



© Коллектив авторов, 2025
УДК [611.12 : 611.141]-053.8
<https://doi.org/10.24884/1607-4181-2025-32-4-90-96>

А. А. Гапонов^{1, 2*}, А. А. Якимов^{1, 2}

¹Уральский государственный медицинский университет
620028, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3

²Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
20062, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТЬЕВ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН В СЕРДЦЕ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

Поступила в редакцию 27.09.2025 г.; принята к печати 14.01.2026 г.

Резюме

Введение. Количество, форма, размеры устьев легочных вен (ЛВ) в совокупности формируют анатомические варианты, которые могут быть ассоциированы с предсердными аритмиями, потребуют персонализации диагностической и хирургической тактики.

Цель — дать анатомическую характеристику количеству, форме и величине устьев легочных вен в стенке левого предсердия сердца взрослого человека.

Методы и материалы. Изучили 54 препарата предсердий сердца людей среднего и пожилого возраста, умерших от «несердечных» причин. Моделировали диастолу левого предсердия (ЛП), заполняя его силиконом. После застывания силикона стенки препарировали. Штангенциркулем ШЦЦ-1-125 0,01 измеряли короткий и длинный диаметры каждого устья. По формулам круга или эллипса рассчитывали площадь устьев. Для попарного сравнения использовали U-критерий Манна — Уитни. Находили коэффициент корреляции Спирмена (Rs).

Результаты. В 90,7 % каждая из четырех ЛВ, впадавших в ЛП, имела свое устье. В 9,3 % было три устья ЛВ: два устья правых ЛВ и общее устье левых ЛВ. Овальная форма более характерна для левых ЛВ, чем для правых. Площади устьев левой верхней (медиана 135,6 мм²) и правой нижней ЛВ (медиана 136,2 мм²) были больше, чем площадь левой нижней ЛВ (медиана 103,5 мм²), но уступали площади устья правой верхней ЛВ (медиана 152,2 мм²). Площадь устья правой нижней ЛВ коррелировала с длиной сердца (Rs = 0,37) и массой сердца (Rs = 0,43). Площади устьев трех остальных ЛВ коррелировали с шириной левого предсердия (Rs = 0,35).

Заключение. Для пациентов, умерших от причин, не связанных с болезнями сердца и его сосудов, типична анатомия задней стенки ЛП, характеризующаяся двумя правыми и двумя левыми устьями ЛВ, как правило, овальной формы и разной площади.

Ключевые слова: анатомия сердца, предсердия, кровеносные сосуды, легочные вены

Для цитирования: Гапонов А. А., Якимов А. А. Анатомическая характеристика устьев легочных вен в сердце взрослого человека. *Ученые записки ПСПБГМУ им. акад. И. П. Павлова.* 2025; 32(4):90–96. <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2025-32-4-90-96>.

* Автор для связи: Андрей Аркадьевич Якимов, Уральский государственный медицинский университет, 620028, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3. E-mail: Ayakimov07@mail.ru.

Anton A. Gaponov^{1, 2*}, Andrei A. Iakimov^{1, 2}

¹Ural State Medical University
3 Repina str., Yekaterinburg, Russia, 620028

²Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
19, Mira str., Yekaterinburg, Russia, 620002

ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF THE PULMONARY VEIN OSTIA IN THE HEART OF HUMAN ADULTS

Received 27.09.2025; accepted 14.01.2026

Summary

Introduction. The number, shape, and size of the pulmonary vein (PV) orifices together form anatomical variants that may be associated with atrial arrhythmias and require personalized diagnostic and surgical tactics.

The objective to provide an anatomical description of the number, shape, and size of the pulmonary vein orifices in the wall of the left atrium in human adults.

Methods and materials. We studied 54 heart atrial specimens obtained from middle-aged and elderly humans who died from non-cardiac diseases. We modeled the diastole of the left atrium (LA) by filling it with silicone. After the silicone hardened, the walls were dissected. We measured the short and long diameters of each orifice with a digital caliper, calculated the area of the orifices using the formulas. The Mann – Whitney U-test and Spearman correlation (Rs) were used.

Results. In 90.7 %, each of the four PVs flowing into LA had its own orifice. In 9.3 %, the atrial roof bore three PV orifices: two orifices of the right PVs and a common orifice of the left PVs. Oval orifices were more common for the left PVs than for the right ones. The orifice areas of the left superior (median 135.6 mm²) and right inferior PVs (median 136.2 mm²) were larger than the area of the left inferior PV (median 103.5 mm²), but smaller than the orifice area of the right superior PV (median 152.2 mm²). Analysis revealed moderate correlations between the values of the area of the right inferior PV orifice, the heart length (Rs 0.37) and mass (Rs 0.43). The area values of the other three PVs orifices correlated with the LA width (Rs 0.35).

