

А. А. Якимов, Е. Г. Дмитриева

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ И ВНУТРИОРГАННАЯ ТОПОГРАФИЯ УСТЬЕВ ВЕНЕЧНЫХ АРТЕРИЙ В СЕРДЦЕ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

Кафедра анатомии человека (зав. — доц. П. В. Ивачёв), ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет», Екатеринбург

Цель — выявить варианты строения и внутриорганный топографии устьев венечных артерий у взрослого человека при разных типах кровоснабжения желудочкового комплекса сердца.

Материал и методы. На вскрытых через некоронарные синусы аорты 65 препаратах клапанов аорты взрослых людей изучили положение устьев венечных артерий, штангенциркулем измеряли минимальный и максимальный диаметры каждого устья, определяли их форму по соотношению диаметров.

Результаты. Для устьев обеих артерий типичной была округлая, реже овальная форма. В большинстве случаев левая венечная артерия начиналась в центральной трети, правая — в центральной или задней трети «своего» синуса на уровне верхнего края полулунной заслонки или между ним и синотубулярным соединением. Локализация устьев в пределах синусов, на уровне синотубулярного соединения или выше него была редкой для обеих артерий. В 20% случаев в правом синусе аорты спереди от устья правой венечной артерии имелось устье конусной артерии.

Выводы. Типичные и редкие варианты формы правого и левого устьев, варианты их положения по вертикальной оси аорты одинаковы, варианты их положения по горизонтали различны. Зависимость вариантов формы и положения устьев от типа кровоснабжения желудочков сердца не выявлена.

Ключевые слова: анатомия сердца, венечные артерии, клапаны сердца, аорта, синусы Вальсальвы

Введение. Литература, посвящённая вопросам морфологии венечных артерий (ВА), весьма обширна. В науке накоплено достаточно данных о микроскопическом строении стенки ВА, вариантах положения и ветвления ВА, их ремоделировании при патологии и в эксперименте [4, 8]. При этом, морфометрические исследования вариантной анатомии устьев ВА малочисленны, а полученные в них данные часто противоречивы. Между тем, развитие интервенционной кардиологии и кардиохирургии делает такие исследования всё более значимыми для практической медицины. Так, при выборе типов и способов оперативных вмешательств на клапане аорты необходимо учитывать возможное паракомиссуральное положение устьев и их соотношение с фиброзным кольцом аорты. Низкое положение устьев, особенно в сочетании с их щелевидной или овальной формой, создаёт затруднение при катетеризации и стентировании ВА [9]. Наоборот, начало устьев в восходящей части аорты выше надклапанного гребня, нередко ассоциированное с интрамуральным ходом ВА, считают предпосылкой развития внезапной коронарной смерти [10]. Цель исследования — выявить типичные и редкие варианты анатомии и внутриорганный топографии

устьев венечных артерий у взрослого человека при разных типах кровоснабжения желудочкового комплекса сердца.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили анатомические препараты сердца взрослого человека (n=65), полученные из патоморфологических отделений клинических баз университета (ЦГКБ № 1, ГКБ № 14, областное патологоанатомическое бюро) в соответствии с соглашениями о сотрудничестве. Препараты сердца принадлежали умершим, 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 г. (с изменениями и дополнениями от 01.01.2017 г.). Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России (протокол № 5 от 24 мая 2019 г.). Критерии включения в исследование: 1) возраст пациента старше 18 лет; 2) смерть от «несердечного» заболевания; 3) типичное левостороннее положение сердца; 4) внешне обычно сформированное сердце; 5) соотношение камер сердца и присердечных сосудов; 6) масса сердца 200–400 г; 7) отсутствие аномалий ВА, стентов в ВА, макроскопических атеросклеротических изменений в устьях ВА. Препараты фиксировали в 10% формалине, без предварительной инъекции препарировали подэпикардальные кровеносные сосуды. Тип кровоснабжения желудочкового комплекса сердца определяли на основании принадлежности задней межжелудочковой ветви системе левой или правой

Сведения об авторах

Якимов Андрей Аркадьевич (e-mail: Ayakimov07@mail.ru), Дмитриева Евгения Германовна, кафедра анатомии человека, Уральский государственный медицинский университет, 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

Таблица 1

Морфометрические параметры устьев венечных артерий

Морфометрический параметр	M±SD, мм	Крайние значения, мм	КВ, %
Dmax ПВА	3,4±0,58*	2,5–4,4	17
Dmin ПВА	2,9±0,43 #	2,3–3,9	15
Dmax ЛВА	4,4±0,73*	3,1–6,0	17
Dmin ЛВА	3,3±0,87 #	2,1–5,0	26

Примечание. M±SD — среднее арифметическое и его стандартное отклонение; КВ — коэффициент вариации.

* Различия значимы (t=–4,74; p<0,001); # различия незначимы (t= –1,65; p=0,11).

