

DOI 10.29254/2077-4214-2018-1-2-143-17-23

УДК 611.1 : 572.7: 618.29: 616-053.31

*Кузьменко Ю. Ю., Маликов А. В.***НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ  
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДО И ПОСЛЕ РОЖДЕНИЯ**

Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца (г. Киев)

alexandrvm@ukr.net

**Связь публикации с плановыми научно-исследовательскими работами.** Работа является фрагментом НИР «Вивчити структурні особливості ендокринної функції серця в умовах легеневої гіпертензії», № государственной регистрации 0194ИО20877.

В определённые периоды развития состояние кровоснабжения имеет большое значение для жизнедеятельности отдельных органов. Кровоснабжение оказывает влияние как на процессы роста массы органа, так и на процессы тончайшего развития его элементов и дифференцировки. Несомненно, что при изучении тканей, которые формируют сердце человека, его сосудистая система имеет также большое значение, изучение же её в возрастном аспекте является тем слагаемым, которое объясняет многое в возрастной структуре сердца.

Сосудистая система является одним из характернейших производных мезенхимы. Не исключено, что эндотелий сосудов берёт начало из особого сосудистого зачатка – ангиобласта, клетки которого примешиваются к мезенхиме. Первые сосуды появляются в мезенхиме внезародышевых частей – желточного мешка, а у приматов и человека также и хориона. Позднее возникают сосуды в самом теле зародыша. В мезенхимном слое стенки зародышевого мешка и хориона сосуды возникают в форме плотных клеточных сгущений – кровяных островков, сливающихся далее в сеть, причём периферические клетки перекалдин этой сети, уплотняясь, дают начало эндотелию, а глубже лежащие, округляясь, становятся кровяными клетками. В теле же зародыша сосуды развиваются в форме полых трубок не содержащих кровяных клеток. Лишь позднее, после установления связи сосудов тела зародыша с сосудами желточного мешка, с началом биения сердца и возникновением кровотока, кровь попадает из сосудов желточного мешка в сосуды зародыша. Эритроциты, образующиеся в первом кроветворном органе зародыша – желточном мешке (первичные эритроциты), содержат ядро и имеют довольно крупные размеры. В связи с редукцией желточного мешка у человека, по сравнению с рептилиями и птицами, желточный круг кровообращения немного запаздывает в своём развитии по сравнению с плацентарным кругом кровообращения. Соответственно этому и кроветворение в отличие от птиц и большинства млекопитающих успевает раньше начаться в соединительной ткани хориона, чем в стенке желточного мешка [1,2].

Первые кровеносные сосуды закладываются в мезодермальной стенке желточного мешка и в теле

зародыша. Ранние сосуды представляют собой эндотелиальные трубочки, окружённые паравазальной мезенхимой. В процессе онтогенеза стенка сосудов не остаётся неизменной, она дифференцируется в разных направлениях: на артерии и вены. Основная сеть дефинитивных капилляров в органах возникает заново путём почкования. К моменту рождения ребёнка диаметр артерии и соответствующей вены обычно одинаковы. У новорожденного все кровеносные сосуды, включая и крупные, имеют тонкие стенки, а их мышечная ткань и эластические волокна выражены слабо. У артерий внутренняя оболочка состоит почти исключительно из эластической мембраны; субэндотелиальный слой развит слабо; внешняя оболочка богата клеточными элементами. Просвет артерий относительно широк и соотношение между диаметром артерий и вен составляет 1:1. Капиллярная сеть у новорожденных достаточно выражена; капилляры короткие, часто не имеют ещё хорошо оформленной, типичной для них формы петли. Очень хорошо выражены субкапиллярные, артериальные и венозные сплетения расположенные поверхностно в коже [3].

Раньше других сосудов в теле зародыша образуются сердце, аорта и крупные вены. Сердце закладывается первоначально в виде двух полых трубок, состоящих только из эндотелия, и располагающихся в шейной области зародыша между энтодермой и висцеральными листками правого и левого спланхнотомов. Зародыш в это время (в начале 3-ей недели развития) имеет вид желточным мешком, и его кишка ещё не обособилась от желточного мешка, а представляет собой его покрытие. По мере обособления тела зародыша от внезародышевых частей, образования вентральной стороны тела и формирования кишечной трубки, парные закладки сердца сближаются друг с другом, смещаются в медиальное положение под передней частью кишечной трубки и сливаются. Таким образом, закладка сердца становится непарной, приобретая форму простой эндотелиальной трубки. Участки спланхнотомов, прилегающие к эндотелиальной закладке сердца, слегка утолщаются и превращаются в так называемые миоэпикардимальные пластинки. Позднее за счёт миоэпикардимальных пластинок дифференцируются как волокна миокарда, так и эпикард. В дальнейшем примитивное трубчатое сердце зародыша претерпевает сложные изменения формы, строения и расположения [4,5].