Conclusion. In middle-aged and elderly humans who died from non-cardiac diseases, LA posterior wall commonly exhibited two right and two left PV orifices of different areas, rather oval than round.

Keywords: heart anatomy, heart atria, blood vessels, pulmonary veins

For citation: Gaponov A. A., Iakimov A. A. Anatomical characteristics of the pulmonary vein ostia in the heart of human adults. *The Scientific Notes of Pavlov University*. 2025;32(4):90–96. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2025-32-4-90-96>.

* **Corresponding author:** Ural State Medical University, 3, Repina str., Yekaterinburg, Russia, 620028. E-mail: Ayakimov07@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире, поэтому анатомия сердца на протяжении десятилетий обоснованно привлекает к себе внимание морфологов. Достаточно подробно в норме, патологии и эксперименте изучены желудочки сердца, его клапанный аппарат, венечные артерии [1]. Меньшее внимание уделено исследованию анатомии предсердий и их сосудов, между тем, именно структуры стенок предсердий являются анатомическим субстратом наджелудочковых аритмий. По данным литературы частота нарушений ритма сердца составляет от 0,3 % у молодых людей до 4,8 % в пожилом возрасте. В исследовании ATRIA, которое охватило 1,89 млн человек, фибрилляция предсердий была выявлена в среднем у одного человека из ста [2]. Развитие интервенционной кардиологии и кардиохирургии, в частности, внедрение различных способов радиочастотной абляции эктопических очагов и путей распространения ритма потребовало от анатомов новых, более детальных исследований предсердных структур. Такими структурами являются легочные вены (ЛВ) и их устья в задней стенке («крыше») левого предсердия (ЛП). Принято считать, что в ЛП впадают четыре ЛВ: по две от левого и правого легкого, но в действительности количество устьев ЛВ может варьировать. В литературе есть данные о размерах дистальных отделов ЛВ, проанализирована взаимосвязь между величинами углов впадения ЛВ в ЛП и ассоциированными с ЛП сосудистыми катастрофами [3]. Изучены миокардиальные «рукава» ЛВ, показан вклад определенных параметров их морфологии в патогенез фибрилляции предсердий [4]. Описаны варианты ЛП при разном сочетании формы устья левого ушка сердца и количества устьев ЛВ у лиц разного типа телосложения [5]. Как показал анализ литературы, в информационном поле преобладают прижизненные исследования, выполненные с использованием лучевых методов

диагностики [6, 7]. Если принять во внимание, что такие высокотехнологичные методы диагностики назначаются пациентам по строго определенным показаниям, становится понятным, почему предметом большинства исследований анатомии ЛП и ассоциированных с ним структур, в том числе устьев ЛВ, были особенности анатомии при аритмиях. При этом крайне мало анатомических работ, выполненных на секционном материале [8, 9], в единичных публикациях представлены данные о синтопии устьев ЛВ [10], противоречивы данные о размерах и вариантах формы устьев ЛВ у пациентов без нарушения ритма сердца [6, 11]. Между тем, выводы об особенностях и закономерностях анатомических характеристик устьев ЛВ, полученные по результатам таких исследований, найдут непосредственное применение в интервенционной кардиологии и кардиохирургии. Вариантная анатомия устьев ЛВ может в какой-то мере объяснять разный результат абляции устьев ЛВ при фибрилляции предсердий [12]. В частности, для эффективной абляции и для прогнозирования вероятности стеноза после этого вмешательства важны диаметры и площадь устьев ЛВ [13, 14]. Данные о морфометрической анатомии устьев ЛВ и взаимосвязях этих параметров с размерами ЛП и сердца в целом будут востребованы для формирования целостного представления об анатомической норме как диапазоне вариантов, обеспечивающих оптимальное функционирование организма, что относится к одной из основных задач анатомии как фундаментальной медико-биологической науки.

