© А. А. Козловская

УДК 611. 126:611. 132. 1]:577. 95:572. 783

А. А. Козловская

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КЛАПАНОВ АОРТЫ И ЛЕГОЧНОГО СТВОЛА В ОНТОГЕНЕЗЕ

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»

(г. Днепропетровск)

Работа является фрагментом научных разработок кафедры анатомии человека Днепропетровской государственной медицинской академии по темам: «Развитие и становление сердца, его сосудов, папиллярно-трабекулярного и клапанного аппарата в онто- и филогенезе» (№ государственной регистрации 0101U000777) и «Морфогенез сердца и сосудов после экспериментальных вмешательств» (№ государственной регистрации 0106U012193).

Вступление. Широкое внедрение неинвазивных методов исследования сердца позволяет идентифицировать большое количество его структурных компонентов, а также его отделов. Однако сложные топографические взаимоотношения между этими структурными компонентами, а также не раскрытые в полной мере некоторые возрастные особенности их строения не позволяют оценить и проанализировать полученную информацию.

В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных изучению как сердца в целом, так и его структурных компонентов. Описанию клапанного аппарата сердца посвящено множество фундаментальных работ как отечественных [1, 3, 4], так и зарубежных авторов [7], но остается ряд не изученных вопросов, связанных с возрастными особенностями строения клапанов аорты и легочного ствола.

Проводимые исследования, посвященные изучению строения клапанного аппарата, помогают в решении проблем, связанных с нарушениями работы клапанного аппарата, а также могут быть использованы при диагностике различной патологии сердца в целом и отдельных его структур.

Множество исследований как зарубежных, так и отечественных ученых было посвящено развитию и формированию клапанного аппарата на эмбриональном этапе [2, 4, 5]. Остается нераскрытым вопрос об изменениях строения сердца и его структур, а также об изменениях клапанного аппарата аорты и легочного ствола в возрастном аспекте.

Влияние возрастных, индивидуальных, половых, а также различных повреждающих факторов на протяжении жизни может привести к появлению нарушений со стороны клапанного аппарата аорты и легочного ствола, что может вызвать не только гемодинамические нарушения, но и повлиять на работу сердца в целом [1, 2, 6, 7]. Также без учета индивидуальных и возрастных особенностей строения клапанного аппарата аорты и легочного ствола ставится под сомнение эффективность проведения оперативных вмешательств, при патологии этих клапанов.

Учитывая тот факт, что клапанный аппарат сердца несет большую функциональную нагрузку и изменяется в течение онтогенеза, изучение возрастных изменений клапанного аппарата сердца, а также его компонентов является актуальным. В связи с этим морфологическое исследование, посвященное этому вопросу, вносит неоценимый вклад в решение проблем, связанных с функцией клапанов. Все вышеизложенное подтверждает актуальность и своевременность изучения становления и динамики изменений клапанного аппарата аорты и легочного ствола на протяжении онтогенеза.

Цель исследования – установить особенности развития и формирования клапанов аорты и легочного ствола сердца в течение онтогенеза.

Объект и методы исследования. Материалом для исследования клапанов аорты и легочного ствола послужили сердца эмбрионов, плодов и людей ранних возрастных групп согласно возрастной периодизации по Семеновой (1986 г.), причины смерти которых, не связаны с патологией сердечно-сосудистой системы. Проведенные исследования полностью соответствуют законодательству Украины и отвечают принципам Хельсинкской декларации прав человека, Конвенции Союза Европы относительно прав человека и биомедицины (подтверждено заключением комиссии по биоэтике, протокол №3, 2006 г).

Материал для исследования получали из судебно-медицинского морга, морга областной детской клинической больницы, а также в патологоанатомических отделениях больниц города Днепропетровска.