ВА (ЛВА, ПВА) [1]. Сердце вскрывали по кровотоку, восходящую часть аорты пересекали на 5–7 мм выше надклапанного гребня, затем луковицу аорты вскрывали продольным разрезом через некоронарный (задний) синус или левозаднюю комиссуру. Оценивали положение устьев по отношению к центральной продольной оси соответствующего синуса аорты (далее — положение по горизонтали), для чего стенки синусов аорты делили на переднюю, центральную и заднюю трети. При локализации устья на границе третьей его относили в зону, расположенную по часовой стрелке от границы. Также оценивали положение устьев вдоль указанной выше оси (по вертикали), для чего в стенке восходящей части аорты выделяли следующие зоны: 1 — в пределах синуса (ниже верхнего края полулунной заслонки (ВКПЗ), 2 — на уровне ВКПЗ, 3 — между ВКПЗ и синотубулярным соединением (СТС), которое соответствовало надклапанному гребню, а при его отсутствии — условной прямой линии, проведённой по стенке аорты между вершинами межзаслоночных треугольников (межкомиссуральная линия), 4 — в зоне СТС, 5 — выше СТС. При локализации устья на границе зон его относили к вышележащей зоне. Штангенциркулем ШЦ-II-150-0,1 (ГОСТ 166–89, цена деления 0,1 мм) измеряли максимальный и минимальный диаметры (Dmax, Dmin) устьев ВА. Определяли форму устьев ВА, для чего рассчитывали их индекс (ИВА) как отношение Dmin к Dmax. При ИВА менее 0,33 устье считали щелевидным, от 0,33 до 0,75 — овальным, от 0,75 и более — округлым.

Для статистической обработки результатов и построения диаграмм использовали программу Statistica 10.0 (StatSoft Inc, USA). Распределение значений оценивали с помощью W-критерия Шапиро—Уилка. При нормальном распределении вычисляли среднее значение и его стандартное отклонение (M±SD), использовали двусторонний t-критерий Стьюдента. Если распределение отличалось от нормального, результаты представляли в виде медиан и крайних значений; использовали U-критерий Манна—Уитни. Значимость различий долей оценивали, используя опцию Difference tests (вкладка Basic Statistic). Различия считали значимыми при $\alpha=0,05$.

Результаты исследования. Обе ВА могли иметь округлую или овальную форму устья, щелевидная форма была отмечена лишь на одном препарате у ЛВА. У ПВА округлые устья встречались в 2,8 раза чаще, чем овальные (73,7 и 26,3%, p<0,0001), тогда как для ЛВА почти с одинаковой вероятностью (p=0,04) были

характерны устья как округлой (42,1%), так и овальной формы (57,9%). Индекс ВА с округлыми устьями превышал ИВА с овальными устьями как у ПВА (0,93 и 0,59; p=0,001), так и у ЛВА (0,97 и 0,63; p=0,0003). Медианы ИВА у сосудов с одинаковой формой устьев между собой не различались (p>0,05). Устье ЛВА характеризовалось наибольшей вариацией значений его минимального диаметра и большей в сравнении с ПВА величиной максимального диаметра (табл. 1). Нередко просветы начальных отделов ВА суживались по мере удаления от синусов, в результате чего в трёхмерной системе координат устья имели форму раструба или воронки. На одном из препаратов с внешне обычно сформированной ПВА просвет её устья был около 0,5 мм в диаметре и был визуализирован лишь с помощью бинокулярного стереомикроскопа¹.

При анализе положения устьев ВА по горизонтали установлено, что устья ПВА с равной вероятностью (p=0,35) могли занимать центральное положение или располагаться в задней трети стенки синуса, но ни на одном препарате не были смещены кпереди (табл. 2). В отличие от ПВА устья ЛВА с одинаковой частотой

¹ При анализе размеров и формы устьев этот препарат исключили.

Таблица 2

Частота встречаемости вариантов положения устьев правой венечной артерии, абс. значения

Варианты положения устьев по вертикали	Варианты положения устьев по горизонтали			Итого, абс. значения (%)
	спереди	по центру	сзади	
Выше СТС	0	3	2	5 (6,0)
На СТС	0	5	4	9 (10,7)
Между СТС и ВКПЗ	0	23	27	50 (59,5)
На уровне ВКПЗ	0	7	10	17 (20,2)
В синусе	0	1	2	3 (3,6)
Всего, абс. значения (%)	0 (0,0)	39 (46,4)	45 (53,6)	84 (100)

Таблица 3

Частота встречаемости вариантов положения устьев левой венечной артерии, абс. значения

Варианты положения устьев по вертикали	Варианты положения устьев по горизонтали			Итого, абс. значения (%)
	спереди	по центру	сзади	
Выше СТС	0	5	0	5 (6,1)
На СТС	1	10	0	11 (13,4)
Между СТС и ВКПЗ	4	33	8	45 (54,9)
На уровне ВКПЗ	4	12	3	19 (23,2)
В синусе	0	1	1	2 (2,4)
Всего, абс. значения (%)	9 (11,0)	61 (74,4)	12 (14,6)	82 (100)

Примечание. ВКПЗ — верхний край полулунной заслонки; СТС — синотубулярное соединение.