Задний расширенный отдел трубчатого сердца (венозный синус) принимает в себя венозные сосуды; передний суженный конец продолжается в артериальный проток, дающий начало главным артериальным сосудам (аортам). Задний венозный и передний артериальный отделы сердечной трубки вскоре отделяются друг от друга поперечной перегородкой, а суженный в этом месте просвет сердечной трубки представляет собой «ушковый» канал и таким образом, сердце становится двухкамерным.

Вследствие усиленного роста в длину, опережающего рост окружающих частей зародыша, сердце образует несколько изгибов. Венозный отдел смещается краниально и охватывает с боков артериальный конус, а сильно разрастающийся артериальный отдел смещается при этом каудально. Каудальный расширенный конец представляет собой зачаток обоих желудочков, ушковый канал соответствует атриовентрикулярным отверстиям. Краниальный венозный отдел, охватывающий артериальный конус, является зачатком предсердий. Затем, благодаря образованию сагиттальных перегородок, сердце из двухкамерного становится четырёхкамерным. «Ушковый канал» разделяется на правое и левое атриовентрикулярные отверстия. В первоначально сплошной перегородке предсердий появляется большое отверстие – овальное окно, через которое кровь из правого предсердия переходит в левое. Обратному току крови препятствует образующийся из нижнего края овального окна клапан, запирающий это отверстие со стороны левого предсердия. В перегородке желудочков на вентральной стороне около «ушкового» канала долго сохраняется отверстие, которое у рептилий сохраняется в течение всей жизни [6,7].

Артериальный проток подразделяется перегородкой на аорту, выходящую из левого желудочка, и легочную артерию, выходящую из правого. Клапаны возникают как складки эндокарда.

Сердце начинает функционировать чрезвычайно рано, ещё тогда, когда оно находится в области шеи зародыша. Позже параллельно с процессами его формирования оно смещается из области шеи вниз, в грудную полость. В то же время общая вторичная полость тела зародыша разделяется диафрагмой на грудную и брюшную, а грудная подразделяется в свою очередь на перикардиальный и плевральный отделы [8,9,10].

Ещё когда сердце имеет форму эндотелиальной трубки, передний конец его (артериальный проток) даёт начало двум крупным сосудам – дугам аорты, которые, огибая с боков переднюю кишку, переходят на дорсальную сторону тела и здесь, в виде двух спинных аорт – правой и левой – в промежутке между кишкой и хордой, направляются к заднему концу тела зародыша. Позднее обе парные аорты сливаются в одну непарную (возникая сначала в средней части тела зародыша, это слияние затем постепенно распространяется вперёд и назад). Задние концы спинных аорт непосредственно продолжают в пупочные артерии, которые вступают в амниотическую ножку и разветвляются в ворсинках хориона.

От каждой из пупочных артерий отходит по веточке к желточному мешку – это желточные артерии, которые разветвляются в стенке желточного мешка, образуя здесь капиллярную сеть. Из этой капиллярной сети кровь собирается по венам стенки желточного мешка, которые объединяются в две желточные вены несущие в тело зародыша кровь, обогащённую кислородом и питательными веществами, извлеченными ворсинками хориона из крови матери (позднее обе пупочные вены в их внезародышевой части сливаются в один ствол). Существенно, что как желточные, так и пупочные вены перед своим впадением в венозный синус проходят через печень, где, разветвляясь, образуют воротную систему (подобно тому, как позднее, с переходом трофической функции к кишечнику, система воротной вены печени образуется за счёт венозных сосудов кишечника). Эта кровь смешивается в венозном синусе сердца с кровью, приносимой впадающими сюда кардинальными венами (передними и задними), которые собирают отработанную венозную кровь из мелких венозных сосудов всего тела зародыша. Таким образом, из сердца в аорту и далее в артериальную сеть тела зародыша, образуемую ответвлениями аорты, поступает не чистая артериальная, а смешанная кровь. Эта смешанная кровь поступает из аорты в пупочные артерии и идёт в сосуды ворсинок хориона, где переходит в капилляры и, отдавая через толщу трофобласта углекислый газ и другие отходы обмена веществ в материнскую кровь, обогащается здесь кислородом и питательными веществами. Такая ставшая артериальной кровь возвращается в тело зародыша по пупочной вене. Эта сравнительно простая кровеносная система зародыша впоследствии подвергается сложным перестройкам [11,12].

