

УДК 611.141:611.127

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>

Синтопия устьев лёгочных вен в левом предсердии сердца человека

А. А. Гапонов¹, М. Е. Носкова¹, А. А. Якимов^{1, 2}✉¹Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация;²Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Синтопия структур левого предсердия (ЛП) относится к наименее изученным аспектам нормальной анатомии сердца. Морфометрические данные о положении устьев лёгочных вен в стенках ЛП по отношению к близлежащим структурам сердца и присердечных сосудов важны как референсные величины в кардиоморфологии, а также востребованы при эндоваскулярном лечении фибрилляций предсердий.

Цель. Методом морфометрии анатомических препаратов условно-нормального сердца взрослого человека установить общие закономерности и топоспецифические особенности локализации устьев лёгочных вен по отношению к овальной ямке и устьям полых вен.

Материалы и методы. Исследовали 54 влажных анатомических препарата сердца без макроскопических признаков гемодинамически значимой сердечной патологии. Препараты были получены от пациентов 35–89 лет, умерших от заболеваний, не связанных с болезнями сердца. Диастолу ЛП моделировали путём заполнения его полости силиконом, после затвердевания которого штангенциркулем измеряли расстояния от овальной ямки и устьев полых вен до устьев лёгочных вен.

Результаты. В статье представлены показатели вариации, медианы и крайние значения расстояний от овальной ямки и устьев полых вен до устьев лёгочных вен в месте их впадения в ЛП. Оценена значимость различий морфометрических параметров топографии, выполнен их корреляционный и однофакторный регрессионный анализ. Установлено, что наиболее сильная регрессионная зависимость характерна для значений ширины ЛП (X) и расстояния от устья верхней полой до устья левой нижней лёгочной вены (Y) ($r^2 = 0,45$; $X = 19,94 + 0,545Y$). Размеры сердца и длина ЛП не являлись значимыми предикторами для изучаемых параметров.

Заключение. Правые лёгочные вены по сравнению с левыми закономерно находились ближе к устьям полых вен, а также к овальной ямке. Самым узким было пространство между впадениями верхней полой и правой верхней лёгочной вены. Наиболее далеко от устьев обеих полых вен находилось устье левой нижней лёгочной вены. Наиболее сильные корреляционные взаимосвязи характерны для расстояний от устьев обеих полых вен до устьев гомолатеральных лёгочных вен, что предлагаем считать одним из критериев гармоничности строения предсердного комплекса.

Ключевые слова: анатомия сердца человека; морфометрия сердца; сердце; левое предсердие; лёгочные вены; овальная ямка

Для цитирования:

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. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>

Syntopy of Pulmonary Vein Orifices in the Left Atrium of the Human Heart

Anton A. Gaponov¹, Mariya E. Noskova¹, Andrey A. Yakimov^{1, 2} ✉¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation;² Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION: The syntopy of the left atrial (LA) structures is the least studied aspect of the normal heart anatomy. The morphometric data on the position of orifices of the pulmonary veins in the LA walls relative to the adjacent heart structures and heart vessels are important as reference parameters of heart morphology and are needed in the endovascular treatment of atrial fibrillations.

AIM: To establish the general patterns and topospecific peculiarities of the location of the pulmonary vein orifices relative to the oval fossa and orifices of the venae cavae using morphometric methods of anatomical preparations of conventionally normal adult human heart.

MATERIALS AND METHODS: Fifty-four wet anatomical preparations of the heart without macroscopic signs of hemodynamically significant cardiac pathology were studied. The preparations were obtained from patients aged 35–89 years who died from diseases not related to heart pathology. LA diastole was modeled by filling its cavity with silicone; after it hardened, the distances from the oval fossa and orifices of the venae cavae to the orifices of the pulmonary veins were measured using sliding calipers.

RESULTS: The article presents variation, medians, and extreme values of distances from the oval fossa and orifices of the venae cavae to the orifices of the pulmonary veins at the site of their opening to LA. The significance of differences of morphometric parameters of the topography was evaluated, and their correlation and one-way regression analyses were implemented. The strongest regression dependence was found for LA width and distance from the orifice of the superior vena cava to the orifice of the left inferior pulmonary vein (Y) $r^2 = 0.45$; $X = 19.94 + 0.545Y$). The heart dimensions and LA length were not significant predictors for the studied parameters.

CONCLUSION: The right pulmonary veins were located expectedly closer to the orifices of the venae cavae and the oval fossa than the left pulmonary veins. The narrowest was the space between the orifices of the superior vena cava and the right superior pulmonary vein. The farthest from the orifices of both venae cavae was the orifice of the left inferior pulmonary artery. The strongest correlation relationships were characteristic of the distances from the orifices of both venae cavae to the orifices of the homolateral pulmonary veins, which we propose to consider as one of the criteria of the harmoniousness of the structure of the atrial complex.