той могли находиться как в передней, так и в задней трети синуса ($p=0,49$), но чаще всего занимали центральное положение (табл. 3).

При анализе положения устьев по вертикали установлено, что самым типичным как для ПВА, так и для ЛВА было положение устьев между ВКПЗ и СТС (59,5 и 54,9% соответственно, $p=0,55$). По сравнению с началом ВА на уровне ВКПЗ такой вариант встречался в 2,4 раза чаще у ЛВА и в 2,9 раза — у ПВА. Нетипичным для обеих ВА явилось их отхождение на уровне СТС, к наиболее редким вариантам относились случаи начала ВА выше СТС и ниже ВКПЗ. При отхождении ВА выше СТС расстояние от СТС до устья не превышало 3 мм. Наконец, лишь на единичных препаратах устья обеих ВА располагались ниже ВКПЗ и были полностью скрыты за полулунными заслонками (см. табл. 2, 3). Устья ПВА, по вертикали расположенные в наиболее типичном месте — между ВКПЗ и СТС, с одинаковой вероятностью ($p=0,42$) могли находиться в центральной (23 из 50; 46%) или задней трети стенки синуса (27 из 50; 54%), тогда как устья ЛВА, по вертикали расположенные на том же уровне, по горизонтали чаще находились в центральной трети стенки синуса, нежели в его передней или задней третях ($p<0,001$).

В 20% случаев в правом коронарном синусе аорты были отмечены два устья: одно принадлежало ПВА, другое — артерии артериального конуса. Устье этой артерии всегда в 2–3 раза уступало в размерах устью ПВА и находилось на 2–3 мм впереди от устья ПВА на участке от ВКПЗ до СТС. Второй особенностью изученной выборочной совокупности явилось отсутствие ЛВА на двух препаратах. В этих случаях левая огибающая ветвь начиналась от ПВА, проходила в поперечной пазухе перикарда позади от восходящей части аорты и далее шла типично в левой части венечной борозды, а передняя межжелудочковая ветвь, которая в норме отходит от ЛВА, брала

начало из левого коронарного синуса аорты в его центральной трети между ВКПЗ и СТС.

При анализе типов кровоснабжения желудочкового комплекса установлено преобладание правовенечного типа (86,2%); равномерный тип встречался в 9,2% случаев, левовенечный — всего на трёх препаратах (4,6%). В сердцах с равномерным и левовенечным типом размеры, форма устьев и их положение по горизонтали не отличались от таковых при правовенечном типе кровоснабжения. Анализ положения устьев по вертикали показал, что на всех 9 препаратах с равномерным и левовенечным типом устья обеих ВА находились на уровне ВКПЗ или между ВКПЗ и СТС.

Обсуждение полученных данных. До середины XX в. в научной литературе количественные характеристики размеров ВА были немногочисленны [4], однако развитие кардиохирургии и лучевой диагностики явилось предпосылкой к морфометрическим исследованиям ВА и, в частности, их устьев. Установлено, что у взрослых людей диаметр ВА равен 2,66–4 мм [7]. В первом и втором периоде зрелого возраста внутренний диаметр ПВА варьировал от 1,5 до 3,9 мм, составляя в среднем $2,7\pm 0,11$ мм, аналогичный параметр ЛВА был равен 2,5–5,6 мм ($3,6\pm 0,16$ мм) [5], что согласуется с данными [7, 11]. У пожилых людей эти значения несколько увеличивались, достигая $3,3\pm 0,17$ мм для ПВА и $4,4\pm 0,2$ мм — для ЛВА [5], но, по другим данным [3], диаметры устьев у пожилых в сравнении с людьми зрелого возраста не увеличивались, а наоборот, уменьшались, что автор предположительно объяснила возрастными изменениями стенки аорты. Диаметры устьев ПВА составили 4,0–4,7 мм, ЛВА — 4,1–4,8 мм [3], превышали соответствующие средние величины, приводимые [7, 11, 15], но укладывались в диапазоны морфометрических значений, полученных в настоящем исследовании, а также других

исследованиях [5, 15]. По данным изучения 90 препаратов представителей индийской популяции, диаметры устьев ВА находились в широком диапазоне: от 1 до 7–8 мм, однако средние значения составляли $2,5 \pm 1$ мм для ПВА и $2,8 \pm 1$ мм — для ЛВА, что указывало на преобладание в выборочной совокупности устьев малого и среднего диаметра [15]. Средние размеры устьев ВА у индийцев были меньше аналогичных размеров устьев ВА у жителей разных регионов России [1, 7 и настоящее исследование] и Западной Украины [5], однако детальный анализ литературы позволил предположить, что выявленные различия отражают не столько этническую или экологическую, сколько индивидуальную изменчивость артерий сердца.

