

© А. А. Якимов, 2012
УДК 611.127:612.647

А. А. Якимов

ТРАБЕКУЛЫ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ В СЕРДЦЕ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Кафедра анатомии человека (зав. — проф. Г. А. Спирина), ГБОУ ВПО «Уральская государственная медицинская академия» Минздравсоцразвития РФ, г. Екатеринбург

На 85 препаратах сердца плодов человека на 17–28-й неделях развития, сформированных без пороков и малых аномалий, на макро- и микроскопическом уровне изучена левожелудочковая поверхность межжелудочковой перегородки (МЖП). Описаны два анатомических типа трабекул (мостовидные и пристеночные) и две их топографические группы: трабекулы переднего угла левого желудочка (ЛЖ) и перегородочные трабекулы. Установлено, что трабекулы обеих групп встречались с одинаковой частотой: 81–81,2%. Корреляция между количеством перегородочных трабекул и трабекул переднего угла ЛЖ отсутствовала. Пристеночные трабекулы были выявлены в обеих группах, мостовидные — только среди трабекул переднего угла ЛЖ. Количество мостовидных трабекул переднего угла ЛЖ и перегородочных трабекул увеличивалось в базопикальном направлении; это сопровождалось уменьшением компактизации миокарда МЖП. В 1-й топографической группе описаны трабекулы, напоминавшие наклонные цилиндры либо усечённые конусы, уплощённые перпендикулярно их оси. Как правило, при конической форме трабекул их широкое основание было обращено к МЖП. Во 2-й группе преобладали лентовидные трабекулы. Приведены показатели ширины трабекул. Обсуждено становление трабекулярного рельефа ЛЖ и МЖП сердца в пренатальном периоде.

Ключевые слова: сердце, мясистые трабекулы, межжелудочковая перегородка, левый желудочек, плод

Мясистые трабекулы — важнейший анатомический маркер, позволяющий идентифицировать правый и левый желудочки сердца [3]. Знание вариантной анатомии трабекул в нормальном (сформированном без пороков) сердце плода необходимо для дифференциальной патологоанатомической диагностики «малых аномалий» сердца. Однако исследования, посвящённые анатомии трабекул в сформированном без пороков сердце плода, единичны и имеют, как правило, описательный характер [2, 7]. Количественные данные о строении и положении мясистых трабекул межжелудочковой перегородки (МЖП) сердца отсутствуют. Изучение данных вопросов и послужило целью настоящего исследования.

Материал и методы. Исследование проводили на препаратах сердца плодов человека, полученных при спонтанных абортках и в результате прерывания беременности по медицинским и социальным показаниям. При работе с трупным материалом придерживались требований законодательства (ФЗ РФ «О погребении и похоронном деле» в ред. от 26.06.2007 г.) и современных норм биомедицинской этики.

Критериями включения материала в исследование были: 1) прерывание беременности на 17–28-й неделе гестации; 2) соответствие антропометрических показателей плода сроку гестации; 3) отсутствие врождённых пороков развития плода; 4) отсутствие пороков и «малых аномалий»; 5) конкордантные соотношения камер сердца и присердечных сосудов; 6) остановка сердца в фазе ранней диастолы.

Критериями ограничения были: 1) повреждение и деформация МЖП при вскрытии и фиксации сердца; 2) диссоциированное развитие плодов при многоплодной беременности; 3) мацерация плода; 4) срок между гибелью плода и вскрытием трупа свыше 3 сут.

В выборочную совокупность вошли 85 препаратов сердца. Сердце, фиксированное в 7% растворе формалина, вскрывали под микроскопом МБС-9 (ЛОМО, СССР) по направлению кровотока. После отсечения предсердий, аорты и лёгочного ствола отсекали переднюю и заднюю стенку правого желудочка. Со стороны левого желудочка (ЛЖ) сохраняли участки его стенок, переходившие в МЖП.