Для обработки полученного материала исследования применялись следующие методики: гистологические, иммуногистохимические, анатомические (препарирование, морфометрия, топографические срезы клапанов аорты и легочного ствола). Для

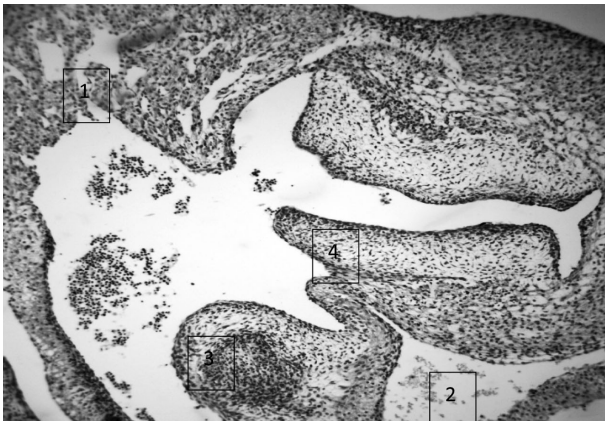

Рис. 1. Срез сердца эмбриона человека 5 недель развития. Окраска: гематоксилин Гейденгайна. Увеличение: об. 10 ок. 8. 1 – желудочек; 2 – предсердие; 3 – эндокардиальные подушки; 4 – эндокардиальные гребни конотрункуса.

математической обработки полученных данных использовали стандартные процедуры биометрического, корреляционного анализов.

Результаты исследований и их обсуждение. Как показали наши исследования, накопление мезенхимы в основе эндокардиальных гребней для формирования будущих клапанов аорты и легочного ствола начинается сразу же после распределения конотрункуса. Начиная с 5 – 6 недели пренатального развития в отверстиях крупных сосудов сердца образуются вздутия мезенхимы, покрытые эндотелием, которые не содержат коллагеновых и эластичных волокон и выглядят как выпячивание мезенхимы в полость сосудов. Эти структуры по своему содержанию соответствуют эндокардиальным подушкам предсердно – желудочкового канала и гребням конотрункуса **(рис. 1).**

Исследования показали, что закладки заслонок клапанов на этот период развития включают в себя довольно рыхло расположенные мезенхимные клетки, которые плотно прилежат к эндокарду, т. е. имеют такой же состав, как и эндокардиальные подушки предсердно-желудочкового отверстия и эндокардиальные гребни конотрункуса. Но форма выпячиваний достаточно отличается от указанных структур. Уже с самого начала образования закладки полулунных заслонок клапанов крупных сосудов можно выделить три вздутия в просвет сосуда, которые дадут начало заслонкам клапанов.

Первичные клапаны представляют собой мезенхимные выросты в полость сосудов, основа которых значительно увеличена и крепится к стенке сосуда, а свободная поверхность обращена в пространство сосуда и более тонкая. Эндотелий сосудов, не прерываясь переходит на эти заслонки клапана и плотность мезенхимных клеток больше под ним.

В начале своего образования заслонки находятся на границе между желудочком и стенкой сосуда, и часть заслонки берет свое начало от миокарда желудочка, но впоследствии ее топография меняется. Рост сосуда и формирование его стенки приводит к отделению заслонок от стенки желудочков. На исследованном этапе развития в месте закладки первичных заслонок крупных сосудов сердца стенка самих сосудов содержит значительный слой кардиомиоцитов (**рис. 2**), а между мезенхимой формирующейся заслонки и стенкой сосуда иногда наблюдается незначительное количество кардиогеля даже на 6 – й неделе эмбриогенеза.

Исследования горизонтальных срезов для уточнения топографии закладки клапанов аорты и легочного ствола продемонстрировали, что на ранних этапах формообразующих процессов сердца закладка клапанов легочного ствола происходит ниже закладки клапанов аорты, но механизмы образования этих клапанов и хронологические данные совпадают. Наши исследования показали, что источник развития заслонок клапанов крупных сосудов сердца, один – мезенхима основания эндокардиальных гребней. В этом периоде кардиогенеза стенка сосудов довольно толста, не до конца сформирована и содержит в себе хорошо выраженный миокардиальный слой. Интересным, на наш взгляд, является формирование внешней стенки крупных сосудов,

