radiofrequency ablation of lone atrial fibrillation: early multicenter results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;137(3): 521-526. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.11.031.
35. Krul S.P.J., Driessen A.H.G., Zwiderman A.H., van Boven W.J., Wilde A.A., de Bakker J.M., de Groot J.R. Navigating the mini-maze: systematic review of the first results and progress of minimally-invasive surgery in the treatment of atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2013;166:132–40. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.10.011.
36. La Meir M., Gelsomino S., Lucà F., Pison L., Colella A., Lorusso R., Crudeli E., Gensini G.F., Crijns H.G., Maessen J. Minimal invasive surgery for atrial fibrillation: an updated review. *Europace*. 2013;15:170–82. doi: 10.1093/europace/eus216.
37. Ревишвили А.Ш., Кадырова М., Стрелкова Е.Д., Мальшенко Е.С., Новиков М.А., Ялова Е.В., Бабджанова К.А., Бондурко К.Э., Кармазановский Г.Г. Ампутация ушка левого предсердия с использованием эндостеплера при торакокопической абляции фибрилляции предсердий. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2023;12(1):58-71. doi: 10.17802/2306-1278-2023-12-1-58-71.
38. Хоменко Е.А., Мамчур С.Е., Козырин К.А., Тарасов Р.С., Баковский К.В. Ближайшие и среднесрочные результаты торакокопической радиочастотной абляции фибрилляции предсердий. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019; 8 (4S): 82-88. doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-82-88.
39. van Laar C., Kelder J., van Putte B.P. The totally thoracoscopic maze procedure for the treatment of atrial fibrillation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017;24(1):102-111. doi: 10.1093/icvts/ivw311.
40. Vos L.M., Kotecha D., Geuzebroek G.S.C., Hofman F.N., van Boven W.J.P., Kelder J., de Mol B.A.J.M., van Putte B.P. Totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation: a systematic safety analysis. *Europace*. 2018;20(11):1790-1797. doi: 10.1093/europace/eux385.
41. Vos L.M., Bentala M., Geuzebroek G.S., Molhoek S.G., van Putte B.P. Long-term outcome after totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2020;31(1):40-45. doi: 10.1111/jce.14267.
42. Choi M.S., On Y.K., Jeong D.S., Park K.M., Park S.J., Kim J.S., Carriere K.C. Usefulness of Postprocedural Electrophysiological Confirmation Upon Totally Thoracoscopic Ablation in Persistent Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol*. 2020;125(7): 1054-1062. doi: 10.1016/j.amjcard.2019.12.046.
43. Hong K.N., Russo M.J., Liberman E.A., Trzebucki A., Oz M.C., Argenziano M., Williams M.R. Effect of epicardial fat on ablation performance: a three-energy source comparison. *J Card*