Особенно характерны перестройки в области жаберных дуг аорты. По мере развития жаберных дуг, отделяющих следующие друг за другом жаберные щели, в каждой из них образуется артериальный ствол, так называемая жаберная аортальная дуга, соединяющая брюшную и спинную стволы аорты. Таких дуг, включительно с возникающей ранее других первой парой, образуется всего шесть пар. Первые две пары жаберных дуг в последствии полностью редуцируются; передние концы вентральных стволов аорты, продолжаясь в голову, становятся наружными сонными артериями. Третья пара жаберных дуг и передний конец спинной аорты, утрачивающий связь с её задним отделом, становятся внутренними сонными артериями. Четвёртая пара аортальных дуг развивается несимметрично: левая становится дефинитивной дугой аорты и, переходя на заднюю сторону, продолжается в спинную аорту. Правая четвёртая дуга превращается в безымянную артерию и правую подключичную артерию, и от неё отходит правая общая сонная артерия. Левая общая сонная артерия, являясь, как и правая, частью вентрального ствола аорты, начинается от её дефинитивной дуги. Пятая пара жаберных дуг аорты полностью редуцируется, а шестая частично даёт начало легочным артериям, при этом правая шестая дуга почти пол-

ностью исчезает, а левая становится артериальным протоком Боталла, существующим у зародыша только до перехода к легочному дыханию и отводящим кровь из легочной артерии в спинную аорту. Раздвоенный её задний конец представленный начальными частями пупочных артерий, которые становятся в сформированном организме общими подвздошными артериями и от которых отходят артериальные стволы нижних конечностей [13,14,15].

Передние (яремные) и задние кардинальные вены зародыша, подходя к венозному синусу сердца, сливаются в общие венозные стволы – венозные протоки Кювье, которые, направляясь вначале поперечно, впадают в венозный синус. В связи с редукцией ряда органов, обслуживаемых кардинальными венами, они на более поздних стадиях развития утрачивают своё значение. Благодаря смещению сердца из области шеи в грудную полость венозные протоки Кювье приобретают косое направление.

После разделения венозной части сердца на правое и левое предсердия кровь из венозных протоков Кювье начинает попадать только в правое предсердие. Между правым и левым венозными протоками Кювье возникает анастомоз, по которому кровь от головы течёт преимущественно в правый венозный проток Кювье. Левый постепенно перестаёт функционировать и редуцируется, его остаток (принимающий в себя вены сердца) становится венозным синусом сердца. Правый венозный проток Кювье становится верхней полой веной. Нижняя полая вена в нижнем отделе развивается из каудального конца правой кардинальной вены, а в своём краниальном отделе преобразуется в виде непарного ствола. Левая кардинальная вена в результате появления нижней полой вены (в которую теперь направляется кровь, оттекающая от туловища и нижних конечностей) и редукции левого венозного протока Кювье теряет своё значение и редуцируется [16].

Благодаря наличию артериального протока Боталла значительная часть крови, поступающей из правого желудочка в легочную артерию, переходит в аорту и лишь очень небольшая часть попадает в лёгкие. Будущий малый круг кровообращения развит слабо и обслуживает лишь питание и снабжение кислородом легочной ткани [17].

В момент перевязки пупочных сосудов при рождении резко понижается давление в правом предсердии, так как туда теперь попадает значительно меньше крови. Первый вдох вызывает сильное расширение объёма лёгких, и в их сосуды устремляется вся кровь из легочной артерии, а артериальный проток Боталла быстро редуцируется, превращаясь в тяж фиброзной ткани. Возвращаясь из лёгких, кровь поступает в левое предсердие, где давление резко повышается. Так как в правом предсердии давление снизилось, клапан овального окна, расположенный со стороны левого предсердия, захлопывается и овальное окно зарастает. Сердце начинает функционировать как четырёхкамерное, нагнетая кровь в малый и большой круги кровообращения [18].

В первые годы жизни развитие сосудистой сети происходит сравнительно быстро. В больших сосудах объём мышечной оболочки увеличивается и нарастает количество эластических и коллагеновых волокон сосудистой стенки; сравнительно быстро развивается интима и её субэндотелиальный слой; просвет сосудов нарастает медленно. Капиллярные сети удлиняются и оформляются, а субкапиллярная сосудистая сеть скрывается в более глубокие слои кожи. В преобразовании артериальной системы организма различают два периода: первый период продолжается от момента рождения до 12 лет, второй – от 12 до 30 лет. С трёхлетнего возраста и до пубертатного периода сосудистые стенки претерпевают значительные изменения, что приводит к значительной разнице между строением кровеносной системы в раннем возрасте и старшем [19,20].

У детей до 3 лет компоненты сосудистой стенки находятся в состоянии созревания. По мере роста ребёнка количество мышечных клеток в сосудах возрастает, хорошо выраженными становятся эластические мембраны и, в итоге, формируется мышечная оболочка. Полное формирование стенки всех кровеносных сосудов завершается к 12 годам.