Морфометрию линейных величин на анатомических препаратах МЖП проводили с использованием микроскопа МБС-9, ок. 8 и окулярной вставки, откалиброванной по объект-микрометру (ГОСТ 7513-75); точность измерений — от 0,17 мм при об. 0,6 до 0,014 мм при об. 7. Ширину каждой трабекулы измеряли в её самом широком (максимальная ширина) и самом узком месте (минимальная ширина). По разнице этих параметров судили о форме трабекул. Для описания отхождения трабекул от МЖП её условно делили на трети. Площадь гладкой и трабекулярной части ЛЖ-поверхности МЖП определяли методом точечного счёта, используя квадратно-сетчатый окуляр (15×15 квадратов, 225 точек). Количество точек в перекрестках окулярной вставки, приходившихся на ту или иную часть МЖП, подсчитывали трижды и находили среднее значение.

Из 30 препаратов МЖП параллельно основанию сердца и перпендикулярно МЖП готовили серийные гистологические срезы. Проводку и заливку в парафин осуществляли по стандартной методике. Срезы окрашивали гематоксилином Карацци — эозином, по Ван-Гизону и резорцин-фуксином в

Сведения об авторе:

Якимов Андрей Аркадьевич (e-mail: Ayakimov07@mail.ru), кафедра анатомии человека, Уральская государственная медицинская академия, 620219 Екатеринбург, ул. Репина, 3

модификации Харта (красители ООО «Морфологическая диагностика и техника», Россия). Гистологические исследования выполняли с помощью микроскопа МБИ-15У 4.2. (ЛОМО, Россия). На гистологических препаратах исследовали форму и ширину трабекул и межтрабекулярных пространств, ориентацию кардиомиоцитов, распределение коллагеновых и эластических волокон.

Статистическую обработку результатов выполняли в программе Statistica 6.0 (StatSoft. Inc). Результаты представляли в виде крайних значений, медианы (р50) и процентилей (р25, р75), если, согласно критерию Колмогорова – Смирнова, распределение величин отличалось от нормального. О значимости различий между средними значениями судили на основании U-критерия Манна–Уитни при уровне значимости 0,05. Определяли коэффициент корреляции Спирмена (Rs) [5].

Были выделены две топографические группы трабекул ЛЖ-поверхности МЖП. Одни трабекулы находились в углу между МЖП и передней стенкой ЛЖ, для их продольных осей была характерна косая ориентация. Эти трабекулы было решено назвать трабекулами переднего угла ЛЖ. Трабекулы 2-й группы были сонаправлены с длинником отдела оттока ЛЖ и за пределы МЖП не выходили. Эти трабекулы были названы перегородочными. Кроме того, выделили 2 анатомических типа трабекул. Если между трабекулой и передним углом ЛЖ существовало хотя бы небольшое пространство, такую трабекулу считали мостовидной. Если же трабекула на всём протяжении была связана с МЖП и/или с передней стенкой ЛЖ, её считали пристеночной.

Результаты исследования. Площадь трабекулярной части ЛЖ-поверхности МЖП в сердце плодов 17–28 нед в среднем равна 65% и превышала площадь гладкой части в 1,93 раза. Трабекулярная часть всегда находилась в отделе оттока более проксимально, нежели гладкая. Апикальный участок МЖП характеризовался трёхмерной сетью трабекул. В более дистальных участках трабекулы приближались к МЖП, частично соединяясь с ней; трабекулярная сеть превращалась в двумерную. Для средней трети ЛЖ-поверхности МЖП были характерны пристеночные трабекулы и узкие межтрабекулярные пространства линейной формы. Глубина этих пространств составляла 25–40% от толщины МЖП на соответствующем уровне. По мере удаления от верхушки ЛЖ трабекулы МЖП сглаживались, глубина межтрабекулярных пространств уменьшалась. Это сопровождалось повышением компактизации миокарда перегородки. Наиболее компактным был миокард подаортального инфундибулума.

