



УДК 616.12-008.313.2

DOI 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-208-216

РОЛЬ УШКА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ В ПАТОГЕНЕЗЕ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ, ЭФФЕКТИВНОСТИ АБЛАЦИИ И РАЗВИТИИ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ

А.Г. Филиппенко, В.В. Белобородов, Д.А. Елесин, И.Г. Стенин, Н.В. Широкова,
В.В. Баранова, В.В. Шабанов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Речкуновская, 15, Новосибирск, Российская Федерация, 630055

Основные положения

- Резекция ушка левого предсердия является безопасным и эффективным методом его исключения из кровотока, снижает количество ишемических событий головного мозга, увеличивает эффективность лечения фибрилляции предсердий.

Резюме

Ушко левого предсердия в некоторых случаях, согласно ряду исследований, может быть источником фибрилляции предсердий. Более того, при тахикардиях предсердий ушко служит основным источником тромбозов, обуславливающих ишемические события головного мозга. В попытках решить эти две проблемы были разработаны устройства для исключения ушка левого предсердия из кровотока и предприняты попытки аблации аритмогенных зон данного образования. Целью представленного обзора является анализ современных данных литературы по указанной проблематике и собственного опыта резекции ушка левого предсердия при торакоскопической аблации легочных вен у пациентов с персистирующей формой фибрилляции предсердий.

Ключевые слова

Фибрилляция предсердий • Торакоскопическая аблация • Ушко левого предсердия • Окклюдер ушка левого предсердия

Поступила в редакцию: 01.09.2024; поступила после доработки: 27.10.2024; принята к печати: 06.11.2024

THE ROLE OF THE LEFT ATRIAL APPENDAGE IN THE PATHOGENESIS OF ATRIAL FIBRILLATION, THE EFFECTIVENESS OF ABLATION AND THE DEVELOPMENT OF THROMBOEMBOLIC COMPLICATIONS

A.G. Filippenko, V.V. Beloborodov, D.A. Elesin, I.G. Stenin, N.V. Shirokova,
V.V. Baranova, V.V. Shabanov

Federal State Budgetary Institution "E. Meshalkin National Medical Research Center" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630055

Highlights

- Left atrial appendage resection is a safe and effective method of excluding the appendage from the systemic circulation, it reduces the number of cerebral ischemic events and increases the effectiveness of atrial fibrillation treatment.

Abstract

According to a number of studies, left atrial appendage can be the source of atrial fibrillation. Moreover, in atrial tachyarrhythmias, the appendage is the main source of thrombosis that causes cerebral ischemic events. In an attempt to solve these two issues, specialists developed various devices to exclude the left atrial appendage from the systemic circulation and attempted to ablate the arrhythmogenic area. The aim of this review is to analyze current literature data on the abovementioned issues and our own experience of left atrial appendage resection during thoracoscopic pulmonary vein ablation in patients with persistent atrial fibrillation.

Для корреспонденции: Алексей Германович Филиппенко, addifist@gmail.com; адрес: ул. Речкуновская, 15, Новосибирск, Российская Федерация, 630055

Corresponding author: Alexey G. Filippenko, addifist@gmail.com; address: 15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, Russian Federation, 630055

Keywords

Atrial fibrillation • Thoracoscopic ablation • Left atrial appendage • Left atrial appendage occluder

*Received: 01.09.2024; received in revised form: 27.10.2024; accepted: 06.11.2024***Список сокращений**

ЛВ – легочные вены УЛП – ушко левого предсердия
 ЛП – левое предсердие ФП – фибрилляция предсердий

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) занимает лидирующее место среди всех аритмий и является важной социально-экономической проблемой. Распространенность этого заболевания растет с каждым годом в связи с увеличением продолжительности жизни и совершенствованием методов диагностики [1]. До настоящего времени не представлено исчерпывающей гипотезы возникновения ФП.

Наличие ФП увеличивает риск возникновения ишемических событий головного мозга в пять раз [2]. По этой причине пациенты вынуждены длительное время принимать антикоагулянты, что особенно сложно в группе лиц с высоким риском кровотечения. Следует отметить, что 90% всех тромбомасс образуются в ушке левого предсердия (УЛП). В связи с этим разработано множество методов исключения УЛП из кровотока: полная резекция при хирургическом вмешательстве на сердце и малоинвазивные методы закрытия УЛП при помощи окклюдеров. К сожалению, все они имеют ряд ограничений и недостатков.

Изоляция легочных вен является «золотым стандартом» лечения ФП – исходя из гипотезы о том, что триггеры возникновения ФП находятся в муфтах легочных вен. При этом возможность выполнять абляцию как эндокардиально (катетерную, баллонную), так и торакоскопически (эпикардиально). Эффективность первичной абляции, по разным данным, составляет 50–85% в зависимости от формы ФП [3, 4]. Также изоляция легочных вен (ЛВ) снижает прогрессирование ФП в отдаленном периоде [5]. Роль изоляции УЛП в увеличении эффективности интервенционного лечения ФП остается противоречивой. Целью данного обзора явилась оценка удаления или изоляции УЛП для профилактики тромбоэмболических осложнений и увеличения эффективности лечения ФП.

Роль ушка левого предсердия в возникновении и эффективности лечения ФП

УЛП представляет собой остаток эмбриогенеза левого предсердия (ЛП), который развивается в течение третьей недели гестации. Оно расположено между левой верхней легочной веной и левым желудочком [6]. От левой верхней легочной вены УЛП отделено небольшим участком инвагиниро-

ванной ткани (левый пограничный гребень) [7]. По строению представляет собой переплетение разнонаправленных кардиомиоцитов. Вокруг шейки УЛП имеется разветвление пучка Бахмана. Данный придаток может являться источником аритмии, механизм возникновения которой до конца не изучен [8].

В нескольких исследованиях продемонстрировано, что не менее 12–20% триггерной активности выявляют вне ЛВ [8, 9]. Такие внелегочные очаги электрической активности могут способствовать возникновению и поддержанию ФП, где источником аритмии может являться УЛП, что указывает на аритмогенность этого образования [10, 11]. В ряде случаев УЛП может быть источником фокусной тахикардии или триггером ФП, что подтверждается электрофизиологическим исследованием с построением анатомической и активационной реконструкции. Однако эндокардиальное абляционное воздействие не всегда эффективно в УЛП вследствие его анатомических особенностей и риска перфорации катетером, и только хирургическая резекция УЛП позволяет полностью устранить аритмию [12].

В свою очередь, L. Di Biase с соавт. показали, что дополнительная изоляция УЛП как источника ФП повышает отдаленную эффективность оперативного вмешательства. Так, 987 пациентов с различными формами ФП были направлены на повторную процедуру абляции, при которой у 266 из них был обнаружен триггер в УЛП. 266 пациентов рандомизированы на три группы: стандартная изоляция легочных вен ($n = 43$), стандартная изоляция и локальная абляция УЛП ($n = 56$), изоляция ЛВ и УЛП. Через 12 мес. после оперативного лечения у 32 (74%) пациентов из группы изоляции легочных вен возник рецидив ФП, во второй группе рецидив наблюдался у 38 (68%) пациентов, в третьей группе, где УЛП было полностью изолировано, рецидив наблюдался лишь в 25 (15%) случаях ($p < 0,001$) [13].