Keywords: *human heart anatomy; heart morphometry; heart; left atrium; pulmonary veins; oval fossa*

For citation:

Gaponov AA, Noskova ME, Yakimov AA. Syntopy of Pulmonary Vein Orifices in the Left Atrium of the Human Heart. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2022;30(1):5–12. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ76057>

Received: 15.07.2021

Accepted: 23.11.2021

Published: 31.03.2022

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВПВ — верхняя полая вена
ЛВ — лёгочная вена
ЛВЛВ — левая верхняя лёгочная вена

ЛНЛВ — левая нижняя лёгочная вена
ЛП — левое предсердие
НПВ — нижняя полая вена
ПВЛВ — правая верхняя лёгочная вена
ПНЛВ — правая нижняя лёгочная вена

ВВЕДЕНИЕ

Строение и топография левого предсердия (ЛП) на сегодняшний день относятся к наименее изученным аспектам нормальной анатомии сердца. В фундаментальных руководствах по кардиоморфологии нормальная анатомия ЛП описана крайне скупо [1, 2]. Известны публикации, в которых описаны элементы внесердечной топографии ЛП: соотношения ЛП с сосудами средостения, пищеводом, левым блуждающим и диафрагмальными нервами [3–6], при этом локальная (внутрисердечная) топография ЛП изучена недостаточно.

После того как в миокардиальных «рукавах» лёгочных вен (ЛВ) были описаны атипичные кардиомиоциты, в определённых условиях способные выступать в качестве морфологического субстрата наджелудочковых аритмий, интерес исследователей к анатомии ЛП возрос. Однако, эти исследования пошли в двух направлениях. Первое — изучение микроструктурной организации стенки ЛП, второе — изучение ЛП методами лучевой диагностики, выполняемой по клиническим показаниям у пациентов с заболеваниями сердца. Что касается сведений о макроскопической анатомии ЛП, полученных на трупном материале пациентов без отягощённого «сердечного» анамнеза, то такие публикации единичны [4, 6]. По результатам информационного поиска и анализа оригинальных статей, индексированных в Scopus, PubMed и Web of Science Core Collection за полувековой период (1970–2020), локальная топография ЛП явилась предметом десяти анатомических исследований, а нормальная анатомия устьев ЛВ была представлена в 14 публикациях.

В обзорной статье S. Whiteman, et al. при описании устьев ЛВ сделан акцент на их количестве и наличии миокардиальных «рукавов» в стенках ЛВ [6]. В работах S. Y. Ho, et al. основное внимание уделено миоархитектонике ЛП и структурно-топографическим соотношениям этой камеры сердца с соседними структурами [5, 7], однако локальная синтопия ЛП охарактеризована описательно, без использования морфометрии. Количественных данных о расстояниях между устьями полых и лёгочных вен, о расстояниях от овальной ямки до устьев ЛВ в литературе по нормальной анатомии не обнаружено. Неизвестно, по какому размеру сердца или ЛП с наибольшей надёжностью можно прогнозировать величину того или иного из вышеуказанных расстояний. Между тем, точные морфометрические данные о расстояниях между овальной ямкой, устьями полых и лёгочных вен, а также знание взаимосвязей между этими размерами,

размерами сердца и ЛП необходимы для планирования и выполнения интервенционных вмешательств, в частности, для транспредсердной электрокриодеструкции, радиочастотной абляции эктопических водителей ритма [3, 4]. Эти морфометрические данные позволят совершенствовать математические модели ЛП, обучать нейронные сети дифференцированному оцениванию нормального и патологического паттернов этой камеры сердца [8]. Что касается актуальности таких исследований для фундаментальной медико-биологической науки, информация о наличии и характере корреляционных и регрессионных связей между параметрами поможет понять закономерности строения сердца и, в частности, ЛП. Морфометрические данные и их соотношения можно использовать как основу для разработки анатомических нормативов строения ЛП, что соответствует задачам специальности «Анатомия человека».

Цель — методом морфометрии анатомических препаратов условно-нормального сердца взрослого человека установить общие закономерности и топоспецифические особенности локализации устьев лёгочных вен по отношению к овальной ямке и устьям полых вен.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Препараты сердца (n = 54) были получены от умерших, тела которых не были востребованы для захоронения; возможность получения информированного согласия отсутствовала. При работе с секционным материалом учитывали требования ст. 5 ФЗ № 8 «О погребении и похоронном деле» от 12.01.1996 (с изменениями, в действующей редакции).

Протокол исследования был одобрен Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет Минздрава России (Протокол № 8 от 20 ноября 2020 г.).

Критерии включения:

- 1) смерть от заболеваний, не связанных с болезнями сердца,
- 2) возраст пациентов от 35 до 89 лет,
- 3) типичное левостороннее положение сердца,
- 4) внешне обычно сформированное сердце,
- 5) конкордантное соотношение камер сердца и при-сердечных сосудов,
- 6) масса сердца 250–400 г.

