**ЛЕКЦИЯ 12**

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОТДЕЛОВ СОСУДИСТОГО РУСЛА**

1. Основные морфологические признаки кровеносных сосудов.

2. Классификация и строение артерий.

3. Классификация и строение вен.

4. Строение микроциркуляторного русла. Анастомозы. Лимфососуды.

Сердечно-сосудистая система – это система, образованная сердцем, кровеносными и лимфатическими сосудами.

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.

**Кровеносные сосуды**– являются органами слоистого типа. Состоят из трех оболочек: внутренней, средней, или мышечной, и наружной. Строение кровеносных сосудов зависит от гемодинамических условий. Это условия движения крови по сосудам. Они определяются в основном четырьмя параметрами: величиной АД, скоростью кровотока, вязкостью крови, воздействием гравитационного поля Земли. Гемодинамические условия определяют такие морфологические признаки, как:

1. Толщина стенки (в артериях она толстая, а, скажем, в капиллярах – тонкая, что облегчает диффузию веществ).

2. Степень развития мышечной оболочки.

3. Соотношение в средней оболочке мышечного и эластического компонентов.

4. Наличие или отсутствие внутренней и наружной эластических мембран.

5. Глубина залегания сосудов.

6. Наличие или отсутствие клапанов.

В дальнейшем будут показаны различия в строении кровеносных сосудов, обусловленные гемодинамическими условиями.

**АРТЕРИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ.**

По диаметру делятся на артерии малого, среднего и крупного калибра. По количественному соотношению в средней оболочке мышечного и эластического компонентов подразделяются на артерии эластического, мышечного и смешанного типов.

**1. АРТЕРИИ ЭЛАСТИЧЕСКОГО ТИПА.** Это аорта, легочная артерия. Выполняют транспортную функцию и функцию поддержания давления в артериальной системе во время диастолы. В них кровь поступает под большим давлением ритмически, поэтому стенки должны хорошо растягиваться во время систолы и также быстро возвращаться в исходное состояние во время диастолы. Этому способствует сильное развитие эластического каркаса не только в средней, но и в других оболочках.

**СТРОЕНИЕ.** Состоят из внутренней, средней и наружной оболочек. Внутренняя оболочка образована тремя слоями: эндотелиальным, подэндотелиальным и слоем эластических волокон. В эндотелиальном слое клетки крупные, часто многоядерные. Они лежат на базальной мембране. Подэндотелиальный слой – РВНСТ, в которой много коллагеновых волокон, есть эластические волокна, фибробласты и гладкие миоциты. Внутренняя эластическая мембрана отсутствует, вместо нее на границе со средней оболочкой есть сплетение эластических волокон, состоящее из внутреннего циркулярного и наружного продольного слоев. Наружный слой переходит в сплетение эластических волокон средней оболочки.

Средняя оболочка состоит, в основном, из эластических элементов. Они образуют у взрослого человека 50-70 окончатых мембран, которые лежат друг от друга на расстоянии 6-18 мкм и имеют толщину 2,5 мкм каждая. Между мембранами находится РВНСТ с фибробластами, коллагеновыми волокнами и гладкими миоцитами. В наружных слоях средней оболочки лежат сосуды сосудов, питающие сосуды.

Наружная оболочка относительно тонкая. Состоит из РВНСТ, содержит толстые эластические волокна и пучки коллагеновых волокон, а также сосуды сосудов.

**2. АРТЕРИИ СМЕШАННОГО ТИПА.** По расположению и строению занимают промежуточное положение между артериями эластического и мышечного типа. Пример: подмышечная и сонная артерии. Так как в этих артериях уже происходит снижение пульсовой волны, то наряду с эластическим компонентом они имеют хорошо развитый мышечный компонент для поддержания этой волны.