Трабекулы переднего угла ЛЖ были выявлены на 69 препаратах (81,2% наблюдений). Препараты с одной или двумя трабекулами встречались в 65,9% случаев. На остальных препаратах количество трабекул варьировало от 3 до 5 (3,5–5,9%). Существование более чем 5 трабекул для этой топографической группы было нехарактерно. На поперечных гистологических срезах описываемые трабекулы были уплощены в переднезаднем направлении. Межтрабекулярные пространства

между ними были менее извитыми по сравнению с аналогичными пространствами со стороны правого желудочка.

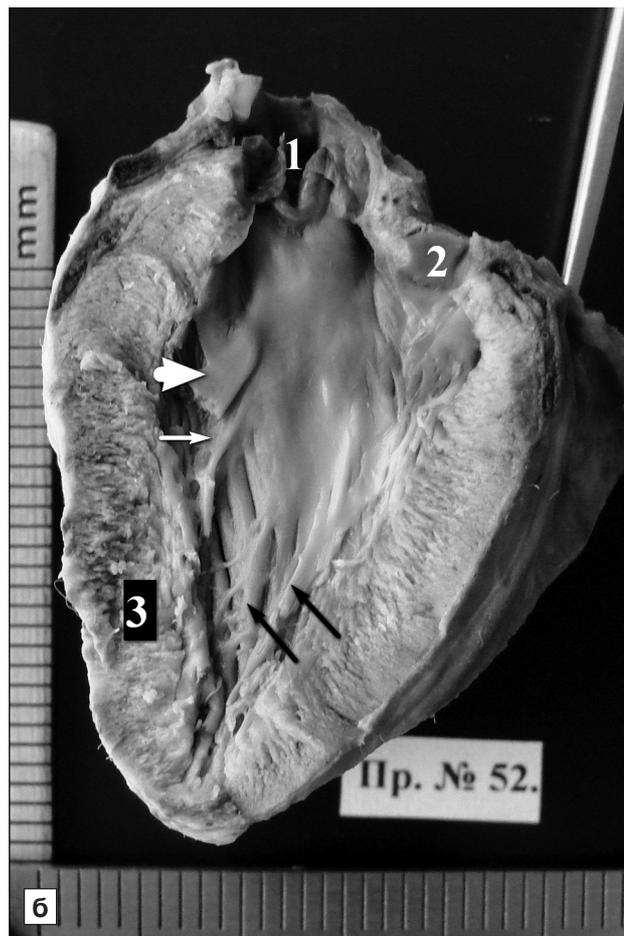
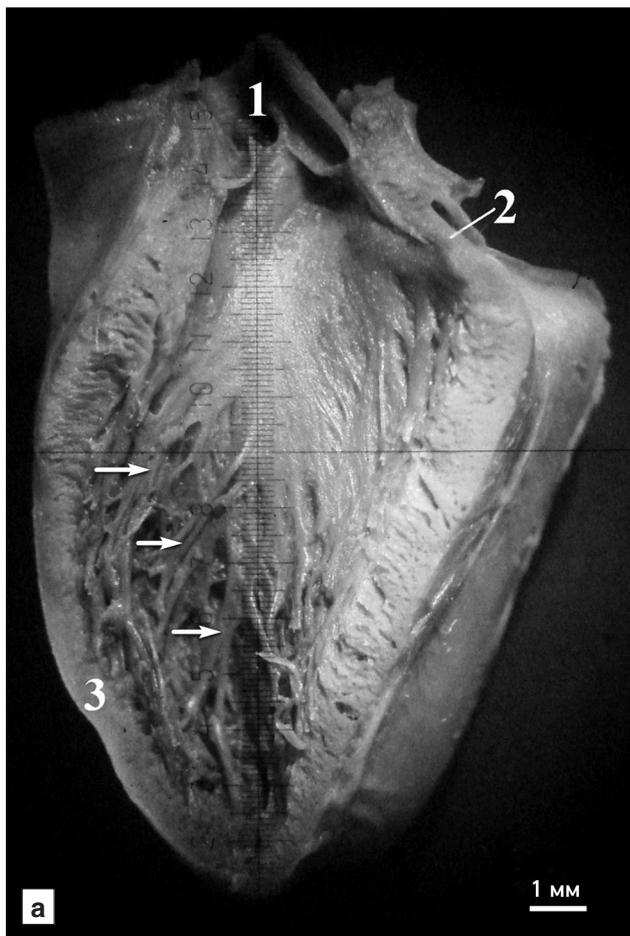
Мостовидные трабекулы в переднем углу ЛЖ встречались в 1,7 раза чаще, чем пристеночные, последние имелись в 36,5% случаев и первые — в 62,35% (на 53 препаратах). На 15 препаратах из 53 мостовидные трабекулы сосуществовали с пристеночными; количество последних не превышало 3 (рисунок, а). На 38 препаратах пристеночные трабекулы в переднем углу ЛЖ отсутствовали, а количество мостовидных трабекул варьировало от 1 до 5. Полное отсутствие трабекул обоих типов, равно как и существование исключительно пристеночных трабекул в области переднего угла ЛЖ, было выявлено на 16 сердцах из 85 (18,8% случаев).

Вероятность обнаружить в переднем углу ЛЖ 1 или 2 трабекулы мостовидного типа увеличивалась с возрастом плода. Так, в 17–19 нед 1 трабекула встречалась в 29,4%, в 20–22 нед — в 39,3%, а в 23–25 нед — в 48,3% случаев. При этом пристеночные трабекулы у плодов от 17 до 28 нед обнаруживались с одинаковой частотой.

Для обычно сформированной МЖП наиболее типичным было отхождение трабекул переднего угла ЛЖ только от средней трети МЖП (29 препаратов из 69; 42%). Реже трабекулы брали начало от средней и нижней трети перегородки (13 препаратов из 69; 18,8%). В этих случаях в верхней трети МЖП трабекулы переднего угла ЛЖ отсутствовали. Мостовидные трабекулы, расположенные исключительно на апикальном уровне, встречались всего в 4,3% случаев (3 препарата из 69). Большая часть миокардиальных пучков, формировавших эти трабекулы, принадлежала не перегородке, а миокарду передней и задней стенок ЛЖ.

Выявлена зависимость между количеством мостовидных трабекул и уровнем их отхождения. По мере приближения к верхушке ЛЖ количество мостовидных трабекул увеличивалось от 1 в верхней и, особенно, в средней трети МЖП до 4, реже — 5 на апикальном уровне. На пристеночные трабекулы переднего угла ЛЖ такая зависимость не распространялась.

Цепочки кардиомиоцитов из передней стенки ЛЖ циркулярно продолжались в МЖП, где, по мере приближения к трабекулам, плотность их расположения возрастала, а циркулярное направление цепочек менялось на косонисходящее. В трабекулах переднего угла как в пристеночных, так и в мостовидных, кардиомиоциты располагались компактно, без разделения на слои. При большом увеличении микроскопа паравазально в них определялись тонкие коллагеновые волокна.



Типичные анатомические варианты левожелудочковой (ЛЖ) поверхности межжелудочковой перегородки (МЖП) сердца плода.

а — 17–19 нед гестации; б — 26–28 нед гестации. Наряду с пристеночными (тонкие белые стрелки) и мостовидными (толстая стрелка) трабекулами переднего угла ЛЖ встречаются и перегородочные трабекулы (чёрные стрелки), не выходящие за пределы МЖП. 1 — клапан аорты; 2 — левое фиброзное кольцо; 3 — передняя стенка ЛЖ.

Эластические волокна в миокарде трабекул обнаружены не были.

Помимо трабекул переднего угла, на ЛЖ-поверхности МЖП располагались трабекулы, которые не соединялись ни с передней, ни с задней стенкой ЛЖ; их мышечные пучки полностью происходили из МЖП (см. рисунок, б). Трабекулы этой топографической группы (перегородочные трабекулы) всегда были пристеночными. Они встречались на 68 препаратах из 84 (81%), их количество варьировало от 1 до 7. В 70,2% случаев (59 препаратов из 84) имелось не более 4 трабекул. Корреляция между количеством перегородочных трабекул и трабекул переднего угла ЛЖ отсутствовала. В отличие от последних, частота встречаемости перегородочных трабекул не зависела от возраста плода.

