

Лекция № 9

Тема лекции: Сердечно – сосудистая система.

1.1. Цель лекции: Изучение микроскопического и ультрамикроскопического строения и морфофункциональных особенностей сердечно - сосудистой системы.

1.2. Задачи лекции: Необходимый уровень знаний для студентов заключается в следующем:

- 1. Развитие органов сердечно-сосудистой системы.**
- 2. Микроскопическое и ультрамикроскопическое строение сердце и кровеносных сосудов.**

План лекции:

- 1. Развитие кровеносных сосудов.**
- 2. Микроциркулярное русло.**
- 3. Строение и функции артерий.**
- 4. Строение и функции артериолы.**
- 5. Строение и функции капилляров.**
- 6. Строение и функции вены.**
- 7. Строение и функции сердце.**
- 8. Возрастные изменения сосудов.**

СРС: Цитофизиология клапанов сердца – 2 часа.

В сердечно – сосудистую систему входят сердце, кровеносные и лимфатические сосуды. Сосудистая система и сердце у человека обеспечивают распространение по организму крови, питательных и биологически активных веществ, газов, продуктов питательных и биологически активных веществ, газов, продуктов метаболизма и тепловой энергии.

Кровеносные сосуды представляют собой систему циркулярно-замкнутых трубок различного диаметра, осуществляющих транспортную функцию, регуляцию кровоснабжения органов и обмен веществ между кровью и окружающими тканями.

Развитие. Первые кровеносные сосуды появляются в мезенхиме желточного мешка в конце 2-й – начале 3-й недели эмбриогенеза, а также в стенке хориона в виде так называемых кровяных островков. Часть мезенхимных клеток по периферии островков теряет связь с клетками, расположенными в центральной части, и превращается в эндотелиальные клетки первичного кровеносного русла. Клетки центральной части островка округляются, дифференцируются и превращаются в клетки крови. Из клеток, окружающих сосуд, дифференцируются позднее гладкие мышечные клетки, перicytes и адвентициальные клетки сосуда, а также фибробласты и их производное межклеточное вещество. В закладке тела будущего зародыша первичная стенка кровеносного сосуда образуется путем дифференцировки из мезенхимы эндотелия вокруг щелевидных пространств. В конце 3-й недели периода внутриутробного развития сосуды зародыша вступают в сообщение с сосудами внезародышевых органов. Дальнейшее развитие стенки сосудов происходит после начала циркуляции крови под влиянием тех гемодинамических условий, которые создаются в различных частях тела. Последнее обстоятельство обуславливает появление специфических особенностей строения стенки внутриорганных сосудов. В кровеносной системе различают артерии, артериолы, гемокапилляры, венулы, вены и артериовенулярные анастомозы. Среди сосудов малого калибра в последнее время выделяют важное в функциональном отношении микроциркулярное русло. Этим понятием объединяют артериолы, гемокапилляры, венулы и артериоловенулярные

анастомозы. По артериям кровь течет от сердца к органам. Как правило, эта кровь насыщена кислородом, за исключением системы легочной артерии, несущую венозную кровь. По венам кровь притекает к сердцу и содержит мало кислорода, кроме крови в легочных венах.

Строение сосудов тесно связано с гемодинамическими условиями кровяного давления, скорости кровотока и выполняемой сосудом функцией. Чем больше различия в условиях функционирования (например, в крупных артериях и венах), тем заметнее структурные особенности сосудов.

Микроциркулярное русло. Этим термином объединяются артериолы разных порядков, включая перекапиллярные артериолы, кровеносные капилляры, посткапиллярные вены, а также артериовенозные анастомозы. Это функциональный комплекс сосудов обеспечивает регуляцию кровенаполнения органов, транскапиллярный обмен и тканевой гомеостаз. Чаще всего сосуды микроциркулярного русла образуют густую сеть анастомозов перекапиллярных, капиллярных и посткапиллярных сосудов, но могут быть и другие варианты с выделением какого-либо основного предпочтительного канала, например перикапиллярной артериолы и др. В системе сосудов микроциркулярного русла различают приносящие (артериолы разных порядков), обменные (капилляры) и отводящие (вены разных порядков) сосуды.