Варианты формы устьев ВА описаны в ряде работ [1, 7, 12, 15], однако практически всегда это описание было основано на субъективной оценке. Е. А. Пиккиева (1968) с одинаковой частотой (92 %) наблюдала округлые устья у обеих ВА и только на одном сердце из 50 оба устья были овальной формы. J. Kulkarni и V. Paranjpe (2015), наоборот, пришли к выводу, что для устьев обеих ВА наиболее характерна форма овала, расположенного горизонтально. Такую форму встретили у ПВА в 76,6 %, у ЛВА — в 73,3 % случаев, в то время как округлые устья были отмечены с частотой 16 и 23 % случаев соответственно [15]. В настоящей работе типичными вариантами формы устьев обеих ВА также явились округлая и овальная, однако сведения о частоте встречаемости этих форм по сравнению с данными [7, 15] занимают промежуточное положение. Различия могли быть обусловлены как анатомической изменчивостью объектов изучения, так и могли носить методический характер. В представленном исследовании для выделения вариантов формы впервые предложили использовать вторичные метрические параметры — индексы ВА, а для их анализа применили непараметрический метод, не требующий нормального распределения значений и равенства дисперсий в сравниваемых группах.

К аномальным формам устьев ВА относили точечные, щелевидные, а также устья овальной или щелевидной формы, над которыми стенка аорты образует гребень или «козырёк» [12]. В представленной работе встретили одно точечное и одно щелевидное ($ИВА < 0,3$) устье, что согласуется с данными [12], согласно которым частота встречаемости аномальных форм как в сердцах с тетрадой Фалло или с отхождением аорты и лёгочного ствола от правого желудочка, так в сердцах без пороков не превышала 5,8 %. Такие формы устьев следует рассматривать

именно как аномалию по следующим причинам. Во-первых, малый просвет проксимального отдела ВА не в состоянии обеспечить оптимальную гемодинамику и предрасполагает к раннему развитию ишемии миокарда. Устья щелевидной формы, особенно в сочетании с острым углом отхождения и интрамуральным ходом проксимального отдела ВА, ассоциированы с внезапной коронарной смертью [8, 14]. Во-вторых, такие устья создают затруднения при катетеризации и стентировании ВА. И наконец, в-третьих, есть экспериментально-онтогенетические доказательства того, что точечные и щелевидные устья являются проявлением отклонений в реализации молекулярно-генетических механизмов соединения ВА с аортой [21].

Варианты положения устьев ВА описаны многими авторами [1–7, 11–15, 18–20], но результаты противоречивы, что объясняется, прежде всего, методологическими различиями работ. Одни учёные выражали положение устьев исключительно через первичные морфометрические параметры. Так, M. d'Souza и соавт. (2015) установили, что устье ПВА находилось в $10,5 \pm 3,5$ мм от правозадней комиссуры и в $14,7 \pm 3,3$ мм от передней комиссуры, тогда как в левом синусе аорты расстояния от устья ЛВА до передней ($12,1 \pm 2,3$ мм) и левозадней ($12,8 \pm 1,7$ мм) комиссур были почти равны [11]. Согласно M. Jatene и соавт. (1999), наоборот, расстояния от устья ПВА до обеих комиссур правого синуса были одинаковы (11,1 мм), но в левом синусе среднее расстояние от устья ЛВА до левозадней комиссуры составило 9,6 мм, до передней — 11 мм [13]. Расстояния от устьев обеих ВА до комиссур варьировали от нуля (что указывало на возможность интракомиссурального положения устьев) до 13 мм и в 90 % наблюдений составляли 4–9 мм [6]. M. Muriago и соавт. (1997) предложили выражать степень горизонтального смещения устьев в процентах от ширины соответствующего синуса. Расстояние между устьем ЛВА и передней комиссурой варьировало от 13 до 61 %, между устьем ПВА и правозадней комиссурой — от 5 до 62 %. Отсутствие оценки статистической значимости различий затруднило интерпретацию данных [6, 11, 13, 18], а необходимость в каждом конкретном случае измерять ширину синусов ограничила их практическое применение.

В настоящей работе, как и в работах других исследователей (табл. 4), был использован более простой и удобный для практического применения полуколичественный подход, состоявший в определении частоты встречаемости устьев в той или иной трети синуса по горизонтали или в той или

Таблица 4
Частота встречаемости вариантов положения устьев венечных артерий по отношению к центральной продольной оси синуса (по горизонтали) по данным литературы, %

