

ЯКИМОВ Андрей Аркадьевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека Уральского государственного медицинского университета (г. Екатеринбург), член Международной ассоциации морфологов, Ассоциации детских кардиологов России. Автор 73 научных публикаций, трех патентов на изобретения

ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ ПЕРЕДНЕЙ СОСОЧКОВОЙ МЫШЦЫ В СЕРДЦЕ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Передняя сосочковая мышца (ПСМ) правого желудочка (ПЖ) является одним из анатомических маркеров этой камеры сердца. Знание вариантной анатомии ПСМ важно для точной пренатальной диагностики и коррекции врожденных пороков сердца. Цель работы – представить анатомическую характеристику ПСМ и раскрыть варианты ее строения в нормальном сердце плода человека, т. е. сформированном без пороков. С помощью стереоскопического микроскопа изучены 75 препаратов сердец плодов 17–28 недель развития. ПСМ была обнаружена на всех препаратах, она располагалась на апикальной трети передней стенки ПЖ у места окончания перегородочно-краевой трабекулы и всегда относилась к свободному типу. В 14,7 % случаев имелась вторая мышца, которая отходила от верхушки или передней стенки ПЖ. Исходя из формы основания, количества брюшек и верхушек ПСМ, выделены ее анатомические варианты. Типичными для сердца плода были мышцы с монолитным основанием, одним брюшком и одной (вариант 1А, 40 %) или несколькими (вариант 1Б, 43,5 %) верхушками. Мышцы с монолитным основанием, несколькими брюшками и верхушками (вариант 2) встречались в 8,3 % случаев, что позволило отнести их к крайним вариантам нормы. Мышцы с расщепленным основанием, которые имели бы два или более брюшек, нам не встречались. Количество сухожильных хорд первого порядка у одной мышцы варьировалось от 1 до 15, в большинстве случаев составляло 4-6 и не зависело от анатомического варианта мышцы. В работе приведены значения метрических параметров ПСМ и ее сухожильных хорд, которые могут быть использованы в качестве референсных величин для формирования представления об анатомической норме применительно к фетальной кардиоморфологии.

Ключевые слова: *плод человека, сердце плода человека, анатомия сердца, передняя сосочковая мышца, правый желудочек, клапаны сердца.*

Передняя сосочковая мышца (ПСМ) ПЖ сердца, являясь самой крупной и наиболее постоянной сосочковой мышцей (СМ) ПЖ, относится к числу анатомических маркеров этой камеры сердца и вносит наибольший вклад в работу правого предсердно-желудочкового клапана [1, 2]. Анатомия данной мышцы в постнатальном периоде онтогенеза изучена весьма

подробно [3–7], однако исследования, посвященные морфометрической анатомии СМ в сердцах плодов, до настоящего времени единичны [8, 9]. Между тем без точных представлений о нормальном строении СМ невозможно развитие тканевой инженерии клапанного аппарата сердца [10]. Знание типовой и вариантной анатомии внутрисердечных структур сердца плода человека важно для развивающейся фетальной интервенционной кардиологии и кардиохирургии, для правильной интерпретации результатов лучевых методов исследования сердца, а также для решения проблем точной патоморфологической диагностики крайних вариантов нормального строения сердца и его малых аномалий [11].

Цель исследования – дать анатомическую характеристику ПСМ и описать варианты ее строения в нормальном (сформированном без пороков) сердце плода человека.

Материалы и методы. Дизайн исследования – простое маскированное: при работе с препаратами и первичными данными исследователю были известны только номера протоколов вскрытий. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом Уральского государственного медицинского университета и не противоречил законодательству РФ. Исследование проводилось в условиях строгой конфиденциальности.

Исследовали 75 препаратов сердец плодов человека мужского и женского пола 17–28 недель гестации. Материал был получен при рутинных аутопсиях плодов после спонтанных и медицинских аборт. К основным причинам прерывания беременности относились соматическая патология матери, преждевременная отслойка нормально расположенной плаценты, тяжелый гестоз. Для исследований отбирали сердца в фазе диастолы, с конкордантным соотношением полостей и сосудов сердца. В исследование не включали препараты хотя бы при одном из следующих условий:

- диссоциированное развитие плодов при многоплодной беременности;
- врожденные пороки развития плода;
- задержка внутриутробного развития;

- аномалии развития сердца;
- повреждение препарата при вскрытии;
- деформация препарата при фиксации.

Вскрытие сердца начинали с отсечения предсердий. Разрезом из легочного ствола до верхушки ПЖ вскрывали отдел оттока, рассекали наджелудочковый гребень через его середину, затем рассекали переднюю створку правого предсердно-желудочкового клапана между местами прикрепления хорд ПСМ и перегородочных мышц.