Цель — дать анатомическую характеристику количеству, форме и величине устьев легочных вен в стенке левого предсердия сердца взрослого человека.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Методика исследования. Фактическим материалом для исследования послужили фрагменты препаратов сердца (предсердные комплексы;

$n = 54$) пациентов, скончавшихся в медицинских учреждениях в период с января 2021 г. по февраль 2022 г. Дизайн исследования — поперечное, наблюдательное, маскированное. Доступ к персональным данным умерших имел патолог, который при аутопсии и отборе препаратов руководствовался критериями (см. ниже), но в исследовании не участвовал. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России (протокол № 8 от 20 ноября 2020 г.). *Критерии включения в исследование:* 1) возраст умерших старше 18 лет; 2) масса сердца 250–400 г. *Критерии ограничения:* 1) заболевание сердца и/или его сосудов, в том числе нарушение ритма сердца, которое было основным или конкурирующим заболеванием, или осложнением в структуре окончательного диагноза; 2) макроскопические признаки пороков сердца, перенесенных операций на сердце, осложнений ишемической болезни сердца, воспалительных и неопластических заболеваний сердца или перикарда; 3) повреждение или деформация ЛП и/или устьев АВ. При аутопсии сначала по кровотоку вскрывали правые камеры сердца и легочный ствол, затем поперечными разрезами вскрывали левый желудочек и межжелудочковую перегородку. До вскрытия сердца оценивали его размеры и массу. Предсердия отсекали от желудочков тотчас ниже венечной борозды. Принимая во внимание данные литературы о том, что диаметр и площадь поперечного сечения АВ варьируют от 11 до 23 % в зависимости от фазы сердечного цикла [11], на влажных препаратах моделировали диастолу ЛП, заполняя ЛП силиконом [15]. После отвердевания силикона для лучшей визуализации устьев АВ стенки ЛП препарировали. Измеряли размеры ЛП¹, определяли количество устьев АВ в местах впадения в ЛП. Устья АВ чаще имеют овальную форму [3, 9], поэтому у каждого устья измеряли два диаметра: короткий и длинный. Если отношение большего диаметра к меньшему составляло от 1,0 до 1,2, то форму устья считали округлой, если это значение превышало 1,2, то форму считали овальной [14]. Площадь устья рассчитывали по формулам круга или эллипса. Морфометрию выполняли электронным штангенциркулем ШЦЦ-1-125 0,01 (Челябинский инструментальный завод; точность 0,03 мм).

Статистическая обработка результатов. В программе Statistica 10.0 (StatSoft Inc, USA) оценивали распределение значений по W -критерию Шапиро — Уилка. Если распределение отличалось от нормального, результаты представляли в виде медиан и крайних значений. Для оценки величины дисперсии значений относительно показателей центральной тенденции вычисляли среднее арифметическое и его стандартное отклонение. Для ди-

сперсионного анализа использовали H -критерий Краскелла — Уоллиса, далее для попарного сравнения в зависимости от типа распределения использовали двусторонний t -тест или U -критерий Манна — Уитни. Для корреляционного анализа использовали критерий Спирмена (R_s). Различия считали значимыми при $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 90,7 % (49 из 54 случаев) каждая из четырех АВ, впадавших в ЛП, имела свое устье; такой анатомический вариант считали «классическим» четырехустьевым. На пяти препаратах было отмечено три устья АВ: два устья у правых АВ и общее устье для левых АВ, во всех трех случаях общая левая АВ плотно прилегала сверху к левому ушку сердца. На одном препарате, кроме четырех типичных АВ, имелась дополнительная вена незначительного диаметра, она впадала в ЛП между верхними АВ.

При сопоставлении длинных диаметров устьев было выявлено, что у верхних АВ эти значения были больше, чем у нижних АВ ($U = 4844$, $p = 0,001$). Что касается значений коротких диаметров устьев, то у правых АВ эти значения были больше, чем у левых АВ ($U = 5261$, $p = 0,0008$). Значения площади устьев АВ находились в диапазоне от 78,6 мм² у левой нижней АВ до 190,4 мм² у правой верхней АВ (Таблица). Площадь устьев у четырех вен различалась ($H = 16$, $p = 0,0011$). Площадь устья левой верхней АВ больше, чем у левой нижней АВ ($U = 1704$, $p = 0,008$) и меньше, чем площадь правой верхней АВ ($U = 1311$, $p = 0,03$). Площадь устья левой нижней АВ меньше, чем площадь устья у правой верхней АВ ($U = 834$, $p = 0,00001$) и у правой нижней АВ ($U = 1096$, $p = 0,00008$). Следовательно, самую большую площадь имело устье правой верхней АВ, самая маленькая площадь устья была характерна для левой нижней АВ. Устья левой нижней АВ различались по площади при разных вариантах формы тела ЛП. Площадь устья левой нижней АВ была больше на препаратах ЛП с телом в форме параллелепипеда, чем у ЛП с телом кубической формы ($U = 160$, $p = 0,006$).