Первый автор (год)	Объекты исследования		Методы исследования устьев	Устье правой ВА			Устье левой ВА		
	Характеристика	Количество		кпереди	по центру	кзади	кпереди	по центру	кзади
Мурач А. М. (1966)	Сердца человека 25–83 лет	150	Описательный метод, морфометрия	6,7	20,3	73	48,7	21,3	30*
Куц О. О. (1970, 1971)	Сердца человека от рождения до 86 лет	123	Препарирование, коронарография	?	?	59,6	?	61,7	?
Rejković B. (2008)	Сердца человека 18–80 лет	150	Препарирование, описательный метод	15	85		13	87	
Joshi S. (2010)	Сердца взрослых людей (возраст неизвестен)	105	Описательный метод	1,9	41	57,1	9,5	77,1	13,3
Горячева И. А. (2004, 2012)	Сердца человека зрелого и пожилого возраста; коронарограммы	475	Инъекция ВА, препарирование, полимерное балъзамирование, рентгенография	8–15	15–29	62–72	33–36	28–34**	33–36
Kulkarni J. (2015)	Сердца взрослых людей (возраст неизвестен)	90	Описательный метод, морфометрия	6,6	70	23,3	13,3	73,3	13,3
Tatsuishi W. (2015)	Пациенты перед операциями на клапане аорты. Исключены 104 пациента с двусторонним клапаном аорты, аннуло-аортальной экстазией, отхождением ВА от лёгочного ствола или от «не своих» синусов аорты	400	Аортальная мультidetекторная компьютерная томография	?	?	59,3	?	79,8	?

* У автора — «смещение влево», ** рассчитано нами; ? в первоисточниках нет данных.

иной зоне по вертикали. Полученные нами данные согласуются с данными большинства исследователей в том, что устье ЛВА наиболее часто открывалось в средней трети левого синуса. Устье ПВА чаще всего располагалось в средней трети [15], по другим данным — в задней трети правого синуса [3, 5, 6, 20]. По результатам измерений на аортальных мультidetекторных КТ W. Tatsuishi и соавт. (2015) доказали, что правое устье было более удалено от центра соответствующей заслонки по сравнению с левым ($4,1 \pm 3,1$ и $2,3 \pm 2,5$ мм, $p=0,03$), однако, следует учесть, что эти результаты получены в группе пациентов, имевших показания к протезированию клапана аорты [20]. Данные настоящей работы наиболее близки к результатам [14], согласно которым устье ПВА находилось в центральной и задней третях синуса с одинаковой частотой (см. табл. 4).

Смещение устьев ВА по вертикали описывают по-разному, что затрудняет сопоставление и обобщение данных. Так, D. Berdajs и M. Turina (2011) делили стенку луковицы аорты на верхнюю, среднюю и нижнюю трети. Начало ВА в нижней трети они считали глубоким, но не учитывали при этом высоту заслонки. Начало в верхней трети считали высоким и расценивали как аномалию, объясняя это острым углом отхождения ВА от аорты [9]. Явной аномалией принято считать отхождение ВА выше 10 мм от СТС [8]. Экспериментально обоснованным аргументом в пользу того, что высокое начало ВА — действительно аномалия, явилось высокое положение устьев ВА у плодов животных с удалённым эндотелиальным Notch-1 [21]. Другие (отечественные) авторы для характеристики положения устьев использовали верхний край полулунной заслонки [1–7], третьи — границу между луковицей аорты и её восходящей частью [11, 15, 18, 20]. Эту границу называли надклапанным гребнем, межкомиссуральной линией или СТС. Надклапанный гребень макроскопически часто выражен слабо или отсутствует [17], термин «комиссура» применительно к клапанам присердечных сосудов до сих пор не определён [8], поэтому

Таблица 5

Частота встречаемости вариантов положения устьев венечных артерий по вертикали (по данным литературы), %

Первый автор (годы)	Артерии	Положение устьев венечных артерий по вертикали				
		Ниже ВКПЗ	На уровне ВКПЗ	Между ВКПЗ и СТС	На уровне СТС	Выше СТС
Мурач А. М. (1966)		8–13	Примерно 50	34,5		Редко
Куц О. О. (1970, 1971)	ПВА	Нет	Нет	76,7		
	ЛВА			60		
Muriago M. (1997)	ПВА	Нет	Нет	78	9	13
	ЛВА			69	9	22
Pejkovic B. (2008)	ПВА	Нет	Нет	10	71	19
	ЛВА			18	22	60
Joshi S. (2010)	ПВА	5,7	11,4	72,4	6,7	3,8
	ЛВА	7,6	4,8	67,6	15,2	4,8
Гайворонский И. В. (2010)	ПВА*	–	–	–	–	–
	ЛВА	27	45	28	Нет	Нет
Горячева И. А. (2004, 2012)		23–36	40–46	18–32		
Kulkarni J. (2015)	ПВА	26,6			56,6	16,6
	ЛВА	30			52,2	17,7
d'Souza M. (2015)	ПВА	68,7			18,7	12,5
	ЛВА	60,4			22,9	10,4
Tatsuishi W. (2015)	ПВА	90,5			5,8	Редко
	ЛВА	93,5			4,3	

* Нет данных.

наиболее удачным для обозначения верхней границы луковичи аорты следует считать онтогенетически обоснованный и принятый в кардиохирургии термин СТС.