Препараты фиксировали и хранили в 5-процентном формалине, изучали с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа «МБС-9» (ЛЗСО, г. Лыткарино, Россия) с окуляром $\times 8$ и окулярной морфометрической шкалой, откалиброванной по объект-микрометру (ГОСТ 7513–75); точность измерений – от 0,17 мм при об. 0,6 до 0,025 мм при об. 4.

Определяли количество ПСМ, количество брышек и верхушек у каждой из этих мышц, описывали форму основания (моноконтное или расщепленное) и тип мышц (свободные или прикрепленные). Свободной считали мышцу, которая была связана со стенкой желудочка только основанием и поверхности которой были покрыты эндокардом со всех сторон. Если мышца одной из своих поверхностей срасталась со стенкой желудочка, ее считали прикрепленной.

Измеряли ширину СМ (наибольшее расстояние между поверхностями мышцы на уровне ее основания), максимальную и минимальную высоту СМ (соответственно, наибольшее и наименьшее расстояние от основания до верхушки мышцы). При мультиапикальных вариантах ПСМ высоту измеряли до верхушки, наиболее удаленной от основания. Основанием мышцы считали место ее начала от стенок желудочка или от трабекул, выходящих из этих стенок. Под верхушкой мышцы понимали наиболее удаленный от ее основания участок мышцы, от которого брали начало сухожильные хорды, направляющиеся к створкам или комиссурам. Подсчитывали количество сухожильных хорд, которые отходили от СМ, измеряли их длину и ширину.

Статистическую обработку результатов выполняли в программе «Statistica 10.0» (StatSoft Inc.).

Результаты морфометрии проверяли на нормальность, анализируя гистограммы и используя критерий Шапиро-Уилка. При нормальном распределении рассчитывали 95 % доверительные интервалы для средних значений (ДИ 95 %) и 95 % прогностические интервалы; последние охватывали диапазон, в который попадают 95 % значений в генеральной совокупности. Если распределение отличалось от нормального, для выявления статистически значимых различий между морфометрическими параметрами использовали Н-критерий Краскала-Уоллиса, для попарного сравнения использовали метод наименьшей значимой разности Фишера (LSD-критерий). Критический уровень значимости был равен 0,05.

Результаты. На 64 препаратах имелась одна ПСМ, на 11 препаратах – две мышцы. Общее количество этих мышц на 75 препаратах составило 86¹. В 100 % случаев ПСМ относилась к свободному типу и располагалась на апикальной трети передней стенки желудочка в месте окончания перегородочно-краевой трабекулы.

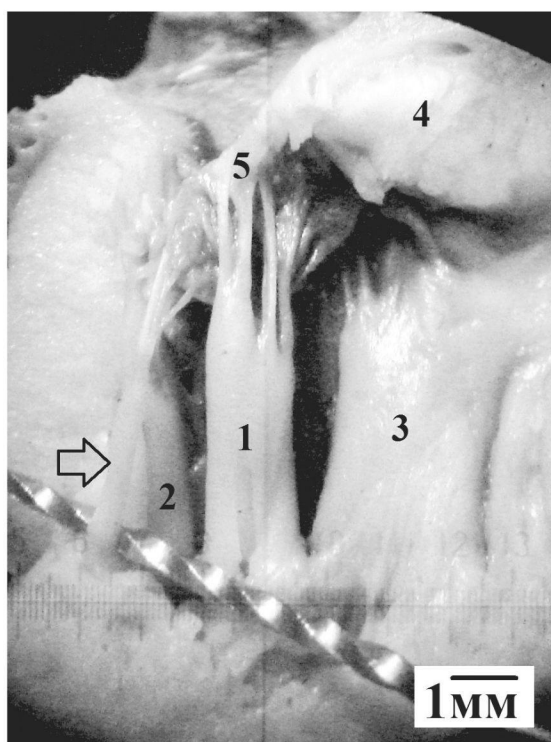
На препаратах с двумя ПСМ вторая мышца обычно начиналась из верхушки желудочка, реже она находилась на его передней стенке между первой ПСМ и межжелудочковой перегородкой (МЖП). У 91,8 % ПСМ основание было монолитным и лишь у 7 мышц из 86 расщеплено. Мышцы с расщепленным основанием формировались в результате слияния двух, реже трех мясистых трабекул, средняя ширина которых составляла 1,29 мм и варьировалась от 0,7 до 2,0 мм. Исходя из соотношения количества брюшек и верхушек, выделили типы строения ПСМ (табл. 1). Наиболее часто (83,5 %) эти мышцы имели монолитное основание, одно брюшко, одну или несколько верхушек (вариант 1). Мы не встречали мышцы с расщепленным основанием, которые имели бы 2 или более брюшек. В 15 случаях из 86 от ПСМ отходили мостовидные трабекулы. Наиболее часто (7 из 15) трабекулы соединяли переднюю и заднюю мышцы, реже перекидывались от ПСМ к передней, задней и перегородочной стенкам ПЖ. На одном препарате мостовидная трабекула соединяла первую и вторую ПСМ.