Показатели ширины трабекул обеих групп варьировали в широких пределах (таблица), распределение значений отличалось от нормального. Значимо различались показатели минимальной и

максимальной ширины трабекул переднего угла ЛЖ, в то время как различия аналогичных параметров перегородочных трабекул были незначимы. Сравнение межквартильных интервалов показало, что у всех 4 параметров последний интервал был самым протяжённым, следовательно, широкие трабекулы на ЛЖ-поверхности МЖП встречались значительно реже, нежели узкие.

Результаты морфометрии позволили заключить, что между трабекулами двух исследованных групп существовали анатомические различия. Перегородочные трабекулы, закономерно пристеночные, имели лентовидную форму. Пристеночные трабекулы переднего угла ЛЖ отдалённо напоминали вытянутые трапеции с очень узкими основаниями, а мостовидные трабекулы этой группы можно было сравнить с наклонными цилиндрами или с усечёнными конусами, уплощёнными перпендикулярно их оси. Как правило, при конической форме трабекул их широкое основание было обращено к МЖП.

Размеры трабекул двух топографических групп левожелудочковой поверхности межжелудочковой перегородки (мм)

Статистический параметр	Ширина трабекул переднего угла левого желудочка		Ширина перегородочных трабекул	
	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная
Медиана (p25–p75)	0,7* (0,4–0,8)	1,0* (0,7–1,4)	0,6 (0,5–0,8)	0,9 (0,7–1,2)
Крайние значения	0,18–2,0	0,23–2,3	0,2–1,6	0,3–2,5

* По U-критерию Манна—Уитни различия между минимальным и максимальным значениями значимы при $P=0,026$.

Обсуждение полученных данных. В 1982 г. А. Wenink и А. Gittenberger-de Groot выделили в отделе оттока ЛЖ трабекулярную (проксимальную, апикальную) и гладкую (дистальную, базальную) часть. Различие в рельефе частей [18] объяснили распределением ткани эндокардиальных подушек тракта оттока. Участки перегородки, покрытые этой тканью, в эмбриональном периоде защищены от гемодинамического подмывания (undermining) и поэтому лишены трабекул. Изучение сердец плодов в данном исследовании также выявил, что трабекулярная часть ЛЖ-поверхности всегда находилась более проксимально, нежели гладкая.

Как установлено в диссертационных исследованиях [1, 6], в апикальной части МЖП трабекул значительно больше, чем в базальной. Вместе с тем, Л. В. Абдул-Огли [1] не считает базальную часть МЖП абсолютно гладкой, а допускает наличие в ней одиночных трабекул. Это согласуется с полученными результатами, согласно которым трабекулы перегородочной стенки ЛЖ закономерно располагаются, прежде всего, в месте перехода МЖП в переднюю стенку ЛЖ.

Трабекулы между МЖП и передней стенкой ЛЖ были отмечены Л. М. Gerlis и соавт. [13] в сердцах детей (9,6%) и взрослых (14%). На основании одинаковой частоты встречаемости этих структур при врождённых пороках сердца и без таковых, исследователи пришли к выводу, что мышечные пучки, пересекающие полость ЛЖ, являются вариантной характеристикой нормального (сформированного без пороков) сердца [13]. М. Deniz и соавт., изучив сердце 28 человек, обнаружили мышечные тяжи этой локализации на 9 препаратах (32,1%) [12]. В настоящем исследовании трабекулы переднего угла ЛЖ по сравнению с данными этих авторов встречались в 2,5 раза чаще. Тем не менее, данные настоящего исследования позволяют считать, что повышенная трабекулярность ЛЖ является характерной чертой строения сердца плода. Известно, что к 20-й неделе внутриутробной жизни архитектура и топография трабекул и сосочковых мышц подобны таковым в дефинитивном сердце; в дальнейшем изменяются лишь соотношения параметров этих структур [9]. По-видимому, причина расхождений

данных разных исследователей кроется в неодинаковом понимании терминов. Если в настоящей работе учитывали как мостовидные, так и пристеночные трабекулы, то Л. М. Gerlis и соавт. [13] и М. Deniz и соавт. [12] считали трабекулами лишь те мышечные тяжи, которые перекидывались через полость желудочка.

Мостовидные и пристеночные трабекулы описаны в отечественной литературе [4, 6, 8]. В экспериментально-морфологическом исследовании [14] показано, что дефинитивные трабекулы мостовидного типа развивались из эмбриональных трабекул, основания которых находились в свободных¹ стенках желудочков в пределах 250–500 мкм от МЖП. Если же основания первичных трабекул находились в пределах 125–250 мкм от МЖП, то их кардиомиоциты выстраивались в базально-апикальном направлении и формировали поверхностный (наиболее близкий к полости ЛЖ) слой МЖП, где давали начало пристеночным трабекулам. Следовательно, есть основания полагать, что формирование топографических групп и анатомических типов трабекул связано с удалённостью их эмбриональных предшественников от первичной МЖП.

Закономерности становления формы и положения трабекул и межтрабекулярных пространств Л. А. Taber и G. I. Zahalak объяснили функциональным состоянием белков кардиального геля и связанным с этим распределением сил растяжения в стенке сердца. При «деградации белковых волокон» геля формируются продольно ориентированные межтрабекулярные пространства [17]. Смена радиальной ориентации эмбриональных трабекул на апико-базальную и тесная связь этого процесса с образованием МЖП подтверждена D. Sedmera и соавт. [16] Продольное или косопродольное расположение трабекул обеих групп, отмеченное в настоящей работе, хорошо объясняется концепциями этих авторов. Результаты экспериментальной перевязки конотрункуса позволили D. Sedmera и

¹ Термин используется здесь для совокупной характеристики всех стенок того или иного желудочка, кроме перегородочной. Мы не считаем его удачным, однако он достаточно широко распространён в литературе, что, видимо, объясняется сложностью описания стереометрии развивающегося сердца и отсутствием более подходящего аналога.

соавт. [15] заключить, что явная спиральная ориентация трабекул, отмеченная лишь в подопытной группе, отражает перегрузку ЛЖ и для обычных условий нехарактерна [15]. Однако Ф. Г. Углов и соавт., изучив слепки камер сердца взрослых людей, сочли спиральную ориентацию трабекул типичной для ЛЖ [10]. Близкие результаты получил А. М. Фомин [11]. Примечательно, что наименьшее количество спиральных трабекул все исследователи отметили на МЖП. Полагаем, что различия в описании ориентации трабекул отражают изменения внутрисердечной гемодинамики на этапах развития.