Интима аорты в месте СТС, особенно при выраженном надклапанном гребне, находится в неблагоприятных условиях, каждую систолу испытывая гемодинамический удар, приводящий к микротравме эндотелия. Стенка аорты в этой зоне, особенно у вершин межзаслоночных треугольников¹, имеет наибольшую толщину и содержит альфа-актин [17]. Следовательно, проксимальные отделы ВА, начинающихся на СТС, не только испытывают наибольший риск развития атеросклероза, но и могут быть сужены за счёт сокращения гладкомышечных элементов с последующим развитием ишемии миокарда. Варианты начала ВА на СТС рассматриваем как клинически неблагоприятные и считаем, что при такой локализации следует обращать особое внимание на степень окклюзии устьев. Наши данные о начале ВА на уровне СТС близки к результатам других авторов [11, 14, 18, 20], но,

вместе с тем, существенно отличаются от данных, приводимых [15, 19] (для ЛВА). Анализ показал, что J. Kulkarni и V. Paranjpe (2015) относили к зоне СТС участок стенки аорты на протяжении от 8 до 12 мм от основания синусов. Обоснование выбора именно этого диапазона авторы не привели. Если принять во внимание, что минимальная высота синусов аорты взрослого человека 11 мм [2], максимальная могла достигать 23 мм [6], а высота заслонок в среднем равна 11,6–11,8 мм [14], то становится очевидным, что устья, расположенные в пределах 8–12 мм от основания синусов, могли соответствовать участку стенки аорты между ВКПЗ и СТС или даже находиться ниже ВКПЗ.

Для устьев обеих ВА наиболее типичным оказалось положение между ВКПЗ и СТС. Такие же результаты при изучении сердец людей разных популяций получили некоторые авторы [1, 14, 18] (табл. 5), а также классики анатомии: Й. Гиртль и Pikuand [Цит. по 4]. Именно такое начало ВА считают нормальным крупные зарубежные кардиоморфологи [9, 10]. Е. А. Пиккиева (1968) выделила два крайних варианта положения сердца — горизонтальное и вертикальное — и отметила зависимость между положением сердца и расстоянием от устья ВА до ВКПЗ [7]. При горизон-

¹ При использовании терминов «интракомиссуральное» и «паракомиссуральное» (положение устьев) имеют в виду эти треугольники.

тальном положении сердца устья обычно лежали на уровне ВКПЗ, при вертикальном — они в 43 % находились на уровне ВКПЗ и в 57 % — выше него. По данным П. А. Гелашвили и соавт. (2007), в 66,7 % (32 из 48) устье одной или обеих ВА было выше ВКПЗ [2]. При отхождении ВА выше ВКПЗ расстояние от ВКПЗ до устья ВА не превышало 2,25 мм [1, 7], следовательно, устья находились в пределах луковицы аорты. По другим данным, это расстояние варьировало от 1 до 6–7 мм [2] и от 3 до 9 мм [3], т.е. устья могли находиться как в стенке луковицы (ниже СТС), так и на уровне СТС или выше него, в стенке восходящей аорты.

Начало ВА выше СТС для исследованной выборочной совокупности было не характерно. Частота таких вариантов находилась в интервале от 3,8 % для ПВА [14] до 22 % для ЛВА [18]. Обратила на себя внимание большая доля препаратов (60 %) с высоким началом ЛВА, приводимая В. Рејковић и соавт. [19]. С другой стороны — на исключительно большом количестве секционного материала (1000 сердец) Хакенсельнер лишь в 5 случаях обнаружил высокое начало ПВА и ни разу не выявил высокого начала ЛВА [цит. по 4].

Реже всего устья ВА находились в стенке синусов аорты ниже ВКПЗ. Это согласуется с данными [5–7, 14, 18, 19]. D. Berdaj, M. Turina (2011) не встретили отхождения ВА от нижней трети синуса ни на одном из 200 препаратов, однако отечественные учёные встречали такие варианты достаточно часто [3, 4]. Согласно П. А. Гелашвили и соавт. [2], устье ПВА находилось на расстоянии до 2 мм, устье ЛВА — до 4 мм ниже ВКПЗ. При аортальной мультidetекторной КТ обнаружили, что у 5 из 400 (1,3 %) пациентов одна из двух ВА начиналась низко, в 3,1–5 мм от основания створки [20]. Чем ниже находятся устья, тем труднее выполнить катетеризацию ВА и тем выше риск окклюзии устьев при протезировании клапана.

Дополнительное коронарное устье, одно или несколько, имели, по меньшей мере, 23,5 % нормальных сердец [12]. Такие устья [9] нашли на 110 из 200 препаратов (55 %); в 99 случаях из этих 110 дополнительное устье находилось в правом синусе аорты и принадлежало конусной артерии. По данным разных авторов, её отдельное устье встречалось от 8,3 [2] до 51 % наблюдений [10]. Изучив 300 влажных препаратов и 300 коронароангиограмм, M. Loukas и соавт. (2016) установили, что конусная артерия и ПВА в 16 % случаев имели общее устье, а в 40,3 % случаев она начиналась непосредственно от правого синуса

аорты [16]. Результаты настоящего исследования наиболее близки к данным [15, 20], согласно которым конусная артерия отходила отдельным устьем из правого синуса аорты в 20,5 и 24,4 % случаев соответственно. При описании её начала все авторы солидарны в том, что в ситуациях, когда конусная артерия отходила самостоятельным устьем, оно всегда находилось впереди от устья ПВА и уступало ему в размерах.

