**ЛЕКЦИЯ 14**

**ФИЗИОЛОГИЯ С**ЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

Сердечно-сосудистая система - это система, образованная сердцем, кровеносными и лимфатическими сосудами. Представляет собой замкнутую (кровь нигде прямо не соприкасается с тканью) сосудистую сеть, пронизывающую все органы и ткани, и имеющую центрально расположенное насосное устройство — сердце. С. с.-с. связана многочисленными прямыми и обратными связями нейрогуморальной природы с деятельностью других систем организма, служит важным звеном гомеостаза и обеспечивает адекватное текущим локальным потребностям кровоснабжение.

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ CИСТЕМА (systema cardiovasculare) —одна из основных систем организма, обеспечивающая через посредство циркуляции крови доставку тканям питательных, регуляторных и защитных веществ, кислорода, отвод продуктов обмена, теплообмен (у теплокровных). Представляет собой замкнутую (кровь нигде прямо не соприкасается с тканью) сосудистую сеть, пронизывающую все органы и ткани, и имеющую центрально расположенное насосное устройство — сердце. Сосуды по своему назначению делятся на магистральные (проводниковые), резистивные (периферический регулятор артериального давления и органного локального кровотока), обменные (микроциркуляторное русло), шунтирующие и емкостные. Вены — сосуды, приносящие кровь к сердцу, артерии — отводящие кровь от сердца. Движение крови по сосудам в первом приближении подчиняется закону Пуазейля, связывающего объем движущейся крови с давлением, создаваемым работой сердца и сопротивлением сосудов. С. с.-с. связана многочисленными прямыми и обратными связями нейрогуморальной природы с деятельностью других систем организма, служит важным звеном гомеостаза и обеспечивает адекватное текущим локальным потребностям кровоснабжение. Многие авторы считают *лимфатическую систему* (см.) частью С. с. -с.

**Функции:**

1. Обеспечение циркуляции крови и лимфы в организме, транспорт их к органам и от органов - транспортная функция.

2. Интегративная функция - объединение органов и систем органов в единый организм.

**Развитие.** Сосуды развиваются из мезенхимы. Первые кровеносные сосуды образуются в стенке желточного мешка на третьей неделе эмбриогенеза. Сначала из мезенхимы образуются КРОВЯНЫЕ ОСТРОВКИ. Вокруг них из мезенхимы формируются первичные эндотелиальные клетки. Они соединяются друг с другом и образуют стенки кровеносных сосудов. В теле зародыша кровеносные сосуды образуются позднее из мезенхимы путем разрастания эндотелия по стенкам щелевидных пространств. В конце третьей недели первичные кровеносные сосуды желточного мешка соединяются с кровеносными сосудами тела зародыша. После начала циркуляции крови по сосудам их строение усложняется: кроме эндотелия, в составе стенки из мезенхимы образуются оболочки из мышечных и соединительнотканных элементов. Сердце развивается из двух источников: эндокард образуется из мезенхимы и вначале имеет вид двух сосудов. Миокард и эпикард развиваются из миоэпикардиальной пластинки - части висцерального листка спланхнотома. Две части - мезо-дермальная и мезенхимальная - соединяются вместе, образуя сердце, состоящее из трех оболочек, причем эндокард занимает внутреннее положение.

**СЕРДЦЕ.** Центральный орган крово- лимфообращения, построенный по типу как слоистого органа (есть 3 оболочки, в двух из них есть слои), так и имеющий все признаки паренхиматозного органа (есть строма и паренхима).

**ФУНКЦИИ:** Насосная функция, эндокринная функция - выработка гормона натрийуретического фактора (НУФ), информационная функция - сердце кодирует информацию в виде параметров АД, скорости кровотока и передает ее в ткани, изменяя обмен веществ.

**СТРОЕНИЕ СЕРДЦА:**

**- ЭНДОКАРД -** аналогичен стенке кровеносного сосуда. Состоит из четырех слоев: эндотелиального, субэндотелиального, мышечно-эластического и наружного соединительнотканного.

Эндотелиальный слой лежит на базальной мембране и представлен однослойным плоским эпителием. Подэндотелиальный слой образован РВНСТ. Эти два слоя являются аналогом внутренней оболочки кровеносного сосуда. Мышечно-эластический слой образован гладкими миоцитами и сетью эластических волокон, аналог средней оболочки сосуда. Наружный соединительнотканный слой образован РВНСТ и является аналогом наружной оболочки сосудов.

Эндокард образует дубликатуры - клапаны сердца - плотные пластинки волокнистой соединительной ткани, покрытые эндотелием. Кровеносные сосуды в эндокарде есть только в наружном соединительнотканном слое, поэтому питание его идет в основном путем диффузии веществ из крови.

**- МИОКАРД**. Образован сердечной мышечной тканью, тканевыми элементами которой являются клетки кардиомиоциты. Это паренхима. Строма представлена прослойками РВНСТ, их в норме мало. Кардиомиоциты делятся на три вида: рабочие или сократительные, типичные; проводящие или атипичные; секреторные.

Основную массу миокарда составляют **рабочие кардиомиоциты. Они имеют прямоугольную слабоотростчатую форму. Кардиомиоциты** соединяются друг с другом при помощи специальных контактов - вставочных дисков – нексусов. Кардиомиоциты не могут делиться митозом. Регенерация в них может происходить только на внутриклеточном уровне. 2. **Проводящие, или атипичные кардиомиоциты**. Их три вида: Р-клетки (пейсмекерные), промежуточные и клетки-волокна пуркинье. Отличаются от рабочих кардиомиоцитов тем, что способны к спонтанной деполяризации и образованию электрического импульса. Их мембрана самопроизвольно пропускает ионы натрия в клетку, в результате потенциал покоя снижается. Когда его снижение достигает определенного уровня, клеточная мембрана перестает быть барьером для ионов и быстро деполяризуется. Волна деполяризации передается через нексусы типичным кардиомиоцитам предсердия, которые сокращаются.

**Секреторные кардиомиоциты**. Находятся в предсердиях и желужочках. В этих кардиомиоцитах есть секреторные гранулы богатые гликопротеидами. Эти гранулы содержат гормон натрий уретический фактор (НУФ). Он выделяется в кровь тогда, когда в предсердие поступает много крови, то есть при угрозе повышения АД. Выделившись в кровь, этот гормон действует на канальцы почек, препятствуя обратной ресорбции натрия в кровь из первичной мочи. При этом вместе с натрием из организма выделяется вода, и АД падает, то есть гормон регулирует АД. Кроме того, в гранулах секреторных кардиомиоцитов находится вещество, снижающее свертываемость крови.

**ЭПИКАРД.** Наружная оболочка сердца. Является висцеральным листком **ПЕРИКАРДА** - сердечной сумки. Состоит из двух листков: внутренний слой РВНСТ и наружный (мезотелий) - однослойный плоский эпителий.

**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЕРДЦА.** Сердце - мышечный орган. Главная функция – насосная, т.е. обеспечение движения крови в кровеносной системе, обозначенная в физиологии термином гемодинамика.

Сердечная мышца обладает способностью генерировать ритмические сокращения автономно, без воздействия со стороны нервной и гуморальной систем. Это явление получило на­звание автоматии. Способностью к автоматии обладают опреде­ленные участки миокарда, состоящие из специфической (атипиче­ской) мышечной ткани, которая образует **в сердце проводящую систему**, состоящую из:

- *синусно-предсердного узла* (синоатриального или Киса-Фляка) —1-го во­дителя ритма сердца, расположенного в стенке предсердия у устьев полых вен;

- *предсердна-желудочкового узла* (атриовентрикулярного или Ашоффа-Тавара) - 2 –го водителя ритма, расположенного в нижней трети правого пред-сердия и межже­лудочковой перегородке;

- *предсердно-желудочковый пучок* (пучок Гиса) - 3-й водитель ритма, про-бодающий предсердно-желудочковую перегородку и делящийся на правую и левую ножки, следующие в межжелудочковой перегородке;

- *волокна Пуркинье* : *сеть* *сердечных проводящих миоцитов,* погружен-ных в рабочий (сократительный) миокард желу­дочков, которые сформированы путем разветвлением ножек Гиса от верхушки сердца в рабочий миокард.

**Функции проводящей системы сердца.** Спонтанная генерация ритми- ческих импульсов является резуль­татом слаженной деятельности многих клеток проводящей системы, которая обеспечивается тесными контактами (нексусы) и элек­тротоническим взаимодействием этих клеток. Возникнув в синусно-пред-сердном узле, возбуждение распространяется по проводящей системе на сократительный миокард. Особенностью проводящей системы сердца является способность каждой клетки самостоятельно генерировать возбуждение.

Сущест­вует так называемый **градиент автоматии**, выражающийся в убывающей способности к автоматии различных участков прово­дящей системы по мере их удаления от 1-го водителя ритма - **синусно-предсердного узла**, генерирующего импульсы с частотой до 60—80 в минуту.

**Предсердна-желудочковый узел(атриовентрикулярный или Ашоффа-Тавара) -** 2 –ой водитель ритма, генерирует импульсы с частотой до 40—50 в минуту.

**Предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса)** - 3-й водитель ритма, генерирует импульсы с частотой до30—40 в минуту;

Генерация импульсов в волокнах Пуркинье с частотой до 20 в минуту.

В обычных условиях автоматия всех нижерасположенных уча­стков проводящей системы подавляется более частыми импульсами, поступающими из синусно-предсердного узла. В случае поражения и выхода из строя этого узла водителем ритма может стать предсердно-желудочковый узел. Импульсы при этом будут возникать с частотой 40—50 в минуту. Если окажется выключенным и этот узел, водителем ритма могут стать волокна предсердно-желудочко-вого пучка (пучок Гиса). Частота сердечных сокращений в этом случае не превысит 30—40 в минуту. Если выйдут из строя и эти водители ритма, то процесс возбуждения спонтанно может возник­нуть в клетках волокон Пуркинье. Ритм сердца при этом будет очень редким — примерно 20 в минуту.

Отличительной особенностью проводящей системы сердца явля­ется наличие в ее клетках большого количества межклеточных контактов — *нексусов.* Эти контакты являются местом перехода возбуждения с одной клетки на другую. Такие же контакты имеются и между клетками проводящей системы и рабочего миокарда. Бла­годаря наличию контактов миокард, состоящий из отдельных клеток, работает как единое целое. Существование большого количества межклеточных контактов увеличивает надежность проведения воз­буждения в миокарде.

Возникнув в синусно-предсердном узле, возбуждение распрост­раняется по предсердиям, достигая предсердно-желудочкового (атриовентрикулярного) узла. В сердце теплокровных животных суще­ствуют специальные проводящие пути между синусно-предсердным и предсердно-желудочковым узлами, а также между правым и левым предсердиями. Скорость распространения возбуждения в этих про­водящих путях 1 м/сек, немного превосходит скорость распространения возбуждения по рабочему миокарду.

В предсердно-желудочковом узле благодаря небольшой толщине его мышечных волокон и особому способу их соединения возникает некоторая задержка проведения возбуждения на 0,04 сек. Вследствие этой задержки возбуждение доходит до пучка Гиса и волокон Пуркинье лишь после того, как мускулатура предсердий успевает сократиться и перекачать кровь из предсердий в желудочки.

Следовательно, атриовентрикулярная задержка обеспечивает необ­ходимую последовательность (**координацию) сокращений предсердий и желудочков.**

Скорость распространения возбуждения от узла Гиса до диффузно расположенных сердечных проводящих миоцитов волокон Пуркинье достигает 4,5—5 м/с, что в 5 раз больше скорости рас­пространения возбуждения по рабочему миокарду. Благодаря этому клетки миокарда желудочков вовлекаются в сокращение почти од­новременно, т. е. синхронно. Синхронность сокращения клеток повышает мощность миокарда и эффективность нагнетатель­ной функции желудочков. Если бы возбуждение проводилось не через предсердно-желудочковый пучок, а по клеткам рабочего мио­карда, т. е. диффузно, то период асинхронного сокращения продол­жался бы значительно дольше, клетки миокарда вовлекались в сокращение не одновременно, а постепенно и желудочки потеряли бы до 50% своей мощности.

**Таким образом,** наличие проводящей системы обеспечивает ряд важных физиологических особенностей сердца:

1) ритмическую ге­нерацию импульсов;

2) необходимую по­следовательность (координацию) сокращений предсердий и желу­дочков;

3) синхронное вовлечение в процесс сокращения типичных рабочих клеток миокарда желудочков, что увеличивает эффективность их сокращения.

**Нагнетательная функция сердца.**Сердце нагнетает кровь в сосудистую систему благодаря перио­дическому синхронному сокращению мышечных клеток, составля­ющих миокард предсердий и желудочков. Сокращение миокарда вызывает повышение давления крови и изгнание ее из камер сердца. Вследствие наличия общих слоев миокарда у обоих предсердий и у обоих желудочков **и** одновременного прихода возбуждения к клеткам миокарда по сердечным проводящим миоцитам (волокнам Пуркинье) сокращение обоих предсердий, а затем и обоих желудочков осуще­ствляется одновременно.

Сокращение предсердий начинается в области устьев полых вен, вследствие чего устья сжимаются, поэтому кровь может двигаться только в одном направлении — в желудочки через предсердно-желудочковые отверстия. В этих отверстиях расположены клапаны. В момент диастолы желудочков створки клапанов расходятся, кла­паны раскрываются и пропускают кровь из предсердий в желудочки. В левом желудочке находится левый предсердно-желудочковый (дву­створчатый, или митральный) клапан, в правом — правый пред­сердно-желудочковый (трехстворчатый). При сокращении желудоч­ков кровь устремляется в сторону предсердий и захлопывает створки клапанов. Открыванию створок в сторону предсердий препятствуют сухожильные нити, при помощи которых края створок прикрепля­ются к сосочковым мышцам. Последние представляют собой выросты внутреннего мышечного слоя стенки желудочков. Являясь частью миокарда желудочков, сосочковые мышцы сокращаются вместе с ними, натягивая сухожильные нити, которые, подобно вантам па­русов, удерживают створки клапанов.

Повышение давления в желудочках при их сокращении приводит к изгнанию крови: из правого желудочка в легочную артерию, а из левого желудочка — в аорту. В устьях аорты и cлегочной артерии имеются полулунные клапаны — клапан аорты и клапан легочного ствола соответственно. Каждый из них состоит из трех лепестков, прикрепленных наподобие клапанных карманов к внутренней по­верхности указанных артериальных сосудов. При систоле желудоч­ков выбрасываемая ими кровь прижимает эти лепестки к внутренним стенкам сосудов. Во время диастолы кровь устремляется из аорты и легочной артерии обратно в желудочки и при этом захлопывает лепестки клапанов. Эти клапаны могут выдерживать большое дав­ление, они не пропускают кровь из аорты и легочной артерии в желудочки.

Во время диастолы предсердий и желудочков давление в камерах сердца падает, вследствие чего кровь начинает притекать из вен в предсердия и далее через предсердно-желудочковые (атриовентрикулярные) отверстия — в желудочки, в которых давление снижается до нуля и ниже.

**Наполнение сердца кровью**

Поступление крови в сердце обу­словлено рядом причин.

**Первой из них** является остаток движущей силы, вызванной предыдущим сокращением сердца. О наличии этой остаточной силы свидетельствует то, что из периферического конца нижней полой вены, перерезанной вблизи сердца, течет кровь, что было бы невозможно в случае, если бы сила предыдущего сердечного сокращения была полностью израсходована.

Среднее давление крови в венах большого круга кровообращения равно 7 мм рт.ст. В полостях сердца во время диастолы оно близко к нулю. Градиент давления, обеспечивающий приток венозной крови к сердцу, около 7 мм рт. ст. Это величина очень небольшая, и поэтому любые препятствия току венозной крови (например, легкое случайное сдавливание полых вен) могут полностью прекратить доступ крови к сердцу. Сердце выбра­сывает в артерии лишь ту кровь, которая притекает к нему из вен, поэтому прекращение венозного притока немедленно приводит к прекращению выброса крови в артериальную систему, падению артериального давления.

**Вторая причина** притока крови к сердцу — сокращение скелетных мышц и наблюдающееся при этом сдавливание вен конечностей и туловища. В венах имеются клапаны, пропускающие кровь только в одном направлении — к сердцу. Периодическое сдавливание вен вызывает систематическую подкачку крови к сердцу. Эта так на­зываемая *венозная помпа* обеспечивает значительное увеличение притока венозной крови к сердцу, а значит и сердечного выброса при физической работе.

**Третья причина поступления крови в сердце** — присасывание ее грудной клеткой, особенно во время вдоха. Грудная клетка пред­ставляет собой герметически закрытую полость, в которой вследствие эластической тяги легких существует отрицательное давление. В мо­мент вдоха сокращение наружных межреберных мышц и диафрагмы увеличивает эту полость: органы грудной полости, в частности полые вены, подвергаются растяжению и давление в полых венах и пред­сердиях становится отрицательным. Именно поэтому к ним сильнее притекает кровь с периферии.

**Фазы сердечного цикла**

Сокращение сердца сопровождается изменениями давления в его полостях и артериальных сосудах, возникновением тонов сердца, появлением пульсовых волн. При одновременной графической регистрации этих явлений можно определить длительность фаз сер­дечного цикла.

**Под сердечным циклом** понимают период, охватывающий одно сокращение — систола, и одно расслабление — диастола предсердий и желудочков.

Длительность сердечного цикла равна 0,8 с.

Сокра­щение сердца начинается с систолы предсердий, длящейся 0,1 с. Давление в предсердиях при этом поднимается до 5—8 мм рт. ст.

Систола предсердий сменяется систолой желудочков, продолжительностью 0,3 с. Давление в желудочках быстро нарастает: **в левом до 120—130 мм рт. ст., а в правом до 25 мм рт. ст.** В конце фазы изгнания миокард желудочков начинает расслабляться, наступает его диастола (0,4с).