Критерии невключения:

- 1) выявление при вскрытии желудочков сердца макроскопических признаков осложнений ишемической

болезни сердца, кардиомиопатий, заболеваний предсердно-желудочковых клапанов, признаков перенесённых операций на сердце,

- 2) повреждение или деформация верхней стенки ЛП,
- 3) нетипичное количество устьев ЛВ в стенке ЛП.

Морфометрию выполняли на влажных препаратах, на которых за счёт заполнения полости ЛП жидким силиконом моделировали фазу диастолы ЛП. Для этого препараты после эвисцерации тщательно отмывали от сгустков, хранили в 1% растворе формалина от нескольких часов до пяти суток, затем препараты полностью отмывали от формалина, после чего левый желудочек и правое предсердие тампонируют ватой, полость ЛП через устье правой верхней лёгочной вены (ПВЛВ) заполняли жидким силиконом с отвердителем. На время затвердевания силикона препараты подвешивали так, чтобы диафрагмальная поверхность сердца была приподнята над горизонтальной плоскостью на 10–15° — такая ориентация близка к естественному положению сердца у человека, находящегося в ортоградном положении. После затвердевания силикона для лучшей визуализации устьев ЛВ стенки ЛП препарировали. Определяли количество устьев ЛВ в местах впадения в ЛП, измеряли длину, ширину и переднезадний размеры сердца и ЛП, кратчайшее расстояние от каждого устья ЛВ до овальной ямки и до устьев верхней и нижней полых вен (ВПВ, НПВ). Морфометрию выполняли электронным штангенциркулем ШЦЦ-1-125 0,01 (ЧИЗ, Челябинск, Российская Федерация; точность 0,03 мм).

В программе Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США) оценивали распределение значений по W-критерию Шапиро–Уилка. Если распределение отличалось от нормального, результаты представляли в виде медиан, 25 и 75 перцентилей (p25, p75) и крайних значений. Для дисперсионного анализа использовали H-критерий Краскела–Уоллиса. При попарном сравнении, которое выполняли во вкладке «post hoc», использовали два теста, различавшиеся по чувствительности: тест наименьшей значимой разности Фишера (LSD-тест) и тест Бонферрони. Различия считали значимыми, если по обоим тестам α не превышала 0,05. Для корреляционного анализа использовали критерий Спирмена (Rs). Для оценки влияния размеров сердца и ЛП на значения морфометрических параметров устьев ЛВ выполняли регрессионный анализ, находили коэффициент детерминации r^2 , влияние предикторной переменной на переменную отклика считали значимым при $p < 0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При множественном сравнении восьми параметров расстояний от устьев полых вен до устьев ЛВ (табл. 1) выявлены значимые различия ($N = 309,8$; $p = 0,0$). При попарном сравнении с использованием статистических критериев с разным уровнем чувствительности установлено, что значения всех расстояний от устья ВПВ до устьев ЛВ различались между собой ($p < 0,0003$).

Таблица 1. Расстояния между устьями полых и лёгочных вен

Расстояние		Статистические параметры					
от устья	до устья	M, мм	Me, мм	p25 – p75, мм	min – max, мм	KB	W; p
верхней полых вен	ПВЛВ	6,8	6,3	4,0 – 9,4	1,75 – 16,0	51	0,956; 0,077
	ПНЛВ	25,6	25,0	21,0 – 28,3	9,0 – 46,3	27	0,968; 0,244
	ЛВЛВ	42,0	41,8	36,5 – 48,0	19,8 – 63,0	21	0,995; 0,999
	ЛНЛВ	51,6	50,4	45,2 – 59,2	29,0 – 73,9	18	0,986; 0,860
нижней полых вен	ПВЛВ	26,9	26,0	22,2 – 32,8	13,0 – 42,5	28	0,979; 0,562
	ПНЛВ	19,3	18,9	16,2 – 22,3	8,0 – 31,7	28	0,975; 0,421
	ЛВЛВ	56,4	54,5	50,5 – 62,3	26,9 – 78,0	18	0,976; 0,496
	ЛНЛВ	51,5	51,0	45,3 – 56,4	35,6 – 71,7	15	0,986; 0,849

Примечание: лёгочные вены: правая верхняя (ПВЛВ), правая нижняя (ПНЛВ), левая верхняя (ЛВЛВ), левая нижняя (ЛНЛВ); M — среднее, Me — медиана, p 25 – p 75 — перцентили, min – max — крайние значения, KB — коэффициент вариации, p — вероятность принятия гипотезы о соответствии распределения значений нормальному закону на основании теста Шапиро–Уилка (W)

Наиболее близко к устью ВПВ находилась ПВЛВ (рис. 1). Значения этого расстояния характеризовались наибольшей вариацией, а их распределение было смещено в сторону меньших величин и за счёт этого отличалось от нормального. Дальше других от ВПВ располагалось устье левой нижней ЛВ (ЛНЛВ). Этот параметр в 1,2 раза превышал расстояние от ВПВ до левой верхней ЛВ (ЛВЛВ) и был в 1,7 раза больше, чем расстояние от ВПВ до устья правой нижней ЛВ (ПНЛВ).

Не обнаружено различий между расстояниями от ВПВ до ПНЛВ и от НПВ до ПВЛВ ($p = 0,42$ по LSD-тесту). По отношению к устью НПВ наиболее далеко находилось устье ЛВЛВ. Это расстояние в 2,1 раза превышало расстояние от НПВ до ПВЛВ и было в 3 раза больше, чем расстояние от НПВ до ПНЛВ ($p < 0,0008$). Медианы расстояний от НПВ до левых лёгочных вен различались лишь на 8%, при оценке значимости этих различий вероятность ошибки первого рода варьировала от

0,002 по LSD-тесту до 0,052 по тесту Бонферрони. Из четырёх лёгочных вен устье ЛНЛВ было единственным, которое находилось на одинаковом удалении от устьев обеих полых вен ($p = 0,94$ по LSD-тесту).

При корреляционном анализе обнаружены сильные связи между такими параметрами как расстояние от устья НПВ до устьев правых ЛВ ($R_s = 0,75$), от устья НПВ до устьев левых ЛВ ($R_s = 0,79$), от устья ВПВ до устьев левых ЛВ ($R_s = 0,73$). Лишь для пары расстояний от ВПВ до устьев правых ЛВ были свойственны корреляции средней силы ($R_s = 0,41$). По отношению к овальной

ямке устья левых ЛВ во всех случаях находились дальше, чем устья правых ЛВ ($p < 0,0008$, табл. 2). Значения расстояний от овальной ямки до устьев правых ЛВ тесно коррелировали между собой ($R_s = 0,77$), а их различия находились на границе статистической значимости ($p = 0,069$ по тесту Бонферрони). Расстояния от овальной ямки до ЛВЛВ и до ЛНЛВ были одинаковы ($p = 0,125$ по тесту Бонферрони), их значения также формировали корреляционную пару ($R_s = 0,66$). Корреляционные связи между другими расстояниями от овальной ямки до устьев ЛВ были менее сильными ($R_s < 0,52$).

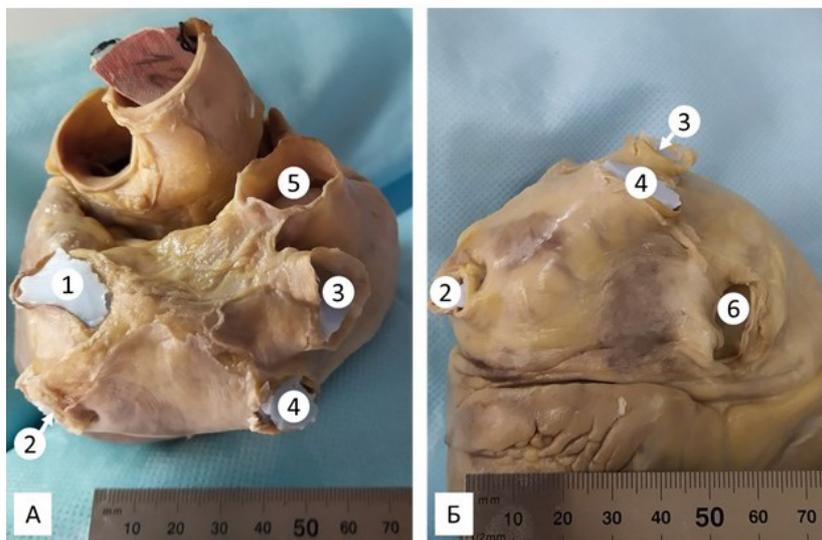


Рис. 1. Верхняя (А) и задняя (Б) стенка левого предсердия сердца человека при типичном количестве устьев лёгочных вен. Устья левой верхней (1), левой нижней (2), правой верхней (3) и правой нижней (4) лёгочных вен. Устья верхней (5) и нижней (6) полых вен. Препарат № 129.

Таблица 2. Расстояния от овальной ямки до устьев лёгочных вен

Расстояние от овальной ямки	Статистические параметры					
	М, мм	Ме, мм	p25 – p75, мм	min – max, мм	КВ	W; p
до ПЛВ	19,6	19,2	15,0 – 22,5	10,0 – 30,8	27	0,974; 0,396
до ПНЛВ	14,8	14,0	11,8 – 18,2	8,6 – 30,4	32	0,910; 0,002
до ЛВЛВ	48,2	45,8	43,0 – 50,0	28,8 – 62,5	15	0,968; 0,232
до ЛНЛВ	44,0	43,8	41,1 – 47,3	26,0 – 57,7	14	0,961; 0,122

Примечание: лёгочные вены: правая верхняя (ПВЛВ), правая нижняя (ПНЛВ), левая верхняя (ЛВЛВ), левая нижняя (ЛНЛВ); М — среднее, Ме — медиана, p25 – p75 — процентиля, min – max — крайние значения, КВ — коэффициент вариации, p — вероятность принятия гипотезы о соответствии распределения значений нормальному закону на основании теста Шапиро–Уилка (W)

По результатам однофакторного линейного регрессионного анализа установлено, что *длина ЛП, а также габаритные размеры сердца не оказывали статистически значимого влияния на параметры морфометрической топографии устьев ЛВ.* Параметром, который с наибольшей степенью надёжности можно прогнозировать по габаритным размерам ЛП, оказалось *расстояние между устьями ВПВ и ЛНЛВ.* Это расстояние (Y) зависело от ширины ЛП ($r^2 = 0,45$; $X_1 = 19,94 + 0,545Y$, где X_1 – ширина ЛП) и в меньшей степени от сагиттального

размера ЛП (X_2) при $r^2 = 0,36$, $X_2 = 20,65 + 0,44Y$. Слабым было влияние ширины ЛП на расстояние от устья ВПВ до ПНЛВ ($r^2 = 0,22$), до ЛВЛВ ($r^2 = 0,19$), от устья НПВ до ПВЛВ ($r^2 = 0,19$), до ЛВЛВ ($r^2 = 0,29$), до ЛНЛВ ($r^2 = 0,18$). Вклад сагиттального размера ЛП в значения расстояний от устья ВПВ до ПНЛВ и до ЛВЛВ, а также от устья НПВ до ПВЛВ не превышал 19% ($r^2 = 0,19$). Для остальных расстояний от полых до лёгочных вен ширина и сагиттальный размер ЛП не были значимыми предикторами.

Все три размера ЛП вносили тот или иной вклад в изменение расстояний от овальной ямки до верхних ЛВ, однако статистически значимая зависимость между

длиной ЛП, его сагиттальным размером и расстояниями от овальной ямки до нижних ЛВ не обнаружена (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент детерминации и угловой коэффициент линии регрессии, характеризующие влияние размеров левого предсердия на расстояния от овальной ямки до устьев лёгочных вен

Размер левого предсердия (предикторная переменная)	Расстояние от овальной ямки (переменная отклика)			
	до ПВЛВ	до ПНЛВ	до ЛВЛВ	до ЛНЛВ
Длина	0,19 (0,66)	0,03 (0,27)	0,26 (0,54)	0,09 (0,38)
Ширина	0,35 (0,91)	0,19 (0,68)	0,34 (0,64)	0,24 (0,63)
Сагиттальный размер	0,27 (0,69)	0,09 (0,41)	0,16 (0,38)	0,06 (0,28)

Примечание: ЛП — левое предсердие. Лёгочные вены: правая верхняя (ПВЛВ), правая нижняя (ПНЛВ), левая верхняя (ЛВЛВ), левая нижняя (ЛНЛВ). В скобках указан угловой коэффициент линии регрессии. Полукурсивом выделены те значения, при которых при $\alpha = 0,01$ можно принять гипотезу о наличии линейной зависимости между соответствующей предикторной переменной и переменной отклика

Для расстояний от овальной ямки до ЛВ наиболее значимым предиктором явилась ширина ЛП. Как показало сравнение соотношений коэффициентов детерминации, влияние ширины ЛП на изменение расстояний от этой ямки до верхних ЛВ в 1,4–1,8 раза больше, чем вклад этого же показателя в изменение расстояний до нижних ЛВ. Для линии регрессии в паре переменных «ширина ЛП — расстояние от овальной ямки до устья ПВЛВ» был отмечен наибольший угловой коэффициент (0,91). Это свидетельствует о том, что при увеличении ширины ЛП на 1 см расстояние от овальной ямки до ПВЛВ будет увеличиваться примерно на 9 мм, тогда как до других устьев ЛВ — на 6,3–6,8 мм ($p < 0,01$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящим исследованием установлено, что в стенке ЛП чаще всего имелось четыре устья ЛВ. Такое количество устьев ЛВ выявили в 70,8% (92 из 130) [9] и в 73,2% (41 из 56) [10]. T. Gupta, et al. (2019) обнаружили такой вариант в 87% (26 из 30) случаев [11], что согласуется с нашими результатами. Правая верхняя ЛВ закономерно проходила позади от ВПВ, между ней и правым предсердием. Правая нижняя ЛВ шла позади «интеркавальной области» [6]. Устья обеих правых ЛВ всегда находились вблизи межпредсердной перегородки и задней межпредсердной борозды (борозды Уотерстоуна). Локальная топография этой борозды, представляющей собой складку между правыми ЛВ и венозным синусом правого предсердия, важна при выполнении доступа в ЛП [1]. Выявленная в работе близость устьев ЛВ к борозде Уотерстоуна позволяет считать участки борозды, непосредственно примыкающие к ЛВ, местами наибольшего операционного риска при доступе в ЛП. Этот риск усугубляется двумя факторами: во-первых, возможностью прохождения здесь артерии синусно-предсердного узла, отходящей от огибающей ветви левой венечной артерии [1] и, во-вторых, наличием тонких, подчас безмышечных, зон в медиальных стенках правых ЛВ.

На четырёх препаратах, изначально вошедших в выборочную совокупность, но затем исключённых из неё в связи с атипичным количеством устьев ЛВ, левые ЛВ впадали в ЛП общим устьем, тогда как правые ЛВ всегда впадали изолированно. Z.A.A. Ikiz, et al. выявили общее устье ЛВ в 14,3% слева и в 3,6% случаев справа [10]. Между тем, в литературе есть указания на то, что вариации впадения более присущи правым ЛВ, чем левым [12, 13]. Так, L. Prasanna, et al. наблюдали общее устье правых ЛВ в 28%, а левых — всего в 6% случаев [12]. Эти противоречия могут отражать этническую, экологическую, индивидуальную изменчивость, но в то же время могут носить и методологический характер, связанный, например, с различиями в дизайне исследований и критериях формирования выборочных совокупностей.

В литературе есть указания на то, что при типичном количестве устьев левые ЛВ входят в ЛП выше, чем правые [7]. Эти морфометрические различия отражаются на степени удалённости устьев ЛВ от левого предсердно-желудочкового отверстия, в частности, на длине «митрального перешейка» [14], а также на ширине «левого латерального (левопредсердного) гребня» — мышечного валика, расположенного в пределах этого перешейка [15]. Показано, что длина «митрального перешейка» не зависела от вариантов впадения левых ЛВ [14]. Описаны мышечные пучки, которые, переходя с переднего межпредсердного пучка (Бахмана) через этот гребень на смежные с ним стенки ЛП и миокардиальную «муфту» венечного синуса, способны стать анатомическим субстратом при формировании путей проведения импульса по механизмам re-entry [5, 7]. Условные линии от устьев левых ЛВ до прикрепления задней (муральной) створки митрального клапана можно рассматривать как потенциальные линии аблации [16]. Учитывая способы доступа к этим устьям, важно знать не только их удалённость от митрального клапана, но и от устьев полых вен и овальной ямки, что и было изучено в настоящей работе.

В работе D. Sánchez-Quintana, et al. показана близость пищевода к устьям левых ЛВ, установлено,

что задняя стенка ЛП истончается в направлении снизу-вверх [17]. Проекция пищевода на потенциальные линии аблации, соединяющие устья верхних и устья нижних ЛВ, изучена Т. Gupta, et al. По данным авторов, пищевод пересекал верхнюю линию вблизи устья ЛВЛВ, а нижнюю примерно на границе средней и левой трети между устьями. Эти же авторы представили данные о расстояниях между устьями ЛВ, но морфометрических данных, с которыми можно было бы сопоставить полученные нами результаты, не обнаружено [11]. Настоящим исследованием установлено, что наиболее далеко от устьев обеих полых вен находится устье ЛНЛВ. Показано, что расстояние между устьями ВПВ и ЛНЛВ можно прогнозировать по ширине и сагиттальному размеру ЛП. Принимая во внимание, что в конечных отделах левых ЛВ по сравнению с правыми ЛВ лучше развиты «рукава» миокарда, и левые ЛВ обладают большей склонностью к генерации эктопических импульсов [6], эти выводы приобретают клиническое значение для планирования внутривенных вмешательств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На препаратах сердца с типичным (четырёхустьевым) вариантом впадения лёгочных вен в левое предсердие устья лёгочных вен находились от устьев полых вен на разном расстоянии: правые лёгочные вены по сравнению с левыми закономерно находились ближе к устьям полых вен, а также к овальной ямке. Самым узким было пространство между впадениями верхней

полой и правой верхней лёгочной вены (в верхнем отделе борозды Уотерстоуна), наиболее далеко от устьев обеих полых вен находилось устье левой нижней лёгочной вены. Наиболее сильные корреляционные взаимосвязи характерны для расстояний от устьев обеих полых вен до устьев гомолатеральных лёгочных вен, это можно считать одним из критериев гармоничности строения предсердного комплекса.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Гапонов А. А. — разработка концепции и дизайна исследования, изготовление препаратов, выполнение измерений, анализ данных, написание текста статьи; Носкова М. Е. — изготовление препаратов, выполнение измерений, редактирование текста статьи; Якимов А. А. — руководство работой, разработка концепции и дизайна исследования, анализ данных, написание и редактирование текста статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: A. A. Gaponov — research concept and design, collection and processing of material, data analysis, statistical processing, text writing; M. E. Noskova — processing of material, text editing; A. A. Yakimov — scientific guidance, research concept and design, data analysis, text writing and editing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андерсон Р., Спайсер Д., Хлавачек Э., и др. Хирургическая анатомия сердца по Уилкоксу. М.: Логосфера; 2015.
2. Бокерия Л.А., Бершвили И.И. Хирургическая анатомия сердца. Т. 2. Нормальное сердце и физиология кровообращения. М.: НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2006.
3. Фальковский Г.Э. Строение сердца и анатомические основы его функции. М.: НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2014.
4. Чаплыгина Е.В., Каплунова О.А., Евтушенко А.В., и др. Прикладные аспекты анатомического строения левого предсердия сердца человека // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 146–155. Доступно по: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22029>. Ссылка активна на 15.07.2021.
5. Ho S.Y., Cabrera J.A., Sanchez-Quintana D. Left atrial anatomy revisited // Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology. 2012. Vol. 5, № 1. С. 220–228. doi: [10.1161/CIRCEP.111.962720](https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.962720)
6. Whiteman S., Saker E., Courant V., et al. An anatomical review of the left atrium // Translational Research in Anatomy. 2019. Vol. 17. P. 100052. doi: [10.1016/j.tria.2019.100052](https://doi.org/10.1016/j.tria.2019.100052)
7. Ho S.Y., Sánchez-Quintana D. The importance of atrial structure and fibers // Clinical Anatomy. 2009. Vol. 22, № 1. P. 52–63. doi: [10.1002/ca.20634](https://doi.org/10.1002/ca.20634)
8. Kausar A., Razzak I., Shapii M.I., et al. 3D shallow deep neural network for fast and precise segmentation of left atrium // Multimedia Systems.

2021. Vol. 39. P. 1–11. doi: [10.1007/s00530-021-00776-8](https://doi.org/10.1007/s00530-021-00776-8)

9. Klimek-Piotrowska W., Holda M.K., Piątek K., et al. Normal distal pulmonary vein anatomy // PeerJ. 2016. Vol. 4. P. e1579. doi: [10.7717/peerj.1579](https://doi.org/10.7717/peerj.1579)

10. İkiz Z.A.A., Üçerler H., Özgür T. Anatomic characteristics of left atrium and openings of pulmonary veins // Anadolu Kardiyoloji Dergisi. 2014. Vol. 14, № 8. P. 674–678. doi: [10.5152/akd.2014.4968](https://doi.org/10.5152/akd.2014.4968)

11. Gupta T., Cheema N., Randhawa A., et al. Translational anatomy of the left atrium and esophagus as relevant to the pulmonary vein antral isolation for atrial fibrillation // Surgical and Radiological Anatomy. 2020. Vol. 42, № 4. P. 367–376. doi: [10.1007/s00276-019-02327-3](https://doi.org/10.1007/s00276-019-02327-3)

12. Prasanna L.C., Praveena R., D'Souza A.S., et al. 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. doi: [10.7860/JCDR/2014/7649.3992](https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7649.3992)

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

14. 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, № 3. P. 100102. doi: [10.1016/j.tria.2020.100102](https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102)

15. Piątek–Koziej K., Hołda J., Tyrak K., et al. Anatomy of the left atrial ridge (coumadin ridge) and possible clinical implications for cardiovascular imaging and invasive procedures // *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2020. Vol. 31, № 1. P. 220–226. doi: [10.1111/jce.14307](https://doi.org/10.1111/jce.14307)

16. Cho Y., Lee W., Park E.–A., et al. The anatomical characteristics of three different endocardial lines in the left atrium: evaluation by computed

tomography prior to mitral isthmus block attempt // *Europace*. 2012. Vol. 14, № 8. P. 1104–1111. doi: [10.1093/europace/eus051](https://doi.org/10.1093/europace/eus051)

17. Sánchez–Quintana D., Cabrera J.A., Climent V., et al. Anatomic relations between the esophagus and left atrium and relevance for ablation of atrial fibrillation // *Circulation*. 2005. Vol. 112, № 10. P. 1400–1405. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.105.551291](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.551291)

REFERENCES

1. Anderson RH, Spicer DE, Hlavacek AM, et al. *Wilcox's Surgical Anatomy of the Heart*. Moscow: Logosfera, 2015. (In Russ).

2. Bokeriya LA, Berishvili II. *Khirurgicheskaya anatomiya serdtsa. Vol. 2. Normal'noye serdtsse i fiziologiya krovoobrashcheniya*. Moscow: Nauchnyy tsentr serdechno-sosudistoy khirurgii imeni A.N. Bakuleva; 2006. (In Russ).

3. Fal'kovskiy GE. *Stroyeniye serdtsa i anatomicheskiye osnovy ego funktsii*. Moscow: Nauchnyy tsentr serdechno-sosudistoy khirurgii imeni A.N. Bakuleva; 2014. (In Russ).