Заключение. Таким образом, в условно-нормальном сердце взрослого человека устья обеих ВА имели округлую, реже — овальную форму. Типичным для устья ЛВА было его положение в центральной трети, а для устья ПВА — в центральной или задней трети синуса своей стороны между ВКПЗ и СТС или на уровне ВКПЗ. Редкими вариантами явилось низкое (ниже ВКПЗ) и высокое (на СТС или выше него) положение одного из устьев в центральной, реже — в задней или передней третях соответствующего синуса. Точечные, щелевидные устья, а также низкое или высокое начало обеих ВА, равно как локализация устьев в межзаслоночных треугольниках и у их вершин, для нормально сформированной и неизменённой патологическим процессом луковицы аорты нехарактерны. Анатомическое соответствие между вариантами формы, положения устьев ВА и типом кровоснабжения желудочкового комплекса сердца не выявлено.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования: А. А. Я., Е. Г. Д.

Сбор и обработка материала: Е. Г. Д., А. А. Я.

Статистическая обработка данных: А. А. Я.

Анализ и интерпретация данных: А. А. Я.

Написание и редактирование текста: А. А. Я.

Авторы сообщают об отсутствии в статье конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайворонский И. В., Горячева И. А. Вариантная анатомия архитектоники венечных артерий // Вестник СПбГУ. Медицина. 2010. № 4. С. 63–69 [Gayvoronsky I. V., Goriacheva I. A. Variant anatomy of coronary arteries architectonics // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina. 2010. № 4. P. 63–69. In Russ.].
2. Гелашвили П. А., Куранова С. А., Гордеева М. Ю., Сабельников Н. Е. Клинико-морфологическая характеристика вариантов топографии устьев венечных артерий сердца человека // Морфол. ведомости. 2007. Т. 1, № 1–2. С. 273–274 [Gelashvily P. A., Kuranova S. A., Gordeeva M. J., Sabelnikov N. E. The clinical and morphological characteristics of humans coronal arteries estuaries // Morfologicheskie vedomosti. 2007. Vol. 1, № 1–2. P. 273–274. In Russ.].
3. Горячева И. А. Прикладная морфометрическая характеристика артерий сердца взрослого человека // Вариантная анатомия — теоретические и прикладные аспекты: сб. науч. работ конф., посвящ. 190-летию со дня рожд. В. Л. Грубера. СПб.: ВМедА, 2004. С. 40–43 [Goriacheva I. A. Applied mor-