У новорожденного разделение стенки вен на оболочки не выражено. Короткие капилляры часто не формируют типичных петель. Очень хорошо выражены субкапиллярные, артериальные и венозные сплетения. У детей в стенке сосудов клеточные элементы легко повреждаются, но, в то же время благодаря большой регенеративной способности, легко восстанавливаются. Мышечный слой, эластические и коллагеновые волокна развиты более слабо, поэтому просвет артерий более широкий, а это определяет и более низкое кровяное давление у детей раннего детского возраста, меньшую скорость распространения пульсовой волны и более лёгкое развитие коллапса [21].

Сердце кровоснабжается двумя венечными артериями, левой и правой, берущих своё начало от восходящей аорты в области её пазух, на уровне верхних краёв полулунных клапанов. Левая венечная артерия крупнее правой; в месте выхода она делится на две ветви: 1) нисходящую, которая ложится в переднюю продольную борозду сердца, и 2) огибающую ветвь. Последняя идёт вначале по левой части венечной борозды, затем огибает сердце и переходит на задние его отделы, где, не доходя до задней продольной борозды, и оканчивается.

Левая венечная артерия питает левый желудочек, левое предсердие, значительную часть перегородки желудочков, сосочковые мышцы; отдельные её ветви снабжают правый желудочек [22].

Правая венечная артерия проходит по правой части венечной борозды, залегая вначале между правым ушком и артериальным конусом, затем она огибает сердце справа и на задней поверхности сердца ложится в заднюю продольную борозду, образуя заднюю спускающуюся ветвь. Правая венечная артерия снабжает кровью правый желудочек и правое предсердие, заднюю часть перегородки желудочков

и всю перегородку предсердий, а также часть задней сосочковой мышцы; отдельные её ветви поднимаются к дуге аорты.

Синусно-предсердный узел Киса-Фляка в подавляющем большинстве питается за счёт правой венечной артерии; предсердно-желудочковый узел Ашофа-Тавари и предсердно-желудочковый пучок Гиса снабжаются обеими венечными артериями [23,24].

Во все возрастные периоды величина диаметра и толщины стенки больше у левой венечной артерии, чем у правой. Слои, составляющие стенку сосуда, растут с возрастом, причём здесь удаётся определить ряд интересных закономерностей. Тогда как средняя и наружная оболочки сосудов имеют даже у эмбриона значительную величину и в последующие годы мало изменяются, внутренняя оболочка, напротив, будучи у эмбриона и ребёнка 1-го года жизни очень тонкой, чрезвычайно сильно растёт с возрастом. Особенно это удаётся отметить в препубертатный и пубертатный период, когда размер её увеличивается от 13 до 20 раз против исходной величины. В этот же период значительно увеличивается толщина всей сосудистой стенки, а также значительно растёт диаметр просвета. Вероятно, что все указанные явления имеют связь с бурным ростом волокон и ядер миокарда в данный период, к тому же целый ряд особенностей клиники подросткового сердца находят своё обоснование и в изменениях миокарда и в росте сосудов этого периода.

Гистологическое увеличение размеров внутренней оболочки связано с процессом расщепления внутренней эластической мембраны на ряд тонких пластинок; кроме того, под эндотелием после 2-3 лет начинает выявляться так называемый субэндотелиальный камбиальный слой. Наибольшего своего развития камбиальный слой достигает в подростковом периоде, когда он образует в интима субэндотелиальный и субэластический слои. В этих слоях, кроме эластических структур и коллагеновой ткани, отмечается значительное количество отростчатых клеток с овальным ядром, напоминающих камбиальные клетки соединительной ткани [25,26].

Что касается гистоархитектоники сосудистых ветвей коронарных артерий, то характер их распределения меняется с возрастом. В эмбриональном периоде можно говорить о рассыпном типе кровоснабжения, что сохраняется в течение первых 2 лет жизни.

После двухлетнего возраста характер кровоснабжения приобретает несколько неопределённый характер. На фоне пучка и рассыпного характера кровоснабжения начинают дифференцироваться боковые, более тонкие ветви; этот тип питания обозначается как переходный [27].

К 6-7 годам выявляются основные ветви, которые растут, увеличивают свой диаметр, тогда как другие сосудистые веточки пучка, напротив, подвергаются обратному развитию. Таким образом, формируется основной сосуд с отходящими от него, постепенно всё уменьшающимися веточками. Сосуды приоб-

ретают характер магистрального распределения, и кровоснабжение органа становится более совершенным.

У взрослого имеется тот же магистральный тип ветвления сосудов, с древовидно отходящими вторичными ветвями. Сосуд обычно проходит в толще клетчатки, в этом возрасте уже имеющей достаточное количество жира. Разветвления терминальных сосудистых веточек (прекапилляров и капилляров) отмечаются в значительно более тонких соединительнотканых прослойках.