При анализе корреляций между размерами сердца, размерами тела ЛП и величинами площадей устьев для большинства АВ обнаружены взаимосвязи средней силы. Наиболее частым предиктором, формировавшим корреляционные пары с показателями площадей устьев АВ, была ширина тела ЛП. От ширины тела ЛП зависели значения площади устьев правой и левой верхних АВ ($R_s = 0,34$), левой нижней АВ ($R_s = 0,35$). Площадь устья правой нижней АВ от размеров тела ЛП не зависела, но из значений площадей устьев четырех АВ только площадь ее устья можно было прогнозировать по

¹ Данные о размерах левого предсердия и вариантах формы его тела, определенных по этим размерам, опубликованы нами ранее в [16].

Размеры устьев легочных вен при типичном четырехустьевом варианте их впадения в левое предсердие
Dimensions of the pulmonary vein orifices in a common four-orifice variant of their entering into the left atrium

Параметры устья	Статистический параметр	Легочная вена			
		Левая верхняя	Левая нижняя	Правая верхняя	Правая нижняя
Короткий диаметр, мм	M±SD	10,0±3,1	10,7±2,8	12,3±2,3	11,5±2,4
	Me (p25; p75)	10,5 (9,0;12,5)	10,8 (9; 12,8)	12,5 (11,4; 13,6)	11,9 (9,7; 13)
Длинный диаметр, мм	M±SD	16,1±4	13,1±2,6	16,3±7,3	11,9±2,4
	Me (p25; p75)	16,0 (14;18)	12,9 (12; 14,8)	16,2 (14; 18,1)	15,2 (13,3; 17,8)
Площадь устья, мм ²	M±SD	138,3±62,1	107,4±54,5	149,9±66,7	133,2±63,7
	Me (p25; p75)	135,6 (92,8;173,1)	103,5 (78,6;148,2)	152,2 (112,3;190,4)	136,2 (105,5; 164,9)

Примечание: M±SD – среднее арифметическое и его стандартное отклонение; Me (p25; p75) – медиана, 25-й и 75-й процентиля.

длине сердца ($R_s = 0,37$) и его массе ($R_s = 0,43$); для других устьев размеры и масса сердца не были значимыми предикторами.

В настоящем исследовании определена частота встречаемости типичного количества устьев ЛВ, получены данные о диаметрах и площади этих устьев. Из литературы известно, что «по данным разных авторов, впадение ЛВ четырьмя отдельными устьями является наиболее распространенным вариантом анатомии, который встречается с частотой от 47 до 90,9 %» [11]. В сравнении с данными литературы о частоте встречаемости варианта, при котором каждая из четырех ЛВ впадала в ЛП отдельным устьем, наш показатель (90,7 %) оказался наибольшим и соответствует верхней границе интервала, обозначенного в обзоре [11]. По результатам метаанализа, самый распространенный вариант – «классический» (70 %), за которым следуют варианты с общим устьем для левосторонних ЛВ (17 %), с общим устьем для правосторонних ЛВ (9 %) и с дополнительным устьем правой ЛВ (8 %) [6]. М. С. Niculescu et al. (2006) и W. Klimek-Piotrowska et al. (2016) встретили такой «классический» вариант в 70,0 % и 70,8 % соответственно [8, 9], L. C. Prasanna et al. (2014) в 68 %, Н. Oza и В. Doshi (2023) в 62 % случаев [14, 17]. S. Y. Но и D. Sánchez-Quintana (2009), исследовав 35 препаратов сердца, выявили «классический» четырехустьевый паттерн впадения ЛВ в 69 % случаев [18]. Позже те же исследователи отметили, что ЛВ открывались собственными изолированными устьями по два с каждой стороны в 74 % случаев [19], что согласуется с результатами [5]. L. Shukla et al. (2012) изучили 29 препаратов сердца взрослых людей, определили количество ЛВ и их устьев, сопоставили между собой эти параметры и на основании этих сопоставлений предложили классификацию. «Классическое» количество устьев ЛВ в стенке ЛП было на 16 препаратах из 29 (55,2 %). Две ЛВ с отдельными устьями были отмечены справа в 75,9 %, слева – в 79,2 % [20]. Кроме «классического» варианта, в настоящем исследовании выявили трехустьевый вариант, при котором правые ЛВ впадали типично,

а левые ЛВ имели общее устье. Частота встречаемости такого варианта (9,3 %; 5 из 54) наиболее близка к данным, полученным Н. Oza и В. Doshi (2023) (10 %) и входит в диапазон, который можно определить при анализе литературы: от 4,5 % [9] до 12,9 % [21] и 17 % [6, 19]. Тот факт, что левые ЛВ впадают в ЛП общим устьем чаще, нежели правые ЛВ, согласуется с нашими результатами и может быть объяснен тем, что левое и правое легкое находятся на разном расстоянии от ЛП.