Таблица 1

ВАРИАНТЫ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПСМ В СЕРДЦЕ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Вариант	Анатомическая характеристика			Количество препаратов (% от общего количества)		
	Основание мышцы	Количество брюшек	Количество верхушек	ПСМ-1 (n ₁ = 74)	ПСМ-2 (n ₂ = 11)	общее (n = 85)
1А	Монолитное	1	1	27 (31,8)	7 (8,2)	34 (40)
1Б			Более 1	34 (40)	3 (3,5)	37 (43,5)
2А	Монолитное	Более 1	Равно количеству брюшек	5 (5,9)	–	5 (5,9)
2Б			Превышает количество брюшек	2 (2,4)	–	2 (2,4)
3А	Расщепленное	1	1	1 (1,2)	1 (1,2)	2 (2,4)
3Б			Более 1	5 (5,9)	–	5 (5,9)
4А	Расщепленное	Более 1	Равно количеству брюшек	–	–	–
4Б			Превышает количество брюшек	–	–	–

¹В одном случае из 86 данные в протоколе были неполными, при оценке результатов морфометрии ПСМ это наблюдение не учитывали.



Анатомические образования ПЖ сердца плода человека. ПСМ (1) относится к анатомическому варианту 1Б, располагается между задней СМ (2) и перегородочно-красовой трабекулой (3). Из задней стенки ПЖ в заднюю СМ входит aberrантная трабекула (стрелка). Хорды ПСМ идут к передней створке (5) правого предсердно-желудочкового клапана. 4 – наджелудочковый гребень. Препарат № 67, 17-19 недель гестации

Морфометрия ПСМ показала, что расстояние от ее основания до верушки лишь у 13 мышц было одинаково со всех сторон, это потребовало измерения их максимальной и минимальной высоты. В большинстве случаев высота ПСМ была максимальной со стороны отдела притока, тогда как со стороны отдела оттока и передней стенки желудочка высота ПСМ была наибольшей лишь в 9 случаях.

Размеры данной мышцы варьировались в широких пределах (табл. 2). Максимальная высота самой крупной ПСМ была равна 9,5 мм, ширина – 6,55 мм, аналогичные размеры самой маленькой мышцы составляли 2,25 мм и 1,0 мм. На основании соотношения прогностических интервалов размеров ПСМ установлено, что в генеральной совокупности показатели максимальной и минимальной высоты будут превышать ширину в 2,4-2,9 и 1,9-2,2 раза соответственно. Между группами ПСМ, относившимися к разным анатомическим вариантам, статистически значимые различия выявлены только по показателю ширины. Медиана ширины мышц, относившихся к варианту 1Б, составила 2,1 мм, к варианту 3Б – 2,3 мм и к варианту 2А – 2,45 мм ($p > 0,05$)². При этом мышцы варианта 1А имели более узкое основание (медиана 1,8 мм) по сравнению с таковым у мышц других групп ($p < 0,05$).

Число сухожильных хорд первого порядка у одной ПСМ варьировалось от 1 до 15, наиболее часто (45,9 %) встречали от 4 до 6 хорд.

Таблица 2

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПСМ В СЕРДЦЕ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Параметр	W-критерий Шапиро-Уилка, р	H-критерий Краскала-Уоллиса, р	ДИ 95 %, мм	Медиана, мм	Крайние значения, мм	ПИ 95 %, мм
Высота максимальная	0,967; 0,04	3,09; 0,38	–*	4,75	2,25–9,5	1,99–8,20
Высота минимальная	0,979; 0,25	2,28; 0,52	3,73–4,29	3,9	1,3–7,0	1,53–6,49
Ширина	0,985; 0,49	12,75; 0,005	1,9–2,2	2,0	0,5–3,65	0,69–3,41

Примечание: * согласно критерию Шапиро-Уилка, распределение значений максимальной высоты ПСМ с вероятностью 96 % отличалось от нормального, поэтому ДИ 95 % не рассчитывали.

²Ввиду единичного количества наблюдений варианты 2Б и 3А из статистической обработки исключили.

