

ЛЕКЦИЯ

LECTION

Анатомия человека

Anatomy

doi: 10.25005/2074-0581-2025-27-2-385-398

АНАТОМИЯ ЛЕВОГО УШКА СЕРДЦА

А.А. ЯКИМОВ¹, А.Р. САЙФУЛИНА², А.А. ГАПОНОВ¹

¹ Кафедра анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация

² Кафедра медицинской биохимии и биофизики, Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

Цель: систематизировать представленные в литературе сведения о нормальной анатомии левого ушка сердца (ЛУС) человека и выявить анатомические особенности, которые в совокупности формируют анатомические паттерны высокого риска кардиогенной патологии: мерцательной аритмии, тромбозов ЛУС, тромбоэмболических инсультов. Информационный поиск за период 2014-2024 гг. проведён среди журнальных статей в PubMed по ключевым словам «left atrial auricle», «left atrial appendage», «anatomy», в e-library – по ключевым словам «левое ушко сердца анатомия» и «ушки сердца левое предсердие». Критерии включения: обзор или оригинальная статья по анатомии ЛУС. Исключены статьи по а) анатомии сердца у детей или плодов, б) анатомии животных, в) клиническим аспектам, г) аномалиям сердца, д) методическим вопросам.

Существует два подхода к описанию формы ЛУС: один основан на количестве долей ЛУС, другой – на сопоставлении ЛУС с произвольным объектом по субъективным критериям. В рамках второго подхода наиболее распространена классификация Wang Y et al (2010), по которой выделяют ЛУС в форме «куриного крыла», «кактуса», «цветной капусты» и «ветроуказателя». Не обнаружено работ, в которых форму ЛУС оценивали бы, исходя из объективных критериев.

В статье проанализированы внешние и внутренние размеры ЛУС, его объём, размеры устья, описаны его локальная топография и внутренний рельеф. У пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП), тромбозом ЛУС и/или инсультом в анамнезе это ушко состоит из нескольких долей, имеет форму, отличающуюся от «куриного крыла» (non-chicken wing), чаще всего – форму «цветной капусты» или «наконечника стрелы», имеет крупные трабекулы и овальное устье. Объём ЛУС в 1,4-1,7 раза больше нормативных значений; объём более 9,99 мл считается предиктором рекуррентной ФП. Вышеуказанная патология ассоциирована с увеличением глубины ушка и площади его поверхности. Нет данных о влиянии ФП, тромбозов ушка, перенесённого инсульта на внешние размеры и топографию ушка.

Ключевые слова: анатомия сердца, левое предсердие, левое ушко сердца, фибрилляция предсердий, мерцательная аритмия.

Для цитирования: Якимов АА, Сайфулина АР, Гапонов АА. Анатомия левого ушка сердца. *Вестник Авиценны*. 2025;27(2):385-98. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-2-385-398>

AN ANATOMICAL REVIEW OF THE HEART'S LEFT ATRIAL APPENDAGE

A.A. IAKIMOV¹, A.R. SAYFULINA², A.A. GAPONOV¹

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation

Objective: The objective of this study is to systematize the information available in the literature regarding the normal anatomy of the left atrial appendage (LAA) in humans and to identify the anatomical features that contribute to high risk for cardiogenic complications, such as atrial fibrillation, LAA thrombosis, and thromboembolic strokes. An information search was conducted on journal articles from 2014 to 2024 using PubMed with the keywords "left atrial auricle", "left atrial appendage", and "anatomy", as well as in an eLibrary with the keywords "anatomy of the left auricle of the heart" and "the left atrial appendage". The inclusion criteria focused on review or original articles specifically addressing the anatomy of the LAA. Articles related to a) heart anatomy in children or fetuses, b) animal anatomy, c) clinical aspects, d) heart anomalies, and e) methodological issues were excluded from consideration.

Two primary approaches exist for describing the LAA shapes: one is based on the number of lobes. At the same time, the other relies on subjective comparisons with arbitrary objects. The most common classification under the subjective approach, as proposed by Wang Y et al (2010), identifies LAA with shapes likened to a "chicken wing", a "cactus", a "cauliflower", or a "windsock". However, no studies were found that examined the shape of the LAA using objective criteria.

This article examines both the external and internal aspects of the LAA, including its volume, ostium (orifice) size, topography, and internal wall relief. In patients with atrial fibrillation (AF) complicated by LAA thrombosis or a history of stroke, LAAs are typically multilobed, take on a shape distinct from the "chicken wing" (often resembling "cauliflower" or "arrowhead"), and exhibit extensive trabeculations and an oval orifice shape. The volume of these LAAs is 1.4 to 1.7 times greater than normal, with a volume exceeding 9.99 ml being considered a predictor of recurrent AF. The formation of a thrombus in the LAA is linked to an increase in the depth and area of the LAA. However, there is currently no data available regarding the impact of AF, LAA thrombosis, or stroke on the external dimensions and topography of the LAA.

Keywords: Cardiac anatomy, left atrium, left atrial appendage, atrial fibrillation.

For citation: Iakimov AA, Sayfulina AR, Gaponov AA. AnATOMIYA levogo ushka serdtsa [An anatomical review of the heart's left atrial appendage]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2025;27(2):385-98. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2025-27-2-385-398>

ВВЕДЕНИЕ

Левое ушко сердца (ЛУС) представляет собой обособленную от левого предсердия (ЛП) дополнительную камеру, расположенную между передней и латеральной стенками тела ЛП [1, 2]. За счёт высокой степени податливости стенок ЛУС регулирует давление на стенки ЛП при его гемодинамической перегрузке. При синусовом ритме сердца для ЛУС характерен четырёхфазный кровоток в виде двух сменяющих друг друга циклов опустошения-наполнения ушка [3, 4]. Сложная многофазная гемодинамика ЛУС во многом реализуется благодаря особенностям его морфологии. ЛУС явно отличается от тела ЛП по внешним анатомическим параметрам: имеет причудливую форму, переменное положение, его стенки отличаются от стенок предсердий сложным внутренним рельефом, безмышечными и гипомускулярными участками. Извитые и глубокие межтрабекулярные пространства ЛУС в сочетании с определёнными вариантами положения ушка, его размеров, формы его тела и устья создают условия для застоя крови, формируют тромбоэмбологенные анатомические паттерны.

Различные аспекты анатомии ЛУС изложены в большом количестве публикаций, но эти публикации разрозненны, а данные разных авторов часто противоречивы. В единичных обзорах по анатомии предсердий не сделан акцент на клинически значимых аспектах структурной организации, что не позволяет транслировать эти сведения в клиническую практику [5]. Как показал информационный поиск, за последние десять лет опубликованы три научных обзора, в которых в той или иной степени освещены вопросы клинической анатомии ЛУС [6-8]. Обзорные статьи, в которых анатомия ЛУС была бы рассмотрена в сопоставлении с особенностями ЛУС при его тромбозах, наджелудочковых аритмиях, инсультах, при информационном поиске не обнаружены.

Между тем, необходимость систематизации сведений о нормальной (типовой и вариантной) анатомии ЛУС с особым вниманием к клинически значимым аспектам очевидна, в связи со стабильно высоким уровнем сердечно-сосудистой заболеваемости, в структуре которой среди причин смерти лидируют инсульты и нарушения ритма сердца. Около 90% тромбоэмболов, окклюзирующих артерии большого круга кровообращения и приводящих к инсульту, образуются в ЛУС [4, 8].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизировать представленные в литературе сведения о нормальной анатомии ЛУС человека и выявить анатомические особенности, которые в совокупности формируют анатомические паттерны высокого риска кардиогенной патологии: ФП, тромбозов ЛУС, тромбоэмболических инсультов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Информационный поиск проведён в eLibrary и PubMed в июле 2024 года только среди журнальных статей, опубликованных с 2014 года и позднее. В eLibrary выполняли два поиска, которые выполнялись с учётом морфологии и различались только поисковыми выражениями: «левое ушко сердца анатомия» (поиск 1; 11 ссылок) и «ушки сердца левое предсердие» (поиск 2; 154 ссылки). После объединения результатов и удаления дубликатов осталось 155 ссылок. Читалось название каждой найденной статьи. На этом этапе статья исключалась из подборки, если она соответствовала хотя бы одному из следующих критериев: была посвящена исключительно а) анатомии сердца у плодов человека или у детей, б) анатомии животных, в) клиническим аспектам, г)

INTRODUCTION

The left atrial appendage (LAA) is an additional chamber separated from the left atrium (LA) and located between the anterior and lateral walls of the LA body [1, 2]. Due to increased compliance, the LAA regulates the pressure on the LA walls during hemodynamic overload. The four-phasic pattern of the LAA blood flow at sinus rhythm consists of two alternating cycles of emptying and filling the LAA [3, 4]. The complex multiphase hemodynamics of the LAA derive mainly from the peculiarities of its morphology. The LAA has distinct external anatomical features that set it apart from the LA. It possesses a complex and variable shape and position, along with a complicated network of trabeculations – prominent muscle ridges that are more intricate than those found in the rest of the LA. Additionally, the walls of the LAA contain areas that are either muscleless or hypomuscular. The tortuousness of LAA anatomy and the deep intertrabecular recesses of the LAA walls, coupled with variations in the LAA position, size, shape, and orifice, create conditions that favor blood stasis and form thromboembolic anatomical patterns.

Various aspects of the anatomy of the LAA are discussed in numerous publications; however, these works are scattered, and the findings of different authors frequently conflict. In individual reviews of the anatomy of the atria, there is an insufficient emphasis on clinically significant structural aspects, which limits the translation of this information into clinical practice [5]. Recent information searches reveal that over the past decade, three scientific reviews have been published that cover aspects of the clinical anatomy of the LAA to varying degrees [6-8]. Review articles that compare the anatomy of the LAA with its features in thrombosis, supraventricular arrhythmia, and strokes were not found in the information search.

Meanwhile, the need to systematize information on the normal (typical and variant) anatomy of the LAA, with special attention to clinically significant aspects, is evident due to the consistently high level of cardiovascular morbidity, which sees strokes and heart rhythm disturbances as leading causes of death. Approximately 90% of thromboemboli that occlude arteries in the systemic circulation and lead to stroke are formed in the LAA [4, 8].

PURPOSE OF THE STUDY

To organize the information in the literature on the normal anatomy of the human LAA and to identify the anatomical features that together create patterns indicating a high risk of cardiogenic complications such as atrial fibrillation (AF), LAA thrombosis, and thromboembolic strokes.

MATERIAL AND METHODS

In July 2024, an information search was conducted in the eLibrary and PubMed, focusing solely on journal articles published since 2014. Two searches were performed in the eLibrary, focusing on morphology and differing only in their search phrases: "left atrial appendage anatomy" (search 1; 11 hits) and "cardiac auricles left atrium" (search 2; 154 hits). After combining the results and removing duplicates, 155 references remained. Each article title was read, and any article was excluded from the selection if it met at least one of the following criteria: it focused exclusively on a) the anatomy of the heart in human fetuses or children, b) animal anatomy, c) clinical aspects, d) cardiac anom-

аномалиям сердца или д) носила методический характер. После исключения 145 статей осталось 10, у каждой из которых читалось резюме. После применения тех же критериев исключения были признаны релевантными 6 статей.

В PubMed выполнялось два поиска по всем полям. Поиск 1 выполнен по выражению ((left AND (atrial)) AND (auricle)), при этом было найдено 48 статей. Поиск 2 проведён по выражению (((left AND (atrial)) AND (appendage)) AND (anatom)), найдена 791 статья. После объединения результатов поиска и исключения дубликатов на основании чтения названий и применения тех же критериев исключения, как и при поиске в eLibrary, релевантными признаны 38 статей, на следующем этапе из них исключены 6 по следующим причинам: нет резюме (одна), относились к категории «лекция», «письмо в редакцию», «описание случая» (по одной), нерелевантен полный текст (две). Окончательно в список литературы, использованный для настоящего обзора, вошли 44 источника. Это 32 статьи, индексируемые в PubMed, 6 статей, индексируемых в eLibrary, не ранее 2014 года публикации, а также к ним были добавлены 6 источников из пристатейной библиографии, среди которых одна глава в монографии по анатомии сердца (2023 г.) и три оригинальные статьи (1997, 2010 и 2013 г), содержащие концептуальные основы научной проблемы данного обзора.

Из чего состоит левое ушко сердца?