На изученных нами препаратах было отмечено всего два варианта, тогда как возможное количество вариантов количества и положения устьев ЛВ в стенке ЛП, описанное в литературе, значительно больше. Существенное преобладание «классического» четырехустьевого варианта анатомии ЛВ, отмеченное в настоящем исследовании, может быть проявлением экологической (региональной), популяционной и индивидуальной изменчивости. Однако основной причиной, по нашему мнению, является то, что настоящее исследование было выполнено на препаратах пациентов, умерших от причин, не связанных с болезнями сердца и сосудов, без клинически значимой гипертрофии и ожирения сердца. Между тем, из публикаций, авторы которых сообщали о различных вариантах устьев ЛВ, не всегда можно получить точные клинико-морфологические характеристики пациентов. Есть основания полагать, что атипичное количество устьев ЛВ ассоциировано с более высоким риском кардиоэмболического инсульта, обусловленного тромбообразованием в полости левого ушка сердца [3]. Мультивариантный анализ показал, что нетипичная анатомия (общее устье левой ЛВ или добавочные ЛВ), а также длинная левая нижняя ЛВ были независимыми предикторами фибрилляции предсердий [12]. С другой стороны, ассоциация вариантов количества устьев ЛВ и предсердных аритмий неоднозначна [7, 11]. При сравнении пациентов с фибрилляцией предсердий и контрольной группы не выявили статистически значимых различий по количеству устьев ЛВ [22]. В метаанализе [6], как и в работе [22], не

выявили статистически значимых различий по вариантам ЛВ между пациентами с фибрилляцией предсердий и без нее; аритмогенным оказался лишь вариант, когда в стенке ЛП было два устья ЛВ: правое и левое [6].

Устья верхних ЛВ значимо крупнее устьев нижних ЛВ [11, 13, 14, 22], это нашло подтверждение в настоящем исследовании и, по-видимому, носит характер закономерности. Также в настоящем исследовании установлено, что на модели диастолы предсердий устья ЛВ, как правило, имели овальную форму, это согласуется с данными литературы [3, 9]. Как отмечено в обзоре [11], форма устьев правых ЛВ ближе к округлой, а левых — ближе к овальной. Варианты формы определяются соотношением диаметров [14]. Большие значения коротких диаметров устьев правых ЛВ в сравнении с левыми и анализ соотношений коротких и длинных диаметров, определенные в исследовании, не противоречат данным [11].

Варианты количества, положения и размеров устьев ЛВ в стенке ЛП детерминированы эмбриологически. Легочная венозная система развивается самостоятельно и впоследствии соединяется с предсердным сегментом простого трубчатого сердца. Важно подчеркнуть, что стенка ЛВ в эмбриологическом смысле не продолжение стенки ЛП, она образуется как самостоятельная структура и миокардиализируется после инкорпорации в ЛП. Варианты впадения ЛВ и количества их устьев являются результатом особенностей абсорбции в стенку ЛП «центральной» (общей, единой) ЛВ. Эта слепо заканчивающаяся вена появляется у эмбриона 6–7 мм теменно-копчиковой длины на стадии 13–14 по Карнеги в связи с развитием из первичной кишки трахеобронхиального выпячивания и всегда отличается от притоков системного венозного синуса [23]. Появление устья этой вены и его соединение с эмбриональным предсердием происходит на стадии 15–16 за счет роста дорзальной мезенхимы («spina vestibuli» Гиса), которая тянется в направлении предсердно-желудочкового канала и входит в его нижнюю эндокардиальную подушку [24]. К началу плодного периода (8 неделя, стадия 21 по Карнеги) в «крыше» ЛП видны отдельные устья двух ЛВ: правой и левой. Четыре устья ЛВ можно идентифицировать в 15 недель развития плода человека [24]. Единая ЛВ существует в дефинитивном сердце мышей, крыс и цыплят, следовательно, выявление такого варианта, как и случаев с двумя устьями ЛВ (общим правым и общим левым), в постнатальном и даже в плодном периоде развития человека следует рассматривать как задержку развития, аномалию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании, проведенном на анатомической модели диастолы левого предсердия, установлено, что для взрослого человека, умершего от причин,