Артерии. По особенностям строения артерии бывают трех типов: эластического, мышечного и смешанного (мышечно-эластического). Стенка всех артерий, так же как и вен, состоит из трех оболочек: внутренней (*tunica intima*), средней (*tunica media*) и наружной (*tunica externa*). Их толщина, тканевый состав и функциональные особенности неодинаковы в сосудах различных типов. К артериям эластического типа (*arteriae elastotypicae*) относятся сосуды крупного калибра, такие как аорта и легочная артерия, в которые кровь вливается под высоким давлением (120–130 мм рт. ст.) и с большей скоростью (0,5–1,3 м/с) в эти сосуды кровь поступает либо непосредственно из сердца, либо вблизи от него из дуги аорты. Эти сосуды выполняют главным образом транспортную функцию. Высокое давление и большая скорость протекающей крови определяют строение стенки сосудов эластического типа; в частности, наличие большого числа количества эластических элементов (волокон, мембран) позволяет этим сосудам растягиваться при систоле сердца и возвращаться в исходное положение во время диастолы. Внутренняя оболочка аорты включает эндотелий (*endotelium*) с базальной мембраной, подэндотелиальный слой (*stratum subendotheliale*) и сплетение эластических волокон (*plexus fibra elasticus*).

Эндотелий аорты человека состоит из клеток, различных по форме и размерам. На протяжении стенки сосуда размеры и форма клеток неодинаковы. Иногда клетки достигают 500 мкм в длину и 150 мкм в ширину. Чаще они бывают одноядерными, но встречаются и многоядерные до 30 ядер. Размеры ядер также не одинаковы. В эндотелиальных клетках слабо развита эндоплазматическая сеть. Подэндотелиальный слой состоит из рыхлой тонкофибриллярной соединительной ткани, богатой мезенхимными клетками звездчатой формы (*desmocytic stellati*). Толщина подэндотелиального слоя в аорте значительная. В этом слое встречаются отдельные продольно направленные гладкие мышечные клетки. В межклеточном веществе внутренней оболочки аорты и в меньшей степени в других оболочках при специальной обработке выявляется большое количество гликозаминогликанов и фосфолипиды. У лиц среднего и пожилого возраста обнаруживаются холестерин и жирные кислоты. Аморфное вещество играет большую роль в трофике стенки сосуда. Глубже подэндотелиального слоя в составе внутренней оболочки расположено густое сплетение тонких эластических волокон, в котором обычно удается различить внутренний циркулярный и наружный продольные слои. Внутренняя оболочка аорты в месте отхождения от сердца образует полулунные клапаны.

Средняя оболочка аорты состоит из большого количества (40-50) эластических окончательных мембран (*membranae elasticae fenestratae*), связанных между собой эластическими волокнами и образующих единый **эластический каркас** вместе с другими оболочками. Между мембранами залегают гладкие мышечные клетки, имеющие косое по отношению к ним направление, и небольшое количество фибробластов. Такое строение средней оболочки создает высокую эластичность аорты и смягчает толчки крови, выбрасываемой в сосуд во время сокращения левого желудочка сердца, а также обеспечивает поддержание тонуса сосудистой стенки во время диастолы.

Наружная оболочка аорты построена из рыхлой волокнистой соединительной ткани с большим количеством толстых эластических и коллагеновых волокон, имеющих главным образом продольное направление. В средней и наружной оболочках аорты, как и вообще во всех крупных сосудах, проходят питающие сосуды и нервные стволы. Наружная оболочка предохраняет сосуд от перерастяжения и разрывов. Артерии смешанного, или мышечно-эластического типа по строению и функциональным особенностям занимают промежуточное положение между сосудами мышечного и эластического типа. К ним относятся, в частности, сонная и подключичная артерии. Внутренняя оболочка этих артерий состоит из эндотелия, подэндотелиального слоя и внутренней эластической мембраны. Эта мембрана располагается на границе внутренней и средней оболочек и характеризуется яркой выраженностью по сравнению с эластическими волокнами и окончательными эластическими мембранами в средней оболочке.

Средняя оболочка артерий смешанного типа состоит из примерно равного количества гладких мышечных клеток, спирально ориентированных эластических волокон и окончательных эластических мембран. Между гладкими мышечными клетками и эластическими элементами обнаруживается небольшое количество фибробластов и коллагеновых волокон.

В наружной оболочке артерий можно выделить два слоя: внутренний, содержащий отдельные пучки гладких мышечных клеток, и наружный, состоящий преимущественно из продольно и косо расположенных пучков коллагеновых и эластических волокон и соединительнотканых клеток, сосуды сосудов и нервные волокна. Занимая промежуточное положение между сосудами мышечного и эластического типа, артерии смешанного типа не только могут сильно сокращаться, но и обладают высокими эластическими свойствами, что особенно четко выступает при повышении кровяного давления. К артериям мышечного типа относятся преимущественно среднего и мелкого калибра артерии тела, конечностей и внутренних органов, т.е. большинство артерий тела организма. В стенках этих артерий имеется относительно большое количество гладких мышечных клеток, что обеспечивает дополнительную нагнетательную силу и реагирует приток крови к органам.

В состав внутренней оболочки входят эндотелий, подэндотелиальный слой и внутренняя эластическая мембрана. Эндотелиальные клетки вытянуты вдоль продольной оси сосуда и имеют малоизвитые границы. За эндотелиальным покровом следует базальная мембрана и подэндотелиальный слой, состоящий из тонких эластических и коллагеновых волокон, преимущественно продольно направленных, а также малодифференцированных соединительнотканых клеток. В основном вещество подэндотелиального слоя находятся гликозаминогликаны. Подэндотелиальный слой лучше развит в артериях среднего и крупного калибра и слабее – в мелких артериях. Снаружи от подэндотелиального слоя расположена тесно связанная с ним внутренняя эластическая мембрана. В мелких артериях она очень тонкая. В более крупных артериях мышечного типа эластическая мембрана четко выражена на гистологических препаратах, имеет вид извитой блестящей окончательной эластической пластинки.

Средняя оболочка артерии состоит из гладкомышечных клеток, расположенных по пологой спирали, между которыми находится небольшое количество соединительнотканых клеток типа фибробластов и соединительнотканых волокон

(колагеновых и эластических). Такое подобно пружине, расположение мышечных клеток обеспечивает возврат сосудистой стенки к исходному состоянию после растяжения пульсовой волной крови. Направление этой спирали на правой и левой половинах туловища и конечностях симметрично и направлено в противоположные стороны. Эластические волокна имеют радиальное и дугообразное расположение, причем вершины дуг находятся в середине слоя, а концы направлены к наружной или внутренней оболочке, где они и сливаются с их эластическими элементами. Таким образом, создается единый эластический каркас, который, с одной стороны, придает сосуду эластический каркас, который, с другой стороны, придает сосуду эластичность, при растяжении, а с другой - упругость при сдавлении. Эластический каркас препятствует спадению артерий, что обуславливает их постоянное зияние и непрерывность в них тока крови. Гладкие мышечные клетки средней оболочки артерии мышечного типа своим сокращением поддерживают кровяное давление, регулируют приток крови в сосуды микроциркулярного русла органов. На границе между средней и внутренней оболочками располагается наружная эластическая мембрана. Она состоит из продольно идущих толстых, густо переплетающихся эластических волокон, которые иногда приобретают вид сплошной эластической пластинки. Обычно наружная эластическая мембрана бывает тоньше внутренней и не у всех артерий достаточно хорошо выражена.

Наружная оболочка состоит из наружной эластической мембраны, рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани, в которой соединительные волокна имеют преимущество косое и продольное направление. В этой оболочке постоянно встречаются нервы и кровеносные сосуды, питающие стенку. По мере уменьшения диаметра артерии и их приближения к терминальным артериолам все оболочки артерии истончаются. Во внутренней оболочке резко уменьшается толщина подэндотелиального слоя и внутренней эластической мембраны. Количество мышечных клеток и эластических волокон в средней оболочке также постепенно убывает. В наружной оболочке уменьшается количество эластических волокон, исчезает наружная эластическая мембрана.

Артериолы. Это наиболее мелкие артерии мышечного типа диаметром не более 50-100 мкм, которые, с одной стороны, связаны с артериями, а с другой - постепенно переходят в капилляры. В артериолах сохраняются три оболочки, характерные для более крупных артерий, однако выражены они очень слабо. Внутренняя оболочка этих сосудов состоит из эндотелиальных и единичных клеток подэндотелиального слоя и тонкой внутренней эластической мембраны. Средняя оболочка образована 1-2 слоями гладких мышечных клеток, имеющих спиралевидное направление. В перекапиллярных артериолах гладкие мышечные клетки располагаются поодиночке. Расстояние между ними увеличивается в дистальных отделах. Эндотелиомышечные контакты создают условия для передачи информации и возбуждения от одной клетки к другой, в частности нервных импульсов при возбуждении сосудодвигательных нервов и выбросе адреналина мозгового состава надпочечников в кровь. Между мышечными клетками артериол обнаруживается небольшое количество эластических волокон. Наружная эластическая мембрана отсутствует. Наружная оболочка представлена адвентициальными клетками и единичными аргирофильными и колагеновыми волокнами, заключенными в основное вещество соединительной ткани.

Капилляры. Кровеносные капилляры наиболее многочисленные и самые тонкие сосуды, однако, просвет их может варьировать. Это обусловлено как органическими особенностями капилляров, так и функциональным состоянием сосудистой системы. Например, наиболее узкие капилляры находятся в поперечно полосатых мышцах и в нервах, более широкие обнаруживаются в коже и слизистых оболочках. В кроветворных органах, железах внутренней секреции встречаются капилляры особого типа, меняющиеся на протяжении сосуда. Такие капилляры называют **синусоидными**.

В капиллярах, образующих петли, выделяют артериальный и венозный отделы. Ширина артериального отдела в среднем равна диаметру эритроцита, а венозного - несколько больше. Количество капилляров в разных органах не одинаково. В любой ткани в обычных физиологических условиях находится до 50% нефункционирующих капилляров. Просвет их, как правило, сильно уменьшен, но полного сокращения капилляров при этом не происходит. Для форменных элементов крови эти капилляры оказываются непроходимыми, плазма продолжает циркулировать. Число капилляров в определенном органе связано с его общими многофункциональными особенностями, а количество открытых капилляров зависит от интенсивности работы органа в данный момент.

Вены. Венозная система составляет отводящее звено крови. Она начинается посткапиллярными венулами в сосудах микроцеркуляторного русла. Строение вен тесно связано с гемодинамическими условиями их функционирования. Низкое кровяное давление и незначительная скорость кровотока определяют сравнительно слабое развитие эластических элементов в венах и большую растяжимость их. По степени развития мышечных элементов в стенке вен они могут быть разделены на две группы: вены безмышечного типа и вены мышечного типа. Вены мышечного типа в свою очередь подразделяются на вены со слабым развитием мышечных элементов и вены со средним и сильным развитием мышечных элементов. В венах, так же и в артериях различают три оболочки: внутреннюю, среднюю и наружную. Выраженность этих оболочек в строении их различных венах существенно отличается.

Вены безмышечного типа. К ним относятся вены твердой и мягкой мозговых оболочек, вены сетчатки глаза, костей, селезенки и плаценты. Вены мозговых и сетчатки глаза податливы при изменении кровяного давления, могут сильно растягиваться, но скопившаяся в них кровь сравнительно легко под действием собственной силы тяжести оттекает в более крупные венозные стволы. Вены костей, селезенки и плаценты также пассивны в продвижении по ним крови. Это объясняется тем, что все они плотно сокращены со стенками соответствующих органов и не спадаются, поэтому отток крови по ним совершается легко. Эндотелиальные клетки, выстилающие эти вены, имеют более извилистые границы, чем в артериях. Снаружи к ним прилежит базальная мембрана, а затем тонкий слой рыхлой волокнистой соединительной ткани, срастающийся с окружающими тканями.

Вены мышечного типа. Вены со слабым развитием мышечных элементов различны по диаметру. Сюда относятся вены мелкого и среднего калибра сопровождающие артерии мышечного типа в верхней части туловища, шеи лица, а также такие крупные вены, как например верхняя полая вена. В этих сосудах кровь в значительной мере продвигаются пассивно вследствие своей тяжести. К этому же типу вен можно отнести и вены верхних конечностей. Стенки таких вен несколько тоньше соответствующих по калибру артерий, содержат меньше мышечных элементов и на препаратах находятся обычно в совпавшем состоянии.

Вена мелкого и среднего калибра со слабым развитием мышечных элементов имеют плохо выраженный подэндотелиальный слой во внутренней оболочке небольшое количество пучков мышечных клеток в средней оболочке, а в других оболочках миоциты вообще отсутствуют. В некоторых мелких венах, например, в венах пищеварительного тракта, гладкие мышечные клетки в средней оболочке, образуют отдельные "пояски", далеко отстающие друг от друга. Благодаря такому строению вены могут сильно расширяться, и выполнять депонирующую функцию. В наружной оболочке мелких вен встречаются единичные продольно направленные гладкие мышечные клетки. Среди вен крупного калибра, в которых слабо развиты мышечные элементы, наиболее типична верхняя полая вена. В стенке в средней оболочке мышцы развиты слабо. Слабое развитие мышечной ткани в стенке такой крупной вены обусловлено, вероятно, прямохождением благодаря собственной силе тяжести. В начале диастолы желудочков в предсердии

появляется даже небольшое отрицательное кровяное давление, которое как бы подсасывает кровь из полых вен. Что касается нижней полых вены, из которой кровь также изливается в правое предсердие, то для подъема крови против силы тяжести отрицательного давления оказывается не достаточно. В этих гемодинамических условиях подъему крови к сердцу могут способствовать пучки гладких мышечных клеток, имеющихся во всех трех оболочках нижней полых вены. Использование сканирующей электронной микроскопии, коррозионных препаратов, полученных с помощью инъекции сосудистого русла специальными смолами, позволило установить ряд структурных особенностей внутренних поверхностей вен. В частности внутренняя оболочка вены имеет продольные складки, значительно превышающие по ширине подобные складки в артериях, что отражает при равных диаметрах артериального и венозного сосудов уменьшение площади прикосновения ее с кровью. Степень развитости циркулярно-расположенных пучков гладких мышечных клеток имеет определенную корреляцию с появлением поперечно ориентированных мышечных элементов, является плечевая вена эндотелий, выстилающий ее внутреннюю оболочку, менее вытянутый, чем в соответствующей артерии. Подэндотелиальный слой состоит из тонких соединительно-тканых волокон и клеток, ориентированных в основном вдоль сосуда. Во внутренней оболочке обнаруживаются отдельные продольно направленные гладкие мышечные клетки. Внутренняя эластическая мембрана в вене не выражена, а на границе между внутренней и средней оболочками располагается сеть эластических волокон. Эластические волокна внутренней оболочки плечевой вены, как и в артериях, связаны с эластическими волокнами средней и наружной оболочек и составляют единый каркас. Средняя оболочка этой вены гораздо больше, чем в соответствующей артерии. Она обычно состоит из циркулярно-расположенных пучков гладкомышечных клеток, разделенных прослойками волокнистой соединительной ткани. Наружная эластическая мембрана в этой вене отсутствует, поэтому соединительнотканые прослойки средней оболочки переходят непосредственно в рыхлую волокнистую соединительную ткань наружной оболочки. В плечевой вене она очень сильно развита: ее размеры превышают размеры средней оболочки, направлены преимущественно продольно. Кроме того, в наружной оболочке встречаются в небольшие пучки их, которые также расположены продольно.

К венам с сильным развитием мышечных элементов относятся крупные вены нижней половины туловища и ног. Для них характерно выраженное развитие пучков гладкомышечной ткани во всех трех их оболочках, причем во внутренней и наружной оболочках они имеют продольное направление, а в средней – циркулярное. По мере увеличения калибра вен количество мышечных пучков в средней оболочке уменьшается, но зато их число возрастает в наружной оболочке. Продольное расположение пучков гладких мышечных клеток во внутренней и наружной оболочках вен имеет определенное физиологическое значение: сокращение этих пучков ведет к образованию поперечных складок в стенках вен, что препятствует обратному движению крови. Этому же способствуют клапаны во внутренней оболочке большинства средних и некоторых крупных вен. Ритмические же сокращения циркулярно-расположенных мышечных пучков способствует продвижению крови к сердцу. Наиболее типично для этой группы вен строение бедренной вены. Внутренняя оболочка ее состоит из эндотелия и подэндотелиального слоя, образованного рыхлой волокнистой соединительной тканью, в которой продольно залегают пучки гладких мышечных клеток. Внутренняя эластическая мембрана отсутствует, однако на ее месте видны скопления эластических волокон.

Внутренняя оболочка бедренной вены снабжена клапанами, представляющие собой такие складки внутренней оболочки вены. Эндотелиальные клетки, покрывающие клапан со стороны, обращенный в просвет сосуда, имеют удлиненную форму и направлены вдоль продольной оси, а на противоположной стороне клапан покрыт эндотелиальными клетками, полигональной формы, лежащими поперечно. Основу клапана составляет волокнистая соединительная ткань. При этом на стороне, обращенной

к просвету сосуда, под эндотелием залегают преимущественно эластические волокна, а на противоположной стороне много коллагеновых волокон. В основании створки клапана может находиться некоторое количество гладких мышечных клеток. Клапаны в венах способствуют току венозной крови к сердцу препятствуют ее обратному движению. Одновременно клапаны предохраняют сердце от излишней затраты энергии на преодоление колебательных движений крови, постоянно возникающих в венах под влиянием различных внешних воздействий (изменение атмосферного давления). Однако наличие в бедренной вене пучков гладких мышечных клеток в оболочках и клапанов оказывается недостаточным для подъема крови против сил тяжести. Существенную роль в этом играет сокращение скелетной мускулатуры нижних конечностей.

Средняя оболочка бедренной вены содержит пучки циркулярно-расположенных гладких мышечных клеток. Выше основания клапана средняя оболочка истончается. Ниже места прикрепления клапана мышечные пучки перекрещиваются, создавая утолщение в стенке вены. В наружной оболочке, образованной волокнистой соединительной тканью, обнаруживаются пучки продольно расположенных гладких мышечных клеток. Нижняя полая вена по строению резко отличается от впадающих в нее вен. Внутренняя и средняя оболочка нижней полых вен развиты очень слабо. В этих оболочках находятся лишь одиночные пучки мышечных клеток. Во внутренней оболочке они лежат продольно, а в средней – циркулярно.

Наружная оболочка нижней полых вен имеет большое количество продольно расположенных пучков гладких мышечных клеток и по своей толщине в 6-7 раз превышает внутреннюю и среднюю оболочку вместе взятые. Между пучками гладких мышечных клеток лежат прослойки волокнистой соединительной ткани. В устье нижней полых вен в ее наружную оболочку заходят пучки поперечно полосатых мышечных волокон миокарда. В средней и наружной оболочках содержатся сосуды сосудов, лимфатические капилляры и многочисленные нервные волокна.

Развитие сердца. Закладка сердца происходит на 3 - недели внутриутробного развития, когда в шейном отделе над желточным мешком возникают из мезенхимы два эндокардиальных мешка. Миокард и мезотелий эпикарда развиваются из висцерального листка спланхнотома, эндокард, соединительная ткань миокарда и эпикарда - из мезенхимы. Сердце состоит из эндокарда, миокарда и эпикарда.

Эндокард (полость сердца) эндотелий (на толстой базальной мембране), подэндотелиальный слой (рыхлая соединительная ткань с малодифференцированными клетками), мышечно-эластический слой наружный соединительнотканый слой (рыхлая соединительная ткань с толстыми эластическими волокнами, имеются коллагеновые и ретикулярные волокна).

Миокард состоит из сократительных кардиомиоцитов, проводящих (атипические) кардиомиоциты и межмышечная рыхлая соединительная ткань.

Эпикард (полость перикарда), мезотелий на базальной мембране поверхностный слой коллагеновых волокон, слой эластических волокон, глубокий слой коллагеновых волокон и глубокий коллагеново-эластический слой.

ПРОВОДЯЩИЕ (АТИПИЧНЫЕ) КАРДИОМИОЦИТЫ			
название	локализация	строение	функция
пейсмекерные клетки (Р-клетки)	в центре синоатриального узла, немного в АВ-узле	округлой или овальной формы, ядро в центре, органелл мало	водители ритма, спонтанно генерируют потенциалы действия
переходные клетки	по периферии синоатриального узла, в АВ-узле	вытянутые уплощенные клетки имеется немного миофибрилл	передают возбуждение с Р-клеток на клетки

			пучков и волокон
клетки пучков Гиса и волокон Пуркинье	образуют пучки Гиса и волокна Пуркинье в предсердиях и желудочках, располагаются, в основном, под эндокардом	длинные уплощенные клетки, похожие на сократительные кардиомиоциты, но они крупнее, в них меньше миофибрилл, митохондрий, рибосом; более активны анаэробные процессы, менее активны - аэробные	проводят и передают возбуждение к сократительным кардиомиоцитам

Сердце новорожденного. После рождения проходит длительный период, пока структуры сердца не достигнут дефинитивного состояния. В это время увеличивается масса органа и значительно изменяется его строение. Происходит закрытие овального отверстия и боталлова протока. У новорожденных стенка сердца тонкая, легко растяжимая, эластический аппарат развит слабо. Волокна миокарда тонкие, состоят из мелких клеток. В период после рождения до 2 лет отмечается быстрое увеличение толщины волокон, объема ядер и количества миофибрилл, отчетливой становится их поперечнополосатая исчерченность; волокна миокарда расположены рыхло, соединительной ткани и жировых клеток мало; от 2 до 10 лет происходит дальнейшая дифференцировка и рост сердечной мышцы, увеличивается ее толщина, кардиомиоциты полиплоидизируются; в пубертатном периоде темп изменений вновь нарастает (особенно у девочек): резко увеличивается диаметр волокон, завершается дифференцировка внутритриганальных кровеносных сосудов, нервного аппарата и клапанов.

До 1,9% новорожденных имеет те или иные формы врожденных пороков сердца, возникших в результате нарушений формообразовательных процессов во внутриутробном развитии. Наиболее часто встречаются дефект межжелудочковой (30-40%) и межпредсердной (7%) перегородок. В участках ветвления коронарных артерий новорожденных выявлены особые утолщения интимы - мышечно-эластические подушки. Они происходят из недифференцированных гладких миоцитов средней оболочки, мигрирующих через фенестры во внутренней эластической мембране и занимающих субэндотелиальное положение. Здесь они вырабатывают эластин, основное вещество и небольшое количество коллагена, сюда могут проникать также моноциты, дифференцирующиеся в макрофаги. В первые десятилетия жизни утолщения интимы становятся повсеместными в коронарных артериях. Именно в этих участках артериальной стенки в более зрелом возрасте наиболее часто отмечено развитие атеросклеротического процесса.