Большинство исследователей выделило у ЛУС тело, шейку и верхушку или кончик (tip) [1, 5, 9]. Шейка представляет собой соединение между ЛУС и телом ЛП, полостью шейки является устье ЛУС [10]. Некоторые авторы выделили тело ЛУС, но термину «шейка» предпочли «основание» [11]. В обзорной статье [5] ЛУС разделено на тело и перешеек, упомянуто устье ушка. Другие авторы разделили ЛУС на две части: проксимальную и дистальную [12]. Проксимальная часть ограничена устьем ушка и имеет гладкие контуры, простирается от его левого края, который находится вблизи устья левой верхней лёгочной вены (ЛВЛВ), до левого предсердно-желудочкового отверстия. Дистальная часть начинается от конца проксимальной части, оканчивается верхушкой ЛУС [13, 14]. По мнению некоторых исследователей тело ЛУС делится на шейку и доли. Проанализировав компьютерные томограммы (КТ), авторы определили шейку как усечённый конусообразный канал, который ограничен проксимально устьем ЛУС и дистально началом доли (входом в неё), и разделили шейку ЛУС на четыре поверхности: венозную (прилежит к устью ЛВЛВ), аортальную (к левому аортальному синусу корня аорты и левой венечной артерии), артериальную (соприкасается с левой огибающей артерией) и свободную (между венозной и артериальной поверхностями) [15].

Внешнее строение и форма ЛУС определяются количеством долей и во взаимосвязи с его внутренним рельефом относятся к числу важнейших анатомических факторов, детерминирующих тромбообразование в ЛУС [1, 8, 16]. Доля ЛУС на КТ видна как выступ шириной и глубиной не менее 1 см в соответствии с предложенными критериями [17]. Под долей ЛУС понимали его основные «сегменты» или лопасти [18]. Одним из основополагающих исследований, которые легли в основу классифицирования ЛУС, явилось исследование Veinot J et al (1997), выполненное на материале 500 препаратов сердца и охватившее все периоды постнатального онтогенеза человека. Авторы определили долю ЛУС по следующим критериям. А) Доля представляла собой явно заметный выступ из основного трубчатого тела ЛУС, и обычно была ограничена внешней складкой. Б) Доля – это не кусочек жировой ткани, заметный снаружи, она имеет полость, в которую изнутри

alies, or e) had a methodological nature. Following this exclusion process, 145 articles were removed, resulting in 10 remaining articles. The abstracts of the remaining articles were then reviewed, and after applying the same exclusion criteria, six articles were deemed relevant.

Two comprehensive searches were conducted in PubMed. Search 1 used the expression ((left AND (atrial)) AND (auricle)), which returned 48 articles. Search 2 utilized the expression (((left AND (atrial)) AND (appendage)) AND (anatom)), yielding 791 articles. After combining the search results and excluding duplicates by reviewing the titles, the same exclusion criteria from the eLibrary search were applied, resulting in 38 relevant articles. Out of these, six articles were excluded for the following reasons: one article had no abstract, one fell under the category of "lecture", one was a "letter to the editor", one was a "case report", and two had full texts that were irrelevant. The final list of references used for this review consisted of 44 sources: 32 articles indexed in PubMed, six articles indexed in the eLibrary (published no earlier than 2014), and an additional six sources from the reference list. These included one chapter from a monograph on cardiac anatomy (2023) and three original articles (from 1997, 2010, and 2013) that provided foundational concepts for the scientific issue addressed in this review.

What does the LAA of the heart consist of?

Most researchers have identified the LAA ostium, neck, body, and apex [1, 5, 9]. The orifice extends into the neck region, and the neck serves as the connection between the LAA and the body of the LA [10]. Some authors have recognized the body of the LAA but favored the term "base" over "neck" [11]. In a review article [5], the LAA is categorized into the body and isthmus, with the LAA orifice also mentioned. Other authors have divided the LAA into two portions: proximal (LAAp) and distal (LAAd) [12]. The LAA neck is bounded proximally by the LAA orifice. LAAp has a smooth endocardial contour, extending from its left edge near the orifice of the left superior pulmonary vein (LSPV) to the left atrioventricular (mitral) orifice. LAAd begins at the end of the proximal portion and extends to the LAA's apex [13, 14]. According to some researchers, the body of the LAA is segmented into a neck and one or multiple lobes. After analyzing computed tomograms (CT), the authors defined the neck as a truncated cone-shaped channel, specifically the area between the orifice of the left atrial appendage (LAA) and the origin of the LAA lobe. They divided the LAA neck into four surfaces: venous (adjacent to the ostium of the LSPV), aortic (adjacent to the aortic root), arterial (adjacent to the left circumflex artery), and free (lying between the venous and arterial surfaces) [15].

The number of lobes determines the external morphology and shape of the LAA and, along with its internal relief of the walls, is among the most critical anatomical factors influencing thrombus formation in the LAA [1, 8, 16]. The proposed criteria define an LAA lobe as a visible outpouching from the LAA that measures at least 1 cm in width and depth on CT imaging [17]. The lobe of the LAA is considered its primary component [18]. One of the fundamental studies that laid the groundwork for the classification of LAA was conducted by Veinot J et al (1997), which analyzed 500 normal autopsy hearts obtained from subjects from each decade of life. The authors defined the LAA lobe based on the following criteria: (1) It was a noticeable outpouching from the main tubular body of the LAA, typically marked by an external crease. (2) It was capable of accommodating a 2-mm probe inter-

можно ввести зонд диаметром не менее двух миллиметров. В) Доля обычно связана с изменением направления основного трубчатого «тела» ЛУС. Г) Доля может находиться в другой плоскости, чем «тело» ЛУС. Д) ЛУС должно иметь как минимум одну долю. Такое ЛУС выглядит как «трубчатое тело с тупо заканчивающимся мешком» [19]. Авторы данной статьи в одном из исследований границами между долями ЛУС считали вырезки на краях ЛУС, глубина которых была не менее 1/3 ширины ушка в месте локализации вырезки. Если вырезок не было, ЛУС считали однодолевым [20].

Количество долей

Количество долей ЛУС, как правило, не превышает трёх [8, 18, 20]. В одной из работ показано, что одна доля была в 50,8%, две – в 41,1% и три доли – в 8,1% случаев [17]. Чаще всего встречались двухдолевые ЛУС [20, 21]. Не обнаружено ЛУС с четырьмя долями или более [17], но упоминания о четырёхдолевых ЛУС есть в литературе [4, 8]. В одном из исследований было выделено четыре типа ЛУС по направлению долей. Чаще всего (в 56%) встречался тип 1 (54% у мужчин, 61% у женщин). При этом типе ЛУС имели две доли: проксимальную и дистальную. Проксимальная доля была более крупной (доминантной), направлялась вперёд и латерально, дистальная доля была мельче, напоминала суженную трубочку с обращённой вниз верхушкой [12]. В другом исследовании в 54% случаев у ЛУС были две доли, в 23% – три, в 20% – одна и в 3% – четыре доли [19]. Процентное соотношение одиночных долей, двойных долей и множественных долей в КТ-исследовании других авторов составило 40,3%, 15,9%, 43,8% [22]. Двухдолевые ЛУС выявлены в 64,3%, трёхдолевые – в 35,7% случаев [18]. В 71,1% случаев ЛУС имело две доли, в 21,2% – три доли, в 7,7% – одну долю [20].

Исследователями установлено, что многодолевые ЛУС более характерны для мужчин, чем для женщин [23]. При прочих равных условиях большее количество долей ассоциировано с большим риском тромбоза ЛУС [3]. В одной из работ изучены КТ 485 пациентов. Из них у 407 в ЛУС не выявлено ни застоя крови, ни тромбов. Отмечена тенденция к тому, что ЛУС с тромбами и застоем крови чаще имели две или более долей, тогда как ЛУС без этих патологий чаще были однодолевыми ($p=0,059$) [24]. В другом исследовании сопоставлены варианты впадения лёгочных вен в ЛП с морфометрическими характеристиками этих вен, предсердия и ЛУС. При этом подтверждено, что тромбы имеются чаще при многодолевых ЛУС, чем при однодолевыми, но это справедливо для классического «четырёхустьёвого» паттерна впадения лёгочных вен [25].

Форма левого ушка

Форма ЛУС по сравнению с правым ушком сердца гораздо более изменчива. ЛУС нередко может быть «длинным, трубчатым, с несколькими сужениями» [2], что совершенно нехарактерно для правого ушка сердца. ЛУС описывают как «трубчатую, суженную, крючковидную, пальцевидную структуру или как расширение тела ЛП в виде кармана (pouch-like)» [12]. Выделены две разновидности ЛУС: в форме сломанного пальца (73,2%) и ступеньки (26,8%) [18]. Методом КТ сердца с несколькими детекторами выявлены такие типы ЛУС как «подкова» (1а), «петушиный гребень» (1б), «палец руки» (2а), «веер» (2б), «крыло» (2с), «гора» (2д), «крюк» (3), «клин» (4), «лебедь» (5), «вилка» (6), «кольцо» (7). Тип 2 (76,6%) был наиболее распространённым, за ним следовали типы 1 (6,2%) и 5 (5,5%). Среди этих семи типов только типы 1а, 3 и 4 напоминали «длинную, трубчатую, крючковатую структуру» [17].

nally, indicating it was not merely an excess of external adipose tissue. (3) It was occasionally, but not necessarily, associated with a change in the direction of the main tubular body of the LAA. (4) It could be located in a different anatomical plane than the main tubular body. (5) By definition, the LAA must have at least one lobe, meaning it consists of a tubular body with a blind-ending sac [19]. In another study, the authors considered the boundaries between the LAA lobes to be depressions or indentations along the edges of the LAA. These depressions should be at least one-third of the width of the LAA. If no depressions or indentations were identified, the LAA was considered unilobed [20].

Number of LAA lobes

The number of lobes in the LAA typically does not exceed three [8, 18, 20]. One study indicated that there was one lobe in 50.8% of cases, two lobes in 41.1%, and three lobes in 8.1% [17]. Two-lobed LAAs were the most common pattern [20, 21]. While the study did not find any LAA with four lobes, according to Li et al (2015) [17], the literature acknowledges the existence of four-lobed LAAs [4, 8]. In one study, four types of LAA were identified based on the shape of the LAA. Type 1 was the most common (56%) (54% in men, 61% in women). This type of LAA includes the proximal and lower-distal lobes. The dominant lobe extended from the left atrium towards the anterolateral direction. The distal part is characterized as a narrow tube with its apex facing down [12]. In another study, 54% of cases involved an LAA with two lobes, 23% had three lobes, 20% had one lobe, and 3% had four lobes [19]. The percentages of single lobes, double lobes, and multiple lobes in the CT study conducted by other authors were 40.3%, 15.9%, and 43.8%, respectively [22]. Other authors reported that two-lobed LAA were found in 64.3% of cases, while three-lobed LAA were present in 35.7% of cases [18]. In another study, 71.1% of cases showed that the LAA had two lobes, while 21.2% had three lobes, and 7.7% had one lobe [20].

According to some researchers, multi-lobe LAAs are more common in men than in women [23]. Generally, having more lobes is associated with a higher risk of LAA thrombosis [3]. One study examined CT scans of 485 patients. Of these, 407 showed no signs of blood stasis or thrombi in the LAA. A tendency was noted indicating that LAA with thrombi and blood stasis were more frequently associated with two or more lobes. At the same time, LAAs without these complications were more often single-lobed ($p=0.059$) [24]. Another study compared the anatomical variants of pulmonary vein (PV) draining into the LA with the morphometric characteristics of these veins, the atrium, and the LAA. It was confirmed that thrombi were more common in multilobed LAA than in single-lobed LAA, but this applies specifically to the classical PV pattern (having four normal PV openings) [25].

LAA shape

The shape of the LAA is significantly more variable than that of the right atrial appendage (RAA). The LAA is often described as a long, tubular, trabeculated structure that is entirely uncharacteristic of the RAA [2]. Generally, LAA is described as a tubular, narrow, hooked, and finger-like structure or a pouch-like extension of the body of the atrium [12]. Two types of LAA are distinguished: slender, like a crooked finger (in 73.2%), and stump-like (in 26.8%) [18]. Using MDCT coronary angiography, researchers identified the following types of LAA:

- Type 1a: Horseshoe
- Type 1b: Cockscomb

Сегодня наиболее распространена классификация вариантов формы ЛУС, предложенная Wang Y et al (2010). Она включает в себя четыре варианта формы: «куриное крыло», «ветроуказатель», «цветная капуста» и «кактус» [22]. Другие авторы дополнили её вариантом ЛУС в форме «лебедя» [26]. Кроме того, в одной из работ эта классификация была модифицирована и упрощена. Авторы объединили варианты формы «кактус» и «ветроуказатель» в одну разновидность – «наконечник стрелы» (arrow head). Также у пациентов встречались ЛУС в форме «обратное куриное крыло», которая характеризовалась тем, что кончик «крыла» (дистальная доля ЛУС) был направлен назад и более латерально [11]. По нашему мнению, классификации вариантов формы [11, 26] по сравнению с классификацией [22] более удобны, но пока они не нашли применения в анатомии и клинической практике.

По классификации [22] встречаемость вариантов формы ЛУС была следующей: «ветроуказатель» – 51,5%, «куриное крыло» – 25,5%, «кактус» – 15,6% и «цветная капуста» – 7,4% [27]. На кадаверном материале нормальных сердец жителей Тайваня реже других встречались ЛУС в форме «куриного крыла» (18,5%), распространённость остальных трёх вариантов была одинакова (по 26-27%) [21]. В турецкой популяции ЛУС в форме «куриного крыла», как и в тайской популяции, было самым редким (12%), а чаще всего (38%) было отмечено ЛУС в форме «ветроуказателя» [18]. Наоборот, в исследованиях [16, 18, 29] «куриное крыло» было самым распространённым вариантом формы ЛУС (48%, 52,2% и 41,4%, соответственно), в то время как ЛУС в форме «цветной капусты» встречались реже других (3% [16] и 28,4% [29]). Следует заметить, что эти исследования были выполнены на КТ (в работе [28] и на МРТ) сердца пациентов разных этнических групп, но с одной нозологией – ФП.

В одном из исследований с использованием КТ определено процентное соотношение ЛУС у пациентов с синусовым ритмом и с ФП, при этом не было выявлено различий по встречаемости вариантов форм ЛУС между этими группами. У пациентов с синусовым ритмом ЛУС в форме «ветроуказателя» встречалось в 61,5%, в форме «кактуса» – в 18,8% случаев. В 10% ЛУС напоминали «куриное крыло», в 9,6% – «цветную капусту» [23]. В другой работе также не было выявлено значимых различий в двух аналогичных группах [30].

Большинство источников свидетельствует, что самой тромбоэмбологенной является ЛУС в форме «цветной капусты». Наоборот, ушко в форме «куриного крыла» по сравнению с остальными вариантами («non-chicken wing») ассоциировано с меньшим риском тромбоэмболий [9]. ЛУС в форме «куриного крыла» ассоциировано с вероятностью 79% уменьшения риска острой и транзиторной ишемической атаки (ОШ 0,21; ДИ 95% 0,05-0,91; $p=0,036$). По сравнению с обладателями ЛУС в форме «куриного крыла» у пациентов с ЛУС в форме «кактуса», «ветроуказателя» и «цветной капусты» риск инсульта возрастал в 4,08, 4,5 и 8,0 раз соответственно [1].

Авторы одного из исследований изучили КТ 485 пациентов, из них у 407 в ЛУС не выявлено ни застоя крови, ни тромбов. Застой крови и тромбообразование в ЛУС наиболее часто были отмечены при ЛУС в форме «кактуса» и «цветной капусты». ЛУС в форме «куриного крыла» встречалось при застое крови лишь в 8,6%, и при тромбах в ушке – в 11,6%, тогда как в ЛУС без этих патологий такую форму регистрировали значительно чаще, в 36,6% [24]. У пациентов с ЛУС любой формы, кроме «куриного крыла», был отмечен более высокий тромбогенный индекс (ОШ 2,48; ДИ 95% 1,05-5,86; $p=0,043$). У 50 пациентов с тромбами в ЛУС форма «куриного крыла» была отмечена лишь в 14% случаев. Примеча-

- Type 2a: Hand-finger
- Type 2b: Paper fan
- Type 2c: Wing
- Type 2d: Mountain
- Type 3: Hook
- Type 4: Wedge
- Type 5: Swan
- Type 6: Fork
- Type 7: Ring

Type 2 was the most prevalent (76.6%), followed by types 1 (6.2%) and 5 (5.5%). Among the 7 types and 6 subtypes in the classification, only type 1a, type 3, and type 4 have a morphology similar to "a long, tubular, hooked structure", and the most prevalent type (type 2) is anything but "a long, tubular, hooked structure" [17].

Today, the most common classification of LAA form variants is that proposed by Wang Y et al (2010). It includes four shape variants: "chicken wing", "windsock", "cauliflower", and "cactus" [22]. Other authors supplemented it with a "swan" variant of the LAA [26]. Additionally, in one study, this classification was modified and simplified by combining the "cactus" and "windsock" variants into a single variety, known as "arrowhead". Furthermore, among chicken wing LAAs, a reversed chicken wing subtype may be further distinguished (the tip of the wing is directed posteriorly and more laterally) [11]. The classification of form variants is more convenient than morphological classification; however, it has not yet been applied in anatomy and clinical practice.

According to the LAA classification by Wang Y et al [22], the incidence of LAA shape variants is as follows: "windsock" – 51.5%, "chicken wing" – 25.5%, "cactus" – 15.6%, and "cauliflower" – 7.4% [27]. In normal hearts of cadaver material from Taiwanese residents, LAA in the form of a "chicken wing" was the least common (18.5%), with the prevalence of the other three variants being the same (26-27% each) [21]. In the Turkish population, LAA in the form of "chicken wing," similar to that in the Thai population, was the rarest (12%), while LAA in the form of "windsock" was noted most frequently (38%) [18]. In some studies, the "chicken wing" variant of the LAA was the most common form, appearing in 48%, 52.2%, and 41.4% of cases, respectively [16, 18, 29]. In contrast, occurrences of "cauliflower" LAAs were less common, reported at 3% by Di Biase et al (2018) [16] and 28.4% by Batko et al (2022) [29]. These studies were conducted using CT scans and MRIs of the hearts of patients from various ethnic groups, all diagnosed with AF [28].

One study using CT scanned the LAA in patients with sinus rhythm and AF, finding no differences in the occurrence of LAA shape variations between these groups. In patients with sinus rhythm, the "windsock" LAA was observed in 61.5% of cases, while the "cactus" LAA was seen in 18.8% of cases. In 10% of cases, the LAA resembled a "chicken wing," and in 9.6%, a "cauliflower" [23]. Another study also found no significant differences between the two similar groups [30].

Most sources indicate that the most thromboembolic shape is the "cauliflower" LAA. Conversely, the "chicken wing" shaped LAA is considered less likely to be thromboembolic than the other non-chicken wing variants [9]. The "chicken wing" LAA is linked to a 79% reduction in the risk of acute and transient ischemic attack (OR 0.21; 95% CI 0.05-0.91; $p=0.036$). Compared to patients with the "chicken wing" LAA, those with the "cactus", "windsock", and "cauliflower" LAA had a 4.08-, 4.5-, and 8.0-fold increased risk of stroke, respectively [1].

тельно, что среди остальных трёх вариантов формы преобладал «ветроуказатель» (31 из 50; 62%) [27]. У пациентов китайской популяции с ФП, перенёвших радиочастотную абляцию, доказано, что варианты формы ЛУС, кроме «куриного крыла» («non-chicken wing»), являлись значимыми предикторами инсульта (ОШ 5,82; 95% ДИ 1,61-21,03; $p=0.007$) [28].

В большинстве исследований, включённых в систематический обзор показано, что эмболический инсульт с неопределённым источником (ESUS) по сравнению с неэмболическими инсультами регистрировался реже у пациентов с ЛУС в форме «куриного крыла», нежели в совокупной группе пациентов с иными формами («non-chicken wing») ЛУС [31]. При однофакторном анализе доказано, что из трёх параметров только форма ЛУС была ассоциирована с частотой ESUS: ОШ 6,003 для ESUS (ДИ 95% 1,225-29,417) [32]. Другие авторы, дополнившие классификацию [22] вариантом ЛУС в форме «лебедя», установили, что у обладателей такой формы в анамнезе чаще встречались инсульты или транзиторные ишемические атаки как при ФП, так и без неё (ОШ 3,4; $p<0.001$) [26].

Между тем, появились публикации, которые ставят под сомнение клиническую значимость изменчивости форм ЛУС. По результатам изучения 85 анатомических препаратов пациентов, умерших от разных причин, в т.ч. и от болезней сердца, тромбы в ЛУС макроскопически выявлены в 4 случаях (по одному в ЛУС каждой формы) [22]. Микротромбы, верифицированные гистологически, обнаружены в 46 из 85 препаратов, среди которых 65,2% имели форму «куриного крыла», но частота выявления микротромбов в зависимости от анатомического типа ЛУС была незначимой ($p=0.3$) [33].

В одной из работ три исследователя-специалиста КТ-диагностики, дважды с интервалом в три месяца, независимо друг от друга оценивали форму ЛУС по классификации [22] у 2264 пациентов с ФП. Межисследовательское согласие составило 28,9% (655 из 2264). На том материале, в отношении которого было достигнуто полное согласие, выполнено сравнение двух групп пациентов: с инсультом в анамнезе и без него. Из морфологических параметров сравнивалась частота этой патологии у пациентов с ЛУС в форме «куриного крыла» и «non-chicken wing», при этом значимых различий выявлено не было. Среди обладателей «куриного крыла» 33,7% (29 из 86) перенесли инсульт, 27,8% не имели инсульта в анамнезе ($p=0.255$). Среди пациентов с ЛУС в форме, отличающейся от «куриного крыла», с той же одинаковой вероятностью встречались те, кто перенёс инсульт, и те, у кого инсульта не было. Авторы заключили, что «морфология ЛП¹ не ассоциирована с наличием инсульта в анамнезе, и ЛУС в форме «non-chicken wing» не увеличивает риск инсульта ($p=0.192$)» [34]. По справедливому замечанию [3, 8], ограничением использования классификаций форм ушка является их субъективность.

Объём ЛУС

При изучении слепков 220 препаратов сердца объём ЛУС составил в среднем 5220 мм³ [13]. В КТ-исследовании средний минимальный и максимальный объёмы ЛУС составили 5,34±3,22 и 11,74±5,07 мл соответственно [14]. Объём ЛУС, скорректированный на площадь поверхности тела, у пациентов с синусовым ритмом был одинаков при ЛУС в форме «куриного крыла» и в объединённой группе вариантов («non-chicken wing») [35]. Большие значения объёма ЛУС характерны для пациентов с ФП, с тромбами в ЛУС, с инсультом в анамнезе. У пациентов с перенесённым

The authors of one study examined CT scans of 485 patients, of whom 407 had no signs of blood stasis or thrombi in the LAA. Blood stasis and thrombus formation in the LAA were most frequently noted with the "cactus" and "cauliflower" LAA shapes. The "chicken wing" LAA was observed with blood stasis in only 8.6% of cases and with thrombi in 11.6% of cases. However, the occurrence of this form without these complications was significantly higher, at 36.6% [24]. In patients with LAA of any shape, except for the "chicken wing", a higher thrombogenic index was noted (OR 2.48; CI 95% 1.05-5.86; $p=0.043$). In 50 patients with thrombi in the LAA, the "chicken wing" shape was noted in only 14% of cases. Notably, among the other three shape variants, the "windsock" was predominant (31/50; 62%) [27]. In Chinese patients with AF who underwent radiofrequency ablation, it was demonstrated that LAA shape variants, except for the "chicken wing" (non-chicken wing) variant, were significant predictors of stroke (OR 5.82; 95% CI 1.61-21.03; $p=0.007$) [28].

Most studies included in the systematic review showed that embolic stroke of undetermined source (ESUS) was less common in patients with a chicken-wing LAA than in the combined group of patients with other forms (non-chicken wing) LAA [31]. Univariate analysis revealed that, among the three parameters, only the LAA shape was significantly associated with the frequency of ESUS, with an odds ratio (OR) of 6.003 (95% CI 1.225-29.417) [32]. Other authors, who supplemented the classification [22] with the "swan" LAA variant, found that those with this shape had a more frequent history of strokes or transient ischemic attacks, both with and without AF (OR 3.4; $p<0.001$) [26].

Meanwhile, publications have emerged that cast doubt on the clinical significance of the variability of LAA forms. According to the results of a study of 85 normal autopsy hearts from patients who died from various causes, including heart disease, thrombi in the LAA were macroscopically detected in four cases (one in each LAA form) [22]. Histologically verified microthrombi were found in 46 of 85 specimens, with 65.2% having the shape of a "chicken wing". However, the frequency of detecting microthrombi based on the anatomical type of LAA was insignificant ($p=0.3$) [33].