Количество хорд не зависело от принадлежности мышцы к тому или иному анатомическому варианту ($N = 6,32$; $p = 0,097$), однако линейно возрастало по мере увеличения количества верхушек мышц ($N = 13,9$; $p = 0,007$). Так, если у мышц с одной верхушкой медиана количества хорд составила 5,0, то у мышц с 4 верхушками она была равна 8,0. Сухожильные хорды мышц, относившихся к разным анатомическим вариантам, не различались между собой ни по длине, ни по показателям ширины. В объединенной выборочной совокупности длина хорд варьировалась в широком диапазоне от 0,625 до 5,375 мм (медиана 2,125). Отмечено, что по мере удаления от ПСМ хорды нередко расширялись в 1,4-1,7 раза. Если у верхушки мышцы их ширина варьировалась от 75 до 300 мкм (медиана 200 мкм), то у вхождения в створку или комиссуру крайние значения ширины соответствовали 125–425 мкм (медиана 250 мкм). Длина хорд превышала показатели их ширины в 8,5-10,6 раза.

Примечательно, что при корреляционном анализе зависимость между размерами ПСМ и ее хорд не обнаружена, лишь показатели ширины мышцы и максимальной ширины ее хорд формировали корреляционную пару. В большинстве случаев (64 из 86; 74,4 %) ПСМ посылали хорды только к передней створке правого предсердно-желудочкового клапана (см. рисунок). В 20,9 % сухожильные хорды направлялись как к передней, так и к задней створке и лишь у трех мышц хорды первого порядка, помимо названных створок, достигали переднезадней комиссуры.

Обсуждение. В настоящем исследовании впервые детально изучена анатомия ПСМ в сердце плода человека. Установлено, что эта мышца является постоянной структурой ПЖ, что согласуется с данными литературы [3, 4, 7, 9, 12]. Единственный известный нам случай отсутствия ПСМ в ПЖ описан в работе М. Skwarek (2005) и соавторов, изучивших 107 препаратов нормально сформированных сердец взрослых людей. Учитывая существенный вклад этой мышцы в обеспечение оптимальной внутрисердечной

гемодинамики, мы солидарны с авторами [6] в том, что ее отсутствие следует рассматривать как аномалию формирования трабекулярно-папиллярного и клапанного аппарата сердца.

Анатомия клапанного аппарата сердца плода человека явилась предметом диссертационного исследования Л.О. Шаликовой (2013), которая изучила 60 препаратов нормальных сердец плодов 16–22 недель и пришла к выводу, что количество СМ правого предсердно-желудочкового клапана обычно не превышает трех [9]. Однако указания на варианты количества ПСМ ПЖ у автора отсутствуют. Между тем большинство кардиоморфологов отмечает, что помимо основной ПСМ в ПЖ может встречаться вторая мышца, берущая начало из передней стенки желудочка [3, 5, 12]. В настоящей работе 2 ПСМ наблюдали в 14,7 % случаев, что приближалось к результатам других исследований [3, 12]. По данным Л.М. Дугадко (1971), полученным при изучении огромного количества препаратов (870, из них 86 принадлежали плодам), в 21,3 % случаев во всей выборочной совокупности на передней стенке ПЖ имелись 2, а иногда и 3 СМ [3]. Примерно с той же частотой 2 ПСМ наблюдали G. Nigri и соавторы (2001). Изучив 79 препаратов сердец взрослых людей, авторы установили, что ПСМ в 81 % случаев имела одну «головку» и в 19 % – 2. Анализ иллюстраций в статье данных исследователей позволил установить, что под «головкой» авторы имели в виду отдельную мышцу [12].

Типичным местом локализации ПСМ была апикальная треть передней стенки желудочка, как правило, вблизи окончания перегородочно-краевой трабекулы. Принимая во внимание происхождение ПСМ и перегородочно-краевой трабекулы из единого мышечного кольца, разделяющего приточный и выводной отделы, такую локализацию данной мышцы следует рассматривать как один из критериев нормального строения ПЖ [1]. Топографические отношения ПСМ с указанной трабекулой подробно изучены А. Kosiński с соавторами (2013), допускаями возможность ее начала не только от передней стенки, но и от верхушки желудочка [13].

Это согласуется как с результатами отечественных ученых [3, 4], так и с нашими наблюдениями. При изучении сердец приматов установлено, что ПСМ в 14,5 % случаев брала начало от МЖП [13]. Начало описываемой мышцы от апикальной трети МЖП мы наблюдали в единичных случаях и только на препаратах с двумя ПСМ. При этом основная (более крупная) мышца всегда начиналась от передней стенки, а в формировании добавочной ПСМ участвовал не только миокард перегородки, но и миокард передней стенки и/или апикальных трабекул.