- phometrical characteristic of the coronary arteries in human adults // *Variant anatomy — theoretical and applied aspects*. Saint-Petersburg: Voenno-meditsinskaya akademiya, 2004. P. 40–43. In Russ.].
4. Джавахишвили Н.А., Комахидзе М.Э. Сосуды сердца. М.: Наука, 1967 [Dzhavakhishvili N.A., Komakhidze M.E. Vessels of the heart. Moscow: Nauka, 1967. In Russ.].
 5. Куц О.О. Некоторые вопросы хирургической анатомии аортального клапана // *Вопросы практической медицины*. Львов, 1970. С. 241–243 [Kushch O.O. Some issues of surgical anatomy of the aortic valve // *Voprosy prakticheskoy meditsiny*. Lviv, 1970. P. 241–243. In Russ.].
 6. Мурач А.М. Хирургическая анатомия аортальных синусов // *Вестн. хир.* 1966. Т. 96, № 6. С. 22–28 [Murach A.M. Surgical anatomy of the aortic sinuses // *Vestnik khirurgii*. 1966. Vol. 96, № 6. P. 22–28. In Russ.].
 7. Пиккиева Е.А. О взаимосвязи между положением сердца в грудной полости и начальными отверстиями венечных артерий сердца // *Арх. анат.* 1968. Т. 45, Вып. 10. С. 74–80 [Pikkiyeva E.A. On relationship between position of heart in thoracic cavity and initial openings of the coronary arteries // *Arkhiv anatomii*. 1968. Vol. 45, № 10. P. 74–80. In Russ.].
 8. Anderson R.H., Spicer D., Hlavacek A., Cook A.C., Backer K.L. *Wilcox's surgical anatomy of the heart*. Cambridge Univ. Press, 2013.
 9. Berdajs D., Turina M.I. *Operative anatomy of the heart*. Chapter 4. Coronary arteries. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. P. 161–218. doi: 10.1007/978-3-540-69229-4
 10. *Coronary artery anomalies. A comprehensive approach* / P. Angelini (ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
 11. d'Souza M.R., Ray B., Saxena A., Rastogi P., d'Souza A.S., Gupta C., Muralimanju B.V., Shetty P., Kumar V., Kumar N. Variations of origin of coronary artery and their importance // *J. Morphol Sci.* 2015. Vol. 32, № 1. P. 1–7. doi: 10.4322/jms.051214
 12. Houyel L., Bajolle F., Capderou A., Laux D., Parisot P., Bonnet D. The pattern of the coronary arterial orifices in hearts with congenital malformations of the outflow tracts: a marker of rotation of the outflow tract during cardiac development? // *J. Anat.* 2013. Vol. 222. P. 349–357. doi: 10.1111/joa.12023
 13. Jatene M.B., Monteiro R., Guimaraes M.H., Veronezi S.C., Márcia Kyomi Koike, Jatene F.B., Jatene A.D. Aortic valve assessment. Anatomical study of 100 healthy human hearts // *Arq. Bras. Cardiol.* 1999. Vol. 73, № 1. P. 81–86. doi: 10.1590/s0066-782x1999000700007
 14. Joshi S.D., Joshi S.S., Athavale S.A. Origins of the coronary arteries and their significance // *Clinics (Sao Paulo)*. 2010. Vol. 65. P. 79–84. doi: 10.1590/S1807-59322010000100012
 15. Kulkarni J.P., Paranjpe V. Topography, morphology and morphometry of coronary ostia — a cadaveric study // *Eur J. Anat.* 2015. Vol. 19, № 2. P. 165–170. doi: is not found.
 16. Loukas M., Patel S., Cesmebasi A., Muresian H., Tubbs S., Spicer D., Dabrowski M. The clinical anatomy of the conal artery // *Clin. Anat.* 2016. Vol. 29, № 3. P. 371–379. doi: 10.1002/ca.22469
 17. Loukas M., Wartmann C.T., Tubbs R.S., Apaydin N., Louis Jr.R.G., Easter L., Black B., Jordan R. The clinical anatomy of the sinutubular junction // *Anat. Sci. Int.* 2009. Vol. 84, № 1–2. P. 27–33. doi: 10.1007/s12565-008-0011-0
 18. Muriago M., Sheppard M.N., Siew Yen Ho, Anderson R.H. Location of the coronary arterial orifices in the normal heart // *Clin. Anat.* 1997. Vol. 10, № 5. P. 297–302. doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1997)10:5<297::AID-CA1>3.0.CO;2-O
 19. Pejковић B., Krajnc I., Anderhuber F. Anatomical variations of coronary ostia, aortocoronary angles and angles of division of the left coronary artery of the human heart // *J. Int. Med. Res.* 2008. Vol. 36, № 5. P. 914–922. doi: 10.1177/147323000803600507
 20. Tatsuishi W., Nakano K., Kubota S., Asano R., Kataoka G. Identification of coronary artery orifice to prevent coronary complications in bioprosthetic and transcatheter aortic valve replacement // *Circ. J.* 2015. Vol. 79, № 10. P. 2157–2161. doi: 10.1253/circj.CJ-15-0415
 21. Wang Y., Wu B., Farrar E., Lui W., Lu P., Zhang D., Alfieri C.M., Mao K., Chu M., Yang D., Xu D., Rauchman M., Taylor V., Conway S.J., Yutzey K.E., Butcher J.T., Zhou B. Notch-TNF signalling is required for development and homeostasis of arterial valves // *Eur. Heart J.* 2017. Vol. 38, № 9. P. 675–686. doi: 10.1093/eurheartj/ehv520

Поступила в редакцию 24.10.2019

MORPHOMETRIC ANATOMY AND INTRAORGAN TOPOGRAPHY OF THE CORONARY ORIFICES IN HEART OF ADULT HUMAN

A. A. Yakimov, Ye. G. Dmitrieva

Objective — to reveal common and rare variants of the anatomy and intraorganic topography of the coronary orifices in normal hearts of adult human with regard to patterns of cardiac ventricular blood supply.

Material and methods. On 65 specimens of aortic valves opened through non-coronary sinus, the minimal and maximal diameters of each orifice were measured with a caliper, the shape of the orifices was determined according to the ratio of the diameters, and the position of the orifices was studied.

Results. The orifices of both right and left coronary arteries were mostly found to be round, less frequently oval. In most cases, the left coronary artery arose from the central third and the right artery arose from the central or posterior third of corresponding sinus at the level of the upper edge of the semilunar cusp or between the edge and the sinotubular junction. The localization of the arterial orifice within the sinuses at the level of sinotubular junction or above it was uncommon for the both arteries. In 20% of cases, the conal artery arose with its own orifice in front of the mouth of the right coronary artery.

Conclusions. Typical and rare shapes of the coronary orifices, variants of their position regarding to vertical axis of the aorta are the same, whereas variants of their position in horizontal axis are different. There is no relationship between variants of form of the orifices, position of the orifices and types of blood supply of heart ventricles.

Key words: *heart anatomy, coronary arteries, heart valves, aorta, sinus of Valsalva*

Department of Human Anatomy, Ural State Medical University, 3 Repina St., Ekaterinburg 620028