Сравнивая сосуды сердца с равнокалиберными сосудами других органов, в частности мозга, отмечается характерная особенность – резкое утолщение внутренней сосудистой оболочки в пубертатный период. Считается, что структурные особенности кровеносной системы сердца являются одним из факторов, которые могут объяснить наибольшую частоту поражения коронарных сосудов склерозированием и тромбозом [28].

Таким образом, кровоснабжение сердца имеет ряд отличий от кровоснабжения других органов. Основа этого факта лежит в том, что равнокалиберные сосуды других участков тела имеют иную микроскопическую и архитектурную структуру.

Что касается собственно сердца, то наиболее интенсивные изменения происходят в нём в первые месяцы жизни и связаны с новыми условиями кровообращения и новыми требованиями, предъявляемыми к сердцу.

Сердце новорожденного гистоморфологически не отличается от сердца плода в последние месяцы его внутриутробного развития: имеет округлую форму, его продольные и поперечные размеры почти равны. В процессе роста и развития организма под влиянием экзо- и эндогенных факторов сердце, как и все другие органы, претерпевает ряд изменений. Вес сердца увеличивается в течение всей жизни человека: вначале за счёт роста мышечной ткани сердца, а затем – за счёт увеличения жировой и соединительной тканей. Вес сердца новорожденного около 24,0 г, к 8 месяцам вес увеличивается в 2 раза, а к 2-3 годам – утраивается, к 5 годам увеличивается в 4 раза, а к 16 годам – в 11 раз. Эндокард представлен слоем эндотелия и субэндотелиальной соединительной тканью; эластический аппарат развит слабо, гладкие мышечные клетки единичные; волокна миокарда тонкие, состоят из мелких миоцитов. Миоциты бедны саркоплазмой и миофибриллами. Соединительная и жировая ткань развиты слабо [29,30].

Миокард у новорожденного обильно кровоснабжён. В отличие от взрослых, тип кровоснабжения носит рассыпной характер. Эпикард образован нежной соединительной тканью и покрыт мезотелием.

Постнатальное развитие сердца проходит ряд периодов, которые отличаются разным уровнем и скоростью гистогенетических процессов. До 2 лет идёт довольно быстрый темп роста и дифференцировки. Это связано с тем, что сразу после рождения к сердцу предъявляются повышенные требования. Мышечные волокна сердца очень тонкие, слабо

ограничены друг от друга, что придаёт миокарду вид всё ещё малодифференцированного образования; недостаточно выражена продольная фибриллярность; поперечная исчерченность ещё незначительна; мышечные клетки богаты ядрами и количество ядер уменьшается, но увеличивается их объём. От рождения до 2 лет – период интенсивного роста сердечной ткани и относительно более медленного развития и дифференцировки её элементов. В это время мышечные волокна особенно увеличиваются в толщину от 8-9 мкм у детей до 2 лет и до 15 мкм у взрослых. Мышечные волокна утолщаются за счёт увеличения саркоплазмы и толщины миофибрилл; более отчётливо становится поперечнополосатая исчерченность миофибрилл. До 2 лет окончательно оформляются мышечные пучки; мышечные волокна изолируются друг от друга с помощью соединительной ткани и жировых клеток мало. В период от 2 до 10 лет жизни дифференцировка продолжается более медленным темпом. Увеличивается толщина мышечных волокон и количество соединительной ткани; усиливается эластический аппарат сердца; увеличивается толщина миокарда, главным образом за счёт развития циркулярного слоя. К 5-6 годам заметно увеличивается количество соединительной ткани и начинается формирование сосудистой системы сердца по магистральному типу. К этому времени мощным становится эластический аппарат сердца. В эндокарде формируется гладкомышечный слой; волокна проводящей системы дифференцируются быстрее типичных волокон миокарда; калибр ствола проводящей системы относительно велик. Несмотря на некоторую редукцию части мышечных

волокон проводящей системы в первые годы жизни, он остаётся относительно большим и к концу третьего года жизни. Волокна Пуркинье в первые годы жизни увеличиваются в толщине. Возрастает количество и объём мелких сосудов сердца, увеличивается толщина миокарда левого желудочка. В пубертатный период темп изменений вновь нарастает. В этот период резко увеличивается диаметр волокон, завершается оформление внутренних сосудов, клапанов и нервного аппарата. Полностью формирование сердца завершается уже у взрослого человека к 27-30 годам [31].