В кардиоморфологии не существует единой классификации СМ. Наиболее часто СМ классифицируют, исходя из их формы и количества верхушек («сосочков»). Большинство исследователей выделяют одно-, двух или трехсосочковые мышцы конической и цилиндрической формы [4, 5, 7, 12]. Кроме того, выделяют сосочковидные и дугообразно изогнутые мышцы [12]. Польские морфологи при описании СМ используют классификацию, согласно которой выделяют мультиапикальные и мультисегментарные мышцы [6]. Отсутствие четкого определения понятия «сегмент мышцы» является недостатком этой классификации. Помимо формы и количества верхушек СМ делят на 2 группы: свободные и прикрепленные, при этом свободные мышцы состоят из разного количества «столбиков» [14, 15]. Три группы СМ – свободные конические, прикрепленные конические и мостовидные – описали А. Soto и J. Henriquez (2011) [16]. Наконец, СМ можно классифицировать в зависимости от формы их основания.

В настоящем исследовании при выделении анатомических вариантов ПСМ впервые учтены все вышеуказанные подходы. Установлено, что наиболее часто ПСМ имели монолитное основание, одно брюшко («сегмент», «столбик»), одну или несколько верхушек (варианты 1А и 1Б) и при этом всегда были связаны со стенкой желудочка лишь своим основанием (мышцы свободного типа). Это согласуется с данными других исследователей, изучавших СМ плода [9, 17]. Так, Л.О. Шаликова считает типичной для ПЖ сердца плода ПСМ прямоугольной

или цилиндрической формы, что соответствует анатомическому варианту 1Б.

В работе А.К. Габченко и Р.Р. Мартышевой [17] на материале сердец 60 плодов и новорожденных выделены конические, цилиндрические, двухголовые, трехголовые и веретенообразные СМ. Принимая во внимание, что авторы различают понятия «головка» и «верхушка» мышцы, можно предположить, что мышцы, названные ими двух- и трехголовыми, соответствуют вариантам 2А и 2Б по нашей классификации. Данные литературы свидетельствуют, что мышцы, отнесенные нами к первому и второму вариантам, характерны и для сердца взрослого человека [2, 3, 5, 6]. Так, в исследовании М. Skwarek и соавторов (2005) 84 % ПСМ имели от 1 до 4 «сегментов» (брюшек), при этом моносегментарные моноапикальные мышцы (вариант 1А) встречались в 23,26 % наблюдений [6], что в 1,7 раза меньше частоты встречаемости таких мышц в сердцах плодов (см. *табл. 1*). Эти различия могут быть проявлением как индивидуальной, так и возрастной изменчивости формы ПСМ на этапах онтогенеза.

Известно, что СМ образуются в результате слияния первичных эмбриональных трабекул. Нарушения дифференцировки и пролиферации их клеток ведут к сбоям в направленной миграции кардиомиоцитов, что проявляется формированием aberrантных трабекул (см. *рисунок*) и изменением всего дефинитивного паттерна трабекулярности [1, 18, 20]. По всей видимости, одним из проявлений таких нарушений является формирование ПСМ с расщепленным основанием, нетипичное ни для плодных сердец, ни для сердец взрослых людей. ПСМ, которая формируется в результате слияния нескольких мясистых трабекул, более типична для сердец обезьян, нежели для человека [13]. Можно предположить, что мышцы с расщепленным основанием (варианты 3А и 3Б) отражают задержку развития трабекулярно-папиллярного аппарата.

Другой анатомической особенностью изученных мышц явились трабекулы, которые встречались в 17,4 % случаев и соединяли мышечное

брюшко с соседними СМ и/или стенками желудочка. Такие трабекулы или «мышечно-фиброзные перемычки» описаны в литературе [4, 7, 12, 19]. Полагают, что они обеспечивают согласованную работу СМ при наполнении желудочков в ранней диастоле [20]. Настоящее исследование не позволяет ответить на вопрос, следует ли рассматривать такие особенности строения ПСМ как нормальные или аномальные. Для этого необходимы прижизненные анатомо-физиологические исследования сердца, дополненные молекулярно-генетическими методами и опирающиеся на четкие анатомические критерии нормальности.

Исследованием установлено, что показатели высоты ПСМ превышали ее ширину в 1,9-2,9 раза. Между тем в сердцах грудных детей высота данной мышцы превышала ее ширину в 1,9-2,2 раза [3]. По данным, полученным при изучении сердец взрослых [12], высота ПСМ варьировалась от 5,9 до 40 мм и соотношение крайних значений высоты было равно 6,8, тогда как в настоящем исследовании это соотношение составило 4,2. Из этого следует, что по сравнению с сердцами взрослых людей ПСМ в плодных сердцах характеризуется более узким диапазоном индивидуальной изменчивости метрических параметров. Полагаем, что при определении границ анатомической нормы указанные соотношения размеров ПСМ могут быть приняты в качестве референсных интервалов.

В сердце плода одна ПСМ обычно отдавала 4-6 сухожильных хорд, что соответствовало среднему количеству ее хорд (4,74) у взрослых [7]. В проведенном исследовании выявлено, что длина хорд превышала их ширину в 8,5-10,6 раза. Между тем в сердцах взрослых людей длина сухожильных хорд, идущих к передней и задней створкам трикуспидального клапана, превышала ширину этих хорд в 17,4-22,3 раза [19].