In one study, three researchers specializing in CT diagnostics independently assessed the LAA form according to classification by Wang Y et al [22] in 2264 patients with AF, conducting the assessments twice with an interval of three months. Wu et al classify the LAA CT images of 2,264 AF patients into morphological categories through the evaluation of three observers, achieving consensus in only 655 cases (28.9%). Using only the materials with complete agreement, a comparison was made between two groups of patients: those with and without a history of stroke. The frequency of this complication, based on morphological parameters, was compared between patients with LAA in the form of "chicken wing" and "non-chicken wing", but no significant differences were found. Among those with the "chicken wing", 33.7% (29/86) had suffered a stroke, while 27.8% did not have a history of stroke ($p=0.255$). Patients with non-chicken wing LAA who experienced a stroke had no different likelihood of occurrence than those who did not. The authors concluded that "the morphology of the LA is not associated with a history of stroke, and non-chicken wing LAA does not increase the risk of stroke ($p=0.192$) [34]. The use of classifications for LAA shapes is limited by subjectivity [3, 8].

1 имеют в виду варианты формы по [22]

инсультом объём ЛУС, пересчитанный на площадь поверхности тела, был больше, чем в подгруппе без инсульта в анамнезе ($5,7 \pm 2,0$ мл/м² versus $3,4 \pm 1,1$ мл/м²; $p < 0,001$) [1]. По данным КТ при ФП средний объём ЛУС составил $9,9 \pm 6,4$ мл, у пациентов без ФП он был равен $6,9 \pm 2,7$ мл [22].

По результатам другого КТ-исследования объём ЛУС при ФП и без неё был равен соответственно $8,8 \pm 5,3$ и $6,6 \pm 2,5$ мл ($p < 0,001$) [26]. В группе без рецидива ФП максимальный объём ЛУС был равен $8,32 \pm 3,64$ мл, медиана минимального объёма составила $3,46$ мл, в то время как в группе с рецидивом ФП максимальный объём был $11,2 \pm 4,81$ мл, минимальный объём – $7,02 \pm 3,09$ мл [36]. Объём ЛУС по КТ ($13,3 \pm 4,62$ мл) и при чрезпищеводной эхокардиографии (ЧП-ЭХОКГ) ($5,25 \pm 2,49$ мл) был значительно больше у пациентов с рекуррентной ФП, чем без неё [37]. Авторы заключили, что объём ЛУС более $9,99$ мл, оценённый методом КТ, – это значимый независимый предиктор рекуррентной ФП (чувствительность $83,3\%$, специфичность $66,7\%$) [37]. Увеличение объёма ЛУС на 1 мл увеличивает риск рекуррентной ФП после радиочастотной абляции в $1,16$ раза [36].

Размеры левого ушка

На препаратах сердца длина ЛУС определялась как параметр от середины основания до верхушки ЛУС. Средняя длина ЛУС в норме была равна $33,4$ мм, варьировала от 25 до 42 мм, этот диапазон вариации согласуется с данными некоторых авторов [33]. Ширина составила $25,1$ мм (вариация от $10,9$ до $28,1$ мм) [38]. Исследователи не выявили зависимости между размерами ЛУС и их формой [33].

Разнородный нозологический состав выборки, выполнение измерений на аутопсийных образцах без учёта степени наполнения ЛУС снижает ценность этого заключения. На препаратах сердца нормальная массы пациентов, умерших от «несердечных» причин, тело ЛП и ЛУС заполняли силиконом с целью моделирования диастолы. Длина ЛУС составила $39,7 \pm 7,49$ мм и варьировала от $22,4$ до $57,5$ мм, ширина ЛУС была равна $26,7 \pm 8,71$ мм, вариация – от $14,4$ до $66,1$ мм [20]. Длина ЛУС составила $51,01 \pm 10,75$ мм, максимальная ширина $15,76 \pm 4,01$ мм [14]. При сравнении пациентов с синусовым ритмом и ФП по КТ не было обнаружено значимых различий по длине ($47,4 \pm 15,4$ мм vs $43,7 \pm 10,9$ мм, $p = 0,17$), ширине ($24,7 \pm 5,6$ мм vs $24,4 \pm 5,8$ мм, $p = 0,81$) и глубине тела ЛУС ($17,7 \pm 3,5$ мм vs $16,5 \pm 3,8$ мм, $p = 0,11$) [30]. Размеры ЛУС могли различаться при разных формах ФП [36]. При персистирующей ФП объём ЛУС составил $11,62 \pm 4,43$ мл, при пароксизмальной ФП – $9,9 \pm 4,02$ мл ($p = 0,045$) [37]. Длина ЛУС при их тромбозах и без них была одинакова ($42,1 \pm 12,3$ мм vs $42,1 \pm 11,7$ мм; $p = 0,76$) [25]. Однако по результатам ЧП-ЭХОКГ установлено, что большие значения максимальной глубины ЛУС характерны для ушек с тромбамми, чем без них ($29,4 \pm 0,7$ мм vs $26,7 \pm 0,7$ мм; $p = 0,009$) [39].

Методом ЧП-ЭХОКГ были сравнены параметры ЛУС в двух группах без ФП: у пациентов с ESUS и с другими инсультами. В первой группе ЛУС было менее глубоким ($28,4 \pm 6,6$ мм vs $31,7 \pm 4,3$ мм), а его устье было меньшего диаметра ($15,3 \pm 3,5$ мм), чем во второй группе ($17 \pm 2,0$ мм) [32]. В другом исследовании были изучены 50 препаратов сердца, при этом установлено, что пациенты с инсультом в анамнезе имели в среднем длину ЛУС $37,7 \pm 5,0$ мм, в то время как у пациентов без инсульта средняя длина составляла $33,2 \pm 7,8$ мм ($p = 0,095$) [40].

Внутренний рельеф

Внутренняя поверхность ЛУС имеет сложные углубления, образованные гребенчатыми мышцами, они покрыты эндокар-

LAA volume

Using a necropsy synthetic resin cast, 220 LAA morphologies were analyzed, and it was reported that the average appendageal volume was $5,220$ mm³ [13]. In a CT study, the mean minimum and maximum LAA volumes were 5.34 ± 3.22 and 11.74 ± 5.07 ml, respectively [14]. The LAA volume, adjusted for body surface area, was similar in patients with sinus rhythm in the “chicken-wing” LAA and the combined group of variants (“non-chicken wing”) [35]. Larger LAA volumes are characteristic of patients with AF, those with thrombi in the LAA, and individuals with a history of stroke. In patients with a history of stroke, the LAA volume recalculated for body surface area was greater than in the subgroup without such a history (5.7 ± 2.0 ml/m² versus 3.4 ± 1.1 ml/m²; $p < 0.001$) [1]. According to CT data, the average LAA volume in patients with atrial AF was 9.9 ± 6.4 ml, while in patients without AF, it was 6.9 ± 2.7 ml [22].

According to another CT study, the LAA volume with and without AF was found to be 8.8 ± 5.3 ml and 6.6 ± 2.5 ml, respectively ($p < 0.001$) [26]. In the group without AF recurrence, the maximum LAA volume was 8.32 ± 3.64 ml, and the median minimum volume was 3.46 ml. In contrast, in the group with AF recurrence, the maximum volume was 11.2 ± 4.81 ml, and the minimum volume was 7.02 ± 3.09 ml [36]. The volume of the LAA measured by CT and transesophageal echocardiography (TEE) was significantly greater in patients with recurrent AF than in those without it, with values of 13.3 ± 4.62 ml and 5.25 ± 2.49 ml, respectively [37]. The authors concluded that an LAA volume greater than 9.99 ml, assessed by CT, is a significant independent predictor of recurrent AF (sensitivity, 83.3% ; specificity, 66.7%) [37]. An increase in LAA volume by 1 ml raises the risk of recurrent AF after radiofrequency ablation by 1.16 times [36].

The LAA dimensions

In cardiac specimens, the length of the LAA was measured from the midpoint of the base to the apex of the LAA. Typically, the average length of the LAA was found to be 33.4 mm, with a range of 25 mm to 42 mm. This range is consistent with findings reported by some authors [33]. The width measured 25.1 mm (range 10.9 to 28.1 mm) [38]. Researchers found no relationship between the size of the LAA and its shape [33].

The varied clinical compositions of the sample and measurements taken from autopsy specimens, without accounting for the degree of filling of the LAA, diminish the validity of this conclusion. In the cardiac specimens of normal-weight patients who died from non-cardiac causes, the body of the LA and LAA was filled with silicone to simulate diastole. The length of the LAA was 39.7 ± 7.49 mm and varied from 22.4 to 57.5 mm; the width of the LAA was 26.7 ± 8.71 mm, with variation from 14.4 to 66.1 mm [20]. In another study, the length of the LAA was 51.01 ± 10.75 mm, and the maximum width was 15.76 ± 4.01 mm [14]. When comparing patients with sinus rhythm and AF using CT, no significant differences were found in length (47.4 ± 15.4 mm vs. 43.7 ± 10.9 mm, $p = 0.17$), width (24.7 ± 5.6 mm vs. 24.4 ± 5.8 mm, $p = 0.81$), and depth of the LAA body (17.7 ± 3.5 mm vs 16.5 ± 3.8 mm, $p = 0.11$) [30]. The size of the LAA could vary among different forms of AF [36]. In persistent AF, the LAA volume was 11.62 ± 4.43 ml; in paroxysmal AF, it was 9.9 ± 4.02 ml ($p = 0.045$) [37]. The length of the LAA, with and without thrombosis, was the same (42.1 ± 12.3 mm vs. 42.1 ± 11.7 mm; $p = 0.76$) [25]. However, according to the TEE results, it was established that greater values of the maximum depth of the LAA are char-

дом и ограничивают полость ЛУС [2]. Для ФП характерно утолщение эндокарда ЛУС преимущественно за счёт его эластического слоя [13]. Утолщение эндокарда при тромбах в ЛУС обусловлено отёком, фиброзом, а также «гранулематозным включениями, формирующими «морщинистость» эндотелиальной выстилки». Обнаружена положительная корреляционная связь между наличием таких изменений эндокарда и тромбами в ЛУС (Masawa N et al (1993), цит. по [33]). Вероятность выявления гистологически верифицированных микротромбов на поверхности эндотелия ЛУС в группе пациентов, погибших от инсульта, была одинакова у пациентов с ФП и без неё (45,7% vs 54,3%, $p=0,24$). К сожалению, авторы не сообщили о том, с какой частотой в подгруппе пациентов, умерших от инсульта, были обнаружены тромбоэмболы в сосудах мозга [33].

Неразветвлённые мышечные пучки, образующие гребенчатые мышцы, располагаются в виде «перьев» или «пальмовых листьев», особенно на границах между верхней и нижней поверхностями. Более толстые мышечные волокна можно принять за тромбы или внутрисердечные образования [3]. Авторы отметили непостоянство локализации мышечных трабекул по верхнему краю, обратили внимание на возможность наличия вблизи верхушки ЛУС круговых гребенчатых мышц. По их данным обычно на медиальной стенке ЛУС находилось 6-8 гребенчатых мышц, на латеральной стенке количество этих мышц составляло 10-12 [38].

Внутренний рельеф ассоциирован с определённым вариантом формы ЛУС. Одиночные тонкие трабекулы характерны для ЛУС в форме «куриного крыла», более крупные трабекулы – для ЛУС в форме «кактуса», наиболее грубый трабекулярный рельеф у ЛУС в форме «цветной капусты» [8]. Медианное количество межтрабекулярных пространств, а значит и гребенчатых мышц в ЛУС составило 21 (от 4 до 41), причём их количество у ЛУС в форме «куриного крыла» было больше, чем у ЛУС в форме «наконечника стрелы» (23 против 18,5; $p=0,004$). Доля площади, занятой гребенчатыми мышцами и межтрабекулярными пространствами, в ЛУС составила 47% (16-83%) и не зависела от формы полости и числа долей ушка [41]. В ЛУС взрослого человека толщина гребенчатых мышц была 1 мм или более [19], но не превышала 4 мм [38]. Толщина гребенчатых мышц на верхушке ЛУС значительно меньше у ЛУС в форме «куриного крыла», чем у имеющих форму «цветной капусты» и «наконечника стрелы» [11].