**Выводы.** Знание особенностей строения и функций сердечнососудистой системы в эмбриогенезе играет важную роль в разрешении широкого круга клинических ситуаций. Данные анатомии сердца и сосудов во внутриутробном периоде развития вооружают клиницистов на борьбу с заболеваниями данного периода и аномалиями развития. Именно в эмбриональный период развития, когда зародыш особенно восприимчив к воздействию патогенных факторов окружающей среды, формируются и в той или иной степени закрепляются признаки, характеризующие индивидуальные морфологические и физиологические особенности организма, его сопротивляемость к заболеваниям и т. д. Таким образом, необходимо не просто изучение данных эмбриогенеза сердечнососудистой системы, а их сопоставление в динамике. Это даёт ключ к пониманию физиологии и морфологии этих органов в разные возрастные периоды, а также путей распространения многих патологических процессов.

### Литература

1. Ayvazyan KA. Budova sukhozil'kovikh strun peredserdno-shlunochkovikh klapaniv zvichayno sformovaniikh serdets ditey i pri tetradii Fallo. Gal. likar. visnik. 2010;7(2):8-10. [in Ukrainian].
2. Kozlov VA. Kliniko-morfologicheskie paralleli v razvitii serdtsa v prenatalnom ontogeneze. Tavr. med-biol. visnyk. 2006;2(3):87-9. [in Russian].
3. Pulikov AS. Vozrastnaya gistologiya. Feniks; 2006. s. 55-64. [in Russian].
4. Patyuchenko OYu. Morfologicheskaya kharakteristika protsessov rannego kardiomiogeneza v serdtse zarodysha cheloveka. Morfologiya. 2007;131(3):85. [in Russian].
5. Combs MD. Heart valve development: regulatory networks in development and disease. Circ. Res. 2009;105(5):408-21.
6. Savenkova OO. Formoutvorenniya vnutrishnyogo reliefsu shlunochkiv sertsya lyudyny v prenatalnomu ontogenezi. Kharkiv; 2009. 18 s. [in Ukrainian].
7. Von Gise A. Endocardial and epicardial epithelial to mesenchymal transitions in heart development and disease. Circ. Res. 2012;110:1628-45.
8. Knorre AG. Kratkiy ocherk embriologiyi cheloveka. L.: Medgiz; 1959. 222 s. [in Russian].
9. Hislop A, Reid L. Bull physio-pathol. Respirat. 1973;9(6):1356.
10. Lin ChJ. Partitioning the heart: mechanisms of cardiac septation and valve development. Development. 2012;139(18):3277-99.
11. Kozlov VO. Formuvannya klapannogo aparatu sertsya v embriogenezi. Klin. anat. ta operat. khirurgiya. 2004;3(3):21-4. [in Ukrainian].
12. Clark EB. Cardiac embryology: its relevance to congenital heart disease. Am J Dis Child. 1986;140:41.
13. Stanek I. Embriologiya cheloveka. Bratislava; 1999. 417 s. [in Russian].
14. Tomas V. Medychna embriologiya za Langmanom. Lviv: Nautilus; 2001. 550 s. [in Ukrainian].
15. Romyantsev PP. Interrelations of the proliferation and differentiation processes during cardiac myogenesis and regeneration. Int. Rev. Cytol. 1977;51:188.
16. Chernyakhovskaya NE. Korrektsiya mikrotsirkulatsiyi v klinicheskoy praktike. Binom. Laboratoriya znaniy; 2013. 208 s. [in Russian].
17. Matyushechkin SV. Otsenka morfologicheskikh pokazateley serdtsa u plodov raznogo pola. Tver: RIO TGMA; 1996. 190 s. [in Russian].
18. Zozulya OS. Osoblivosti rozvitku stulok peredserdno-shlunochkovikh klapaniv. Morfologiya. 2007;1(2):54-8. [in Ukrainian].
19. Rombalskaya AR. Formirovanie i stroenie vnutrizheludochkovykh obrazovaniy serdtsa cheloveka vo vnutriutrobnom periode razvitiya. Morfologiya. 2010;137(1):21-7. [in Russian].
20. Harris JS. Development of the endocardium. Pediatr. Cardiol. 2010;31:391-9.
21. Abdul-Ogli LV. Regionalni osoblivosti rozvitku i budovi stinki sertsya v ontogenezi. Kharkiv; 2005. 20 s. [in Ukrainian].
22. Valiker FI. Morfologicheskiye osobennosti razvivaiushchegosya organizma. Medgiz; 1989. [in Russian].
23. Novikov VD. Otsenka vzaimootnosheniy strukturi i funktsii s pozitsiyi funktsionalnikh system. Morfologiya. 2002;122(5):19-24. [in Russian].