- Surg. 2007; 22:521–524. doi: 10.1111/j.1540-8191.2007.00454.x.
44. Osmancik P., Budera P., Zdarska J., Herman D., Petr R., Straka Z. Electrophysiological findings after surgical thoracoscopic atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm*. 2016;13: 1246–1252. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.02.007.
45. Lin J., Scherlag B.J., Lu Z., Zhang Y., Liu S., Patterson E., Jackman W.M., Lazzara R., Po S.S. Inducibility of atrial and ventricular arrhythmias along the ligament of marshall: role of autonomic factors. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2008;19:955–962. doi: 10.1111/j.1540-8167.2008.01159.x.
46. Hocini M., Jaïs P., Sanders P., Takahashi Y., Rotter M., Rostock T., Hsu L.F., Sacher F., Reuter S., Clémenty J., Haïssaguerre M. Techniques, evaluation, and consequences of linear block at the left atrial roof in paroxysmal atrial fibrillation: a prospective randomized study. *Circulation*. 2005;112:3688–96. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.541052.
47. Phan K., Xie A., Tsai Y.C., Kumar N., La Meir M., Yan T.D. Biatrial ablation vs. left atrial concomitant surgical ablation for treatment of atrial fibrillation: a meta-analysis. *Europace*. 2015;17(1):38–47. doi:10.1093/europace/euu220.
48. Edgerton J.R., Jackman W.M., Mack M.J. A new epicardial lesion set for minimal access left atrial maze: the Dallas lesion set. *Ann Thorac Surg*. 2009;88(5):1655–1657. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.05.046.
49. Weimar T., Vosseler M., Czesla M., Boscheinen M., Hemmer W.B., Doll K.N. Approaching a paradigm shift: endoscopic ablation of lone atrial fibrillation on the beating heart. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:1886–1892. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.07.035.
50. Sirak J., Jones D., Schwartzman D. The five-box thoracoscopic maze procedure. *Ann Thorac Surg*. 2010;90(3):986–9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.05.022.
51. Guo Q.Z., Zhu D., Bai Z.X., Shi J., Shi Y.K., Guo Y.Q. A novel "box lesion" minimally invasive totally thoracoscopic surgical ablation for atrial fibrillation. *Ann Acad Med Singap*. 2015;44(1):6–12.
52. Doty J.R., Clayson S.E. Surgical Treatment of Isolated (Lone) Atrial Fibrillation With Gemini-S Ablation and Left Atrial Appendage Excision (GALAXY Procedure). *Innovations: Technology and Techniques in Cardiothoracic and Vascular Surgery*. 2012.7(1):33–38. doi:10.1097/imi.0b013e3182560612.
53. Антикеев А.М., Шамуратов И.К., Дюржанов А.А., Дайров Д.С., Абильтяев А.М., Ерболатов Б.Н., Курманов А.М., Накипов Х.Х. Торакоскопическая радиочастотная абляция для лечения фибрилляции предсердий. Оперативная техника и непосредственные результаты трех клинических случаев. *Анналы аритмологии*. 2017; 14(3): 150–154. doi:10.15275/annaritm.2017.3.4
54. Janusauskas V., Puodziukaite L., Maneikiene V.V., Zuoziene G., Radauskaite G., Burneikaite G., Samalavicius R.S., Aidietiene S., Rucinskas K., Aidietis A. Long-term results of minimally invasive stand-alone bi-atrial surgical ablation with a bipolar ablation device for persistent and longstanding persistent AF: a single center case series of 91 patients. *J Cardiothorac Surg*. 2016; 11(1): 23–31. doi:10.1186/s13019-016-0416-0.
55. Harlaar N., Oudeman M.A., Trines S.A., de Ruyter G.S., Mertens B.J., Khan M., Klautz R.J.M., Zeppenfeld K., Tjon A., Braun J., van Brakel T.J. Long-term follow-up of thoracoscopic ablation in long-standing persistent atrial fibrillation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;34(6):990–998. doi: 10.1093/icvts/ivab355.
56. Harlaar N., Verberkmoes N.J., van der Voort P.H., Trines S.A., Verstraeten S.E., Mertens B.J.A., Klautz R.J.M., Braun J., van Brakel T.J. Clamping versus nonclamping thoracoscopic box ablation in long-standing persistent atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;160:399–405. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.07.104.
57. Fleeckers J., Hofman F.N., van Putte B.P. Totally thoracoscopic ablation: a unilateral right-sided approach. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020 Nov 1;58(5):1088–1090. doi: 10.1093/ejcts/ezaa160.
58. Bisleri G., Manzato A., Argenziano M., Vigilance D.W., Muneretto C. Thoracoscopic epicardial pulmonary vein ablation for lone paroxysmal atrial fibrillation. *Europace*. 2005 Mar;7(2):145–8. doi: 10.1016/j.eupc.2004.12.005.