**СТРОЕНИЕ.** Внутренняя оболочка – эндотелиальный, подэндотелиальный слои и внутренняя эластическая мембрана. В средней оболочке хорошо развиты как мышечный, так и эластический компоненты. Эластические элементы представлены отдельными волокнами, формирующими сеть, фенестрированными мембранами и лежащими между ними слоями гладких миоцитов, идущими спирально. Наружная оболочка образована РВНСТ, в которой встречаются пучки гладких миоцитов, и наружной эластической мембраной, лежащей сразу за средней оболочкой.

**3. АРТЕРИИ МЫШЕЧНОГО ТИПА.** К этим артериям относятся артерии малого и среднего калибра. Они кроме транспортной функции выполняют также роль регуляторов кровоснабжения органов. При этом их диаметр может уменьшаться за счет сокращения и увеличиваться за счет расслабления гладких миоцитов.

**СТРОЕНИЕ**. Внутренняя оболочка имеет небольшую толщину и состоит из эндотелиального, подэндотелиального слоев и внутренней эластической мембраны. Их строение в целом такое же, как в артериях смешанного типа, причем внутренняя эластическая мембрана состоит из одного слоя эластических волокон. На гистологических препаратах она не окрашивается обычными красителями, поэтому видна в виде прозрачной извилистой линии. Средняя оболочка состоит из гладких миоцитов и рыхлой сети эластических волокон, лежащих спирально. Они сбиваются с наружной и внутренней эластическими мембранами, образуя единый каркас. Наружная оболочка образована наружной эластической мембраной и слоем РВНСТ. В ней содержатся кровеносные сосуды сосудов, симпатические и парасимпатические нервные сплетения.

**ВЕНЫ.** Их строение, так же как и артерий, зависит от гемодинамических условий. Если в артериальном русле гемодинамические условия определяются в основном диаметром сосудов, то в венах эти условия связаны с расположением их в верхней или нижней части тела. В связи с этим строение вен этих двух зон различно.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕН.** Есть вены мышечного и безмышечного типа. Вены мышечного типа делятся на вены со слабым, средним и сильным развитием мышечного компонента. К венам безмышечного типа относятся вены плаценты, костей, мягкой мозговой оболочки, сетчатки глаза, ногтевого ложа, трабекул селезенки, центральные вены печени. Отсутствие в них мышечной оболочки объясняется тем, что кровь в них течет под действием силы тяжести и не регулируется мышечными элементами. Построены эти вены из внутренней оболочки с эндотелием и подэндотелиальным слоем и наружной оболочки из РВНСТ. Внутренняя и наружная эластические мембраны отсутствуют, так же как и средняя оболочка.

**СТРОЕНИЕ.**

1. Вены со слабым развитием мышечных элементов. Пример – верхняя полая вена. Внутренняя состоит из эндотелиального и подэндотелиального слоев. Средняя оболочка состоит из мышечных элементов, расположенных в несколько слоев, и эластических волокон. Наружная оболочка образована РВНСТ и единичными гладкими миоцитами.

2. Вены со средним развитием мышечных элементов. Пример – плечевая вена. Внутренняя оболочка состоит из эндотелиального и подэндотелиального слоев и формирует клапаны. В ней есть продольные гладкие миоциты. Внутренняя эластическая мембрана отсутствует. Средняя оболочка значительно тоньше аналогичной оболочки артерии с таким же диаметром. Она состоит их спирально лежащих гладких миоцитов и эластических волокон. Наружная оболочка в 2-3 раза толще, чем у артерии. Она состоит из продольно лежащих коллагеновых и эластических волокон, отдельных гладких миоцитов и других компонентов РВНСТ.

3. Вены с сильным развитием мышечных элементов. Пример – вены нижней части тела, нижняя полая вена. Для этих вен характерно развитие мышечных элементов во всех трех оболочках. Во внутренней и средней оболочке вместе взятых, объем мышечных клеток в 5-6 раз меньше, чем в наружной. В ней этот компонент развит максимально. В наружной и внутренней оболочках гладкие миоциты лежат продольно, в средней – спирально. Остальные слои такие же, как в других венах. В бедренной вене, в отличие от нижней полой, большая часть мышечных клеток лежит в средней оболочке.

**МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО.** Включает артериолы, прекапилляры, капилляры, посткапилляры, венулы, артериоло-венулярные анастомозы. Выполняет функцию обмена веществ и газов между кровью и тканями.

**АРТЕРИОЛЫ**. Это сосуды диаметром 50-100 мкм. В их строении сохраняются все три оболочки, но они выражены слабее, чем в артериях. Внутренняя оболочка состоит из трех слоев, как и в артерии, но подэндотелиальный слой очень тонкий, а внутренняя эластическая мембрана в мелких артериолах может отсутствовать. Средняя оболочка образована 1-2 слоями гладких миоцитов, которые контактируют с эндотелиоцитами. При этом путем секреции эндотелием факторов релаксации (один из них – оксид азота) передается информация о составе крови от эндотелия к миоцитам. Например, при снижении содержания кислорода в крови эндотелиоциты передают эту информацию миоцитам, они расслабляются, ширина артериолы увеличивается, в ткани поступает больше крови и кислорода. Наружная оболочка образована РВНСТ.

В области отхождения от артериол капилляра есть гладкомышечный сфинктер, который регулирует кровоток. Этот участок называется прекапилляром.

**КАПИЛЛЯРЫ.** Это самые мелкие сосуды. В их строении прослеживается слоистый принцип. Внутренний слой образован эндотелием, который состоит из клеток эндотелиоцитов. Эндотелиоциты имеют ядросодержащую часть и свободную, или люминальную, часть. В эндотелиоцитах есть все органеллы общего назначения и много пиноцитозных пузырьков, которые выполняют транскапиллярный транспорт. Среди эндотелиоцитов есть дифференцированные и камбиальные клетки. За счет камбия идет регенерация эндотелия.

В настоящее время установлено, что эндотелиоциты обладают выраженной синтетической активностью. Они продуцируют простагландины, фактор активации фибробластов, фактор созревания тимоцитов, эндогенный пироген, интерферон, коллаген, интерлейкин – факторы релаксации (среди которых основным является оксид азота NO). Эти вещества определяют чрезвычайно важную роль эндотелиоцитов как в условиях нормы, так и при патологии (воспаление, склероз, иммунный ответ, опухолевый рост и др.)

Эндотелиальный слой – аналог внутренней оболочки. Он лежит на базальной мембране, которая расщепляется на два листка, а затем вновь соединяется. Образуется полость, в которой лежат клетки перициты. На этих клетках заканчиваются вегетативные нервные окончания, под действием которых клетки могут накапливать воду, увеличиваться в размере и закрывать просвет капилляров. При удалении из клеток воды они уменьшаются в размерах и просвет капилляров открывается. Базальная мембрана с перицитами – аналог средней оболочки. Снаружи находится тонкий слой основного вещества с адвентициальными клетками, играющими роль камбия для РВНСТ. По мнению других ученых, роль камбия играют перициты.



**Рисунок 16 – Строение стенки кровеносных сосудов**

**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ТИПЫ КАПИЛЛЯРОВ** Для капилляров характерна органная специфичность, в связи с чем есть три типа капилляров.

1. Капилляры соматического типа, или непрерывные. Находятся в коже, мышцах, головном мозге, спинном мозге. Для них характерен непрерывный эндотелий и непрерывная базальная мембрана.

2. Капилляры фенестрированного, или висцерального типа (внутренние органы и эндокринные железы). Характерно наличие в эндотелии сужений – фенестр – и непрерывной базальной мембраны.

3. Капилляры прерывистого или синусоидного типа (красный костный мозг, селезенка, печень). В эндотелии есть отверстия, они есть и в базальной мембране, или она вообще отсутствует. Иногда к капиллярам относят лакуны – крупные сосуды со строением стенки как в капилляре (пещеристые тела полового члена).

**ВЕНУЛЫ.** Капилляры переходят в венулы. Между ними находятся посткапилляры, имеющие такое же строение, как и капилляр, но больший диаметр. В венулах есть две оболочки: внутренняя (эндотелиальный и подэндотелиальный слои) и наружная – РВНСТ. Гладкие миоциты появляются только в крупных венулах.

**АРТЕРИОЛО-ВЕНУЛЯРНЫЕ АНАСТОМОЗЫ (ABA),** или шунты. Это вид сосудов микроциркуляторного русла, по которым кровь из артериол попадает в венулы, минуя капилляры. Это необходимо, например, в коже для терморегуляции. Все ABA делятся на два типа: истинные анастомозы и атипичные анастомозы, или полушунты. в свою очередь, типичные анастомозы делятся на простые и сложные. В простых анастомозах отсутствуют сократительные элементы и кровоток в них регулируется за счет сфинктера, расположенного в артериолах в месте отхождения анастомоза. По строению они напоминают венулу. В сложных анастомозах в стенке есть элементы, регулирующие их просвет и интенсивность кровотока через анастомоз. Сложные анастомозы делятся на анастомозы гломусного типа и анастамозы типа замыкающих артерий. В анастамозах типа замыкающих артерий во внутренней оболочке есть скопления гладких миоцитов. Их сокращение приводит к выпячиванию стенки в виде подушки в просвет анастомоза и закрытию его. В анастомозах типа гломуса (клубочка) в стенке есть скопление эпителиоидных Е-клеток (имеют вид эпителия).

Эти клетки способны насасывать воду и увеличиваться в размерах. При этом они закрывают просвет анастомоза. При отдаче воды клетки уменьшаются в размерах и просвет открывается. В полушунтах в стенке отсутствуют сократимые элементы, ширина их просвета не регулируется. В них может забрасываться венозная кровь из венул, поэтому в полушунтах, в отличие от шунтов, течет смешанная кровь. Анастомозы выполняют функцию перераспределения крови, регуляции АД, гломусные клетки анастомозов выделяют ацетилхолин.

**ЛИМФОСОСУДЫ.** Лимфатическая система проводит лимфу от ткани в венозное русло. Состоит из лимфокапилляров и лимфососудов. Лимфокапилляры начинаются слепо в тканях. Их стенка чаще состоит только из эндотелия. Базальная мембрана обычно отсутствует или слабо выражена. Для того, чтобы капилляр не спадался, имеются стропные, или якорные филаменты, которые одним концом прикрепляются к эндотелиоцитам, а другим вплетаются в РВНСТ. Диаметр лимфокапилляров равен 20-30 мкм. Они выполняют дренажную функцию: всасывают из соединительной ткани тканевую жидкость. Лимфососуды делятся на интраорганные и экстраорганные, а также главные (грудной и правый лимфатический протоки). по диаметру они делятся на лимфососуды малого, среднего и крупного диаметра. В сосудах малого диаметра отсутствует мышечная оболочка, и стенка их состоит из внутренней и наружной оболочек. Внутренняя оболочка состоит из эндотелиального и подэндотелиального слоев. Подэндотелиальный слой постепенно, без резких границ, переходит в РВНСТ наружной оболочки. Сосуды среднего и крупного калибра имеют мышечную оболочку и по строению похожи на вены. В крупных лимфососудах есть эластические мембраны. Внутренняя оболочка формирует клапаны. По ходу лимфососудов находятся лимфоузлы, проходя через которые, лимфа обогащается лимфоцитами.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите основные морфологические признаки кровеносных сосудов. 2. Дайте классификацию артерий и опишите их строение. 3. Классифицируйте виды вен и опишите их строение. 4. Опишите строение сосудов микроциркуляторного русла. 5. Расскажите о строении артериоло-венулярного анастомозов и лимфососудов.