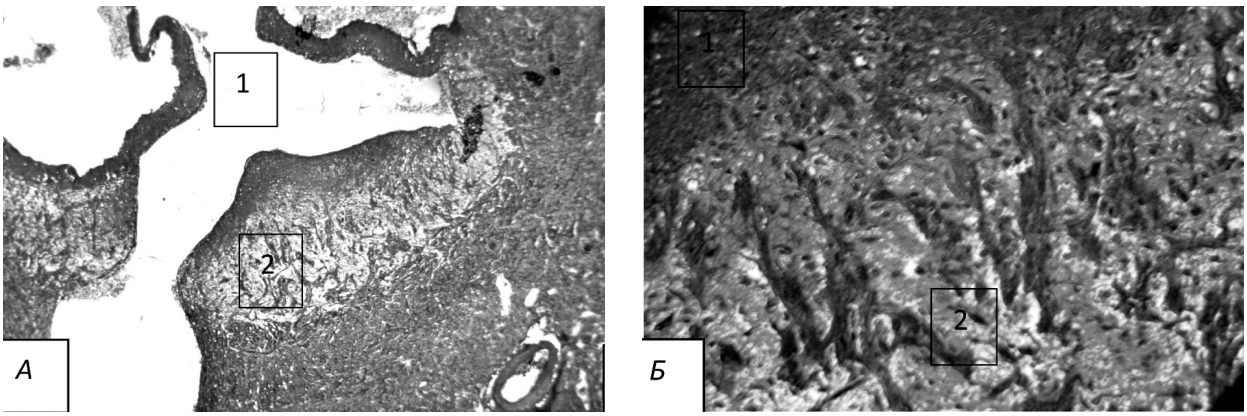

Рис. 2. Сердце эмбриона человека 7 недель. Срез створок клапана аорты. Слои кардиомиоцитов в основе створки. Окраска по методу Малори-Слинченко.
А: **1 – просвет аорты, 2 – основа формирующейся створки. Увеличение: об. 40 ок. 10.**
Б: **1 – миокард желудочка, 2 – основа формирующейся створки. Увеличение: об. 60 ок. 10.**

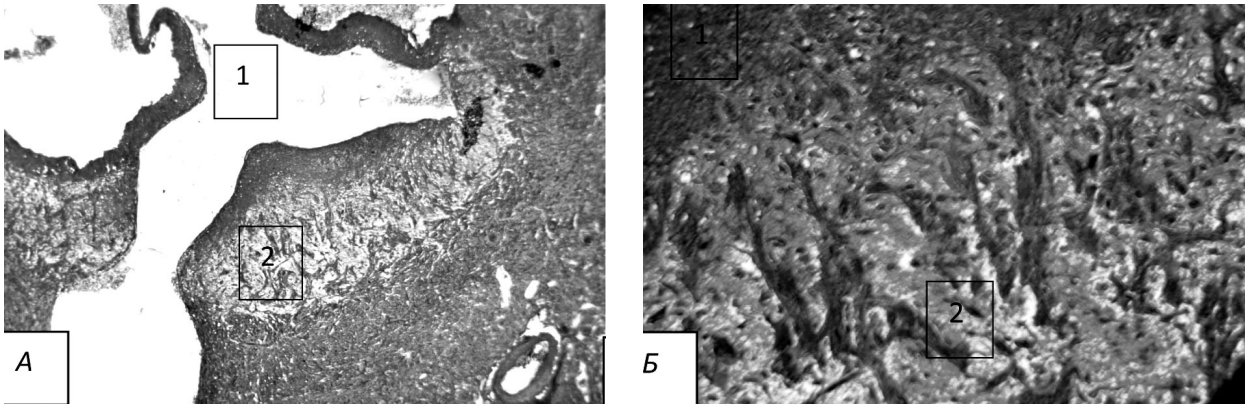

Рис. 3. Срезы правой заслонки легочного ствола (*А*) и левой заслонки аортального клапана (*Б*). Окраска: гематоксилин-эозин. Увеличение: об40 ок10. 1 – участок с продольно расположенными эластичными волокнами; 2 – участок с поперечно расположенными эластичными волокнами; 3 – участок рыхлой соединительной ткани; 4 – коллагеновые волокна; 5 – эластичные волокна.