4. Chaplygina EV, Kaplunova OA, Evtushenko AV, et al. Applied aspects of the anatomical structure of the human's heart left atrium. *Modern problems of science and education*. 2015;(5):146–55. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22029>. Accessed: 2021 July 15. (In Russ).

5. Ho SY, Cabrera JA, Sanchez–Quintana D. Left atrial anatomy revisited. *Circulation. Arrhythmia and Electrophysiology*. 2012;5(1):220–8. doi: [10.1161/CIRCEP.111.962720](https://doi.org/10.1161/CIRCEP.111.962720)

6. Whiteman S, Saker E, Courant V, et al. An anatomical review of the left atrium. *Translational Research in Anatomy*. 2019;17:100052. doi: [10.1016/j.tria.2019.100052](https://doi.org/10.1016/j.tria.2019.100052)

7. Ho SY, Sánchez–Quintana D. The importance of atrial structure and fibers. *Clinical Anatomy*. 2009;22(1):52–63. doi: [10.1002/ca.20634](https://doi.org/10.1002/ca.20634)

8. Kausar A, Razzak I, Shapai MI, et al. 3D shallow deep neural network for fast and precise segmentation of left atrium. *Multimedia Systems*. 2021;9:1–11. doi: [10.1007/s00530-021-00776-8](https://doi.org/10.1007/s00530-021-00776-8)

9. Klimek–Piotrowska W, Hołda MK, Piątek K, et al. Normal distal pulmonary vein anatomy. *PeerJ*. 2016;4:e1579. doi: [10.7717/peerj.1579](https://doi.org/10.7717/peerj.1579)

10. Ikiz ZAA, Üçerler H, Özgür T. Anatomic characteristics of left atrium and openings of pulmonary veins. *Anadolu Kardiyoloji Dergisi*.

2014;14(8):674–8. doi: [10.5152/akd.2014.4968](https://doi.org/10.5152/akd.2014.4968)

11. Gupta T, Cheema N, Randhawa A, et al. Translational anatomy of the left atrium and esophagus as relevant to the pulmonary vein antral isolation for atrial fibrillation. *Surgical and Radiological Anatomy*. 2020;42(4):367–76. doi: [10.1007/s00276-019-02327-3](https://doi.org/10.1007/s00276-019-02327-3)

12. Prasanna LC, Praveena R, D'Souza AS, et al. Variations in the pulmonary venous ostium in the left atrium and its clinical importance. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2014;8(2):10–1. doi: [10.7860/JCDR/2014/7649.3992](https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7649.3992)

13. Shukla L, Gaur N, Soni G, et al. Variation in number and drainage pattern of pulmonary veins draining into the left atrium. *Journal of the Anatomical Society of India*. 2012;61(1):5–8. doi: [10.1016/S0003-2778\(12\)80003-7](https://doi.org/10.1016/S0003-2778(12)80003-7)

14. Dudkiewicz D, Stodowska K, Jasińska KA, 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;23(3):100102. doi: [10.1016/j.tria.2020.100102](https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100102)

15. Piątek–Koziej K., Hołda J., Tyrak K., et al. Anatomy of the left atrial ridge (coumadin ridge) and possible clinical implications for cardiovascular imaging and invasive procedures. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2020;31(1):220–6. doi: [10.1111/jce.14307](https://doi.org/10.1111/jce.14307)

16. Cho Y, Lee W, Park E.–A., et al. The anatomical characteristics of three different endocardial lines in the left atrium: evaluation by computed tomography prior to mitral isthmus block attempt. *Europace*. 2012;14(8):1104–11. doi: [10.1093/europace/eus051](https://doi.org/10.1093/europace/eus051)

17. Sánchez–Quintana D, Cabrera JA, Climent V, et al. Anatomic relations between the esophagus and left atrium and relevance for ablation of atrial fibrillation. *Circulation*. 2005;112(10):1400–5. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.105.551291](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.551291)

ОБ АВТОРАХ

Гапонов Антон Александрович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6681-7537>;
e-Library SPIN: 2841-6740; e-mail: gagaponov@gmail.com

Носкова Мария Евгеньевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6291-4700>;
e-Library SPIN: 1403-9703; e-mail: margo9906@gmail.com

*Якимов Андрей Аркадьевич, к.м.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8267-2895>;
e-Library SPIN: 8618-2991; e-mail: ayakimov07@mail.ru

AUTHOR'S INFO

Anton A. Gaponov;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6681-7537>;
e-Library SPIN: 2841-6740; e-mail: gagaponov@gmail.com

Mariya E. Noskova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6291-4700>;
e-Library SPIN: 1403-9703; e-mail: margo9906@gmail.com

*Andrey A. Yakimov, MD, Cand. Sci (Med.), Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8267-2895>;
e-Library SPIN: 8618-2991, e-mail: ayakimov07@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author