Факт увеличения относительной длины сухожильных хорд и уменьшения относительной высоты мышц от пренатального до пубертатного периода установлен Л.М. Дугадко (1971).

По-видимому, для сердец плодов по сравнению с сердцами взрослых характерны более короткие и широкие хорды. В 95,3 % наблюдений хорды ПСМ шли исключительно к передней створке или к передней и задней створкам и реже всего – к переднезадней комиссуре. Такая же особенность была отмечена в сердцах взрослых людей [7]. Ни на одном препарате мы не встретили хорд ПСМ, которые бы шли к перегородочной створке, однако Л.О. Шаликова допускает такую возможность [9]. Известно, что задние и перегородочные СМ, их хорды и соответствующие им створки развиваются путем «размывания» и деламинации миокарда задней стенки первичного желудочка, тогда как ПСМ, ее хорды и передняя створка происходят из материала бульбовентрикулярной складки. Соединение дефинитивных анатомических образований, происходящих из разных источников, в частности ПСМ и перегородочной створки, является «эмбриологической невозможностью» и однозначно должно быть расценено как аномалия [1].

Заключение. ПСМ является постоянной анатомической структурой нормального (сформированного без пороков) ПЖ сердца плода человека, что позволяет считать ее одним из анатомических маркеров этого желудочка. Типичная ПСМ берет начало от передней стенки и/или от верхушечных трабекул ПЖ, всегда относится к мышцам свободного типа, в 8 случаях из 10 имеет монолитное основание, одно брюшко, одну или несколько верхушек, от которых к передней и/или задней створкам отходят до 15 (чаще 4-6) сухожильных хорд. Высота мышцы превышает ее ширину в 1,9-2,9 раза.

Список литературы

1. Бокерия Л.А., Бершвили И.И. Хирургическая анатомия сердца. Т. 1. Нормальное сердце и физиология кровообращения. М., 2006.

2. Muresian H. The Clinical Anatomy of the Right Ventricle // *Clin. Anat.* 2016. Vol. 29, № 3. P. 380–398.
3. Дугадко Л.М. Предсердно-желудочковые клапаны сердца человека в онтогенезе: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Донецк, 1971.
4. Михайлов С.С. Клиническая анатомия сердца. М., 1987.
5. Степанчук А.П. Морфометрические исследования миоэндокардиальных образований желудочков сердца в норме // *Вісн. проблем біології і медицини.* 2012. Т. 2(95). Вип. 3. С. 174–178.
6. Skwarek M., Hreczecha J., Grzybiak M., Kosiński A. Remarks on the Morphology of the Papillary Muscles of the Right Ventricle // *Folia Morphol.* 2005. Vol. 64, № 3. P. 176–182.
7. Xanthos T., Dalivigkas I., Ekmektzoglou K.A. Anatomic Variations of the Cardiac Valves and Papillary Muscles of the Right Heart // *Ital. J. Anat. Embryol.* 2011. Vol. 116, № 2. P. 111–126.
8. Козлов В.А., Довгаль Г.В., Шаторная В.Ф., Крамарь С.Б., Абдул-Оглы Л.В., Зозуля Е.С. Анатомия сосочковых мышц и сухожильных нитей у плодов // *Материалы IV междунар. конгр. по интегратив. антропологии: тез. докл. СПб., 2002.* С. 171–172.
9. Шаликова Л.О. Топография и анатомия клапанного аппарата сердца человека в раннем плодном периоде онтогенеза: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Оренбург, 2013.
10. Бобылев Д.О., Чеботарь С., Тудораке И., Хаверих А. Тканевая инженерия клапанов сердца: новые возможности и перспективы // *Кардиология.* 2011. № 12. С. 50–56.
11. Van Aerschot I., Rosenblatt J., Boudjemline Y. Fetal Cardiac Interventions: Myths and Facts // *Arch. Cardiovasc. Dis.* 2012. Vol. 105, № 6–7. P. 366–372.
12. Nigri G.R., Di Dio L.J.A., Baptista C.A.C. Papillary Muscles and Tendinous Cords of the Right Ventricle of the Human Heart: Morphological Characteristics // *Surg. Radiol. Anat.* 2001. Vol. 23, № 1. P. 45–49.
13. Kosiński A., Zajczkowski M., Kuta W., Kozłowski D., Szpinda M., Grzybiak M. Septomarginal Trabecula and Anterior Papillary Muscle in Primate Hearts: Developmental Issues // *Folia Morphol.* 2013. Vol. 72, № 3. P. 202–209.
14. Nerantzis C.E., Koutsaftis P.N., Marianou S.K., Karakoukis N.G., Cafiris N.A., Kontogeorgos G. Original Histologic Findings in Arteries of the Right Ventricle Papillary Muscles in Human Hearts // *Anat. Rec.* 2002. Vol. 266, № 3. P. 146–151.
15. Iakimov A. Fetal Anatomy of the Papillary Muscles in the Right Ventricular Posterior Angle // *Abstracts of the 5th International Symposium of Clinical and Applied Anatomy and 1st Paneuropean Meeting of Anatomists, 24–26 May 2013. Graz, 2013.* P. 113.
16. Soto A., Henriquez J. Características Morfológicas y Biométricas del Músculo Papilar Septal en Corazones de Individuos Chilenos // *Int. J. Morphol.* 2011. Vol. 29, № 3. P. 711–715.
17. Габченко А.К., Мартышева П.П. Анатомо-гистологическое строение сосочковых мышц сердца человека у плодов и новорожденных // *Морфология.* 2008. Т. 133, № 2. С. 28–29.
18. Peshkovsky C., Totong R., Yelon D. Dependence of Cardiac Trabeculation on Neuregulin Signaling and Blood Flow in Zebrafish // *Dev. Dyn.* 2011. Vol. 240, № 2. P. 446–456.
19. Степанчук А.П. Морфометрические исследования предсердно-желудочковых клапанов в норме // *Вісн. проблем біології і медицини.* 2012. Т. 1(94). Вип. 3. С. 162–165.
20. Якимов А.А. Трабекулы и межтрабекулярные пространства межжелудочковой перегородки сердца: анатомическое строение и развитие // *Морфология.* 2009. Т. 135, № 2. С. 83–90.