которое происходит с участием эпикарда. Рыхлый эпикард даже на поздних этапах кардиогенеза не на всей поверхности плотно прилегает к стенке сосуда; наиболее плотное прилегание эпикарда к стенке аорты и легочного ствола мы наблюдаемо на передней поверхности сосудов. То есть на 6-7 недели пренатального развития еще не до конца сформирована стенка аорты и легочного ствола, а эндокрдиальные подушки уже распределяются на отдельные закладки будущих заслонок полулунных клапанов.

В дальнейшем формировании полулунных клапанов аорты и легочного ствола эмбрионального сердца происходят достаточно схожие между собой события. Мы исследовали основные процессы, которые происходят в первичных заслонках полулунных клапанов – это процессы образования коллагеновых волокон и формообразующие процессы. Процессы образования соединительной ткани в клапанах начинаются на поздних стадиях развития. Скопление мезенхимы в основе крупных сосудов сердца с самого начала своего образования играют роль первичных клапанов.

Гистологический состав различных частей заслонок тоже отличается. В основе заслонки, где сохраняется утолщение, мы наблюдали рыхло расположенную мезенхиму с тяжами миокарда, а тонкий край створки состоял из плотной мезенхимы, кое-где образующей синцитий. На этот период кардиогенеза в наших исследованиях не было обнаружено элементов соединительной ткани в заслонках крупных формирующихся сосудов, то есть ни коллагеновых, ни эластичных волокон в заслонках полулунных клапанов нами обнаружено не было.

Образование первых коллагеновых волокон в заслонках полулунных клапанов крупных сосудов сердца начинается в плодный период пренатального развития человека. Первые коллагеновые пучки появляются в клапанах по краю заслонки и в самых стенках сосудов.

Наши исследования показали, что коллагеновые слои закладываются одновременно в стенке сосуда, по краю полулунной заслонки клапана, образуя замкнутое кольцо из коллагена. При этом значительно уменьшается объем мезенхимной ткани в основе заслонок клапанов, хотя она еще остается.

На последующих стадиях эмбриогенеза площадь коллагеновых волокон возрастает, их количество и плотность увеличиваются. В этот же период появляются и первые коллагеновые пучки в стенках сосудов, причем их концентрация увеличивается на внешней стенке аорты и легочного ствола.

При гистологическом исследовании срезов клапанов аорты и легочного ствола у лиц второго периода зрелого возраста было установлено наличие соединительной ткани, которая расположена послойно и состоит из плотной волокнистой оформленной и рыхлой волокнистой неоформленной ткани. В межклеточном веществе содержатся коллагеновые волокна и фибробласты, которые в центре были крупнее, чем на периферии, интерстициальные пространства выстланы эндотелием и не заполнены соединительной тканью (**рис. 3**).

В некоторых местах наблюдается утолщение соединительной ткани, особенно коллагеновых и эластичных волокон. У основания полулунных заслонок находится большое количество фибробластов, гистиоцитов, макрофагов. В правой створке легочного ствола со стороны легочного синуса в стенке эндокарда наблюдается незначительное количество фибробластов. В левой полулунной заслонке аортального клапана наблюдается отсутствие эндокардиального слоя, а также развитых коллагеновых и эластичных волокон. В переходной зоне с миокарда на основание клапанов, как аорты, так и легочного ствола, наблюдаются рыхло расположенные пучки миокарда с широкими интерстициальными пространствами. .

Выводы. В результате анатомо-экспериментального исследования изучались возрастные особенности развития клапанов аорты и легочного ствола в течение онтогенеза, а также источники и сроки формирования этих клапанов.

Источником развития клапанного аппарата аорты и легочного ствола является мезенхимные клетки стенки сердца, аорты, легочного ствола, эндокардиальные подушки. Закладки заслонок клапанов в эмбриональный период развития включают в себя довольно рыхло расположенные мезенхимные клетки, основа которых значительно увеличена и крепится к стенке сосуда, а свободная поверхность обращена в пространство сосуда. Рост сосудов и формирования их стенок приводит к отделению заслонок от стенки желудочков. Заслонки клапанов аорты и легочного ствола содержат эндотелий сосудов, количество которого зависит от области заслонки. Наибольшее количество эндотелия, а также наличие сосудов отмечается в участках заслонок клапанов, которые прикрепляются к стенке аорты и легочного ствола. По мере перемещения к свободному краю заслонки наличие сосудов и клеток эндотелия уменьшается и появляются зоны без сосудов.

В постнатальном онтогенезе ряд параметров клапанов аорты и легочного ствола имеют тенденцию к увеличению. Интенсивность роста параметров клапанного аппарата легочного ствола и аорты на протяжении постнатального периода неодинакова. Так, наиболее интенсивным периодом роста является подростковый и юношеский, наибольшая стабильность этих параметров наблюдается во втором зрелом и преклонном периодах.

Перспективы дальнейших исследований. В дальнейшем планируем рассмотреть особенности строения клапанов сердца при нарушении их развития на клеточном, тканевом и органном уровнях.

Литература

1. Кулик Я. П. Клапанный аппарат сердца человека в норме и при патологии / Я. П. Кулик, Г. Н. Марущенко // Вопр. ревматизма. – 1982. – № 1. – С. 11-14.
2. Михайлов С. С. Клиническая анатомия сердца / С. С. Михайлов. – М.: Медицина, 1987. – 288 с.
3. Полухина А. В. Возрастные особенности строения и деятельности клапанов аорты / А. В. Полухина, Н. Г. Копейкин // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. – М.: НИИ физиологии детей и подростков. – 1977. – Т. 1. – С. 135-137.
4. Родионова А. В. Возрастная и индивидуальная изменчивость строения клапанов аорты человека / А. В. Родионова // Архив анатомии, гистологии, эмбриологии. – 1985. – Т. 88, № 3. – С. 44-51.
5. Соколов В. В. Возрастные особенности кровоснабжения клапанов сердца / В. В. Соколов // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2006. – № 2. – С. 59-60.
6. Langer F. Aortic valve repair using a differentiated surgical strategy / F. Langer, D. Aicher // Circulation. – 2004. – Vol. 110 (11), Suppl. 1. – P. 1167-1173.
7. Messica-Zeitoun D. Evaluation and clinical implications of aortic valve calcification measured by electron-beam computed tomography / D. Messica-Zeitoun, M. C. Aubry // Circulation. – 2004. Vol. 110 (3). – P. 356-362.

УДК 611. 126:611. 132. 1]:577. 95:572. 783

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА РОЗВИТКУ КЛАПАНІВ АОРТИ ТА ЛЕГЕНЕВОГО СТОВБУРА В ОНТОГЕНЕЗІ

Козловська Г. О.

Резюме. Метою даного дослідження було встановлення морфо-функціональних особливостей будови та розвитку клапанів аорти та легеневого стовбура в онтогенезі. Застосовуючи морфологічні, гістологічні та імуногістохімічні методи, на серцях людей, включаючи ембріональний та плодовий періоди, була вивчена вікова динаміка структурних компонентів клапанів аорти та легеневого стовбура. Результати проведеної роботи дозволяють поглибити та доповнити дані про структурно-функціональні особливості розвитку та будови клапанів аорти та легеневого стовбура протягом онтогенезу. Була встановлена вікова динаміка структур клапанів аорти та легеневого стовбура в онтогенезі, а також визначені закономірності цих змін.

Ключові слова: серце, аорта, легеневий стовбур, півмісяцеві заслінки клапанів, онтогенез.

УДК 611. 126:611. 132. 1]:577. 95:572. 783

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КЛАПАНОВ АОРТЫ И ЛЕГОЧНОГО СТВОЛА В ОНТОГЕНЕЗЕ

Козловская А. А.

Резюме. Целью данного исследования являлось установление особенностей развития и формирования клапанов аорты и легочного ствола сердца в течение онтогенеза. На сердцах эмбрионов, плодов и людей разных возрастных групп с использованием морфологических, гистологических и иммуногистохимических методов изучена возрастная динамика структурных компонентов клапанов аорты и легочного ствола. Результаты проведенной работы позволяют углубить и дополнить существующие данные о структурно-функциональных особенностях развития и строения клапанов аорты и легочного ствола в течение онтогенеза. Была установлена возрастная динамика структур клапанов аорты и легочного ствола в онтогенезе, а также определены закономерности этих изменений.

Ключевые слова: сердце, аорта, легочный ствол, полулунные заслонки клапанов, онтогенез.

UDC 611. 126:611. 132. 1]:577. 95:572. 783

Morphofunctional Structural Features and Development of Aortic and Pulmonary Valves in Ontogenesis

Kozlovskaya A. A.

Abstract. As shown by our study, the accumulation of mesenchyme at the base of the endocardial crests for forming future aortic and pulmonary valves begins immediately after the distribution of konotrunkus. Starting from 5-6 weeks of prenatal development of large holes in the heart vessels blistering mesenchyme covered by endothelium, which do not contain collagen and elastic fibers, and appear as bulging mesenchyme vascular cavity. These structures correspond to its content endocardial cushions atrio-ventricular channel and crests of konotrunkus Studies have shown that formig of flap valves on this period of development include rather loosely arranged mesenchymal cells that are adjacent to the endocardium tight, thus have the same composition as the endocardial cushion atrio – ventricular holes and crests of konotrunkus . But the shape of protrusions is quite different from these structures. From the very beginning forming of semilunar valves of large vessels can be divided into three bulges into the lumen of the vessel, which will give rise to the valve flaps. Research of the horizontal slices topography of forming of aortic and pulmonary valves showed that in the early stages of heart forming processes pulmonary valves forms below aortic valve, but the mechanisms of formation of these valves and chronology coincide. Our studies have shown that the source of development of large vessels flap valves of the heart is one – base of mesenchyme of endocardial crests. In this period of cardiogenesis vessels' wall is rather thick, not fully formed and contains a well-defined myocardial layer. Interesting in our opinion is the formation of the outer wall of the large vessels that occurs with the participation of the epicardium. Epicardium loose even in the later stages of cardiogenesis not on the entire surface tight to the vessel wall, the most snug fit epicardium to the wall of the aorta and pulmonary trunk, that we observe on the front surface vessels. Thus, at 6-7 week of prenatal development are not yet fully formed wall of the aorta and pulmonary trunk, and endocardial cushions already allocated to individual dampers forming future semilunar valves. Subsequently, the formation of the semilunar valves of the aorta and pulmonary trunk of embryonic heart occur quite similar. We investigated the underlying processes that occur in the primary flaps of semilunar valves – forming of collagen fibers and formative processes. Processes of connective tissue forming in the valves start at later stages of development. Cluster of mesenchyme of major vessels of the heart from the very beginning of their formation play a role of primary valves.

As a result of anatomic experimental study examined age peculiarities of aortic and pulmonary valves during ontogenesis, as well as the sources and timing of formation of these valves. Source for the development of aortic valve apparatus and pulmonary trunk valves is the mesenchymal cells of the heart wall, aorta, pulmonary trunk, endocardial cushions. Forming of damper valves in the embryonic period of development include rather loosely arranged mesenchymal cells, which significantly increased the foundation and attached to the vessel wall and the free surface faces in the lumen of the vessel . The growth of blood vessels and their formation leads to the separation of the walls of the ventricular wall flaps. Valve flaps of aorta and pulmonary trunk contain the vascular endothelium, the amount of which depends on the area of the valve. The greatest number of the endothelium, and the presence of vessels in areas marked flap valves that are attached to the wall of the aorta and pulmonary trunk. As you move to the free edge flap and the presence of vascular endothelial cells is reduced and there are no areas of vessels. In postnatal ontogenesis number of parameters of aortic and pulmonary trunk valves tend to increase. Growth rate parameters pulmonary valve apparatus and the aorta valves during postnatal period varies. Thus, the most intense period of growth is adolescence and youth, the greatest stability of these parameters is observed in the second mature and old periods.

Key words: heart, aorta, pulmonary trunk, semilunar valves, ontogenesis.

Рецензент – проф. Шерстюк О. О.

Стаття надійшла 10. 02. 2014 р.