Таким образом, результаты показали, что трабекулы ЛЖ-поверхности МЖП различаются по форме, взаимному положению, локализации и ориентации в полости ЛЖ, а также по степени связи с компактным миокардом МЖП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдул-Огли Л. В. Регіональні особливості розвитку і будови стінки серця в онтогенезі: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Харків, 2005.
2. Асфандияров Р. И. и Моталин С. Б. Структуры сердца как главный фактор обеспечения закрученных потоков крови в организме человека на этапах онтогенеза. Рос. морфол. ведомости, 2000, № 3–4, с. 23–30.
3. Бокерия Л. А. и Беришвили И. И. Хирургическая анатомия сердца. Т. 1. Нормальное сердце и физиология кровообращения. М., НЦ ССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2006.
4. Галанкин В. Н. Об особенностях папиллярно-трабекулярного аппарата желудочков сердца в норме и при гипертрофии. Арх. пат., 1972, т. 34, № 9, с. 30–35.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика: Пер. с англ. Ю. А. Данилова. Под ред. Н. Е. Бузикашвили, Д. В. Самойлова. М., Практика, 1999.
6. Ёлкин Н. И. К анатомии камер полости сердца человека: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1972.
7. Лобко П. И. и Ромбальская А. Р. Микроскопическая анатомия мясистых трабекул, сосочковых мышц и сухожильных хорд желудочков сердца человека. Клін. анат. та опер. хірургія, 2010, т. 9, № 1, с. 60–63.
8. Михайлов С. С. Клиническая анатомия сердца. М., Медицина, 1987.
9. Савенкова О. О. Формоутворення внутрішнього рельєфу шлуночків серця людини у пренатальному періоді онтогенезу: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Харків, 2009.
10. Углов Ф. Г., Зубцовский В. Н., Большаков О. П. и др. Топография рельефа внутренней поверхности стенки левого желудочка сердца в фазе диастолы. Арх. анат., 1984, т. 87, вып. 9, с. 33–41.
11. Фомин А. М. Структурная организация межтрабекулярных пространств в желудочках сердца человека и лабораторных животных: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ярославль, 1988.
12. Deniz M., Kiliç M. and Hatipoglu E. S. Morphologic study of the left ventricular bands. Surg. Radiol. Anat., 2004, v. 26, № 3, p. 230–234.
13. Gerlis L. M., Wright H. M., Wilson N., Erzengin F. and Dickinson D. F. Left ventricular bands. A normal anatomical feature. Br. Heart J., 1984, v. 52, p. 641–647.
14. Harh J. Y. and Paul M. H. Experimental cardiac morphogenesis. I. Development of the ventricular septum in the chick. J. Embryol. Exp. Morphol., 1975, v. 33, Pt 1, p. 13–28.
15. Sedmera D., Pexieder T., Rychterova V. et al. Remodeling of chick embryonic ventricular myoarchitecture under experimentally changed loading conditions. Anat Rec., 1999, v. 254, p. 238–252.
16. Sedmera D., Pexieder T., Vuillemin M. et al. Developmental patterning of the myocardium. Anat Rec., 2000, v. 258, p. 319–337.
17. Taber L. A. and Zahalak G. I. Theoretical model for myocardial trabeculation. Dev. Dyn., 2001, v. 220, № 3, p. 226–237.
18. Wenink A. C.G. and Gittenberger-de Groot A. C. Left and right ventricular trabecular patterns. Consequence of ventricular septation and valve development. Br. Heart J., 1982, v. 48, № 5, p. 462–468.

Поступила в редакцию 09.12.2011

LEFT-VENTRICULAR SURFACE TRABECULAE OF THE INTERVENTRICULAR SEPTUM IN THE HUMAN FETAL HEART

A. A. Yakimov

Left-ventricular surface of the interventricular septum (IVS) was studied in the heart of 85 human fetuses (at weeks 17–28 of development) formed without congenital defects and minor abnormalities. Two anatomical types of trabeculae (bridge-like and parietal) and their two topographical groups are described: trabeculae of the anterior corner of the left ventricle (LV) and the septal trabeculae. The prevalence of trabeculae in both groups was found to be equal (81–81.2%). No correlation between the numbers of septal trabeculae and the trabeculae of the anterior LV corner was found. While the parietal trabeculae were detected in both groups, the bridge-like type was found only in the anterior LV corner. The number of the bridge-like trabeculae of the anterior LV corner and the septal trabeculae increased from the base to the apex of the heart; this was accompanied by the decrease in the IVS myocardium compactness. Among the first topographical group, there were trabeculae in the shape of skewed cylinders or truncated cones, flattened perpendicularly to their long axis. As a rule, in cone-shaped trabeculae, their broad base was directed towards the IVS. In the second group, the ribbon-shaped trabeculae were prevalent. The data on trabecular width are presented. The formation of the cardiac LV and IVS trabecular pattern in prenatal period is discussed.

Key words: heart, trabeculae carneae, interventricular septum, left ventricle, fetus

Department of Human Anatomy, Ural State Medical Academy, Yekaterinburg