Устье ушка

В связи с оценкой риска тромбоэмболий из ЛУС большое внимание уделяют описанию анатомии устья ЛУС. Исследователи при помощи КТ классифицировали устье пациентов с ФП или без неё на пять типов: овальный, похожий на стопу, треугольный, похожий на каплю воды и круглый [22]. Такие же формы выделили другие авторы в своём МСКТ исследовании на 860 пациентах [17]. Устье ЛУС в 81,5% было овальным, реже треугольным (7,3%), полукруглым (4%) [1]. В единичных случаях встречались округлое устье, а также устье в форме стопы (foot-like) [17]. Устье овальной формы имели место в 3,1 раза чаще, чем круглые ($p=0,0027$). В 17 случаях из 28 овальные устья располагались преимущественно горизонтально, в девяти – преимущественно вертикально, в одном случае – косо [42].

В нормальных сердцах людей тайской популяции овальное устье ЛУС было в 55,4%, круглое – в 44,6% [21]. На кадаверных препаратах сердец без патологий круглое устье ЛУС встречалось в 1,6 раза чаще, чем овальное [18]. По данным КТ овальное устье ЛУС чаще встречалось у пациентов с ФП, нежели при синусовом

актеристическим ЛУС с тромбами, чем без них ($29,4\pm 0,7$ мм vs. $26,7\pm 0,7$ мм; $p=0,009$) [39].

Using the TEE, the LAA parameters were compared between two groups without AF: patients with ESUS and those with other types of strokes. In the first group, the LAA was shallower ($28,4\pm 6,6$ мм vs. $31,7\pm 4,3$ мм), and its orifice had a smaller diameter ($15,3\pm 3,5$ мм) compared to the second group ($17\pm 2,0$ мм) [32]. In another study, 50 heart specimens were examined, revealing that patients with a history of stroke had an average LAA length of $37,7\pm 5,0$ мм. In contrast, patients without a history of stroke had an average length of $33,2\pm 7,8$ мм ($p=0,095$) [40].

LAA internal relief of the walls

A complex network of fine pectinate muscles lines the endocardial surface of the LAA, contributing to the restriction of the LAA cavity's volume [2]. In patients with AF, the LAA endocardium demonstrates thickening, primarily attributable to its elastic layer [13]. Thrombus-related thickening of the endocardium in the LAA occurs due to edema and fibrosis. Also, it involves "granulomatous inclusions that form the "wrinkling" of the endothelial lining". A positive correlation exists between the presence of such endocardial changes and thrombi in the LAA (Misawa N et al, 1993) [33]. The likelihood of detecting histologically confirmed microthrombi on the endothelial surface of the LAA in patients who died from stroke was comparable in those with and without AF (45.7% vs 54.3%, $p=0,24$). Regrettably, the authors did not report the frequency of thromboemboli detected in the cerebral vessels among the subgroup of patients who succumbed to stroke [33].

Unbranched muscle bundles comprising the pectineal muscles are organized in a pattern resembling feather- or fan-shaped palm leaves. Larger muscle groups can be confused with thrombi or intra-atrial masses [3]. Other authors have noted inconsistencies in the length and thickness of muscle trabeculae. They highlighted the potential for circular pectineal muscles to be present near the apex of the LAA. According to their findings, the lateral wall of the right atrial auricles contained 10-12 pectineal muscles, while the medial wall had 6-8 pectineal muscles with a width of between 1 mm and 4 mm [38].

The internal structure correlates with a particular variant of the LAA shape. Single thin trabeculae are typical of the "chicken wing" LAA inner cavity; larger trabeculae are characteristic of the "cactus" LAA, and extended and prominent trabeculae are observed in the "cauliflower" LAA [8]. The median number of intertrabecular spaces in the LAA ranged from 4 to 41, with a median of 21. This parameter was significantly higher in the "chicken wing" LAA compared to the "arrowhead" LAA, with values of 23 and 18, respectively ($p=0,004$). Additionally, the proportion of the area occupied by the pectinate muscles and intertrabecular spaces in the LAA was 47% (range 16% to 83%). There was no association found between this proportion and the shape of the LAA cavity or the number of lobes present [41]. In adult LAA, the thickness of the pectinate muscle was reported to be 1 mm or more, as noted by Veinot et al (1997), but did not exceed 4 mm [38]. The thickness of the pectinate muscle at the LAA apex was significantly thinner in the chicken-wing-shaped LAA compared to the cauliflower-shaped and arrowhead-shaped LAA [11].

The LAA orifice

In connection with assessing the risk of thromboembolism from the LAA, significant attention is given to describing the anat-

ритме (94,0% vs 70,4%, $p=0,001$) [30]. К такому же выводу пришли и другие авторы, выявившие у пациентов с ФП овальное устье ЛУС в 71,9%, округлое – в 28,1% случаев [15].

В одном из исследований устье ЛУС было разделено на две группы по длинному диаметру: нормальное (до 31 мм) и крупное (более 31 мм). В сердцах с крупным устьем ЛУС диаметр ЛП больше, чем с нормальным ($43,9\pm 6,3$ мм против $49,4\pm 7,2$ мм; $p<0,001$). В норме длинный диаметр устья равен $25,4\pm 3,3$ мм, а при крупных устьях $34,5\pm 2,8$ мм [10]. Это совпадает с данными о том, что в норме диаметр устья равен $26,9\pm 5,6$ мм [24]. На анатомических слепках получены меньшие значения диаметра: 15-21 мм [13].

При интерпретации данных морфометрии устья, для оценки риска эмболии и для персонализированного выбора окклюдера, следует принимать во внимание варианты формы устья ЛУС. Значения диаметра круглого устья находились в интервале от 9,53 до 21,51 мм (в среднем $14,6\pm 2,6$ мм). Если ЛУС было овальным, то его длинный и короткий диаметры варьировали от 11,6 до 31,7 мм ($14,23\pm 4,2$ мм) и от 6,7 до 23,9 мм ($11,66\pm 3,5$ мм) соответственно [21]. Короткий диаметр ЛУС варьировал от 5 до 27 мм, а длинный от 10 до 40 мм [3]. Близкие результаты получены в работе [42]. На 37 препаратах сердца с нормальной массой длина (длинная ось) устья была равна $12,7\pm 4,03$ мм, ширина (короткая ось) – $9,5\pm 3,62$ мм [42]. Овальное устье ЛУС имело длинный диаметр $17,4\pm 4,0$ мм, короткий диаметр $10,9\pm 4,2$ мм [6]. В другом кадаверном исследовании длинный диаметр устья ЛУС составлял $16,5\pm 4,0$ мм, короткий диаметр был равен $10,7\pm 3,9$ мм [18]. В сердцах без патологии ЛУС площадь поверхности устья этих ушек, рассчитанная через их диаметр, варьировала от 71,29 до $594,92$ мм² ($169,56\pm 84,73$ мм²) [21].

Данные литературы свидетельствуют о том, что у пациентов с ФП размеры устья ЛУС больше, чем у пациентов без этой патологии. Если в норме диаметр устья ЛУС составлял $25,4\pm 3,3$ мм, то при ФП – $34,5\pm 2,8$ мм [10]. При морфометрии устья ЛУС при ФП на КТ переднезадний диаметр устья был равен $18,0\pm 4,3$ мм, поперечный диаметр – $26,3\pm 5,4$ мм [29]. Тем же методом установлено, что переднезадний и поперечный диаметры ($19,3\pm 4,12$ мм vs $17,2\pm 4,0$ мм, $p=0,01$ и $25,1\pm 5,1$ мм vs $20,5\pm 4,4$ мм, $p=0,001$), площадь ($387,2\pm 133,9$ мм² vs $327,1\pm 128,3$ мм², $p=0,02$) и периметр устья ЛУС ($70,2\pm 12,5$ мм vs $61,2\pm 11,6$ мм, $p=0,04$) были больше при ФП, чем без неё [30]. Персистирующая форма ФП была ассоциирована с большей площадью устья по сравнению с аналогичным параметром при пароксизмальной ФП [1]. У пациентов после радиочастотной абляции при персистирующей ФП периметр устья ЛУС варьировал очень широко ($81,1\pm 62,87$ мм) и отличался от такового при пароксизмальной ФП ($80,7\pm 17,66$ мм) [36].

На ЧП-ЭХОКГ доказано, что большие значения площади устья характерны для тромбированных ушек [39], это позже нашло подтверждение в работе [25]. В норме максимальный и минимальный диаметры устья ЛУС составили $27,8\pm 5,8$ и $19,4\pm 4,6$ мм соответственно. Периметр устья ЛУС был равен $74,8\pm 16,3$ мм, площадь его $411,8\pm 185,4$ мм², средний диаметр – $23,68\pm 4,99$ мм. Значения всех этих параметров при тромбозах ЛУС у пациентов с ФП были значимо больше ($p<0,01$), чем при нормальной гемодинамике в ЛУС [25]. Диаметр устья ЛУС при застое крови в нём составил $33,8\pm 6,0$ мм, при тромбозе ЛУС – $28,9\pm 5,3$ мм, обе величины были значимо больше диаметра устья ЛУС без этих патологий [24]. У семи пациентов (23,3%), ранее перенёсших инсульт, площадь устья ЛУС была больше по сравнению с пациентами без инсульта в анамнезе ($258,56\pm 87,82$ мм² vs $347,78\pm 111,73$ мм², $p=0,033$) [40]. Площадь устья ЛУС более $4,5\pm 1,5$ см² ассоциирована с высоким риском инсульта [6].

omy of the LAA orifice. In a cardiac CT study, the LAA ostium of patients with or without AF was classified into five types: oval, foot-like, triangular, water drop-like, and round [22]. Other authors identified the same shapes in cardiac multidetector computed tomography angiography (MDCTA) involving 860 patients [17]. The most common finding for the LAA orifice is an oval shape, observed in 81.5% of cases, followed by a triangular shape at 7.3% and a semicircular shape at 4% [1]. In a few isolated cases, both a rounded and foot-like ostia were observed [17]. Oval-shaped orifices were 3.1 times more common than round ones (28/37 и 9/37, $p=0,0027$). In 17 out of 28 cases, oval orifices were predominantly oriented horizontally, in nine cases predominantly vertically, and one case obliquely [42].

In normal hearts of the Thai population, the oval orifice of the LAA was found in 55.4%, while the round orifice was found in 44.6% [21]. In normal cadaver hearts, the round orifice of the LAA was found 1.6 times more often than the oval one [18]. According to CT data, the oval orifice of the LAA was more frequently observed in patients with AF than in those with sinus rhythm (94.0% vs. 70.4%, $p=0,001$) [30]. Other authors reached the same conclusion, finding the oval orifice of the LAA in 71.9% of patients with AF and the round one in 28.1% of cases [15].

In one study, the LAA orifice was divided into two groups based on long diameter: normal (up to 31 mm) and large (more than 31 mm). In hearts with a large LAA ostium, the LA diameter was larger than that of LAA with normal ostia (43.9 ± 6.3 mm versus 49.4 ± 7.2 mm; $p<0,001$). Normally, the long diameter of the orifice is 25.4 ± 3.3 mm, and for large orifices, it is 34.5 ± 2.8 mm [10]. These findings align with data indicating that the LAA normal orifice diameter is 26.9 ± 5.6 mm [24]. The anatomical resins of the autopsy hearts recorded smaller diameter values, with an average minimum to a maximum diameter of 15-21 mm [13].

When analyzing the morphometric data of the LAA orifice to evaluate the risk of embolism and to facilitate personalized occluder selection, it is essential to consider variations in the shape of the LAA orifice. The diameter of the round orifice ranged from 9.53 to 21.51 mm, with an average measurement of 14.6 ± 2.6 mm. In the oval type, the long and short diameters ranged from 11.61 to 31.71 mm, with a mean of 14.23 ± 4.2 mm, and from 6.70 to 23.90 mm, with a mean of 11.66 ± 3.5 mm, respectively [21]. The short LAA diameter ranged from 5 to 27 mm, while the long LAA diameter ranged from 10 to 40 mm [3]. Similar findings were reported in another study [42]. In 37 normal-weight heart preparations, the length (long axis) of the orifice measured 12.7 ± 4.03 mm, while the width (short axis) was 9.5 ± 3.62 mm [42]. The oval orifice of the LAA had a long diameter of 17.4 ± 4.0 mm and a short diameter of 10.9 ± 4.2 mm [6]. In another cadaver study, the long diameter of the LAA orifice was measured to be 16.5 ± 4.0 mm, while the short diameter was measured at 10.7 ± 3.9 mm [18]. In hearts without LAA pathology, the surface area of the LAA orifice, calculated from their diameters, ranged from 71.29 to 594.92 мм² (169.56 ± 84.73 мм²) [21].

Research data indicate that the LAA orifice is larger in patients with AF compared to those without AF. While the normal diameter of the LAA orifice is approximately 25.4 ± 3.3 mm, in patients with AF, it measures around 34.5 ± 2.8 mm [10]. In the morphometry of the LAA orifice in patients with AF via CT imaging, the anteroposterior diameter measured 18.0 ± 4.3 mm, while the transverse diameter measured 26.3 ± 5.4 mm [29]. The findings indicated that the anteroposterior and transverse diameters of the

Локальная топография ушка

ЛУС располагается впереди от тела ЛП. Верхушка может указывать на лёгочный ствол, выводной тракт правого желудочка или располагаться на стенке левого желудочка, иногда верхушка ЛУС направлена назад и/или латерально [3, 6]. В малом проценте случаев она обращена в поперечный синус перикарда [9]. В сердце взрослого человека расстояние между основаниями правого и левого ушек было равно $49,7 \pm 7,0$ мм [43]. Нижняя поверхность и устье ЛУС находятся в непосредственной близости к ветвям левой венечной артерии и конечному отделу большой вены сердца [44]. Левая огибающая артерия начинается в $6,3 \pm 1,6$ мм от устья ЛУС [18] и идёт в $2,1 \pm 0,9$ мм от стенки ушка (вариация от 1 до 6,6 мм) [17]. По некоторым данным расстояние от шейки ЛУС до левой огибающей артерии составило $5,1 \pm 2,2$ мм [29]. Расстояние от устья ЛУС до начала передней межжелудочковой артерии составило $9,9 \pm 2,8$ мм [18], до левой огибающей артерии – $5,1 \pm 2,2$ мм [44].

Чаще всего самой близкой к ЛУС было место начала первой артерии тупого края сердца (40 случаев, 34,5%). Следовательно, в каждом третьем случае расстояние от зоны установки окклюдера в устье ЛУС до левой огибающей артерии было менее двух миллиметров, что считалось опасным [29, 44]. Примерно в 30% огибающая артерия даёт начало артерии синусно-предсердного узла, которая идёт в непосредственной близости к устью ЛУС. При герметизации устья возможна травма этой артерии и развитие нарушений ритма [1]. Устье ЛУС находилось в $7,7 \pm 3,2$ мм от устья ЛВЛВ [18] и отделено от этой вены левым латеральным гребнем [3, 45]. Между ЛУС и ЛВЛВ проходит косая вена ЛП, обычно она облитерируется и превращается в связку Маршалла [6]. Из-за богатой иннервации участка между ЛУС и ЛВЛВ («plica nervina» Воробьёва) он является одним из рефлексогенных полей сердца и частым источником наджелудочковых аритмий [5, 45].

На трупном материале пациентов с инсультом были выделены три варианта расположения устья ЛУС. Первый вариант характеризовался практически отсутствующим лимбом, более высоким передним краем устья и коротким, сплюснутым и широким левым латеральным гребнем. При втором варианте этот гребень длинный, заострённый, а лимб устья длинный и чётко определённый. При третьем варианте устье ЛУС находится ниже, ближе к митральному клапану [40], расстояние до которого $10,1 \pm 2,5$ мм [18]. Устье ЛУС может быть расположено в трёх различных положениях относительно устья ЛВЛВ: выше, на одном уровне или ниже [5]. Чаще всего (76,8%) оно располагалось на уровне устья ЛВЛВ, в 19,6% – ниже устья ЛВЛВ и в 3,6% – выше его [18]. По одним данным устье ЛУС чаще всего находилось ниже устья ЛВЛВ (55,4%) [21], по другим – оба устья чаще располагались на одном уровне (57%) [43]. Угол между ЛВЛВ и ЛУС при тромбах ЛУС был меньше, чем в контрольной группе ($35,35 \pm 31,56$ vs $37,29 \pm 37,24$; $p < 0,01$); обращает на себя внимание большая вариация этих значений [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с ФП, тромбозом ЛУС и/или инсультом в анамнезе анатомический «портрет» ЛУС таков. Это ушко состоит из нескольких долей, имеет форму, отличающуюся от «куриного крыла», чаще всего – форму «цветной капусты» или «наконечника стрелы», имеет крупные трабекулы и овальное устье. Объём ЛУС сердца в 1,4–1,7 раза больше нормативных значений; объём более 9,99 мл считается предиктором рекуррентной ФП. Вышеуказанная патология ассоциирована с увеличением глубины ушка и площади его поверхности. При этом нет данных о влиянии тромбозов ушка, перенесённого инсульта или ФП на внешние размеры и топографию ушка.

LAA orifice were significantly larger in patients with AF compared to those without AF. Specifically, the anteroposterior diameter measured 19.3 ± 4.12 mm in the AF group versus 17.2 ± 4.0 mm in the non-AF group ($p = 0.01$). Likewise, the transverse diameter was 25.1 ± 5.1 mm in AF patients compared to 20.5 ± 4.4 mm in those without AF ($p = 0.001$). Additionally, the area of the LAA orifice was greater in the AF group, showing values of 387.2 ± 133.9 mm² compared to 327.1 ± 128.3 mm² in the non-AF group ($p = 0.02$). The perimeter of the LAA orifice was also larger in patients with AF, at 70.2 ± 12.5 mm, compared to 61.2 ± 11.6 mm in the non-AF group ($p = 0.04$) [30]. Persistent AF was associated with a larger LAA orifice area compared to paroxysmal AF [1]. In patients undergoing radiofrequency ablation for persistent AF, the perimeter of the LAA orifice showed considerable variability (81.1 ± 62.87 mm) and differed from that of those with paroxysmal AF (80.7 ± 17.66 mm) [36].

TEE has shown that larger values of the orifice area are characteristic of thrombosed auricles [39], a finding later confirmed by Mill et al, 2024 [25]. Typically, the maximum and minimum diameters of the LAA orifice measured 27.8 ± 5.8 mm and 19.4 ± 4.6 mm, respectively. The perimeter of the LAA orifice was 74.8 ± 16.3 mm, its area was 411.8 ± 185.4 mm², and the average diameter was 23.68 ± 4.99 mm. The values of all these parameters during LAA thrombosis in patients with AF were significantly greater ($p < 0.01$) than in normal LAA hemodynamics [25]. The diameter of the LAA orifice in patients with blood stasis was 33.8 ± 6.0 mm, whereas in cases of LAA thrombosis, it measured 28.9 ± 5.3 mm; both values were significantly larger than the diameter of the LAA orifice in the absence of these complications [24]. In seven patients (23.3%) who had previously suffered a stroke, the area of the LAA orifice was larger compared to patients without a history of stroke (258.56 ± 87.82 mm² vs 347.78 ± 111.73 mm², $p = 0.033$) [40]. Additionally, an area of the LAA orifice exceeding 4.5 ± 1.5 cm² is associated with a high risk of stroke [6].

Topography of the LAA

The LAA is located anterior to the LA body. The apex may point to the pulmonary trunk, the right ventricular outflow tract, or be situated on the wall of the left ventricle; sometimes, the LAA apex is directed posteriorly and/or laterally [3, 6]. In a small percentage of cases, the tip of the LAA lies within the transverse pericardial sinus [9]. In the adult heart, the distance between the bases of the RAA and LAA is 49.7 ± 7.0 mm [43]. The inferior surface and orifice of the LAA are close to the branches of the left coronary artery and the terminal valve of the great cardiac vein [44]. There is a very close proximity between the LAA orifice and the proximal left circumflex coronary artery (LCx) (2.1 ± 0.9 mm, range: 1.0–6.6 mm) [29]. The distance between the LAA ostium and the origin of the anterior interventricular artery is 9.9 ± 2.8 mm [18], and the left circumflex artery is 5.1 ± 2.2 mm [44].

In most cases, the first obtuse marginal artery originates closest to the LAA, observed in 40 cases (34.5%). As a result, in approximately one-third of cases, the distance from the area where the occluder is placed at the LAA orifice to the LCx is < 2 mm. This proximity poses a potential risk of injury to the left circumflex coronary artery [29, 44]. In approximately 30% of cases, the LCx gives rise to the sinoatrial nodal artery, which runs close to the LAA orifice. When sealing the orifice, this artery can be injured, leading to rhythm disturbances [1]. The LAA orifice is located 7.7 ± 3.2 mm from the ostium of the LSPV [18] and is separated from this vein by the left lateral ridge [3, 45]. The oblique vein of

the LA passes between the LAA and LSPV; it is usually obliterated and transformed into the ligament of Marshall [6]. Due to the rich nerve supply in the area between the LAA and LSPV, known as plica Marshall, this region is one of the reflexogenic fields of the heart. It is a common source of supraventricular arrhythmias [5, 45].

Three variants of the LAA ostium location were identified in cadaveric material from stroke patients. The first variant featured a virtually absent limbus of the LAA, a higher anterior edge of the orifice, and a short, flattened, and wide left lateral ridge. In the second variant, this ridge is long and pointed, and the LAA limbus is long and clearly defined. In the third variant, the LAA orifice is positioned lower, closer to the mitral valve, as noted by López-Mínguez et al (2014) [40], with a distance of 10.1 ± 2.5 mm [18]. The LAA orifice can be found in three different positions relative to the LSPV orifice: higher, at the same level, or lower [5]. Most commonly (76.8%), it was situated at the level of the LSPV orifice; in 19.6% of cases, it was below the LSPV orifice, and in 3.6%, it was above it [18]. According to some data, the LAA orifice was most frequently located below the LSPV orifice (55.4%) [21]; however, others found that both orifices were often at the

same level (57%) [43]. The angle between the LSPV and LAA in LAA thrombi was smaller than in the control group (35.35 ± 31.56 vs 37.29 ± 37.24 ; $p < 0.01$). The considerable variation of these values is noteworthy [25].

CONCLUSION

In patients with AF who have a history of LAA thrombosis and/or stroke, the anatomical characteristics of the LAA can be described as follows:

This appendage consists of several lobes and has a shape that differs from the chicken wing type. It is most often shaped like "cauliflower" or an "arrowhead", featuring large trabeculations and an oval opening. The volume of the LAA in these patients is 1.4 to 1.7 times greater than normal values, with a volume exceeding 9.99 ml being a predictor of recurrent AF. This condition is associated with an increase in both the depth and surface area of the appendage.

However, there is currently no data regarding the impact of appendage thrombosis, previous strokes, or AF on the external dimensions and topography of the appendage.

ЛИТЕРАТУРА

- Maan A, Heist EK. Left atrial appendage anatomy: Implications for endocardial catheter-based device closure. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(7):4179-86. <https://doi.org/10.19102/icrm.2020.110704>
- Spicer DE, Anderson RH. Normal cardiac anatomy. In: Abdulla Ri, et al. *Pediatric Cardiology.* Springer, Cham. 2023. Pp. 1-35. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42937-9_103-1
- Silva TM, Oliveira GB, Barros TLS, Andrade AB, Furlan BB, Nunes MCP. Left atrial appendage: Anatomy, function, and importance in thrombus formation. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc.* 2022;35(2):eabc301. <https://doi.org/10.47593/2675-312X/20223502eabc301>
- Patti G, Pengo V, Marcucci R, Cirillo P, Renda G, Santilli F, et al; Working Group of Thrombosis of the Italian Society of Cardiology. The left atrial appendage: From embryology to prevention of thromboembolism. *Eur Heart J.* 2017;38(12):877-87. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw159>
- Чаплыгина ЕВ, Каплунова ОА, Евтушенко АВ, Каракозова ЕА, Маркевич АВ, Швырев АА, и др. Прикладные аспекты анатомического строения левого предсердия сердца человека. *Современные проблемы науки и образования.* 2015;5:146.
- Karim N, Ho SY, Nicol E, Li W, Zemrak F, Markides V, et al. The left atrial appendage in humans: Structure, physiology, and pathogenesis. *Europace.* 2020;22(1):5-18. <https://doi.org/10.1093/europace/euz212>
- Баженов НД, Мазур ЕС, Мазур ВВ, Нилова ОВ. Морфологические предпосылки тромбоза ушка левого предсердия (обзор). *Морфологические ведомости.* 2021;29(4):70-7. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29\(4\).578](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29(4).578)
- Mantini C, Corradi F, Ricci F, Jensen B, Tana C, Di Mascio V, et al. A highly-detailed anatomical study of left atrial auricle as revealed by in-vivo computed tomography. *Heliyon.* 2023;9:e20575. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20575>
- Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, Arsanjani R, Siegel RJ. The left atrial appendage: Anatomy, function, and noninvasive evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014;7(12):1251-65. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.08.009>
- Zhuo W, Wang B, Fu G, Yu Y, Feng M, Liu J, et al. Impact of left atrial appendage orifice diameter on the safety and efficacy of left atrial appendage closure using the L'Ambre device. *Journal of the Formosan Medical Association.* 2024;123(5):600-5. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2024.01.012>
- Ślowska K, Szczepanek E, Dudkiewicz D, Hołda J, Bolechała F, Strona M, et al. Morphology of the left atrial appendage: Introduction of a new simplified shape-

REFERENCES

- Maan A, Heist EK. Left atrial appendage anatomy: Implications for endocardial catheter-based device closure. *J Innov Card Rhythm Manag.* 2020;11(7):4179-86. <https://doi.org/10.19102/icrm.2020.110704>
- Spicer DE, Anderson RH. Normal cardiac anatomy. In: Abdulla Ri, et al. *Pediatric Cardiology.* Springer, Cham. 2023. Pp. 1-35. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42937-9_103-1
- Silva TM, Oliveira GB, Barros TLS, Andrade AB, Furlan BB, Nunes MCP. Left atrial appendage: Anatomy, function, and importance in thrombus formation. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc.* 2022;35(2):eabc301. <https://doi.org/10.47593/2675-312X/20223502eabc301>
- Patti G, Pengo V, Marcucci R, Cirillo P, Renda G, Santilli F, et al; Working Group of Thrombosis of the Italian Society of Cardiology. The left atrial appendage: From embryology to prevention of thromboembolism. *Eur Heart J.* 2017;38(12):877-87. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw159>
- Chaplygina EV, Kaplunova OA, Evtushenko AV, Karakozova EA, Markevich AV, Shvyrev AA, i dr. Prikladnye aspekty anatomicheskogo stroeniya levogo predserdiya serdtsa cheloveka [Applied aspects of the anatomical structure of the human's heart left atrium]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015;5:146.
- Karim N, Ho SY, Nicol E, Li W, Zemrak F, Markides V, et al. The left atrial appendage in humans: Structure, physiology, and pathogenesis. *Europace.* 2020;22(1):5-18. <https://doi.org/10.1093/europace/euz212>
- Bazhenov ND, Mazur ES, Mazur VV, Nilova OV. Morfologicheskie predposylki tromboza ushka levogo predserdiya (obzor) [The morphological background of the left atrial appendage thrombosis (review)]. *Morfologicheskie vedomosti.* 2021;29(4):70-7. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29\(4\).578](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2021.29(4).578)
- Mantini C, Corradi F, Ricci F, Jensen B, Tana C, Di Mascio V, et al. A highly-detailed anatomical study of left atrial auricle as revealed by in-vivo computed tomography. *Heliyon.* 2023;9:e20575. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20575>
- Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, Arsanjani R, Siegel RJ. The left atrial appendage: Anatomy, function, and noninvasive evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014;7(12):1251-65. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.08.009>
- Zhuo W, Wang B, Fu G, Yu Y, Feng M, Liu J, et al. Impact of left atrial appendage orifice diameter on the safety and efficacy of left atrial appendage closure using the L'Ambre device. *Journal of the Formosan Medical Association.* 2024;123(5):600-5. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2024.01.012>
- Ślowska K, Szczepanek E, Dudkiewicz D, Hołda J, Bolechała F, Strona M, et al. Morphology of the left atrial appendage: Introduction of a new simplified shape-

- based classification system. *Heart Lung Circ.* 2021;30(7):1014-22. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2020.12.006>
12. Kamiński R, Kosiński A, Brala M, Piwko G, Lewicka E, Dąbrowska-Kugacka A, et al. Variability of the left atrial appendage in human hearts. *PLoS One.* 2015;10(11):e0141901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141901>
13. DeSimone CV, Prakriti BG, Tri J, Syed F, Sm AN, Asirvatham SJ. A review of the relevant embryology, pathohistology, and anatomy of the left atrial appendage for the invasive cardiac electrophysiologist. *J Atr Fibrillation.* 2015;8(2):1129. <https://doi.org/10.4022/jafib.1129>
14. Boucebci S, Pambrun T, Velasco S, Duboe P-O, Ingrand P, Tasu J-P. Assessment of normal left atrial appendage anatomy and function over gender and ages by dynamic cardiac CT. *Eur Radiol.* 2016;26(5):1512-20. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3962-2>
15. Batko J, Jakiel R, Krawczyk-Ożóg A, Litwinowicz R, Hołda J, Bartuś S, et al. Definition and anatomical description of the left atrial appendage neck. *Clin Anat.* 2024;37(2):201-9. <https://doi.org/10.1002/ca.24125>
16. Di Biase L, Natale A, Romero J. Thrombogenic and arrhythmogenic roles of the left atrial appendage in atrial fibrillation. *Circulation.* 2018;138(18):2036-2050. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034187>
17. Li CY, Gao BL, Liu XW, Fan Q-Y, Zhang X-J, Liu G-C, et al. Quantitative evaluation of the substantially variable morphology and function of the left atrial appendage and its relation with adjacent structures. *PLoS One.* 2015;10(7):e0126818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126818>
18. Üçerler H, İkiz ZA, Özgür T. Human left atrial appendage anatomy and overview of its clinical significance. *Anadolu Kardiyol Derg.* 2013;13(6):566-72. <https://doi.org/10.5152/akd.2013.181>
19. Veinot JP, Harrity PJ, Gentile F, Khandheria BK, Bailey KR, Eickholt JT, et al. Anatomy of the normal left atrial appendage: A quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: Implications for echocardiographic examination. *Circulation.* 1997;96(9):3112-5. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.9.3112>
20. Гапонов АА, Якимов АА. Морфологическая характеристика левого ушка сердца взрослого человека. *Морфологические ведомости.* 2022;30(1):27-34. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(1\).634](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(1).634)
21. Panyawongkhanti M, Fuktongphan P, Chentanez V. Morphometric study of the left atrial appendage related to closure device deployment: A cadaveric study in Thai population. *Folia Morphol.* 2020;79(1):79-85. <https://doi.org/10.5603/FM.a2019.0066>
22. Wang Y, Di Biase L, Horton RP, Nguyen T, Morhanty P, Natale A. Left atrial appendage studied by computed tomography to help planning for appendage closure device placement. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2010;21(9):973-82. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2010.01814.x>
23. Korhonen M, Parkkonen J, Hedman M, Muuronen A, Onatsu J, Mustonen P, et al. Morphological features of the left atrial appendage in consecutive coronary computed tomography angiography patients with and without atrial fibrillation. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173703. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173703>
24. Liu J, Yu T, Tan C, Li H, Zheng Y, Zheng S, et al. How the trabeculae protrude within the left atrial appendage is the key factor affecting thrombosis in patients with atrial fibrillation. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023;39:2259-67. <https://doi.org/10.1007/s10554-023-02933-8>
25. Mill J, Harrison J, Saiz-Vivo M, Alborns C, Morales X, Olivares AL, et al. The role of the pulmonary veins on left atrial flow patterns and thrombus formation. *Sci Rep.* 2024;14(1):5860. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56658-2>
26. Smit JM, Simon J, El Mahdiui M, Szaraz L, van Rosendaal PJ, Kolassváry M, et al. Anatomical characteristics of the left atrium and left atrial appendage in relation to the risk of stroke in patients with versus without atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2021;14(8):e009777. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.009777>
27. Abanador-Kamper N, Bepperling J, Seyfarth M, Haage P, Kamper L. Impact of left atrial appendage morphology on thrombus formation in TAVI patients with atrial fibrillation. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):88. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01057-y>
28. Kong B, Liu Y, Hu H, Wang L, Fan Y, Mei Y, et al. Left atrial appendage morphology in patients with atrial fibrillation in China: Implications for stroke risk assessment from a single center study. *Chin Med J (Engl).* 2014;127(24):4210-4. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20141520>
29. Batko J, Rams D, Filip G, Bartoszcze A, Kapelak B, Bartuś K, et al. Left atrial appendage morphology and course of the circumflex artery: anatomical implications for left atrial appendage occlusion procedures. *Sage Journals.* 2022;17(5):424-9. <https://doi.org/10.1177/15569845221128569>
- based classification system. *Heart Lung Circ.* 2021;30(7):1014-22. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2020.12.006>
12. Kamiński R, Kosiński A, Brala M, Piwko G, Lewicka E, Dąbrowska-Kugacka A, et al. Variability of the left atrial appendage in human hearts. *PLoS One.* 2015;10(11):e0141901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141901>
13. DeSimone CV, Prakriti BG, Tri J, Syed F, Sm AN, Asirvatham SJ. A review of the relevant embryology, pathohistology, and anatomy of the left atrial appendage for the invasive cardiac electrophysiologist. *J Atr Fibrillation.* 2015;8(2):1129. <https://doi.org/10.4022/jafib.1129>
14. Boucebci S, Pambrun T, Velasco S, Duboe P-O, Ingrand P, Tasu J-P. Assessment of normal left atrial appendage anatomy and function over gender and ages by dynamic cardiac CT. *Eur Radiol.* 2016;26(5):1512-20. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3962-2>
15. Batko J, Jakiel R, Krawczyk-Ożóg A, Litwinowicz R, Hołda J, Bartuś S, et al. Definition and anatomical description of the left atrial appendage neck. *Clin Anat.* 2024;37(2):201-9. <https://doi.org/10.1002/ca.24125>
16. Di Biase L, Natale A, Romero J. Thrombogenic and arrhythmogenic roles of the left atrial appendage in atrial fibrillation. *Circulation.* 2018;138(18):2036-2050. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034187>
17. Li CY, Gao BL, Liu XW, Fan Q-Y, Zhang X-J, Liu G-C, et al. Quantitative evaluation of the substantially variable morphology and function of the left atrial appendage and its relation with adjacent structures. *PLoS One.* 2015;10(7):e0126818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126818>
18. Üçerler H, İkiz ZA, Özgür T. Human left atrial appendage anatomy and overview of its clinical significance. *Anadolu Kardiyol Derg.* 2013;13(6):566-72. <https://doi.org/10.5152/akd.2013.181>
19. Veinot JP, Harrity PJ, Gentile F, Khandheria BK, Bailey KR, Eickholt JT, et al. Anatomy of the normal left atrial appendage: A quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: Implications for echocardiographic examination. *Circulation.* 1997;96(9):3112-5. <https://doi.org/10.1161/01.cir.96.9.3112>
20. Гапонov АА, Якимов АА. Морфометрическая характеристика левого ушка сердца взрослого человека [The morphometric characteristics of the left atrial appendage in heart of adult human]. *Морфологические ведомости.* 2022;30(1):27-34. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30\(1\).634](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(1).634)
21. Panyawongkhanti M, Fuktongphan P, Chentanez V. Morphometric study of the left atrial appendage related to closure device deployment: A cadaveric study in Thai population. *Folia Morphol.* 2020;79(1):79-85. <https://doi.org/10.5603/FM.a2019.0066>
22. Wang Y, Di Biase L, Horton RP, Nguyen T, Morhanty P, Natale A. Left atrial appendage studied by computed tomography to help planning for appendage closure device placement. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2010;21(9):973-82. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2010.01814.x>
23. Korhonen M, Parkkonen J, Hedman M, Muuronen A, Onatsu J, Mustonen P, et al. Morphological features of the left atrial appendage in consecutive coronary computed tomography angiography patients with and without atrial fibrillation. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173703. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173703>
24. Liu J, Yu T, Tan C, Li H, Zheng Y, Zheng S, et al. How the trabeculae protrude within the left atrial appendage is the key factor affecting thrombosis in patients with atrial fibrillation. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023;39:2259-67. <https://doi.org/10.1007/s10554-023-02933-8>
25. Mill J, Harrison J, Saiz-Vivo M, Alborns C, Morales X, Olivares AL, et al. The role of the pulmonary veins on left atrial flow patterns and thrombus formation. *Sci Rep.* 2024;14(1):5860. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56658-2>
26. Smit JM, Simon J, El Mahdiui M, Szaraz L, van Rosendaal PJ, Kolassváry M, et al. Anatomical characteristics of the left atrium and left atrial appendage in relation to the risk of stroke in patients with versus without atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2021;14(8):e009777. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.121.009777>
27. Abanador-Kamper N, Bepperling J, Seyfarth M, Haage P, Kamper L. Impact of left atrial appendage morphology on thrombus formation in TAVI patients with atrial fibrillation. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):88. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01057-y>
28. Kong B, Liu Y, Hu H, Wang L, Fan Y, Mei Y, et al. Left atrial appendage morphology in patients with atrial fibrillation in China: Implications for stroke risk assessment from a single center study. *Chin Med J (Engl).* 2014;127(24):4210-4. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20141520>
29. Batko J, Rams D, Filip G, Bartoszcze A, Kapelak B, Bartuś K, et al. Left atrial appendage morphology and course of the circumflex artery: anatomical implications for left atrial appendage occlusion procedures. *Sage Journals.* 2022;17(5):424-9. <https://doi.org/10.1177/15569845221128569>

30. Słodowska KM, Batko J, Hołda JP, Dudkiewicz D, Koziej M, Litwinowicz R, et al. Morphometrical features of left atrial appendage in the atrial fibrillation patients subjected to left atrial appendage closure. *Folia Morphol (Warsz)*. 2023;82(4):814-21. <https://doi.org/10.5603/FM.a2022.0080>
31. Stalikas N, Doundoulakis I, Karagiannidis E, Kartas A, Gavrilaki M, Sofidis G, et al. Prevalence of markers of atrial cardiomyopathy in embolic stroke of undetermined source: A systematic review. *Eur J Intern Med*. 2022;99:38-44. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2022.01.024>
32. Soni S, Duggal B, Upadhyay J, Basu-Ray I, Kumar N, Bhadoria AS. Does left atrial appendage morphology and dimension differ amongst etiological stroke subtypes in patients without known atrial fibrillation? Results from the left atrial appendage morphology and dimension assessment by TEE in patients with stroke without known atrial fibrillation (LAMDA-STROKE) study. *Indian Heart J*. 2023;75(2):133-8. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2023.03.001>
33. Кривошеев ЮС, Чуков СЗ, Мкртычев ДС, Башта ДИ, Тихонова НА, Виленский ЛИ, и др. Взгляд на проблему тромбообразования в ушке левого предсердия по данным аутопсии. *Вестник аритмологии*. 2020;27(1): 5-11. <https://doi.org/10.35336/VA-2020-1-5-11>
34. Wu L, Liang E, Fan S, Zheng L, Du Z, Liu S, et al. Relation of left atrial appendage morphology determined by computed tomography to prior stroke or to increased risk of stroke in patients with atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2019;123(8):1283-6. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.01.024>
35. Shimada M, Akaishi M, Kobayashi T. Left atrial appendage morphology and cardiac function in patients with sinus rhythm. *J Echocardiogr*. 2020;18(2):117-24. <https://doi.org/10.1007/s12574-020-00462-0>
36. Tian X, Zhang XJ, Yuan YF, Li C-Y, Zhou L-X, Gao B-L. Morphological and functional parameters of left atrial appendage play a greater role in atrial fibrillation relapse after radiofrequency ablation. *Sci Rep*. 2020;10(1):8072. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65056-3>
37. Du W, Dai M, Wang M, Gong Q, Ye T-Q, Wang Hu, et al. Large left atrial appendage predicts the ablation outcome in hypertensive patients with atrial fibrillation. *J Electrocardiol*. 2020;63:139-44. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.07.017>
38. Stepanchuk AP, Royko NV, Fylenko BM, Pryshlyak AM. Morphofunctional purpose of human atrial auricles. *World of Medicine and Biology*. 2018;14(3):185-9. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2018-3-65-185-189>
39. Castellani C, Gao Y, Kim H, Thompson C, Ning J, Lohr N, et al. Left atrial appendage structural characteristics predict thrombus formation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2023;34(8):1683-9. <https://doi.org/10.1111/jce.15994>
40. López-Mínguez JR, González-Fernández R, Fernández-Vegas C, Millán-Núñez V, Fuentes-Cañamero ME, Nogales-Asensio JM, et al. Anatomical classification of left atrial appendages in specimens applicable to CT imaging techniques for implantation of Amplatzer cardiac plug. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014;25(9):976-84. <https://doi.org/10.1111/jce.12429>
41. Гапонов АА, Якимов АА. Вариантная анатомия формы полости и внутреннего рельефа стенок левого ушка сердца. *Учёные записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова*. 2022;29(2):52-7. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2022-29-2-52-57>
42. Якимов АА, Гапонов АА. Вариантная морфометрическая анатомия устья левого ушка сердца. *Казанский медицинский журнал*. 2022;103(1):69-78. <https://doi.org/10.17816/KMJ2022-69>
43. Гапонов АА, Якимов АА. Морфометрическая топография левого ушка сердца взрослого человека. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2022;42(1):41-8. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20220104>
44. Batko J, Rams D, Filip G, Bartoszcze A, Kapelak B, Bartus K, et al. Left atrial appendage morphology and course of the circumflex artery: Anatomical implications for left atrial appendage occlusion procedures. *Innovations (Phila)*. 2022;17(5):424-9. <https://doi.org/10.1177/15569845221128569>
45. Dudkiewicz D, Słodowska K, Jasińska K, Dobrzynski H, Hołda MK. The clinical anatomy of the left atrial structures used as landmarks in ablation of arrhythmogenic substrates and cardiac invasive procedures. *Translational Research in Anatomy*. 2021;23:100102. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102>
30. Słodowska KM, Batko J, Hołda JP, Dudkiewicz D, Koziej M, Litwinowicz R, et al. Morphometrical features of left atrial appendage in the atrial fibrillation patients subjected to left atrial appendage closure. *Folia Morphol (Warsz)*. 2023;82(4):814-21. <https://doi.org/10.5603/FM.a2022.0080>
31. Stalikas N, Doundoulakis I, Karagiannidis E, Kartas A, Gavrilaki M, Sofidis G, et al. Prevalence of markers of atrial cardiomyopathy in embolic stroke of undetermined source: A systematic review. *Eur J Intern Med*. 2022;99:38-44. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2022.01.024>
32. Soni S, Duggal B, Upadhyay J, Basu-Ray I, Kumar N, Bhadoria AS. Does left atrial appendage morphology and dimension differ amongst etiological stroke subtypes in patients without known atrial fibrillation? Results from the left atrial appendage morphology and dimension assessment by TEE in patients with stroke without known atrial fibrillation (LAMDA-STROKE) study. *Indian Heart J*. 2023;75(2):133-8. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2023.03.001>
33. Krivosheev YuS, Chukov SZ, Mkrtychev DS, Bashta DI, Tikhonova NA, Vilenskiy LI, i dr. Vzglyad na problemu tromboobrazovaniya v ushke levogo predserdiya po dannym autopsii [View on the left atrial appendage thrombosis on the heart autopsy]. *Vestnik aritmologii*. 2020;27(1):5-11. <https://doi.org/10.35336/VA-2020-1-5-11>
34. Wu L, Liang E, Fan S, Zheng L, Du Z, Liu S, et al. Relation of left atrial appendage morphology determined by computed tomography to prior stroke or to increased risk of stroke in patients with atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 2019;123(8):1283-6. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2019.01.024>
35. Shimada M, Akaishi M, Kobayashi T. Left atrial appendage morphology and cardiac function in patients with sinus rhythm. *J Echocardiogr*. 2020;18(2):117-24. <https://doi.org/10.1007/s12574-020-00462-0>
36. Tian X, Zhang XJ, Yuan YF, Li C-Y, Zhou L-X, Gao B-L. Morphological and functional parameters of left atrial appendage play a greater role in atrial fibrillation relapse after radiofrequency ablation. *Sci Rep*. 2020;10(1):8072. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65056-3>
37. Du W, Dai M, Wang M, Gong Q, Ye T-Q, Wang Hu, et al. Large left atrial appendage predicts the ablation outcome in hypertensive patients with atrial fibrillation. *J Electrocardiol*. 2020;63:139-44. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.07.017>
38. Stepanchuk AP, Royko NV, Fylenko BM, Pryshlyak AM. Morphofunctional purpose of human atrial auricles. *World of Medicine and Biology*. 2018;14(3):185-9. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2018-3-65-185-189>
39. Castellani C, Gao Y, Kim H, Thompson C, Ning J, Lohr N, et al. Left atrial appendage structural characteristics predict thrombus formation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2023;34(8):1683-9. <https://doi.org/10.1111/jce.15994>
40. López-Mínguez JR, González-Fernández R, Fernández-Vegas C, Millán-Núñez V, Fuentes-Cañamero ME, Nogales-Asensio JM, et al. Anatomical classification of left atrial appendages in specimens applicable to CT imaging techniques for implantation of Amplatzer cardiac plug. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2014;25(9):976-84. <https://doi.org/10.1111/jce.12429>
41. Gaponov AA, Iakimov AA. Variantnaya anatomiya formy polosti i vnutrennego rel'efa stenok levogo ushka serdtsa [Anatomy of the shape of the cavity and the internal relief of the walls of the left atrial appendage]. *Uchyonye zapiski SPb-GMU im. akad. I.P. Pavlova*. 2022;29(2):52-7. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2022-29-2-52-57>
42. Iakimov AA, Gaponov AA. Variantnaya morfometricheskaya anatomiya ust'ya levogo ushka serdtsa [Anatomical and morphometric variation of the orifice of the left atrial appendage]. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2022;103(1):69-78. <https://doi.org/10.17816/KMJ2022-69>
43. Gaponov AA, Iakimov AA. Morfometricheskaya topografiya levogo ushka serdtsa vzroslogo cheloveka [Morphometric topography of the left atrial appendage in human adult heart]. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal*. 2022;42(1):41-8. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20220104>
44. Batko J, Rams D, Filip G, Bartoszcze A, Kapelak B, Bartus K, et al. Left atrial appendage morphology and course of the circumflex artery: Anatomical implications for left atrial appendage occlusion procedures. *Innovations (Phila)*. 2022;17(5):424-9. <https://doi.org/10.1177/15569845221128569>
45. Dudkiewicz D, Słodowska K, Jasińska K, Dobrzynski H, Hołda MK. The clinical anatomy of the left atrial structures used as landmarks in ablation of arrhythmogenic substrates and cardiac invasive procedures. *Translational Research in Anatomy*. 2021;23:100102. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102>

 СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Якимов Андрей Аркадьевич, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, Уральский государственный медицинский университет
Scopus ID: 35071518500

ORCID ID: 0000-0001-8267-2895

SPIN-код: 8618-2991

Author ID: 222230

E-mail: andrei071997@gmail.com

Сайфулина Амина Равильевна, студентка 6 курса, Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

ORCID ID: 0009-0006-3781-4691

E-mail: amsaifulina@gmail.com

Гапонов Антон Александрович, ассистент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, Уральский государственный медицинский университет

Scopus ID: 57444600900

ORCID ID: 0000-0002-6681-7537

SPIN-код: 2841-6740

Author ID: 1066785

E-mail: gagaponov@gmail.com

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

 АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Якимов Андрей Аркадьевич

кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, Уральский государственный медицинский университет

620028, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

Тел.: +7 (904) 5449282

E-mail: ayakimov07@mail.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ЯАА, ГАА

Сбор материала: ЯАА, САР, ГАА

Анализ полученных данных: ЯАА, САР, ГАА

Подготовка текста: САР, ГАА

Редактирование: ЯАА

Общая ответственность: ЯАА

Поступила 16.07.24

Принята в печать 29.05.25

 AUTHORS' INFORMATION

Iakimov Andrei Arkadievich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy, and Operative Surgery, Ural State Medical University
Scopus ID: 35071518500

ORCID ID: 0000-0001-8267-2895

SPIN: 8618-2991

Author ID: 222230

E-mail: ayakimov07@mail.ru

Sayfulina Amina Ravilievna, Student of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

ORCID ID: 0009-0006-3781-4691

E-mail: amsaifulina@gmail.com

Gaponov Anton Aleksandrovich, Assistant of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy, and Operative Surgery, Ural State Medical University

Scopus ID: 57444600900

ORCID ID: 0000-0002-6681-7537

SPIN: 2841-6740

Author ID: 1066785

E-mail: gagaponov@gmail.com

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

 ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Iakimov Andrei Arkadievich

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy, and Operative Surgery, Ural State Medical University

620028, Russian Federation, Yekaterinburg, Repina str., 3

Tel.: +7 (904) 5449282

E-mail: ayakimov07@mail.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: IAA, GAA

Data collection: IAA, SAR, GAA

Analysis and interpretation: IAA, SAR, GAA

Writing the article: SAR, GAA

Critical revision of the article: IAA

Overall responsibility: IAA

Submitted 16.07.24

Accepted 29.05.25