References

1. Bokeriya L.A., Berishvili I.I. *Khirurgicheskaya anatomiya serdtsa. T. 1. Normal'noe serdtse i fiziologiya krovoobrashcheniya* [Surgical Anatomy of the Heart. Vol. 1. Normal Heart and Circulatory Physiology]. Moscow, 2006.
2. Muresian H. The Clinical Anatomy of the Right Ventricle. *Clin. Anat.*, 2016, vol. 29, no. 3, pp. 380–398.
3. Dugadko L.M. *Predserdno-zheludochkovye klapani serdtsa cheloveka v ontogeneze: avtoref. dis. ... kand. med. nauk* [Human Atrioventricular Valves in Ontogenesis: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Donetsk, 1971.
4. Mikhaylov S.S. *Klinicheskaya anatomiya serdtsa* [Clinical Anatomy of the Heart]. Moscow, 1987.
5. Stepanchuk A.P. Morfometricheskie issledovaniya mioendokardial'nykh obrazovaniy zheludochkov serdtsa v norme [Morphometric Studies of Myoepicardial Formations in Ventricles of the Heart in Health]. *Visnik problem biologii i meditsini*, 2012, vol. 2(95), no. 3, pp. 174–178.

6. Skwarek M., Hreczecha J., Grzybiak M., Kosiński A. Remarks on the Morphology of the Papillary Muscles of the Right Ventricle. *Folia Morphol.*, 2005, vol. 64, no. 3, pp. 176–182.
7. Xanthos T., Dalivigkas I., Ekmektzoglou K.A. Anatomic Variations of the Cardiac Valves and Papillary Muscles of the Right Heart. *Ital. J. Anat. Embryol.*, 2011, vol. 116, no. 2, pp. 111–126.
8. Kozlov V.A., Dovgal' G.V., Shatornaya V.F., Kramar' S.B., Abdul-Ogly L.V., Zozulya E.S. Anatomiya sosochkovykh myshts i sukhozhil'nykh nitey u plodov [Anatomy of Papillary Muscles and Tendinous Chords in Fetuses]. *Materialy IV mezhdunar. kongr. po integrativ. antropologii: tez. dokl.* [Proc. 4th Int. Congr. on Integrative Anthropology: Outline Reports]. St. Petersburg, 2002, pp. 171–172.
9. Shalikova L.O. *Topografiya i anatomiya klapannogo apparata serdtsa cheloveka v rannem plodnom periode ontogeneza: avtoref. dis. ... kand. med. nauk* [Topography and Anatomy of the Human Heart Valve Apparatus in the Early Fetal Period of Ontogenesis: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Orenburg, 2013.
10. Bobylev D.O., Chebotar' S., Tudorake I., Khaverikh A. Tkanevaya inzheneriya klapanov serdtsa: novye vozmozhnosti i perspektivy [Tissue Engineering of Heart Valves: New Opportunities and Challenges]. *Kardiologiya*, 2011, no. 12, pp. 50–56.
11. Van Aerschot I., Rosenblatt J., Boudjemline Y. Fetal Cardiac Interventions: Myths and Facts. *Arch. Cardiovasc. Dis.*, 2012, vol. 105, no. 6–7, pp. 366–372.
12. Nigri G.R., Di Dio L.J.A., Baptista C.A.C. Papillary Muscles and Tendinous Cords of the Right Ventricle of the Human Heart: Morphological Characteristics. *Surg. Radiol. Anat.*, 2001, vol. 23, no. 1, pp. 45–49.
13. Kosiński A., Zajaczkowski M., Kuta W., Kozłowski D., Szpinda M., Grzybiak M. Septomarginal Trabecula and Anterior Papillary Muscle in Primate Hearts: Developmental Issues. *Folia Morphol.*, 2013, vol. 72, no. 3, pp. 202–209.
14. Nerantzis C.E., Koutsaftis P.N., Marianou S.K., Karakoukis N.G., Cafiris N.A., Kontogeorgos G. Original Histologic Findings in Arteries of the Right Ventricle Papillary Muscles in Human Hearts. *Anat. Rec.*, 2002, vol. 266, no. 3, pp. 146–151.