не связанных с болезнями сердца и сосудов, наиболее характерен анатомический паттерн, при котором а) две правые и две левые легочные вены открываются в левое предсердие отдельными устьями; б) устья легочных вен, как правило, имеют овальную форму; в) площадь устьев увеличивается в направлении «по часовой стрелке»: от левой нижней к левой верхней и далее к правой верхней легочной вене. Сильных значимых корреляционных связей между размерами сердца, левого предсердия и устьев легочных вен не обнаружено.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson R. H., Cook A. C., Spicer D. E. et al. Wilcox's surgical anatomy of the heart. 5th ed. Cambridge Univ. Press. 2024.
2. Затонская Е. В., Матюшин Г. В., Гоголашвили Н. Г. Распространенность и клиническое значение нарушений ритма сердца // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2017. – Т. 13, № 3. – С. 403–408. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-3-403-408>.
3. Mill J., Harrison J., Saiz-Vivo M. et al. The role of the pulmonary veins on left atrial flow patterns and thrombus formation // Sci Rep. – 2024. – Vol. 14, № 1. – P. 5860. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56658-2>.
4. Dudkiewicz D., Stodowska K., Jasińska K. A. et al. 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. – Vol. 23. – 100102. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102>.
5. Каракозова Е. А., Чаплыгина Е. В., Абоян И. А. и др. Закономерности вариабельности анатомического строения левого предсердия у лиц различных типов телосложения // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 55–59. <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-3-55-59>.
6. Bonczar M., Piątek-Koziej K., Wolska J. et al. Variations in human pulmonary vein ostia morphology: A systematic review with meta-analysis // Clin Anat. – 2022. – Vol. 35, № 7. – P. 906–926. <https://doi.org/10.1002/ca.23896>.
7. Бартош Н. О., Брюханов В. А., Милуков В. Е. Влияние вариантной анатомии легочных вен на предрасположенность к развитию фибрилляции предсердий и исходы интервенционного лечения (обзор литературы) // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых за-

болеваний. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 60–73. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2025-14-1-60-73>.

8. Niculescu M. C., Niculescu V., Sişu A. M. et al. Study of the diameter and number of the pulmonary veins orifices // Rom J Morphol Embryol. – 2006. – Vol. 47, № 2. – P. 133–135. PMID: 17106520.

9. Klimek-Piotrowska W., Hołda M. K., Piątek K. et al. Normal distal pulmonary vein anatomy // PeerJ. – 2016. – Vol. 4. – e1579. <https://doi.org/10.7717/peerj.1579>.

10. Гапонов А. А., Носкова М. Е., Якимов А. А. Синтопия устьев лёгочных вен в левом предсердии сердца человека // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 5–12. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>. EDN BFWJAR.

11. Гурина В. И., Кондратьев Е. В., Ревшивили А. Ш. и др. Оценка анатомии и функции левого предсердия по данным мультиспиральной компьютерной томографии при подготовке к радиочастотной катетерной абляции у пациентов с фибрилляцией предсердий // Медицинская визуализация. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 39–55. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-5-39-55>.

12. McLellan A. J., Ling L. H., Ruggiero D. et al. Pulmonary vein isolation: the impact of pulmonary venous anatomy on long-term outcome of catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation // Heart Rhythm. – 2014. – Vol. 11, № 4. – P. 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.12.025>.

13. Фатулаев З. Ф. Особенности хирургической анатомии и аритмогенных зон левого предсердия // Анналы аритмологии. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 239–246. <https://doi.org/10.15275/annaritm.2020.4.3>.

14. Oza H., Doshi B. Morphological and morphometric study of pulmonary vein anatomy in relation to cardiac invasive and electrophysiological procedures // Anat Cell Biol. – 2023. – Vol. 56, № 4. – P. 428–434. <https://doi.org/10.5115/acb.23.141>.

15. Патент № 2766761 С1 Российская Федерация, МПК G09В 23/30. Способ изготовления слепка левого предсердия в фазу диастолы : № 2021112528 : заявл. 28.04.2021 : опубл. 15.03.2022 / А. А. Гапонов, А. А. Якимов ; заявитель ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России. – EDN OWHFQU.

16. Гапонов А. А., Носкова М. Е., Якимов А. А. Морфометрическая характеристика левого предсердия взрослого человека // Казанский медицинский журнал. – 2021. – Т. 102, № 5. – С. 678–686. <https://doi.org/10.17816/KMJ2021-678>. EDN ZAUFHZ.