Противоречивые данные о вкладе удаления УЛП в увеличение эффективности абляции ФП получены в рандомизированном исследовании 176 пациентов с персистирующей ФП, направленных на торакоскопическую абляцию. В группе из 88 пациентов резецировано УЛП и выполнена изоляция ЛВ, второй группе УЛП сохранено и выполнена только аналогичная про-

цедура аблации. За период наблюдения 18 мес. статистически достоверной значимости в сохранении синусового ритма между группами не определено [11].

Отдаленные результаты лечения 77 пациентов из вышеуказанного исследования с персистирующей ФП, перенесших торакоскопическую аблацию легочных вен и резекцию УЛП, проанализированы в ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России. Период наблюдения был увеличен до 36 мес. для установления любых документированных предсердных тахикардий (включая ФП), длящихся более 30 секунд, вне зависимости от принимаемой антиаритмической терапии. Отсутствие ФП зарегистрировано в 77% случаев, что является хорошим результатом и согласовывается с вышеперечисленными исследованиями. При этом ишемические события головного мозга наблюдались лишь в одном случае (1,3%).

Роль ушка левого предсердия в ишемических событиях головного мозга и способы его исключения из кровотока

УЛП является основным источником тромбоэмболий головного мозга у пациентов с ФП, что может приводить к инвалидизации. У пациентов с неклапанной ФП тромбоз левого предсердия выявляется в 15% случаев, при этом в 90% случаев локализация тромба – УЛП [14]. С учетом вариабельности анатомического строения УЛП риск тромбоза в зависимости от данного фактора может увеличиваться в разной степени: по типу куриного крыла (48%, частота событий 4,4% [20 / 451]), в виде сочка (19%, частота событий 10,6% [19 / 179]), в форме кактуса (30%, частота событий 12,6% [35 / 278]) и в виде цветной капусты (3%, частота событий 16,7% [4 / 24]). При этом, по данным другого исследования, данные аутопсии в 54,3% случаев указывали на наличие микротромбов в УЛП даже без наличия ФП в анамнезе [15, 16].

С учетом столь высокой тромбогенности данного образования стали предприниматься попытки исключения УЛП из кровотока. Первый дискуссионный вопрос – о роле УЛП как дополнительного резервуара ЛП для обеспечения компенсаторных реакций в физиологической сократительной функции сердца. Так, T. Tabata с соавт. продемонстрировали, что УЛП играет важную роль в функционировании ЛП при синусовом ритме: в исследовании при клипировании УЛП резко возрастали объем и давление в ЛП, менялись параметры пикового кровотока через митральный клапан. В работе обсуждены компенсаторная функция УЛП, его участие в нормальном функционировании ЛП и возможные отсроченные результаты резекции УЛП. Тем не менее авторами не выявлены системные изменения у наблюдаемых пациентов, так же не подтвержден отрицательный отдаленный эффект для исследованных показателей [17]. Позже G.E. De Maat с соавт. продемонстрировали, что резекция УЛП не влияет на контрактильную способность

ЛП [18]. В свою очередь, результаты недавно опубликованного многоцентрового рандомизированного исследования LAAOS III с участием 2 379 пациентов доказали эффективность удаления УЛП в снижении ишемических событий в отдаленном периоде [19].

В настоящее время существует ряд интервенционных и хирургических методов для резекции и окклюзии УЛП. Для исключения УЛП из кровотока предпринимались попытки лигирования ушка ЛП при «открытых» операциях, однако метод нельзя считать эффективным. Отдаленные результаты 50 пациентов показали реканализацию устья УЛП в 36% случаев, при этом в 22% возникали ишемические события головного мозга [19]. Попытки выключения придатка ЛП при помощи наложения двойного шва на устье со стороны полости сердца также не продемонстрировали высокой эффективности: лишь у одного пациента из шести окклюзия была полной [20]. Методика наложения кисетного шва со стороны эндокарда с предварительной инвагинацией ушка и последующий двойной шов на устье УЛП позиционируются авторами как эффективный, безопасный и простой метод выключения придатка из общего кровотока, однако отдаленных данных не представлено [21]. Ограничивающим фактором двух последних описанных методик является еще и то, что оба требуют вмешательства на «открытом» сердце.

Параллельно хирургическим методам закрытия УЛП развивались альтернативные малоинвазивные техники. Так, для торакоскопического закрытия ушка было разработано устройство AtriClip (AtriCure, США), которое показало высокую эффективность и безопасность в герметичном закрытии УЛП [22]. Однако, несмотря на простоту выполнения и малую инвазивность процедуры имплантации, имеются сообщения о компрессии коронарных сосудов имплантированным устройством с исходом в инфаркт миокарда, который может развиваться как остро, так и отсрочено. Можно предположить связь с избыточной длинной окклюдера при выборе размера [23]. После наложения данного устройства возможно сохранение резидуальной камеры. Анализ 43 пациентов после имплантации AtriClip в 26% случаев показал наличие остаточной камеры с максимальной глубиной до 10 мм и в 2% случаев более 10 мм [24]. В другом анализе 40 пациентов представлены более неоднозначные результаты: один случай дислокации во время процедуры, что повлекло исключение этого пациента из анализа; остальным пациентам успешно имплантирован окклюдер со средней глубиной остаточной культи 11 мм. По данным контрольного исследования через 2–5 мес. выявлена одна дислокация с увеличением глубины с 8 до 18 мм. У 45% лиц резидуальная камера превышала 10 мм [25]. Также остается неясным вопрос об остаточной ткани УЛП, которая подвергается ишемизации.

Еще одной малоинвазивной методикой является торакоскопическая резекция УЛП, которая может быть выполнена как изолированно, так и в сочетании с аблацией ФП. Данная методика хорошо изучена, безопасна и высокоэффективна. В исследованной группе во всех случаях была успешно выполнена тотальная резекция УЛП без осложнений в раннем и отдаленном периодах [26, 27].

Активное развитие получили эндоваскулярные методы закрытия УЛП. Наиболее изучено самораскрывающееся устройство (окклюдер) Watchman (Boston Scientific, США), которое имплантируется при помощи системы доставки в устье УЛП, окклюдировав его. В крупных исследованиях PROTECT-AF и PREVAIL данное устройство продемонстрировало не меньшую эффективность в предотвращении ишемических событий головного мозга, чем варфарин [28, 29]. В более позднем исследовании EWOLUTION показан еще лучший профиль безопасности и более высокий процент успешных имплантаций, чем в двух предыдущих исследованиях, что, вероятно, связано с кривой обучения хирургов [30]. Резидуальный кровоток в УЛП после имплантации Watchman в литературе варьирует от 15 до 44 % [31–33].

Самораскрывающееся устройство для эндоваскулярной окклюзии УЛП Amulet (Abbott Inc., США), аналогично Watchman, продемонстрировало эффективность в исследовании PRAGUE-17, включавшем сравнение окклюдеров Watchman и Amulet с антикоагулянтами прямого действия (ривароксабан, апиксабан, дабигатран). Так, отмечена не меньшая эффективность устройств по комбинированной точке (инсульт, транзиторная ишемическая атака, системные эмболии или осложнения при имплантации устройства) в сравнении с антикоагулянтами; 3 из 187 пациентов не удалось имплантировать устройство ввиду большого размера УЛП [34]. Процент остаточного кровотока в ушке после имплантации данного устройства варьирует от 1,8 до 43% [33, 35, 36].

Наряду с зарубежными производителями на рынке в настоящий момент представлен окклюдер ушка левого предсердия российского производства (АО «Ангиолайн», р/п Кольцово, Россия), который сконструирован аналогично устройству Watchman. Крупных исследований с участием данного устройства пока нет.

Также существуют гибридные устройства для лигирования УЛП, сочетающие эндоваскулярный и эпикардальный подходы. Lariat (SentreHEART Inc., США) – лигирующее устройство, для имплантации которого требуется торакоскопический и эндоваскулярный доступы. Процент успешной имплантации данного окклюдера, по данным литературы, составляет 94–98% [37–39]. По результатам крупного исследования, при сравнении окклюдера Watchman и устройства для лигирования ушка Lariat последнее показало меньшее, в сравнении с

Watchman, 13 против 25%, количество остаточного кровотока в УЛП ($p = 0,04$) [33].

Таким образом, большое количество различных устройств и методов закрытия УЛП указывает на несовершенство каждого из них. По данным литературы, неполное закрытие устья УЛП при хирургическом вмешательстве увеличивает риск ишемических событий, даже если ширина потока менее 5 мм [40]. Неполное закрытие при наложении гибридного устройства Lariat ведет к риску возникновения ишемических событий головного мозга, несмотря на то что все наблюдаемые пациенты имели остаточный кровоток в УЛП менее 5 мм [41]. Примечательно, что не выявлена корреляция наличия остаточного кровотока в УЛП с ишемическими событиями головного мозга после имплантации чрескожных окклюдеров Watchman или Lariat. Хотя, согласно субанализу исследования PROTECT-AF, количество ликов после имплантации Watchman достигает 32% [31].

Стоит также отметить, что при герметичной окклюзии во время процедуры устройствами Lariat и Watchman возможно появление отдаленных реканализаций между УЛП и полостью ЛП ввиду ремоделирования ушка [42]. Таким образом, каждое из этих устройств требует серьезного экономического анализа с учетом их стоимости.

Роль ушка левого предсердия в гуморальной регуляции

Учитывая, что устройства для транскатетерного закрытия устья УЛП оставляют более 30% резидуального кровотока, что влечет риск эмболических осложнений, как описано выше, резекция УЛП видится наиболее предпочтительным способом удаления УЛП [31, 40]. Также имеются данные, согласно которым резекция представляет собой наиболее эффективный способ полного выключения данного анатомического образования [43]. Известно, что УЛП является источником предсердного натрийуретического пептида (ANP), который выделяется предсердными кардиомиоцитами в ответ на перегрузку объемом. Этот гормон опосредованно снижает количество жидкости и натрия в организме. Вторым продуцируемым гормоном в УЛП – мозговой натрийуретической пептид (BNP), контролирующей натрийурез, диурез, тонус сосудов [44]. Ушко правого и левого предсердия обеспечивает порядка 30% всего секретируемого объема ANP [45].

Возникает вопрос о последствиях удаления данного анатомического образования для натрийуретической регуляции. D. Lakkireddy и соавт. сравнили нейрогуморальный профиль 39 пациентов, которым была выполнена имплантация окклюдера Watchman, с 38 пациентами, перенесшими лигирование УЛП устройством Lariat. Проанализирован уровень азотистого основания pro-ANP и pro-BNP (N-terminal pro-ANP, N-terminal pro-BNP). В группе лиц с импланти-

рованным устройством Watchman наблюдался резкий подъем отслеживаемых показателей, в то время как в группе применения окклюдера Lariat эти маркеры резко падали. Однако уже в первые сутки показатели возвращались к исходному уровню и оставались в этом диапазоне во время трехмесячного периода наблюдения [45]. Похожие данные продемонстрированы в другом проспективном рандомизированном исследовании, в которое был включен 21 пациент, направленный на торакоскопическую абляцию легочных вен. После рандомизации 1:1 пациентам из группы исследования дополнительно было резецировано УЛП. При оценке уровня ANP и BNP в группе резекции ANP был ниже в раннем послеоперационном периоде, но вернулся к исходным показателям на 31-й день и оставался в нормальных значениях на протяжении 800 дней наблюдения. BNP в раннем послеоперационном периоде снизился и оставался на одном уровне все время наблюдения. При сравнении двух групп разницы в уровне ANP и BNP в отдаленном периоде не выявлено [46]. Полученные данные доказывают участие ушка в нейрогуморальной регуляции и способность левого предсердия без последствий компенсировать секреторную функцию.

Стоит отметить, что все проанализированные исследования проведены на небольших выборках. Крупных рандомизированных исследований, позволяющих всесторонне изучить данный аспект, в настоящее время нет.

Заключение

Проанализированные данные показали, что УЛП может быть источником триггерной активности и способствовать возникновению и поддержанию ФП. В то же время положительное действие изоляции УЛП может быть связано с более интенсивным воздействием радиочастотной энергии, что способ-

ствует более эффективной изоляции устьев левых легочных вен, так как появляется дополнительная линия, которая изолирует такой сложный для абляции участок, как левый пограничный гребень (*crista terminalis*) между УЛП и устьями левых ЛВ.

С учетом того что окклюдеры УЛП показали меньшую в сравнении с антикоагулянтами эффективность в предотвращении ишемических событий головного мозга, а также имеют анатомические ограничения по имплантации, резекция может оказаться не менее безопасным, столь же эффективным и более универсальным методом выключения УЛП из кровотока. На основе данных литературы можно заключить, что удаление УЛП не оказывает отрицательного гуморального воздействия, однако данное утверждение требует более глубокого изучения. Хирургическая резекция УЛП может увеличивать эффективность лечения ФП и снижать количество ишемических событий головного мозга в отдаленном периоде, что, однако, также требует дополнительного исследования для подтверждения полученных данных и внедрения процедуры в рутинную практику.

Конфликт интересов

А.Г. Филиппенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.В. Белобородов заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.А. Елесин заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Г. Стенин заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.В. Широкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.В. Баранова заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.В. Шабанов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Филиппенко Алексей Германович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8068-7276

Белобородов Владимир Викторович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-1568-9472

Елесин Дмитрий Анатольевич, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-5343-5070

Author Information Form

Filippenko Alexey G., PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8068-7276

Beloborodov Vladimir V., PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-1568-9472

Elesin Dmitry A., PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-5343-5070

Стенин Илья Геннадьевич, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9664-3558

Широкова Наталья Васильевна, доктор медицинских наук врач-кардиолог федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8438-4085

Баранова Вера Викторовна, кандидат медицинских наук врач-кардиолог федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1631-8617

Шабанов Виталий Викторович, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9066-3227

Stenin Ilya G., PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9664-3558

Shirokova Natalia V., MD, PhD, Cardiologist, Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8438-4085

Baranova Vera V., PhD, Cardiologist at the Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1631-8617

Shabanov Vitaly V., PhD, Cardiovascular Surgeon, Head of the Department of Surgical Treatment of Complex Cardiac Arrhythmias and Cardiac stimulation at the Federal State Budgetary Institution “E. Meshalkin National Medical Research Center” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9066-3227

Вклад авторов в статью

ФАГ – получение и анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

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

ЕДА – получение и анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

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

ШНВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

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

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

Author Contribution Statement

FAG – data collection and analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

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

EDA – data collection and analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

SIG – data collection and analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

ShNV – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

BVV – 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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shah A.J., Liu X., Jadidi A.S., Haïssaguerre M. Early management of atrial fibrillation: from imaging to drugs to ablation. *Nat Rev Cardiol*. 2010;7(6):345-354. doi:10.1038/nrcardio.2010.49
2. Ball J., Carrington M.J., McMurray J.J.V., Stewart S. Atrial fibrillation: Profile and burden of an evolving epidemic in the 21st century. *Int J Cardiol*. 2013;167(5):1807-1824. doi:10.1016/j.ijcard.2012.12.093
3. Lellouche N., Jaïs P., Nault I., Wright M., Bevilacqua M., Knecht S., Matsuo S., Lim K.T., Sacher F., Deplagne A., Bordachar P., Hocini M., Haïssaguerre M. Early recurrences after atrial fibrillation ablation: prognostic value and effect of early reablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2008;19(6):599-605. doi:10.1111/j.1540-8167.2008.01188.x
4. Pappone C., Augello G., Sala S., Gugliotta F., Vicedomini G., Gulletta S., Paglino G., Mazzone P., Sora N., Greiss I., Santagostino A., LiVolsi L., Pappone N., Radinovic A., Manguso F., Santinelli V. A randomized trial of circumferential pulmonary vein ablation versus antiarrhythmic drug therapy in paroxysmal atrial fibrillation: the APAF Study. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(11):2340-2347. doi:10.1016/j.jacc.2006.08.037
5. Симонян А.А., Колесников В.Н., Виленский Л.И., Кривошеев Ю.С., Башта Д.И., Гатило М.Ю., Модников К.В., Романов А.Б. Прогрессирование пароксизмальной формы фибрилляции предсердий. *Медицинский альманах*. 2016; 44 (4): 48-51.
6. Al-Saady N.M., Obel O.A., Camm A.J. Left atrial appendage:

- structure, function, and role in thromboembolism. *Heart*. 1999;82(5):547-554. doi:10.1136/hrt.82.5.547
7. Cabrera J.A., Saremi F., Sánchez-Quintana D. Left atrial appendage: anatomy and imaging landmarks pertinent to percutaneous transcatheter occlusion. *Heart*. 2014;100(20):1636-1650. doi:10.1136/heartjnl-2013-304464
8. Dixit S., Lin D., Frankel D.S., Marchlinski F.E. Catheter ablation for persistent atrial fibrillation: antral pulmonary vein isolation and elimination of nonpulmonary vein triggers are sufficient. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5(6):1216-1223. doi:10.1161/CIRCEP.111.970343
9. Chang H.Y., Lo L.W., Lin Y.J., Chang S.L., Hu Y.F., Li C.H., Chao T.F., Chung F.P., Ha T.L., Singhal R., Chong E., Yin W.H., Tsao H.M., Hsieh M.H., Chen S.A. Long-term outcome of catheter ablation in patients with atrial fibrillation originating from nonpulmonary vein ectopy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013;24(3):250-258. doi:10.1111/jce.12036
10. Yamada T., McElderry H.T., Allison J.S., Kay G.N. Focal atrial tachycardia originating from the epicardial left atrial appendage. *Hear Rhythm*. 2008;5(5):766-767. doi:10.1016/j.hrthm.2007.12.025
11. Romanov A., Pokushalov E., Elesin D., Bogachev-Prokophiev A., Ponomarev D., Losik D., Bayramova S., Strelnikov A., Shabanov V., Pidanov O., Kropotkin E., Ivanickii E., Karasov A., Steinberg J.S. Effect of left atrial appendage excision on procedure outcome in patients with persistent atrial fibrillation undergoing surgical ablation. *Hear Rhythm*. 2016;13(9):1803-1809. doi:10.1016/j.hrthm.2016.05.012
12. Pokushalov E., Romanov A., Artyomenko S., Arhipov A., Karasov A. Left atrial appendectomy after failed catheter ablation of a focal atrial tachycardia originating in the left atrial appendage. *Pediatr Cardiol*. 2010;31(6):908-911. doi:10.1007/s00246-010-9737-2
13. Di Biase L., Burkhardt J.D., Mohanty P., Sanchez J., Mohanty S., Horton R., Gallinghouse G.J., Bailey S.M., Zagrodzky J.D., Santangeli P. Left atrial appendage: an unrecognized trigger site of atrial fibrillation. *Circulation*. 2010;122(2):109-118. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.928903
14. Mahajan R., Brooks A.G., Sullivan T., Lim H.S., Alasady M., Abed H.S., Ganesan A.N., Nayyar S., Lau D.H., Roberts-Thomson K.C., Kalman J.M., Sanders P. Importance of the underlying substrate in determining thrombus location in atrial fibrillation: implications for left atrial appendage closure. *Heart*. 2012;98(15):1120-1126. doi:10.1136/heartjnl-2012-301799
15. Кривошеев Ю.С., Чуков С.З., Мкртычев Д.С., Башта Д.И., Тихонова Н.А., Виленский Л.И., Колесников В.Н., Романов А.Б. Взгляд на проблему тромбообразования в ушке левого предсердия по данным аутопсии. *Вестник аритмологии*. 2020;27(1):5-11. doi:10.35336/VA-2020-1-5-11
16. Di Biase L., Santangeli P., Anselmino M., Mohanty P., Salvetti I., Gili S., Horton R., Sanchez J.E., Bai R., Mohanty S., Pump A., Cereceda Brantes M., Gallinghouse G.J., Burkhardt J.D., Cesarani F., Scaglione M., Natale A., Gaita F. Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(6):531-538. doi:10.1016/j.jacc.2012.04.032
17. Tabata T., Oki T., Yamada H., Iuchi A., Ito S., Hori T., Kitagawa T., Kato I., Kitahata H., Oshita S. Role of left atrial appendage in left atrial reservoir function as evaluated by left atrial appendage clamping during cardiac surgery. *Am J Cardiol*. 1998;81(3):327-332. doi:10.1016/s0002-9149(97)00903-x
18. De Maat G.E., Benussi S., Hummel Y.M., Krul S., Pozzoli A., Driessen A.H., Mariani M.A., Van Gelder I.C., Van Boven W.J., de Groot J.R. Surgical Left Atrial Appendage Exclusion Does Not Impair Left Atrial Contraction Function: A Pilot Study. *Biomed Res Int*. 2015;2015:318901. doi:10.1155/2015/318901
19. Whitlock R.P., Belley-Cote E.P., Paparella D., Healey J.S., Brady K., Sharma M., Reents W., Budera P., Baddour A.J., Fila P., et al. Left Atrial Appendage Occlusion during Cardiac Surgery to Prevent Stroke. *N Engl J Med*. 2021;384(22):2081-2091. doi:10.1056/NEJMoa2101897
20. Schneider B., Stollberger C., Sievers H.H. Surgical closure of the left atrial appendage - a beneficial procedure? *Cardiology*. 2005;104(3):127-132. doi:10.1159/000087632
21. Hernandez-Estefania R., Levy Praschker B., Bastarrika G., Rabago G. Left atrial appendage occlusion by invagination and double suture technique. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41(1):134-136. doi:10.1016/j.ejcts.2011.05.022
22. Emmert M.Y., Puippe G., Baumüller S., Alkadhi H., Landmesser U., Plass A., Bettex D., Scherman J., Grünenfelder J., Genoni M., Falk V., Salzberg S.P. Safe, effective and durable epicardial left atrial appendage clip occlusion in patients with atrial fibrillation undergoing cardiac surgery: first long-term results from a prospective device trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45(1):126-131. doi:10.1093/ejcts/ezt204
23. Kuzmin B., Staack T., Wippermann J., Wacker M. Left atrial appendage occlusion device causing coronary obstruction: A word of caution. *J Card Surg*. 2021;36(2):723-725. doi:10.1111/jocs.15222
24. Caliskan E., Eberhard M., Falk V., Alkadhi H., Emmert M.Y. Incidence and characteristics of left atrial appendage stumps after device-enabled epicardial closure. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019;29(5):663-669. doi:10.1093/icvts/ivz176
25. Osmancik P., Budera P., Zdarska J., Herman D., Petr R., Fojt R., Straka Z. Residual echocardiographic and computed tomography findings after thoracoscopic occlusion of the left atrial appendage using the AtriClip PRO device. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2018;26(6):919-925. doi:10.1093/icvts/ivx427
26. Qiu B., Yan W., Chen K., Fu X., Hu J., Gao S., Knippenberg S., Schwiens M., Kassis E., Yang T. A multi-center evaluation of a powered surgical stapler in video-assisted thoracoscopic lung resection procedures in China. *J Thorac Dis*. 2016;8(5):1007-1013. doi:10.21037/jtd.2016.03.88
27. Ohtsuka T., Ninomiya M., Nonaka T., Hisagi M., Ota T., Mizutani T. Thoracoscopic stand-alone left atrial appendectomy for thromboembolism prevention in nonvalvular atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(2):103-107. doi:10.1016/j.jacc.2013.01.017
28. Reddy V.Y., Sievert H., Halperin J., Doshi S.K., Buchbinder M., Neuzil P., Huber K., Whisenant B., Kar S., Swarup V., Gordon N., Holmes D.; PROTECT AF Steering Committee and Investigators. Percutaneous left atrial appendage closure vs warfarin for atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2014;312(19):1988-1998. doi:10.1001/jama.2014.15192
29. Holmes D.R., Kar S., Price M.J., Whisenant B., Sievert H., Doshi S.K., Huber K., Reddy V.Y. Prospective randomized evaluation of the Watchman Left Atrial Appendage Closure device in patients with atrial fibrillation versus long-term warfarin therapy: the PREVAIL trial. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(1):1-12. doi:10.1016/j.jacc.2014.04.029
30. Boersma L.V., Ince H., Kische S., Pokushalov E., Schmitz T., Schmidt B., Gori T., Meincke F., Protopopov A.V., Betts T., Foley D., Sievert H., Mazzone P., De Potter T., Vireca E., Stein K., Bergmann M.W.; EWOLUTION Investigators. Efficacy and safety of left atrial appendage closure with WATCHMAN in patients with or without contraindication to oral anticoagulation: 1-Year follow-up outcome data of the EWOLUTION trial. *Hear Rhythm*. 2017;14(9):1302-1308. doi:10.1016/j.hrthm.2017.05.038
31. Viles-Gonzalez J.F., Kar S., Douglas P., Dukkkipati S., Feldman T., Horton R., Holmes D., Reddy V.Y. The clinical impact of incomplete left atrial appendage closure with the Watchman Device in patients with atrial fibrillation: a PROTECT AF (Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage Versus Warfarin Therapy for Prevention of Stroke in Patients Wit. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(10):923-929. doi:10.1016/j.jacc.2011.11.028
32. Cochet H., Iriart X., Sridi S., Camaioni C., Comeloup O., Montaudon M., Laurent F., Selmi W., Renou P., Jalal Z., Thambo J.B. Left atrial appendage patency and device-related thrombus after percutaneous left atrial appendage occlusion: a computed tomography study. *Eur Hear journal Cardiovasc Imaging*. 2018;19(12):1351-1361. doi:10.1093/ehjci/ey010
33. Pillarisetti J., Reddy Y.M., Gunda S., Swarup V., Lee R., Rasekh A., Horton R., Massumi A., Cheng J., Bartus K., Badhwar N., Han F., Atkins D., Bommana S., Earnest M., Nath J., Ferrell R., Bormann S., Dawn B., Di Biase L., Mansour M., Natale A., Lakkireddy D. Endocardial (Watchman) vs epicardial (Lariat) left atrial appendage exclusion devices: Understanding the differences in the location and type of leaks and their clinical implications. *Hear Rhythm*. 2015;12(7):1501-1507. doi:10.1016/j.hrthm.2015.03.020
34. Osmancik P., Herman D., Neuzil P., Hala P., Taborsky M., Kala P., Poloczek M., Stasek J., Haman L., Branny M., Chovancik J., Cervinka P., Holy J., Kovarnik T., Zemanek D., Havranek S., Vancura V., Opatrny J., Peichl P., Tousek P., Lekesova V., Jarkovsky J., Novackova M., Benesova K., Widimsky P., Reddy V.Y.; PRAGUE-17 Trial Investigators. Left Atrial Appendage Closure Versus Direct Oral Anticoagulants in High-Risk Patients With Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(25):3122-3135. doi:10.1016/j.jacc.2020.04.067
35. Saw J., Tzikas A., Shakir S., Gafoor S., Omran H., Nielsen-Kudsk J.E., Kefer J., Aminian A., Berti S., Santoro G., Nietlispach F., Moschovitis A., Cruz-Gonzalez I., Stammen F., Tichelbäcker T., Freixa X., Ibrahim R., Schillinger W., Meier B., Sievert H., Gloekler S. Incidence and Clinical Impact of Device-Associated Thrombus and Peri-Device Leak Following Left Atrial Appendage Closure With the Amplatzer Cardiac Plug. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10(4):391-399. doi:10.1016/j.jcin.2016.11.029
36. Tzikas A., Shakir S., Gafoor S., Omran H., Berti S., Santoro G., Kefer J., Landmesser U., Nielsen-Kudsk J.E., Cruz-Gonzalez I., Sievert H., Tichelbäcker T., Kanagaratnam P., Nietlispach F., Aminian A., Kasch F., Freixa X., Danna P., Rezzaghi M., Vermeersch P., Stock F., Stolicova M., Costa M., Ibrahim R., Schillinger W., Meier B., Park J.W. Left atrial appendage occlusion for stroke prevention in atrial fibrillation: multicentre experience with the AMPLATZER Cardiac Plug. *EuroIntervention*. 2016;11(10):1170-1179. doi:10.4244/EIJ15M01_06
37. Price M.J., Gibson D.N., Yakubov S.J., Schultz J.C., Di Biase L., Natale A., Burkhardt J.D., Pershad A., Byrne T.J., Gidney B., Aragon J.R., Goldstein J., Moulton K., Patel T., Knight B., Lin A.C., Valderrábano

M. Early safety and efficacy of percutaneous left atrial appendage suture ligation: results from the U.S. transcatheter LAA ligation consortium. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(6):565-572. doi:10.1016/j.jacc.2014.03.057

38. Lakkireddy D., Afzal M.R., Lee R.J., Nagaraj H., Tschopp D., Gidney B., Ellis C., Altman E., Lee B., Kar S., Bhadwar N., Sanchez M., Gadiyaram V., Evonich R., Rasekh A., Cheng J., Cuoco F., Chandhok S., Gunda S., Reddy M., Atkins D., Bommana S., Cuculich P., Gibson D., Nath J., Ferrell R., Matthew E., Wilber D. Short and long-term outcomes of percutaneous left atrial appendage suture ligation: Results from a US multicenter evaluation. *Hear Rhythm*. 2016;13(5):1030-1036. doi:10.1016/j.hrthm.2016.01.022

39. Bartus K., Han F.T., Bednarek J., Myc J., Kapelak B., Sadowski J., Lelakowski J., Bartus S., Yakubov S.J., Lee R.J. Percutaneous left atrial appendage suture ligation using the LARIAT device in patients with atrial fibrillation: initial clinical experience. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(2):108-118. doi:10.1016/j.jacc.2012.06.046

40. Aryana A., Singh S.K., Singh S.M., O'Neill P.G., Bowers M.R., Allen S.L., Lewandowski S.L., Vierra E.C., d'Avila A. Association between incomplete surgical ligation of left atrial appendage and stroke and systemic embolization. *Hear Rhythm*. 2015;12(7):1431-1437. doi:10.1016/j.hrthm.2015.03.028

41. Gianni C., Di Biase L., Trivedi C., Mohanty S., Gökoçlan Y., Güneş M.F., Bai R., Al-Ahmad A., Burkhardt J.D., Horton R.P., Krumer A.K., Palma E.C., Valderrábano M., Gibson D., Price

M.J., Natale A. Clinical Implications of Leaks Following Left Atrial Appendage Ligation With the LARIAT Device. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9(10):1051-1057. doi:10.1016/j.jcin.2016.01.038

42. Yarlaga B., Parikh V., Dar T., Lakkireddy D. Leaks after left atrial appendage ligation with Lariat device: Incidence, pathophysiology, clinical implications and methods of closure- A case based discussion. *J Atr Fibrillation*. 10(3):1725. doi:10.4022/jafib.1725

43. Damiano R.J. What Is the Best Way to Surgically Eliminate the Left Atrial Appendage? **Editorials published in the Journal of the American College of Cardiology reflect the views of the authors and do not necessarily represent the views of JACC or the American College. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(11):930-931. doi:10.1016/j.jacc.2008.06.007

44. Saito Y. Roles of atrial natriuretic peptide and its therapeutic use. *J Cardiol*. 2010;56(3):262-270. doi:10.1016/j.jcc.2010.08.001

45. Lakkireddy D., Turagam M., Afzal M.R., Rajasingh J., Atkins D., Dawn B., Di Biase L., Bartus K., Kar S., Natale A., Holmes D.J. Left Atrial Appendage Closure and Systemic Homeostasis: The LAA HOMEOSTASIS Study. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(2):135-144. doi:10.1016/j.jacc.2017.10.092

46. Grieshaber P., Armeth B., Steinsberger F., Niemann B., Oswald I., Renz H., Böning A. Influence of Left Atrial Appendage Amputation on Natriuretic Peptides—A Randomized Controlled Trial. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;69(02):117-123. doi:10.1055/s-0039-1683955

REFERENCES

1. Shah A.J., Liu X., Jadidi A.S., Haissaguerre M. Early management of atrial fibrillation: from imaging to drugs to ablation. *Nat Rev Cardiol*. 2010;7(6):345-354. doi:10.1038/nrcardio.2010.49

2. Ball J., Carrington M.J., McMurray J.J.V., Stewart S. Atrial fibrillation: Profile and burden of an evolving epidemic in the 21st century. *Int J Cardiol*. 2013;167(5):1807-1824. doi:10.1016/j.ijcard.2012.12.093

3. Lellouche N., Jais P., Nault I., Wright M., Bevilacqua M., Knecht S., Matsuo S., Lim K.T., Sacher F., Deplagne A., Bordachar P., Hocini M., Haissaguerre M. Early recurrences after atrial fibrillation ablation: prognostic value and effect of early reablation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2008;19(6):599-605. doi:10.1111/j.1540-8167.2008.01188.x

4. Pappone C., Augello G., Sala S., Gugliotta F., Vicedomini G., Gulletta S., Paglino G., Mazzone P., Sora N., Greiss I., Santagostino A., LiVolsi L., Pappone N., Radinovic A., Manguso F., Santinelli V. A randomized trial of circumferential pulmonary vein ablation versus antiarrhythmic drug therapy in paroxysmal atrial fibrillation: the APAF Study. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(11):2340-2347. doi:10.1016/j.jacc.2006.08.037

5. Simonyan A., Kolesnikov V., Vilenskiy L., Krivosheev Yu.S., Bashta D.I., Gatilo M.Yu., Modnikov K.V., Romanov A.B. Progression of the paroxysmal form of atrial fibrillation. *Medical almanac*. 2016;4(44):48-51. (In Russian)

6. Al-Saady N.M., Obel O.A., Camm A.J. Left atrial appendage: structure, function, and role in thromboembolism. *Heart*. 1999;82(5):547-554. doi:10.1136/hrt.82.5.547

7. Cabrera J.A., Saremi F., Sánchez-Quintana D. Left atrial appendage: anatomy and imaging landmarks pertinent to percutaneous transcatheter occlusion. *Heart*. 2014;100(20):1636-1650. doi:10.1136/heartjnl-2013-304464

8. Dixit S., Lin D., Frankel D.S., Marchlinski F.E. Catheter ablation for persistent atrial fibrillation: antral pulmonary vein isolation and elimination of nonpulmonary vein triggers are sufficient. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5(6):1216-1223. doi:10.1161/CIRCEP.111.970343

9. Chang H.Y., Lo L.W., Lin Y.J., Chang S.L., Hu Y.F., Li C.H., Chao T.F., Chung F.P., Ha T.L., Singhal R., Chong E., Yin W.H., Tsao H.M., Hsieh M.H., Chen S.A. Long-term outcome of catheter ablation in patients with atrial fibrillation originating from nonpulmonary vein ectopy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013;24(3):250-258. doi:10.1111/jce.12036

10. Yamada T., McElderry H.T., Allison J.S., Kay G.N. Focal atrial tachycardia originating from the epicardial left atrial appendage. *Hear Rhythm*. 2008;5(5):766-767. doi:10.1016/j.hrthm.2007.12.025

11. Romanov A., Pokushalov E., Elesin D., Bogachev-Prokophiev A., Ponomarev D., Losik D., Bayramova S., Strelnikov A., Shabanov V., Pidanov O., Kropotkin E., Ivanickii E., Karaskov A., Steinberg J.S. Effect of left atrial appendage excision on procedure outcome in patients with persistent atrial fibrillation undergoing surgical ablation. *Hear Rhythm*. 2016;13(9):1803-1809. doi:10.1016/j.hrthm.2016.05.012

12. Pokushalov E., Romanov A., Artyomenko S., Arhipov A., Karaskov A. Left atrial appendectomy after failed catheter ablation of a focal atrial tachycardia originating in the left atrial appendage. *Pediatr Cardiol*. 2010;31(6):908-911. doi:10.1007/s00246-010-9737-2

13. Di Biase L., Burkhardt J.D., Mohanty P., Sanchez J., Mohanty

S., Horton R., Gallinhouse G.J., Bailey S.M., Zagrodzky J.D., Santangeli P. Left atrial appendage: an underrecognized trigger site of atrial fibrillation. *Circulation*. 2010;122(2):109-118. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.928903

14. Mahajan R., Brooks A.G., Sullivan T., Lim H.S., Alasady M., Abed H.S., Ganesan A.N., Nayyar S., Lau D.H., Roberts-Thomson K.C., Kalman J.M., Sanders P. Importance of the underlying substrate in determining thrombus location in atrial fibrillation: implications for left atrial appendage closure. *Heart*. 2012;98(15):1120-1126. doi:10.1136/heartjnl-2012-301799

15. Krivosheev Yu., Chukov S.Z., Mkrtychev D.S., Bashta D.I., Tikhonova N.A., Vilenskiy L.I., Kolesnikov V.N., Romanov A.B. View on the left atrial appendage thrombosis on the heart autopsy. *Journal of Arrhythmology*. 2020;27(1):5-11. doi:10.35336/VA-2020-1-5-11 (In Russian)

16. Di Biase L., Santangeli P., Anselmino M., Mohanty P., Salvetti L., Gili S., Horton R., Sanchez J.E., Bai R., Mohanty S., Pump A., Cereceda Brantes M., Gallinhouse G.J., Burkhardt J.D., Cesarani F., Scaglione M., Natale A., Gaita F. Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(6):531-538. doi:10.1016/j.jacc.2012.04.032

17. Tabata T., Oki T., Yamada H., Iuchi A., Ito S., Hori T., Kitagawa T., Kato I., Kitahata H., Oshita S. Role of left atrial appendage in left atrial reservoir function as evaluated by left atrial appendage clamping during cardiac surgery. *Am J Cardiol*. 1998;81(3):327-332. doi:10.1016/s0002-9149(97)00903-x

18. De Maat G.E., Benussi S., Hummel Y.M., Krul S., Pozzoli A., Driessen A.H., Mariani M.A., Van Gelder I.C., Van Boven W.J., de Groot J.R. Surgical Left Atrial Appendage Exclusion Does Not Impair Left Atrial Contraction Function: A Pilot Study. *Biomed Res Int*. 2015;2015:318901. doi:10.1155/2015/318901

19. Whitlock R.P., Belley-Cote E.P., Paparella D., Healey J.S., Brady K., Sharma M., Reents W., Budera P., Vaddour A.J., Fila P., et al. Left Atrial Appendage Occlusion during Cardiac Surgery to Prevent Stroke. *N Engl J Med*. 2021;384(22):2081-2091. doi:10.1056/NEJMoa2101897

20. Schneider B., Stollberger C., Sievers H.H. Surgical closure of the left atrial appendage - a beneficial procedure? *Cardiology*. 2005;104(3):127-132. doi:10.1159/000087632

21. Hernandez-Estefania R., Levy Praschker B., Bastarrika G., Rabago G. Left atrial appendage occlusion by invagination and double suture technique. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41(1):134-136. doi:10.1016/j.ejcts.2011.05.022

22. Emmert M.Y., Puipe G., Baumüller S., Alkadhi H., Landmesser U., Plass A., Bettex D., Scherman J., Grünenfelder J., Genoni M., Falk V., Salzberg S.P. Safe, effective and durable epicardial left atrial appendage clip occlusion in patients with atrial fibrillation undergoing cardiac surgery: first long-term results from a prospective device trial. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45(1):126-131. doi:10.1093/ejcts/ezt204

23. Kuzmin B., Staack T., Wippermann J., Wacker M. Left atrial appendage occlusion device causing coronary obstruction: A word of caution. *J Card Surg*. 2021;36(2):723-725. doi:10.1111/jocs.15222

24. Caliskan E., Eberhard M., Falk V., Alkadhi H., Emmert M.Y.

Incidence and characteristics of left atrial appendage stumps after device-enabled epicardial closure. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(5):663-669. doi:10.1093/icvts/ivz176

25. Osmancik P, Budera P, Zdarska J, Herman D, Petr R, Fojt R, Straka Z. Residual echocardiographic and computed tomography findings after thoroscopic occlusion of the left atrial appendage using the AtriClip PRO device. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;26(6):919-925. doi:10.1093/icvts/ivx427

26. Qiu B, Yan W, Chen K, Fu X, Hu J, Gao S, Knippenberg S, Schwiens M, Kassis E, Yang T. A multi-center evaluation of a powered surgical stapler in video-assisted thoroscopic lung resection procedures in China. *J Thorac Dis.* 2016;8(5):1007-1013. doi:10.21037/jtd.2016.03.88

27. Ohtsuka T, Ninomiya M, Nonaka T, Hisagi M, Ota T, Mizutani T. Thoroscopic stand-alone left atrial appendectomy for thromboembolism prevention in nonvalvular atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(2):103-107. doi:10.1016/j.jacc.2013.01.017

28. Reddy V.Y., Sievert H., Halperin J., Doshi S.K., Buchbinder M., Neuzil P., Huber K., Whisenant B., Kar S., Swarup V., Gordon N., Holmes D.; PROTECT AF Steering Committee and Investigators. Percutaneous left atrial appendage closure vs warfarin for atrial fibrillation: a randomized clinical trial. *JAMA.* 2014;312(19):1988-1998. doi:10.1001/jama.2014.15192

29. Holmes D.R., Kar S., Price M.J., Whisenant B., Sievert H., Doshi S.K., Huber K., Reddy V.Y. Prospective randomized evaluation of the Watchman Left Atrial Appendage Closure device in patients with atrial fibrillation versus long-term warfarin therapy: the PREVAIL trial. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64(1):1-12. doi:10.1016/j.jacc.2014.04.029

30. Boersma L.V., Ince H., Kische S., Pokushalov E., Schmitz T., Schmidt B., Gori T., Meincke F., Protopopov A.V., Betts T., Foley D., Sievert H., Mazzone P., De Potter T., Vireca E., Stein K., Bergmann M.W.; EWOLUTION Investigators. Efficacy and safety of left atrial appendage closure with WATCHMAN in patients with or without contraindication to oral anticoagulation: 1-Year follow-up outcome data of the EWOLUTION trial. *Hear Rhythm.* 2017;14(9):1302-1308. doi:10.1016/j.hrthm.2017.05.038

31. Viles-Gonzalez J.F., Kar S., Douglas P., Dukkapi S., Feldman T., Horton R., Holmes D., Reddy V.Y. The clinical impact of incomplete left atrial appendage closure with the Watchman Device in patients with atrial fibrillation: a PROTECT AF (Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage Versus Warfarin Therapy for Prevention of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation) Substudy. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(10):923-929. doi:10.1016/j.jacc.2011.11.028

32. Cochet H., Iriart X., Sridi S., Camaioni C., Comelou O., Montaudon M., Laurent F., Selmi W., Renou P., Jalal Z., Thambo J.B. Left atrial appendage patency and device-related thrombus after percutaneous left atrial appendage occlusion: a computed tomography study. *Eur Hear J.* 2018;39(12):1351-1361. doi:10.1093/ehjci/ehy010