15. Iakimov A. Fetal Anatomy of the Papillary Muscles in the Right Ventricular Posterior Angle. *Abstracts of the 5th International Symposium of Clinical and Applied Anatomy and 1st Paneuropean Meeting of Anatomists*. 24–26 May 2013. Graz, 2013, p. 113.
16. Soto A., Henriquez J. Características Morfológicas y Biométricas del Músculo Papilar Septal en Corazones de Individuos Chilenos. *Int. J. Morphol.*, 2011, vol. 29, no. 3, pp. 711–715.
17. Gabchenko A.K., Martyshcheva R.R. Anatomico-gistologicheskoe stroenie sosochkovykh myshts serdtsa cheloveka u plodov i novorozhdennykh [Vasoids of Trabecular Part of Spongy Myocardium of the Embryo as the Basis of Vascular System Formatum in the Human Heart]. *Morfologiya*, 2008, vol. 133, no. 2, pp. 28–29.
18. Peshkovsky C., Totong R., Yelon D. Dependence of Cardiac Trabeculation on Neuregulin Signaling and Blood Flow in Zebrafish. *Dev. Dyn.*, 2011, vol. 240, no. 2, pp. 446–456.
19. Stepanchuk A.P. Morfometricheskie issledovaniya predserdno-zheludochkovykh klapanov v norme [Morphometric Studies of Healthy Atrioventricular Valves]. *Visnik problem biologii i meditsini*, 2012, vol. 1(94), no. 3, pp. 162–165.
20. Yakimov A.A. Trabekuly i mezhtabekulyarnye prostranstva mezhheludochkovoy peregorodki serdtsa: anatomicheskoe stroenie i razvitie [Trabeculae and Intertrabecular Spaces of the Interventricular Septum: Anatomical Structure and Development]. *Morfologiya*, 2009, vol. 135, no. 2, pp. 83–90.

doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.1.100

Yakimov Andrey Arkadyevich

Ural State Medical University
20A Onufrieva St., Yekaterinburg, 620149, Russian Federation;
e-mail: Ayakimov07@mail.ru

VARIANT ANATOMY OF THE RIGHT VENTRICULAR ANTERIOR PAPILLARY MUSCLE IN THE HUMAN FETAL HEART

Anterior papillary muscle (APM) is one of the anatomical markers of the right ventricle. The knowledge of APM variants is important for an accurate prenatal diagnosis and correction of congenital heart defects. This article aimed to study APM variant anatomy in the normal human fetal heart. By means of a stereomicroscope we studied 75 heart specimens from fetuses at 17–28 gestational weeks. APM was

found in all of them being located on the apical third of the anterior wall at the end of the septomarginal trabeculae and in each specimen was that of a free type. In 14.7 % of cases we found two APMs, the second one arising from the apex or anterior wall of the right ventricle. Further, anatomical variants of APM were singled out taking into account the various forms of its base, number of bellies and tops. Muscles with a monolithic base, one belly and one (var. 1A; 40 %) or more (var. 1B; 43.5 %) tops were typical. Muscles with a monolithic base, several bellies and tops (var. 2) occurred in 8.3 % of cases. We found no APMs with a split base and several bellies. One APM had from 1 to 15 tendinous cords of the first order, while in most cases their number was 4–6 and did not differ between the anatomical variants of APM. In addition, the paper presents morphometric APM data that can be used as reference values in fetal cardiac morphology.

Keywords: *human fetus, human fetal heart, heart anatomy, papillary muscle, right ventricle, heart valves.*

*Контактная информация:
адрес: 620149, г. Екатеринбург, ул. Онуфриева, 20А;
e-mail: Ayakimov07@mail.ru*