59. Haywood G.A., Varini R., Osmancik P., Cireddu M., Caldwell J., Chaudhry M.A., Loubani M., Della Bella P., Lapenna E., Budera P., Dalrymple-Hay M. European multicentre experience of staged hybrid atrial fibrillation ablation for the treatment of persistent and longstanding persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2020;26:100459. doi: 10.1016/j.ijcha.2019.100459.
60. Rosati F., Muneretto C., Merati E., Polvani G., Moltrasio M., Tondo C., Curnis A., Cerini M., Metras A., Bisleri G. Epicardial, Biatrial Ablation With Integrated Uni-bipolar Radiofrequency Technology in Stand-alone Persistent Atrial Fibrillation. *Innovations (Phila)*. 2018;13(2):114–119. doi: 10.1097/IMI.0000000000000482.
61. Muneretto C., Bisleri G., Bontempi L., Curnis A. Durable staged hybrid ablation with thoracoscopic and percutaneous approach for treatment of long-standing atrial fibrillation: a 30-month assessment with continuous monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144: 1460 – 5. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.08.069.
62. Артюхина Е.А., Ревиншвили А.Ш., Малашенко Е.С., Мунеретто С. Первый опыт устранения длительно-персистирующей формы фибрилляции предсердий с использованием торакоскопической радиочастотной абляции. *Инновационная медицина Кубани*. 2017;5(1):23–27.
63. Muneretto C., Bisleri G., Rosati F., Krakor R., Giroletti L., Di Bacco L., Repossini A., Moltrasio M., Curnis A., Tondo C., Polvani G. European prospective multicentre study of hybrid thoracoscopic and transcatheter ablation of persistent atrial fibrillation: the HISTORIC-AF trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017;52(4):740–745. doi: 10.1093/ejcts/ezx162.
64. Maesen B., La Meir M. Unilateral Left-sided Thoracoscopic Ablation of Atrial Fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2020 Jul;110(1):e63–e66. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.01.057.
65. van der Heijden C.A.J., Segers P, Masud A, et al. Unilateral left-sided thoracoscopic ablation of atrial fibrillation concomitant to minimally invasive bypass grafting of the left anterior descending artery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022; 62(5):ezac409. doi: 10.1093/ejcts/ezac409
66. van der Heijden C.A.J., Weberndörfer V., Luermans J.G.L.M., Chaldoupi S.M., van Kuijk S.M.J., Vroomen M., Bidar E., Maessen J.G., Pison L., La Meir M., Maesen B. Hybrid ablation of atrial fibrillation: A unilateral left-sided thoracoscopic approach. *J Card Surg*. 2022;37(12):4630–4638. doi: 10.1111/jocs.17144.
67. Maesen B., van der Heijden C.A.J., Bidar E., Vos R., Athanasiou T., Maessen J.G. Patient-reported quality of life after stand-alone and concomitant arrhythmia surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;34(3):339–348. doi: 10.1093/icvts/ivab282.
68. Sanchez J.M., Al-Dosari G., Chu S., et al. Hybrid and surgical procedures for the treatment of persistent and longstanding persistent atrial fibrillation. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2018; 16(2):91–97. doi: 10.1080/14779072.2018.
69. Wats K., Kiser A., Makati K., Sood N., DeLurgio D., Greenberg Y., Yang F. The Convergent AF Ablation Procedure: Evolution of a Multidisciplinary Approach to AF Management. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2020;9(2):88–96. doi: 10.15420/aer.2019.20.
70. Kiser A.C., Landers M., Horton R., Hume A., Natale A., Gersak B. The convergent procedure: a multidisciplinary atrial fibrillation treatment. *Heart Surg Forum*. 2010;13:317–21. doi: 10.1532/HSF98.20091112.
71. Zembala M., Filipiak K., Kowalski O., Boidol J., Sokal A., Lenarczyk R., Niklewski T., Garbacz M., Nadziakiewicz P., Kalarus Z., Zembala M. Minimally invasive hybrid ablation procedure for the treatment of persistent atrial fibrillation: one year results. *Kardiologia Pol*. 2012;70:819–28.
72. Gehi A.K., Mounsey J.P., Pursell I., Landers M., Boyce K., Chung E.H., Schwartz J., Walker T.J., Guise K., Kiser A.C. Hybrid epicardial-endocardial ablation using a pericardioscopic technique for the treatment of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2013;10:22–8.
73. Gersak B., Jan M. Long-term success for the convergent atrial fibrillation procedure: 4-year outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2016;102:1550–7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.04.018.

REFERENCES

1. Pidanov O.Yu., Bogachev-Prokophiev A.V., Elesin D.A., Ivanitskiy E.A., Bobrovskiy O.A., Shilenko P.A., Durygin P.A., Zotov A.S., Vachev S.A., Vaykin V.E., Mamchur S.E., Sapelnikov O.V., Bystrov D.O. Thoracoscopic ablation for treatment of patients with lone atrial fibrillation in Russia. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokirurgiya. Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2018;22(2):14-21. (In Russian). doi: 10.21688/1681-3472-2018-2-14-21.
2. Lippi G., Sanchis-Gomar F., Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke*. 2021;16(2):217-221. doi: 10.1177/1747493019897870.
3. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., Arbelo E., Bax J.J., Blomström-Lundqvist C., Boriani G., Castella M., Dan G., Dilaveris P.E., Fauchier L., Filippatos G., Kalman J.M., La Meir M., Lane D.A., Lebeau J., Lettino M., Lip G.Y., Pinto F.J., Neil Thomas G., Valgimigli M., Van Gelder I.C., Van Putte, B.P., Watkins C.L. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(9):4701. doi:10.15829/1560-4071-2021-4701 (In Russian)
4. Haïssaguerre M., Jaïs P., Shah D.C., Takahashi A., Hocini M., Quiniou G., Garrigue S., Le Mouroux A., Le Métayer P., Clémenty J. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med*. 1998;339:659–66. doi: 10.1056/NEJM199809033391003.
5. Wesselink R., Neefs J., van den Berg N.W.E., Meulendijks E.R., Terpstra M.M., Kawasaki M., Nariswari F.A., Piersma F.R., van Boven W.J.P., Driessen A.H.G., de Groot J.R. Does left atrial epicardial conduction time reflect atrial fibrosis and the risk of atrial fibrillation recurrence after thoracoscopic ablation? Post hoc analysis of the AFACT trial. *BMJ Open*. 2022;12(3): 056829. doi: 10.1136/bmjopen-2021-056829.
6. Artyukhina E.A., Dedukh E.V., Yashkov M.V. Stage surgical and catheter approach to the treatment of long-persistent atrial fibrillation. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(7):96-98. doi: 10.15829/1560-4071-2019-7-96-98. (In Russian).
7. Tilz R.R., Rillig A., Thum A.M., Arya A., Wohlmuth P., Metzner A., Mathew S., Yoshiga Y., Wissner E., Kuck K.H., Ouyang F. Catheter ablation of long-standing persistent atrial fibrillation: 5-year outcomes of the Hamburg sequential ablation strategy. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60:1921–9. doi: 10.1016/j.jacc.2012.04.060.
8. Teunissen C., Kassenberg W., van der Heijden J.F., Hassink R.J., van Driel V.J., Zuithoff N.P., Doevendans P.A., Loh P. Five-year efficacy of pulmonary vein antrum isolation as a primary ablation strategy for atrial fibrillation: a single-centre cohort study. *Europace*. 2016;18:1335–42. doi: 10.1093/europace/euv439.
9. Cox J.L. The longstanding, persistent confusion surrounding surgery for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139:1374–86. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.027.
10. Lapenna E., De Bonis M., Giambuzzi I., Del Forno B., Ruggeri S., Cireddu M., Gulletta S., Castiglioni A., Alfieri O., Della Bella P., Benussi S. Long-term outcomes of stand-alone Maze IV for persistent or long-standing persistent atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2020;109:124–31. doi: 10.1093/icvts/ivab355.
11. Ad N., Holmes S.D., Friehling T. Minimally invasive stand-alone Cox Maze procedure for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation: perioperative safety and 5-year outcomes. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2017;10:e005352. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005352.
12. Haldar S., Khan H.R., Boyalla V., Kralj-Hans I., Jones S., Lord J., Onyimadu O., Satishkumar A., Bahrami T., De Souza A. et al. Catheter ablation vs. thoracoscopic surgical ablation in long-standing persistent atrial fibrillation: CASA-AF randomized controlled trial. *Eur Heart J*. 2020;41:4471–4480. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa658.
13. Ohtsuka T., Nonaka T., Hisagi M., Ninomiya M. En bloc left pulmonary vein and appendage isolation in thoracoscopic surgery for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2018;106:1340–7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.06.065.
14. van Laar C., Bentala M., Weimar T., Doll N., Swaans M.J., Molhoek S.G., Hofman F.N., Kelder J., van Putte B.P. Thoracoscopic ablation for the treatment of atrial fibrillation: a systematic outcome analysis of a multicentre cohort. *Europace*. 2019;21:893–9. doi: 10.1093/europace/euy323.
15. Sindby J.E., Vadmann H., Lundbye-Christensen S., Riahi S., Hjortshøj S., Boersma L.V.A., Andreassen J.J. Percutaneous versus thoracoscopic ablation of symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: a randomised controlled trial—the FAST II study. *J Cardiothorac Surg*. 2018;13(1): 101. doi: 10.1186/s13019-018-0792-8.
16. Boersma L.V., Castella M., van Boven W., Berrueto A., Yilmaz A., Nadal M., Sandoval E., Calvo N., Brugada J., Kelder J., Wijffels M., Mont L. Atrial fibrillation catheter ablation versus surgical ablation treatment (FAST): a 2-center randomized clinical trial. *Circulation*. 2012;125: 23-30. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.074047.
17. Saltman A.E., Rosenthal L.S., Francalancia N.A., Lahey S.J. A completely endoscopic approach to microwave ablation for atrial fibrillation. *Heart Surg Forum*. 2003;6:38–41.
18. Pruitt J.C., Lazzara R.R., Dworkin G.H. Badhwar V., Kuma C., Ebra G. Totally endoscopic ablation of lone atrial fibrillation: initial clinical experience. *Ann Thorac Surg*. 2006;81:1325-1330. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.07.095.
19. Xu J., Luc J.G., Phan K. Atrial fibrillation: review of current treatment strategies. *J Thorac Dis*. 2016;8(9):886-900. doi:10.21037/jtd.2016.09.13.
20. Yilmaz A., Geuzebroek G.S., Van Putte B.P., Boersma L.V., Sonker U., De Bakker J.M., Van Boven W.J. Completely thoracoscopic pulmonary vein isolation with ganglionic plexus ablation and left atrial appendage amputation for treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;38:356-60. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.058.
21. Pak H-N., Hwang C., Lim H.E., Kim J.S., Kim Y.H. Hybrid Epicardial and endocardial ablation of persistent or permanent atrial fibrillation: a new approach for difficult cases. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007;18(9):917–23. doi: 10.1111/j.1540-8167.2007.00882.x.
22. Mahapatra S., LaPar D.J., Kamath S., Payne J., Bilchick K.C., Mangrum J.M., Ailawadi G. Initial experience of sequential surgical epicardial-catheter endocardial ablation for persistent and long-standing persistent atrial fibrillation with long-term follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2011;91(6):1890–8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2011.02.045.
23. Suárez A.G., Hornero F., Berjano E.J. Mathematical modeling of epicardial RF ablation of atrial tissue with overlying epicardial fat. *Open Biomed Eng J*. 2010; 4: 47-55. doi: 10.2174/1874120701004020047.
24. Thomas S.P., Guy D.J., Boyd A.C., Eipper V.E., Ross D.L., Chard R.B. Comparison of epicardial and endocardial linear ablation using handheld probes. *Ann Thorac Surg*. 2003; 75: 543-548. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04314-x.
25. Gaynor S.L., Diodato M.D., Prasad S.M., Ishii Y., Schuessler R.B., Bailey M.S., Damiano N.R., Bloch J.B., Moon M.R., Damiano R.J. Jr. A prospective, single-center clinical trial of a modified Cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;128:535-542. doi: 10.1016/j.jtcvs.2004.02.044.
26. Accord R.E., van Suylen R.J., van Brakel T.J., Maessen J.G. Post-mortem histologic evaluation of microwave lesions after epicardial pulmonary vein isolation for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:881-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.069.
27. Deneke T., Khargi K., Müller K.M., Lemke B., Mügge A., Laczkovics A., Becker A.E., Grewe P.H. Histopathology of intraoperatively induced linear radiofrequency ablation lesions in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2005;26:1797-803. doi: 10.1093/eurheartj/ehi255.
28. Osmancik P., Budera P., Zdarska J., Herman D., Petr R., Straka Z. Electrophysiological findings after surgical thoracoscopic atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm*. 2016; 13: 1246-1252.

doi: 10.1016/j.hrthm.2016.02.007.

29. Yilmaz A., Geuzebroek G.S., Van Putte B.P., Boersma L.V., Sonker U., De Bakker J.M., Van Boven W.J. Completely thoracoscopic pulmonary vein isolation with ganglionic plexus ablation and left atrial appendage amputation for treatment of atrial fibrillation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;38:356-60. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.058.

30. Pison L., La Meir M., van Opstal J., Blaauw Y., Maessen J., Crijns H.J. Hybrid thoracoscopic surgical and transvenous catheter ablation of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60(1):54-61. doi: 10.1016/j.jacc.2011.12.055.

31. Kurfirst V., Mokraček A., Bulava A., Čanadyova J., Haniš J., Pešl L. Two-staged hybrid treatment of persistent atrial fibrillation: short-term single-centre results. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014;18(4):451-6. doi: 10.1093/icvts/ivt538.

32. Wolf R.K., Schneeberger E.W., Osterday R., Miller D., Merrill W., Flege J.B. Jr., Gillinov A.M. Video-assisted bilateral pulmonary vein isolation and left atrial appendage exclusion for atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:797-802. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.03.041.

33. Gillinov A.M., Wolf R.K. Surgical ablation of atrial fibrillation. *Prog Cardiovasc Dis.* 2005;48(3):169-177. doi:10.1016/j.pcad.2005.06.012.

34. Beyer E., Lee R., Lam B.K. Point: Minimally invasive bipolar radiofrequency ablation of lone atrial fibrillation: early multicenter results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(3): 521-526. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.11.031.

35. Krul S.P.J., Driessen A.H.G., Zwinderman A.H., van Boven W.J., Wilde A.A., de Bakker J.M., de Groot J.R. Navigating the mini-maze: systematic review of the first results and progress of minimally-invasive surgery in the treatment of atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2013;166:132-40. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.10.011.

36. La Meir M., Gelsomino S., Lucà F., Pison L., Colella A., Lorusso R., Crudeli E., Gensini G.F., Crijns H.G., Maessen J. Minimally invasive surgery for atrial fibrillation: an updated review. *Europace.* 2013;15:170-82. doi: 10.1093/europace/eus216.

37. Revishvili A.S., Kadirova M., Strebkova E.D., Malishenko E.S., Novikov M.A., Yalova E.V., Babadjanova K.A., Bandurko K.E., Karmazanovsky G.G. Left atrial appendage exclusion using a stapler with thoracoscopic ablation of atrial fibrillation. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2023;12(1):58-71. doi: 10.17802/2306-1278-2023-12-1-58-71. (In Russian.)

38. Khomenko E.A., Mamchur S.E., Kozyrin K.A., Tarasov R.S., Bakovsky K.V. Short- and mid-term results of Thoracoscopic atrial fibrillation ablation. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2019; 8 (4S): 82-88 doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-4S-82-88. (In Russian)

39. van Laar C., Kelder J., van Putte B.P. The totally thoracoscopic maze procedure for the treatment of atrial fibrillation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017;24(1):102-111. doi: 10.1093/icvts/ivw311.

40. Vos L.M., Kotecha D., Geuzebroek G.S.C., Hofman F.N., van Boven W.J.P., Kelder J., de Mol B.A.J.M., van Putte B.P. Totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation: a systematic safety analysis. *Europace.* 2018;20(11):1790-1797. doi: 10.1093/europace/eux385.

41. Vos L.M., Bentala M., Geuzebroek G.S., Molhoek S.G., van Putte B.P. Long-term outcome after totally thoracoscopic ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(1):40-45. doi: 10.1111/jce.14267.

42. Choi M.S., On Y.K., Jeong D.S., Park K.M., Park S.J., Kim J.S., Carriere K.C. Usefulness of Postprocedural Electrophysiological Confirmation Upon Totally Thoracoscopic Ablation in Persistent Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol.* 2020;125(7): 1054-1062. doi: 10.1016/j.amjcard.2019.12.046.

43. Hong K.N., Russo M.J., Liberman E.A., Trzebucki A., Oz M.C., Argenziano M., Williams M.R. Effect of epicardial fat on ablation performance: a three-energy source comparison. *J Card Surg.* 2007; 22:521-524. doi: 10.1111/j.1540-8191.2007.00454.x.

44. Osmancik P., Budera P., Zdarska J., Herman D., Petr R., Straka Z. Electrophysiological findings after surgical thoracoscopic atrial fibrillation ablation. *Heart Rhythm.* 2016;13: 1246-1252. doi: 10.1016/j.hrthm.2016.02.007.

45. Lin J., Scherlag B.J., Lu Z., Zhang Y., Liu S., Patterson

E., Jackman W.M., Lazzara R., Po S.S. Inducibility of atrial and ventricular arrhythmias along the ligament of marshall: role of autonomic factors. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2008;19:955-962. doi: 10.1111/j.1540-8167.2008.01159.x.

46. Hocini M., Jaïs P., Sanders P., Takahashi Y., Rotter M., Rostock T., Hsu L.F., Sacher F., Reuter S., Clémenty J., Haïssaguerre M. Techniques, evaluation, and consequences of linear block at the left atrial roof in paroxysmal atrial fibrillation: a prospective randomized study. *Circulation.* 2005;112:3688-96. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.541052.

47. Phan K., Xie A., Tsai Y.C., Kumar N., La Meir M., Yan T.D. Biatrial ablation vs. left atrial concomitant surgical ablation for treatment of atrial fibrillation: a meta-analysis. *Europace.* 2015;17(1):38-47. doi:10.1093/europace/euu220.

48. Edgerton J.R., Jackman W.M., Mack M.J. A new epicardial lesion set for minimal access left atrial maze: the Dallas lesion set. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(5):1655-1657. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.05.046.

49. Weimar T., Vosseler M., Czesla M., Boscheinen M., Hemmer W.B., Doll K.N. Approaching a paradigm shift: endoscopic ablation of lone atrial fibrillation on the beating heart. *Ann Thorac Surg.* 2012;94:1886-1892. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.07.035.

50. Sirak J., Jones D., Schwartzman D. The five-box thoracoscopic maze procedure. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(3):986-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.05.022.

51. Guo Q.Z., Zhu D., Bai Z.X., Shi J., Shi Y.K., Guo Y.Q. A novel "box lesion" minimally invasive totally thoracoscopic surgical ablation for atrial fibrillation. *Ann Acad Med Singap.* 2015;44(1):6-12.

52. Doty J.R., Clayson S.E. Surgical Treatment of Isolated (Lone) Atrial Fibrillation With Gemini-S Ablation and Left Atrial Appendage Excision (GALAXY Procedure). *Innovations: Technology and Techniques in Cardiothoracic and Vascular Surgery.* 2012.7(1):33-38. doi:10.1097/imi.0b013e3182560612.

53. Antikeev A.M., Shamuratov I.K., Dyrmanov A.A., Dairov D.S., Abiltaev A.M., Erbolatov B.N., Kurmanov A.M., Nakipov H.Kh. Thoracoscopic radiofrequency ablation for atrial fibrillation: operative technique and immediate results of three clinical cases. *Annals of Arrhythmology.* 2017;14(3):150-154. doi:10.15275/annaritmol.2017.3.4 (In Russian)

54. Janusauskas V., Puodziukaite L., Maneikiene V.V., Zuoziene G., Radauskaite G., Burneikaite G., Samalavicius R.S., Aidietiene S., Rucinskas K., Aidietis A. Long-term results of minimally invasive stand-alone bi-atrial surgical ablation with a bipolar ablation device for persistent and longstanding persistent AF: a single center case series of 91 patients. *J Cardiothorac Surg.* 2016; 11(1): 23-31. doi:10.1186/s13019-016-0416-0.

55. Harlaar N., Oudeman M.A., Trines S.A., de Ruyter G.S., Mertens B.J., Khan M., Klautz R.J.M., Zeppenfeld K., Tjon A., Braun J., van Brakel T.J. Long-term follow-up of thoracoscopic ablation in long-standing persistent atrial fibrillation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022;34(6):990-998. doi: 10.1093/icvts/ivab355.

56. Harlaar N., Verberkmoes N.J., van der Voort P.H., Trines S.A., Verstraeten S.E., Mertens B.J.A., Klautz R.J.M., Braun J., van Brakel T.J. Clamping versus nonclamping thoracoscopic box ablation in long-standing persistent atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;160:399-405. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.07.104.

57. Fleerackers J., Hofman F.N., van Putte B.P. Totally thoracoscopic ablation: a unilateral right-sided approach. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020 Nov 1;58(5):1088-1090. doi: 10.1093/ejcts/ezaa160.

58. Bisleri G., Manzato A., Argenziano M., Vigilance D.W., Muneretto C. Thoracoscopic epicardial pulmonary vein ablation for lone paroxysmal atrial fibrillation. *Europace.* 2005 Mar;7(2):145-8. doi: 10.1016/j.eupc.2004.12.005.

59. Haywood G.A., Varini R., Osmancik P., Cireddu M., Caldwell J., Chaudhry M.A., Loubani M., Della Bella P., Lapenna E., Budera P., Dalrymple-Hay M. European multicentre experience of staged hybrid atrial fibrillation ablation for the treatment of persistent and longstanding persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2020;26:100459. doi: 10.1016/j.ijcha.2019.100459.

60. Rosati F., Muneretto C., Merati E., Polvani G., Moltrasio M., Tondo C., Curnis A., Cerini M., Metras A., Bisleri G. Epicardial, Biatrial Ablation With Integrated Uni-bipolar Radiofrequency Technology in Stand-alone Persistent Atrial Fibrillation. *Innovations (Phila)*. 2018;13(2):114-119. doi: 10.1097/IMI.0000000000000482.
61. Muneretto C., Bisleri G., Bontempi L., Curnis A. Durable staged hybrid ablation with thoracoscopic and percutaneous approach for treatment of long-standing atrial fibrillation: a 30-month assessment with continuous monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144: 1460 – 5. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.08.069.
62. Artukhina E.A., Revishvili A.S., Malashenko E.S., Muneretto C. First experience of prolonged persistent atrial fibrillation elimination with thoracoscopic radiofrequency ablation application. *Innovative Medicine of Kuban*. 2017;5(1):23-27. (In Russian)
63. Muneretto C., Bisleri G., Rosati F., Krakor R., Giroletti L., Di Bacco L., Repossini A., Moltrasio M., Curnis A., Tondo C., Polvani G. European prospective multicentre study of hybrid thoracoscopic and transcatheter ablation of persistent atrial fibrillation: the HISTORIC-AF trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017;52(4):740-745. doi: 10.1093/ejcts/ezx162.
64. Maesen B., La Meir M. Unilateral Left-sided Thoracoscopic Ablation of Atrial Fibrillation. *Ann Thorac Surg*. 2020 Jul;110(1):e63-e66. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.01.057.
65. van der Heijden C.A.J., Segers P, Masud A, et al. Unilateral left-sided thoracoscopic ablation of atrial fibrillation concomitant to minimally invasive bypass grafting of the left anterior descending artery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022; 62(5):ezac409. doi: 10.1093/ejcts/ezac409
66. van der Heijden C.A.J., Weberndörfer V., Luermans J.G.L.M., Chaldoupi S.M., van Kuijk S.M.J., Vroomen M., Bidar E., Maessen J.G., Pison L., La Meir M., Maesen B. Hybrid ablation of atrial fibrillation: A unilateral left-sided thoracoscopic approach. *J Card Surg*. 2022;37(12):4630-4638. doi: 10.1111/jocs.17144.
67. Maesen B., van der Heijden C.A.J., Bidar E., Vos R., Athanasiou T., Maessen J.G. Patient-reported quality of life after stand-alone and concomitant arrhythmia surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;34(3):339-348. doi: 10.1093/icvts/ivab282.
68. Sanchez J.M., Al-Dosari G., Chu S., et al. Hybrid and surgical procedures for the treatment of persistent and longstanding persistent atrial fibrillation. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2018; 16(2):91-97. doi: 10.1080/14779072.2018.
69. Wats K., Kiser A., Makati K., Sood N., DeLurgio D., Greenberg Y., Yang F. The Convergent AF Ablation Procedure: Evolution of a Multidisciplinary Approach to AF Management. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2020;9(2):88–96. doi: 10.15420/aer.2019.20.
70. Kiser A.C., Landers M., Horton R., Hume A., Natale A., Gersak B. The convergent procedure: a multidisciplinary atrial fibrillation treatment. *Heart Surg Forum*. 2010;13:317–21. doi: 10.1532/HSF98.20091112.
71. Zembala M., Filipiak K., Kowalski O., Boidol J., Sokal A., Lenarczyk R., Niklewski T., Garbacz M., Nadziakiewicz P., Kalarus Z., Zembala M. Minimally invasive hybrid ablation procedure for the treatment of persistent atrial fibrillation: one year results. *Kardiol Pol*. 2012;70:819–28.
72. Gehi A.K., Mounsey J.P., Pursell I., Landers M., Boyce K., Chung E.H., Schwartz J., Walker T.J., Guise K., Kiser A.C. Hybrid epicardial-endocardial ablation using a pericardioscopic technique for the treatment of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2013;10:22–8.
73. Gersak B., Jan M. Long-term success for the convergent atrial fibrillation procedure: 4-year outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2016;102:1550–7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.04.018.

Для цитирования: Ревишвили А.Ш., Артюхина Е.А., Стребкова Е.Д., Малышенко Е.С., Кадырова М. Эволюция торакоскопического лечения фибрилляции предсердий: от становления до современного этапа. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2023;12(2): 107-121. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-107-121

To cite: Revishvili A.Sh., Artyukhina E.A., Strebkova E.D., Malishenko E.S., Kadirova M. Evolution of thoracoscopic treatment of atrial fibrillation: from inception to contemporary approaches. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2023;12(2): 107-121. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-107-121