17. Prasanna L. C., Praveena R., D'Souza A. S., Bhat K. M. Variations in the pulmonary venous ostium in the left atrium and its clinical importance // Journal of Clinical and Diagnostic Research. – 2014. – Vol. 8, № 2. – P. 10–11. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7649.3992>.

18. Ho S. Y., Sánchez-Quintana D. The importance of atrial structure and fibers // Clin Anat. – 2009. – Vol. 22, № 1. – P. 52–63. <https://doi.org/10.1002/ca.20634>.

19. Ho S. Y., Cabrera J. A., Sanchez-Quintana D. Left atrial anatomy revisited // Circ Arrhythm Electrophysiol. – 2012. – Vol. 5, № 1. – P. 220–228. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.962720>.

20. Shukla L., Gaur N., Soni G., Dhall U. Variation in number and drainage pattern of pulmonary veins draining into the left atrium // J Anat Soc India. – 2012. – Vol. 61, № 1. – P. 5–8. [https://doi.org/10.1016/S0003-2778\(12\)80003-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2778(12)80003-7).

21. Чаплыгина Е. В., Каплунова О. А., Абоян И. А. и др. Вариантная анатомия легочных вен у людей различных типов телосложения // Морфологические ведомости. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 20–25. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31\(2\).723](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31(2).723).

22. Ревшивили А. Ш., Макаренко В. Н., Александрова С. А. Оценка морфологии легочных вен у пациентов

с фибрилляцией предсердий с использованием компьютерной ангиографии // Вестник аритмологии. – 2006. – № 45. – С. 42–47.

23. Hikspoors J. P. J. M., Anderson R. H., Lamers W. H., Mohun T. J. Normal development of the heart. In: *Pediatric Cardiology*. R. Abdulla et al. (eds.). Springer Nature Switzerland AG. – 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42937-9_8-1.

24. Webb S., Kanani M., Anderson R. H. et al. Development of the human pulmonary vein and its incorporation in the morphologically left atrium // Cardiol Young. – 2001. – Vol. 11, № 6. – P. 632–642. <https://doi.org/10.1017/S1047951101000993>.

REFERENCES

1. Anderson R. H., Cook A. C., Spicer D. E. et al. Wilcox's surgical anatomy of the heart. 5th ed. Cambridge Univ. Press. 2024.

2. Zatonskaya E. V., Matyushin G. M., Gogolashvili N. G. The prevalence and clinical significance of cardiac arrhythmias // Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2017;13(3):403–408. (In Russ.). <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-3-403-408>.

3. Mill J., Harrison J., Saiz-Vivo M. et al. The role of the pulmonary veins on left atrial flow patterns and thrombus formation // Sci Rep. – 2024. – Vol. 14, № 1. – P. 5860. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56658-2>.

4. Dudkiewicz D., Słodowska K., Jasińska K. A. et al. 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. – Vol. 23. – 100102. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102>.

5. Karakozova E. A., Chaplygina E. V., Aboyan I. A. et al. Regularities of variability in the anatomical structure of the left atrium in persons of different body types // Journal of Volgograd state medical university. 2024;21(3):55–59. (In Russ.). <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-3-55-59>.

6. Bonczar M., Piątek-Koziej K., Wolska J. et al. Variations in human pulmonary vein ostia morphology: A systematic review with meta-analysis // Clin Anat. – 2022. – Vol. 35, № 7. – P. 906–926. <https://doi.org/10.1002/ca.23896>.

7. Bartosh N. O., Bryukhanov V. A., Milyukov V. E. The influence of variant anatomy of the pulmonary veins on the susceptibility to the development of atrial fibrillation and the outcomes of interventional treatment (review) // Complex Issue of Cardiovascular Diseases. 2025;14(1):60–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2025-14-1-60-73>.

8. Niculescu M. C., Niculescu V., Sişu A. M. et al. Study of the diameter and number of the pulmonary veins orifices // Rom J Morphol Embryol. – 2006. – Vol. 47, № 2. – P. 133–135. PMID: 17106520.

9. Klimek-Piotrowska W., Hołda M. K., Piątek K. et al. Normal distal pulmonary vein anatomy // PeerJ. – 2016. – Vol. 4. – e1579. <https://doi.org/10.7717/peerj.1579>.

10. Gaponov A. A., Noskova M. E., Yakimov A. A. Syn- topy of pulmonary vein orifices in the left atrium of the human heart // I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. 2022;30(1):5–12. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>.

11. Gurina V. I., Kondrat'ev E. V., Revishvili A. Sh. et al. Evaluation of left atrial anatomy and function using multi-detector computed tomography in patients undergoing catheter ablation for atrial fibrillation // Medical Visualization. 2017;21(5):39–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-5-39-55>.