33. Pillarisetti J., Reddy Y.M., Gunda S., Swarup V., Lee R., Rasekh A., Horton R., Masumi A., Cheng J., Bartus K., Badhwar N., Han F., Atkins D., Bommana S., Earnest M., Nath J., Ferrell R., Bormann S., Dawn B., Di Biase L., Mansour M., Natale A., Lakkireddy D. Endocardial (Watchman) vs epicardial (Lariat) left atrial appendage exclusion devices: Understanding the differences in the location and type of leaks and their clinical implications. *Hear Rhythm.* 2015;12(7):1501-1507. doi:10.1016/j.hrthm.2015.03.020

34. Osmancik P., Herman D., Neuzil P., Hala P., Taborsky M., Kala P., Poloczek M., Stasek J., Haman L., Branny M., Chovancik J., Cervinka P., Holy J., Kovarnik T., Zemanek D., Havranek S., Vancura V., Opatrný J., Peichl P., Tousek P., Lekesova V., Jarkovsky J., Novackova M., Benesova K., Widimsky P., Reddy V.Y.; PRAGUE-17 Trial Investigators. Left Atrial Appendage Closure Versus Direct Oral Anticoagulants in High-Risk Patients With Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(25):3122-3135. doi:10.1016/j.jacc.2020.04.067

35. Saw J., Tzikas A., Shakir S., Gafoor S., Omran H., Nielsen-Kudsk J.E., Kefer J., Aminian A., Berti S., Santoro G., Nietlispach F., Moschovitis A., Cruz-Gonzalez I., Stammen F., Tichelbäcker T., Freixa X., Ibrahim R.,

Schillinger W., Meier B., Sievert H., Gloekler S. Incidence and Clinical Impact of Device-Associated Thrombus and Peri-Device Leak Following Left Atrial Appendage Closure With the Amplatzer Cardiac Plug. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10(4):391-399. doi:10.1016/j.jcin.2016.11.029

36. Tzikas A., Shakir S., Gafoor S., Omran H., Berti S., Santoro G., Kefer J., Landmesser U., Nielsen-Kudsk J.E., Cruz-Gonzalez I., Sievert H., Tichelbäcker T., Kanagaratnam P., Nietlispach F., Aminian A., Kasch F., Freixa X., Danna P., Rezzaghi M., Vermeersch P., Stock F., Stolicova M., Costa M., Ibrahim R., Schillinger W., Meier B., Park J.W. Left atrial appendage occlusion for stroke prevention in atrial fibrillation: multicentre experience with the AMPLATZER Cardiac Plug. *EuroIntervention.* 2016;11(10):1170-1179. doi:10.4244/EIJY15M01_06

37. Price M.J., Gibson D.N., Yakubov S.J., Schultz J.C., Di Biase L., Natale A., Burkhardt J.D., Pershad A., Byrne T.J., Gidney B., Aragon J.R., Goldstein J., Moulton K., Patel T., Knight B., Lin A.C., Valderrábano M. Early safety and efficacy of percutaneous left atrial appendage suture ligation: results from the U.S. transcatheter LAA ligation consortium. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64(6):565-572. doi:10.1016/j.jacc.2014.03.057

38. Lakkireddy D., Afzal M.R., Lee R.J., Nagaraj H., Tschopp D., Gidney B., Ellis C., Altman E., Lee B., Kar S., Bhadwar N., Sanchez M., Gadiyaram V., Evonich R., Rasekh A., Cheng J., Cuoco F., Chandhok S., Gunda S., Reddy M., Atkins D., Bommana S., Cuculich P., Gibson D., Nath J., Ferrell R., Matthew E., Wilber D. Short and long-term outcomes of percutaneous left atrial appendage suture ligation: Results from a US multicenter evaluation. *Hear Rhythm.* 2016;13(5):1030-1036. doi:10.1016/j.hrthm.2016.01.022

39. Bartus K., Han F.T., Bednarek J., Myc J., Kapelak B., Sadowski J., Lelakowski J., Bartus S., Yakubov S.J., Lee R.J. Percutaneous left atrial appendage suture ligation using the LARIAT device in patients with atrial fibrillation: initial clinical experience. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(2):108-118. doi:10.1016/j.jacc.2012.06.046

40. Aryana A., Singh S.K., Singh S.M., O'Neill P.G., Bowers M.R., Allen S.L., Lewandowski S.L., Vierra E.C., d'Avila A. Association between incomplete surgical ligation of left atrial appendage and stroke and systemic embolization. *Hear Rhythm.* 2015;12(7):1431-1437. doi:10.1016/j.hrthm.2015.03.028

41. Gianni C., Di Biase L., Trivedi C., Mohanty S., Gökoğlu Y., Güneş M.F., Bai R., Al-Ahmad A., Burkhardt J.D., Horton R.P., Krummerman A.K., Palma E.C., Valderrábano M., Gibson D., Price M.J., Natale A. Clinical Implications of Leaks Following Left Atrial Appendage Ligation With the LARIAT Device. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9(10):1051-1057. doi:10.1016/j.jcin.2016.01.038

42. Yarlagadda B., Parikh V., Dar T., Lakkireddy D. Leaks after left atrial appendage ligation with Lariat device: Incidence, pathophysiology, clinical implications and methods of closure- A case based discussion. *J Atr Fibrillation.* 2013;3(3):1725. doi:10.4022/jafib.1725

43. Damiano R.J. What Is the Best Way to Surgically Eliminate the Left Atrial Appendage? Editorials published in the Journal of the American College of Cardiology reflect the views of the authors and do not necessarily represent the views of JACC or the American College. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(11):930-931. doi:10.1016/j.jacc.2008.06.007

44. Saito Y. Roles of atrial natriuretic peptide and its therapeutic use. *J Cardiol.* 2010;56(3):262-270. doi:10.1016/j.jcc.2010.08.001

45. Lakkireddy D., Turagam M., Afzal M.R., Rajasingh J., Atkins D., Dawn B., Di Biase L., Bartus K., Kar S., Natale A., Holmes D.J.Jr. Left Atrial Appendage Closure and Systemic Homeostasis: The LAA HOMEOSTASIS Study. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71(2):135-144. doi:10.1016/j.jacc.2017.10.092

46. Grieshaber P., Arneith B., Steinsberger F., Niemann B., Oswald I., Renz H., Böning A. Influence of Left Atrial Appendage Amputation on Natriuretic Peptides—A Randomized Controlled Trial. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;69(02):117-123. doi:10.1055/s-0039-1683955

Для цитирования: Филиппенко А.Г., Белобородов В.В., Елесин Д.А., Стенин И.Г., Широкова Н.В., Баранова В.В., Шабанов В.В. Роль ушка левого предсердия в патогенезе фибрилляции предсердий, эффективности абляции и развитии тромбозомболических осложнений. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2024;13(4S): 208-216. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-208-216

To cite: Filippenko A.G., Beloborodov V.V., Elesin D.A., Stenin I.G., Shirokova N.V., Baranova V.V., Shabanov V.V. The role of the left atrial appendage in the pathogenesis of atrial fibrillation, the effectiveness of ablation and the development of thromboembolic complications. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2024;13(4S): 208-216. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-4S-208-216