24. Ehrin J. Heart valve development: endothelial cell signaling and differentiation. *Circ. Res.* 2004;95:459-70.
25. Bykov VL. *Gistologiya i embriologiya.* Sotis; 2000. [in Russian].
26. Imanaka K. The stiffness of normal and abnormal mitral valve. *Ann Thorac ĩardiovasc Surg.* 2007;13(3):178-84.
27. Misfeld M. Heart valve macro- and microstructure. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2007;362:1421-36.
28. Ostrovskiy IM. Morfogenez serdtsa u zarodyshey cheloveka. *Morfologiya.* 2007;131(3):84. [in Russian].
29. Zozulya OS. Zakonomirnosti rozvitku ta budovi peredserdno-shlunochkovikh klapaniv sertsya v pre- i postnatalnomu ontogenezi. *Dnipropetrovsk;* 2007. 146 s. [in Ukrainian].
30. Kiryakulov KS. Klinicheskaya anatomiya serdtsa detey v norme i pri vrozhdnyonnikh deffektakh mezhzheludochkovoy peregorodki. *Donetsk;* 1997. 235 s. [in Russian].
31. Kozlovsyka GO. Morfofunktsionalni osoblivosti budovi ta rozvitku klapaniv aorti ta legenevogo stovburu v ontogenezi. *Dnipropetrovsk;* 2007. 18 s. [in Ukrainian].

### ДЕЯКІ АСПЕКТИ МОРФОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ДО І ПІСЛЯ НАРОДЖЕННЯ

**Кузьменко Ю. Ю., Маліков О. В.**

**Резюме.** Судинна система є одним з найхарактерніших похідних мезенхіми. Не виключено, що ендотелій судин бере початок з особливого судинного зачатка – ангиобласта, клітини якого домішуються до мезенхіми. Перші судини з'являються в мезенхімі позазародкових частин – жовткового мішка, а у приматів і людини також і хоріона. Пізніше виникають судини в самому тілі зародка. Раніше за інші судини в тілі зародка утворюються серце, аорта та великі вени. Серце починає функціонувати надзвичайно рано, ще відтоді, як воно знаходиться в області шиї зародка. Пізніше, паралельно з процесами його формування, воно зміщується з області шиї вниз, в грудну порожнину. Що стосується власне серця, то найбільш інтенсивні зміни відбуваються у ньому в перші місяці життя, вони пов'язані з новими умовами кровообігу і новими вимогами, щодо серця. Порівнюючи судини серця з рівнокаліберними судинами інших органів, зокрема мозку, простежується характерна особливість – різке потовщення інтими в пубертатний період. Вважається, що структурні особливості кровопостачання серця є одним з факторів, які можуть пояснити найбільшу частоту ураження коронарних судин склерозуванням і тромбозом. Таким чином, кровопостачання серця має ряд відмінностей від кровопостачання інших органів. Основа цього факту лежить в тому, що рівнокаліберні судини інших ділянок тіла мають іншу мікроскопічну і архітектонічну структуру. Знання особливостей будови і функцій серцево-судинної системи в ембріогенезі відіграє важливу роль у вирішенні широкого кола клінічних ситуацій. Саме в ембріональний період розвитку, коли зародок особливо чутливий до впливу патогенних факторів навколишнього середовища, формуються і в тій чи іншій мірі закріплюються ознаки, що характеризують індивідуальні морфологічні і фізіологічні особливості організму, його опірність до захворювань і т. д. Таким чином, необхідно не просто вивчення даних ембріогенезу серцево-судинної системи, а їх зіставлення в динаміці, що дає ключ до розуміння фізіології і морфології цих органів в різні вікові періоди, а також шляхів поширення багатьох патологічних процесів.

**Ключові слова:** серце, судини, кров, зародок, жовтковий мішок, ендотеліальна трубка, зяброві дуги.

### НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДО И ПОСЛЕ РОЖДЕНИЯ

**Кузьменко Ю. Ю., Маликов А. В.**

**Резюме.** Сосудистая система является одним из характернейших производных мезенхимы. Не исключено, что эндотелий сосудов берёт начало из особого сосудистого зачатка – ангиобласта, клетки которого пришиваются к мезенхиме. Первые сосуды появляются в мезенхиме внезародышевых частей – желточного мешка, а у приматов и человека также и хоріона. Позднее возникают сосуды в самом теле зародыша, при этом ранее других сосудов образуются сердце, аорта и крупные вены. Сердце начинает функционировать чрезвычайно рано, ещё находясь в области шеи зародыша, а позже, параллельно с процессами его формирования, оно смещается из области шеи вниз, в грудную полость. Наиболее интенсивные изменения происходят в сердце в первые месяцы жизни, что связано с новыми условиями кровообращения и новыми требованиями, предъявляемыми к нему. Сравнивая сосуды сердца с равнокалиберными сосудами других органов, в частности мозга, отмечается характерная особенность – резкое утолщение интими в пубертатный период. Считается, что структурные особенности кровеносной системы сердца являются одним из факторов, который может объяснить наибольшую частоту поражения коронарных сосудов склерозированием и тромбозом. Таким образом, кровоснабжение сердца имеет ряд отличий от кровоснабжения других органов. Основа этого факта в том, что равнокалиберные сосуды других участков тела имеют иную микроскопическую и архитектурную структуру. Знание особенностей строения и функций сердечно-сосудистой системы в эмбриогенезе играет важную роль в разрешении широкого круга клинических ситуаций. Именно в эмбриональный период развития, когда зародыш особенно восприимчив к воздействию патогенных факторов окружающей среды, формируются и в той или иной степени закрепляются признаки, характеризующие индивидуальные морфологические и физиологические особенности организма, его сопротивляемость к заболеваниям и т. д. Таким образом, необходимо не просто изучение данных эмбриогенеза сердечно-сосудис-