12. McLellan A. J., Ling L. H., Ruggiero D. et al. Pulmonary vein isolation: the impact of pulmonary venous anatomy on long-term outcome of catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation // Heart Rhythm. – 2014. – Vol. 11, № 4. – P. 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.12.025>.

13. Fatulaev Z. F. Surgical anatomy of arrhythmogenic zones of left atrium // *Annaly aritmologii*. 2020;17(4):239–246. (In Russ.). <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2020.4.3>.
14. Oza H., Doshi B. Morphological and morphometric study of pulmonary vein anatomy in relation to cardiac invasive and electrophysiological procedures // *Anat Cell Biol*. – 2023. – Vol. 56, № 4. – P. 428–434. <https://doi.org/10.5115/acb.23.141>.
15. Invention № 2766761 C1 Russian Federation, G09B 23/30. Method for making cast of left atrium in diastole phase : № 2021112528 : Date of filing: 28. 04. 2021 : Date of publication: 15. 03. 2022 / A. A. Gaponov, A. A. Yakimov; proprietor: FGBOU VO UGMU Minzdrava Rossii. EDN OWHFQU. (In Russ.).
16. Gaponov A. A., Noskova M. E., Iakimov A. A. Morphometrical observation on the left atrium in human adults // *Kazan Medical Journal*. 2021;102(5):678–686. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/KMJ2021-678>.
17. Prasanna L. C., Praveena R., D'Souza A. S., Bhat K. M. Variations in the pulmonary venous ostium in the left atrium and its clinical importance // *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. – 2014. – Vol. 8, № 2. – P. 10–11. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7649.3992>.
18. Ho S. Y., Sánchez-Quintana D. The importance of atrial structure and fibers // *Clin Anat*. – 2009. – Vol. 22, № 1. – P. 52–63. <https://doi.org/10.1002/ca.20634>.
19. Ho S. Y., Cabrera J. A., Sanchez-Quintana D. Left atrial anatomy revisited // *Circ Arrhythm Electrophysiol*. – 2012. – Vol. 5, № 1. – P. 220–228. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.962720>.
20. Shukla L., Gaur N., Soni G., Dhall U. Variation in number and drainage pattern of pulmonary veins draining into the left atrium // *J Anat Soc India*. – 2012. – Vol. 61, № 1. – P. 5–8. [https://doi.org/10.1016/S0003-2778\(12\)80003-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2778(12)80003-7).
21. Chaplygina E. V., Kaplunova O. A., Aboyan I. A. et al. The variant anatomy of pulmonary veins of people of different body types // *Morphological newsletter*. 2023;31(2):723. (In Russ.). [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31\(2\).723](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31(2).723).
22. Revishvili A. Sh., Makarenko V. N., Aleksandrova S. A. Assessment of morphology of pulmonary veins in patients with atrial fibrillation using the computed angiography // *Vestnik Aritmologii*. 2006;45:42–47. (In Russ.).
23. Hiksloops J. P. J. M., Anderson R. H., Lamers W. H., Mohun T. J. Normal development of the heart. In: *Pediatric Cardiology*. R. Abdulla et al. (eds.). Springer Nature Switzerland AG. – 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42937-9_8-1.
24. Webb S., Kanani M., Anderson R. H. et al. Development of the human pulmonary vein and its incorporation in the morphologically left atrium // *Cardiol Young*. – 2001. – Vol. 11, № 6. – P. 632–642. <https://doi.org/10.1017/s1047951101000993>.

Информация об авторах

Гапонов Антон Александрович, ассистент кафедры анатомии человека, Уральский государственный медицинский университет (г. Екатеринбург, Россия), инженер учебной лаборатории медицинской и биологической физики, Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия), ORCID: 0000-0002-6681-7537; **Якимов Андрей Аркадьевич**, кандидат медицинских наук, доцент, Уральский государственный медицинский университет (г. Екатеринбург, Россия), доцент кафедры медицинской биохимии и биофизики, Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия), ORCID: 0000-0001-8267-2895;

Information about authors

Gaponov Anton A., Assistant of the Department of Human Anatomy, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia), Engineer of the Educational Laboratory of Medical and Biological Physics, Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), ORCID: 0000-0002-6681-7537; **Iakimov Andrei A.**, Cand. of Sci (Med.), Associate Professor, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia), Associate Professor of the Department of Medical Biochemistry and Biophysics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia), ORCID: 0000-0001-8267-2895.