## ОГЛЯДИ ЛІТЕРАТУРИ

той системи, а их сопоставление в динамике, что даёт ключ к пониманию физиологии и морфологии этих органов в разные возрастные периоды, а также путей распространения многих патологических процессов.

**Ключевые слова:** сердце, сосуды, кровь, зародыш, желточный мешок, эндотелиальная трубка, жаберные дуги.

### SOME ASPECTS OF MORPHOLOGICAL PECULIARITIES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM BEFORE AND AFTER BIRTH

Kuzmenko Y. Y., Malikov A. V.

**Abstract.** The vascular system is one of the most characteristic derivatives of the mesenchyme. It is possible that the endothelium of the vessels originates from a special vascular rudiment – an angioblast, the cells of which are admixed with the mesenchyme. The first vessels appear in the mesenchyme of the extra-germinal parts – the yolk sac, while in primates and humans also the chorion.

Later, the vessels appear in the very body of the embryo. Earlier, other vessels in the body of the embryo form the heart, the aorta and the large veins. The heart begins to function extremely early, even when it is in the neck of the embryo. Later, in parallel with the processes of its formation, it moves from the neck area downwards, into the thoracic cavity. As for the heart itself, the most intensive changes occur in it in the first months of life, they are associated with new circulatory conditions and new demands placed on the heart.

Comparing the vessels of the heart with the equilateral blood vessels of other organs, in particular the brain, there is a characteristic feature – a sharp thickening of the intima in the pubertal period. It is believed that the structural features of the circulatory system of the heart are one of the factors that can explain the greatest incidence of coronary artery disease by sclerosing and thrombosis. Thus, the blood supply of the heart has a number of differences from the blood supply of other organs. The basis of this fact is that the equal-caliber vessels of other parts of the body have a different micro-scopic and architectonic structure.

Knowledge of the features of the structure and functions of the cardiovascular system in embryogenesis plays an important role in resolving a wide range of clinical situations. Data of the anatomy of the heart and blood vessels during the intrauterine period of development equips clinicians to fight diseases of this period and developmental anomalies. It is in the embryonic period of development, when the embryo is particularly susceptible to the effects of pathogenic factors of the environment, that signs characterizing the individual morphological and physiological characteristics of the organism, its resistance to diseases, etc., are formed to varying degrees.

Thus, it is necessary not just to study embryogenesis data of the cardiovascular system, but to compare them in dynamics. This gives the key to understanding the physiology and morphology of these organs in different age periods, as well as the ways of spreading many pathological processes.

**Key words:** heart, blood vessels, blood, embryo, yolk sac, endothelium tube, gill arches.

*Рецензент – проф. Проніна О. М.*

*Стаття надійшла 14.02.2018 року*

DOI 10.29254/2077-4214-2018-1-2-143-23-27

УДК 616.61:591.3:546.48:612.6

*Нефьодова О. О., Азаров О. І.*

### МОРФОГЕНЕЗ НИРОК ПІД ВПЛИВОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

#### (ОГЛЯД ДАНИХ ЛІТЕРАТУРИ)

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» (м. Дніпро)

[elenanefedova1803@gmail.com](mailto:elenanefedova1803@gmail.com)

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота виконана згідно теми кафедральної наукової роботи «Морфофункціональний стан органів і тканин експериментальних тварин та людини в онтогенезі в нормі та під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників», № державної реєстрації 0117U003181.

**Вступ.** На сьогодні сполуки кадмію і свинцю є основною часткою важких металів, що формують екологічну кризу планети. В біологічних системах мігрують важкі метали, пестициди, нітрати і нітрити та інші антропогенні забруднювачі. Необхідність роз-

робки всестороннього в тому числі токсикологічного аналізу конкретної речовини чи сполуки, даних вмісту речовини в об'єктах навколишнього середовища та харчових продуктах актуальна як для дорослих так і для організму, що розвивається. Україна – це країна з високим рівнем негативних екологічних наслідків виробничої діяльності, у зв'язку з чим проблема охорони навколишнього середовища і піклування про стан здоров'я населення промислових регіонів потребує першочергового вирішення [1,2,3,4,5]. Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом