

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Составители: профессор С.Ю.Виноградов, профессор С.В.Диндяев

Сердечно-сосудистая система включает в себя сердце, кровеносные и лимфатические сосуды.

Таблица 1



Последовательность расположения кровеносных сосудов: артерии – мцр – вены. В некоторых органах имеются исключения (т.к. называемая «чудесная сеть»): в почках: артерия – капилляр – артерия, в печени: вена – капилляр – вена.

Функции сосудистой системы

1. Транспортная
2. Трофическая
3. Обменная (в т. ч. газообменная) (из крови поступают питательные вещества, а в кровь – продукты диссимиляции). Этот процесс осуществляется, в основном, через стенку капилляров, где для него имеются наиболее благоприятные условия – тонкая стенка, большая площадь соприкосновения с окружающей тканью и медленный ток крови).
4. Интегративная
5. Защитная
6. Эндокринная
7. Участие в свертывании крови
8. Регуляция давления крови
9. Терморегуляция
10. Экскреторная (дренажная)

Необходимо отметить, что сосудистая система обладает большой пластичностью. В зависимости от интенсивности работы органа густота сосудистой системы может изменяться

за счет образования новых сосудов или запустевания части имеющихся. При изменении скорости кровотока и давления крови стенка сосудов способна перестраиваться – мелкий сосуд может превратиться в более крупный и наоборот. Большая перестройка наблюдается при развитии окольного кровообращения, когда на пути движения крови встречается какое-либо препятствие.

СОСУДЫ

(общая гистогенетическая характеристика)

Эмбриональные источники развития и их тканевые производные

1. Мезенхима → *эндотелий, РВСТ, гладкие миоциты, жировая ткань*
2. Нейроэктодерма → ганглиозная пластинка → *нервные волокна и окончания*

Этапы эмбрионального развития (эмбриональный ангиогенез)

1. Формирование кровяных (ангиогенных) островков из мезенхимы (первые кровеносные сосуды появляются на 2-3 неделе эмбрионального развития в стенке желточного мешка и хориона)

2. Первичная дифференцировка мезенхимы в СКК и эндотелиоциты

Формирование эндотелиальных трубок (первичных сосудов) - мезенхимные клетки, находящиеся на периферии кровяных островков, теряют связь с центральными клетками, уплощаются и превращаются в эндотелиальные клетки первичных кровеносных сосудов. Центральные клетки кровяного островка дифференцируются в стволовые клетки крови (СКК).

3. Дифференцировка окружающей мезенхимы в гладкие миоциты, перициты, адвентициальные клетки, фибробласты

4. Формирование оболочек сосудистой стенки

Кровеносные сосуды

Общий план строения стенки артерий и вен

Стенка всех артерий, так же как и вен, состоит из трех оболочек:

- 1) внутренней (*tunica interna*),
- 2) средней (*tunica media*) и
- 3) наружной (*tunica externa*).

Толщина, тканевой состав оболочек неодинаковы в сосудах разных типов.

Внутренняя оболочка всех сосудов выстлана **эндотелием**.

Эндотелий (синонимы: **ангиодермальный, сосудистый, однослойный плоский эпителий**)

Источник эмбрионального развития - мезенхима.

Локализация - Внутренняя выстилка:

- эндокарда сердца
- кровеносных и лимфатических сосудов

- синусов твердой мозговой оболочки

Функции:

1. Покровная
2. Барьерная
3. Транспортная (двухсторонний трансэндотелиальный перенос метаболитов)
4. Секреция биологически активных веществ
5. Участие в новообразовании сосудов (ангиогенез)
6. Физиологическая и репаративная регенерация сосудистой стенки
7. Клеточная рецепция
8. Создание атромбогенной сосудистой поверхности
9. Гемостатическая (участие в тромбоцитобразовании при повреждении)
10. Вазомоторная (регуляция тонуса гладких миоцитов сосудистой стенки)

Строение

1. **Эндотелиоциты** - уплощенные полигональные клетки, распластанные по базальной мембране.

Состоят из 2 зон:

- выпуклой ядерной (содержит ядро и органеллы)
- уплощенной периферической (в зависимости от органной специфики содержит транспортные структуры: микропиноцитозные пузырьки, трансэндотелиальные каналы, фенестры, поры)

Имеют 3 поверхности:

- люминальную (контактирующую с кровью, имеет микроворсинки)
- базальную (контактирует с базальной мембраной)
- латеральную (участвует в формировании контактов с соседними эндотелиоцитами)

2. **Базальная мембрана** (базальная мембрана у эндотелия, выстилающего лимфатические капилляры и синусоидные гемокапилляры (печень, селезенка), полностью или частично отсутствует)

Механизмы регенерации:

1. Митоз
2. Внутриклеточная регенерация

Классификация сосудов

Кровеносные сосуды подразделяются на артерии, вены и сосуды микроциркуляторного русла, *лимфатические сосуды* – на главные лимфатические стволы, интра- и экстраорганные сосуды и капилляры.

По артериям кровь течет от сердца к органам. Эта кровь насыщена кислородом, за исключением легочной артерии, в которой кровь венозная. Различают 3 **гистологических** типа артерий:

1) артерии эластического типа – в средней оболочке преобладают эластические волокна и мембраны (например, аорта, легочная артерия), выполняют следующие *функции*: 1) транспорт крови, 2) амортизация пульсовой волны

2) артерии мышечного типа – в средней оболочке преобладают гладкие миоциты, что обеспечивает дополнительную нагнетательную силу их, регулирует приток крови к органам и обеспечивает выполнение следующих *функций*: 1) транспорт крови, 2) сократительная («периферическое сердце»), 3) распределение крови в организме

3) артерии смешанного или мышечно-эластического типа – по строению и функциональным особенностям они занимают промежуточное положение между артериями эластического и мышечного типов (например, сонная и подключичная артерии); выполняют следующие *функции*: 1) транспорт крови, 2) амортизация пульсовой волны, 3) сократительная, 4) распределение крови в организме

По венам кровь притекает к сердцу и содержит мало кислорода, кроме крови в легочных венах. В зависимости от степени развития мышечных элементов в стенке вен они классифицируются на 2 группы:

1) вены безмышечного (волокнистого) типа (например, вены селезенки, костей, сетчатки глаза, плаценты, мозговых оболочек), выполняют *функции*: 1) депонирование крови, 2) пассивный транспорт под действием силы тяжести

2) вены мышечного типа, которые в свою очередь подразделяются на

- вены со слабым развитием мышечных элементов (например, вены верхней части туловища, шеи, верхняя полая вена),
- вены со средним развитием мышечных элементов (вены верхних конечностей, плечевая вена),
- вены с сильным развитием мышечных элементов (пример: вены нижних конечностей, нижней части туловища).

Вены мышечного типа выполняют следующие *функции*: 1) депонирование крови, 2) пассивный транспорт крови (в венах, локализующихся выше уровня сердца), 3) активный транспорт крови (в венах, локализующихся ниже уровня сердца)

Функциональная классификация сосудов

I. Транспортные сосуды:

1) амортизирующие (сглаживающие) сосуды – выполняют функцию стабилизации кровотока и сглаживания систолических волн, к ним относятся артерии эластического типа;

2) резистивные сосуды, которые регулируют скорость кровотока, перераспределяют кровь (например, концевые артерии, артериолы, частично капилляры и венулы);

3) емкостные сосуды – выполняют функцию депонирования больших объемов крови, к ним, в основном, относятся вены.

II. Регулирующие сосуды:

1) сосуды-сфинктеры (терминальные артериолы) – определяют число функционирующих капилляров,

2) шунтирующие сосуды (артериоловенулярные анастомозы) – обеспечивают эффективное регулирование капиллярного кровотока,

3) дренажные сосуды (лимфатические сосуды) – отводят продукты метаболизма, жидкости из межтканевого пространства.

III. Обменные сосуды – капилляры: обеспечивают транскapиллярный транспорт (диффузия, фильтрация и др.).

Строение артерий

Артерии эластического типа за счет большого количества эластических волокон и мембран способны растягиваться при систоле сердца и возвращаться в исходное положение во время диастолы. В таких артериях кровь протекает под большим давлением (120-130 мм рт.ст.) и с большой скоростью (0,5-1,3 м/с). В качестве примера артерии эластического типа рассмотрим строение аорты.

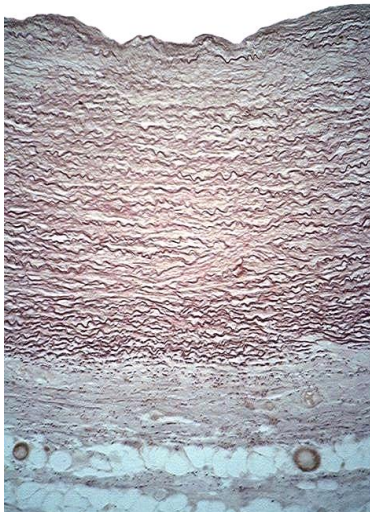


Рис. 1. Артерия эластического типа – аорта кролика. Окраска орсеином. Объектив 4.

Внутренняя оболочка аорты состоит из следующих элементов:

- 1) эндотелий,
- 2) подэндотелиальный слой,
- 3) сплетение эластических волокон.

Эндотелий состоит из крупных (иногда до 500 мкм в длину и 150 мкм в ширину) плоских одноядерных, реже многоядерных, полигональных клеток, расположенных на базальной мембране. В эндотелиальных клетках слабо развита эндоплазматическая сеть, но много митохондрий, микрофиламентов, пиноцитозных пузырьков.

Подэндотелиальный слой развит хорошо (15-20 % от толщины стенки). Он образован рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, которая содержит тонкие коллагеновые и эластические волокна, много

аморфного вещества и малодифференцированных клеток типа гладкомышечных фибробластов, макрофагов. Основное аморфное вещество подэндотелиального слоя, богатое гликозаминогликанами и фосфолипидами, играет большую роль в трофике стенки сосуда. Физико-химическое состояние этого вещества обуславливает степень проницаемости сосудистой стенки. С возрастом в нем накапливается холестерин и жирные кислоты. В этом слое отсутствуют собственные сосуды (*vasa vasorum*).

Сплетение эластических волокон состоит из двух слоев:

- внутренний циркулярный,
- наружный продольный.

Средняя оболочка аорты состоит из 40-50 эластических окончатых мембран, которые связаны между собой эластическими волокнами и образуют вместе с эластическими элементами других оболочек единый эластический каркас. Между мембранами располагаются гладкие миоциты, фибробласты, сосуды сосудов, нервные элементы. Большое количество эластических элементов в стенке аорты смягчает толчки крови, выбрасываемой в сосуд во время сокращения левого желудочка сердца, и обеспечивает поддержание тонуса сосудистой стенки во время диастолы.

Наружная оболочка аорты образована рыхлой волокнистой соединительной тканью с большим количеством толстых коллагеновых и эластических волокон, располагающихся в основном в продольном направлении. В этой оболочке также имеются питающие сосуды, нервные элементы и жировые клетки.

Артерии мышечного типа

Внутренняя оболочка содержит

- 1) эндотелий с базальной мембраной,
- 2) подэндотелиальный слой, состоящий из тонких эластических и коллагеновых волокон и малоспециализированных клеток,
- 3) внутреннюю эластическую мембрану, представляющую собой агрегированные эластические волокна. Иногда мембрана может быть двойной.

Средняя оболочка состоит преимущественно из гладких миоцитов, расположенных по пологой спирали. Между ними располагаются соединительнотканые клетки типа фибробластов, коллагеновые и эластические волокна. Спиральное расположение гладких миоцитов обеспечивает при их сокращении уменьшение объема сосуда и проталкивание крови в дистальные отделы. Эластические волокна на границе с внутренней и наружной оболочками сливаются с их эластическими элементами. За счет этого создается единый эластический каркас сосуда, обеспечивающий эластичность при растяжении и упругость при сдавлении, препятствует спадению артерий.

На границе средней и наружной оболочек может формироваться наружная эластическая мембрана.

Наружная оболочка образована рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, в которой волокна располагаются косо и продольно.

Необходимо отметить, что по мере уменьшения диаметра артерий толщина всех оболочек уменьшается. Истончаются подэндотелиальный слой и внутренняя эластическая мембрана внутренней оболочки, уменьшается количество гладких миоцитов и эластических волокон в средней, исчезает наружная эластическая мембрана.

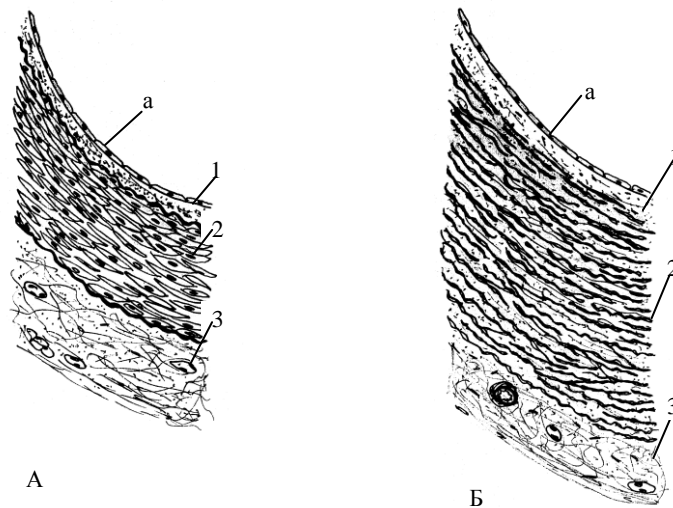


Рис. 2. Артерии мышечного (А) и эластического (Б) типов: 1 – внутренняя оболочка (а – эндотелий), 2 – средняя оболочка, 3 – наружная оболочка.

Артерии смешанного типа по строению и функциональным особенностям занимают промежуточное положение между сосудами эластического и мышечного типов.

Внутренняя оболочка состоит из эндотелиоцитов, иногда двуядерных, располагающихся на базальной мембране, подэндотелиального слоя и внутренней эластической мембраны.

Средняя оболочка образована примерно равным количеством спирально ориентированных гладких миоцитов, эластических волокон и окончатых мембран, небольшого числа фибробластов и коллагеновых волокон.

Наружная оболочка состоит из двух слоев:

- 1) внутренний – содержит пучки гладких миоцитов, соединительную ткань и микрососуды;
- 2) наружный – образован продольными и косо расположенными пучками коллагеновых и эластических волокон, соединительнотканнвыми клетками, аморфным веществом, сосудами сосудов, нервами и нервными сплетениями.

Морфологическая классификация	Тканевой и структурный состав оболочек
Артерии эластического типа (сосуды крупного калибра)	1. Внутренняя оболочка - эндотелий - подэндотелиальный слой (РВСТ, отдельные гладкие миоциты, миофибробласты) - сплетение эластических волокон 2. Средняя оболочка - окончатые эластические мембраны (40-50) - коллагеновые и эластические волокна, основное аморфное вещество - гладкие миоциты (немного) - кровеносные сосуды 3. Наружная оболочка РВСТ, сосуды, нервные сплетения
Артерии мышечного типа (сосуды среднего и малого калибра)	1. Внутренняя оболочка - эндотелий - подэндотелиальный слой (РВСТ, отдельные гладкие миоциты, миофибробласты) - внутренняя эластическая мембрана 2. Средняя оболочка - гладкая мышечная ткань - РВСТ и сосуды - наружная эластическая мембрана 3. Наружная оболочка РВСТ, сосуды, нервные сплетения
Артерии мышечно-эластического типа (занимают промежуточное положение между эластическими и мышечными артериями)	Структурная организация смешанного типа, т. е. имеют признаки артерий эластического и мышечного типа

Строение вен

Вены представляют отводящее звено сосудистой системы. Из-за низкого кровяного давления (15-20 мм рт.ст.) и невысокой скорости кровотока в венах слабо развиты эластические элементы, что определяет их большую растяжимость. Количество гладких миоцитов зависит от того, движется кровь к сердцу под действием силы тяжести (в венах верхних конечностей, головы и шеи) или против нее (в венах нижних конечностей). Во втором случае для преодоления силы тяжести крови требуется сильное развитие гладких мышечных элементов.

Строение оболочек в венах разного типа существенно отличается.

Вены безмышечного (волокнистого) типа

В венах твердой и мягкой мозговых оболочек, сетчатки глаза кровь легко оттекает в более крупные сосуды под действием силы тяжести и присасывающего влияния сердца во время диастолы. Вены костей, селезенки, плаценты плотно сращены с плотными элементами органов и не спадаются, что способствует легкому оттоку крови по ним. Во внутренней оболочке этих вен

имеются эндотелиальные клетки, базальная мембрана и тонкий слой рыхлой волокнистой соединительной ткани, которая срастается с окружающими тканями органа.

Вены мышечного типа

Вены со слабым развитием мышечных элементов – к ним относятся вены мелкого и среднего калибра, сопровождающие артерии мышечного типа, и некоторые крупные вены, например, верхняя полая вена. В этих сосудах кровь течет в основном пассивно за счет своей тяжести. Внутренняя оболочка этих сосудов состоит из эндотелия на базальной мембране, слабо развитого подэндотелиального слоя. В средней оболочке находится рыхлая волокнистая соединительная ткань и небольшое количество гладких миоцитов. В наружной оболочке среди соединительной ткани могут встречаться единичные гладкие мышечные клетки.

Примером *вены со средним развитием мышечных элементов* является плечевая вена. Ее внутренняя оболочка содержит:

- 1) эндотелий с базальной мембраной;
- 2) подэндотелиальный слой, образованный соединительнотканскими волокнами и клетками, которые в основном ориентированы вдоль сосуда;
- 3) сеть эластических волокон, расположенных на границе со средней оболочкой.

В некоторых венах внутренняя оболочка образует клапаны и может содержать отдельно расположенные гладкие миоциты.

Средняя оболочка состоит из циркулярно расположенных пучков гладких миоцитов и волокнистой соединительной ткани, в которой отсутствуют эластические волокна.

Хорошо развита наружная оболочка. Ее тканевой состав представлен продольно расположенными коллагеновыми и эластическими волокнами, небольшим количеством гладких миоцитов.

Вены с сильным развитием мышечных элементов. К ним относятся крупные вены нижней половины туловища и ног, например, бедренная вена.

Внутренняя оболочка содержит:

- 1) эндотелий с базальной мембраной,
- 2) развитый подэндотелиальный слой, образованный рыхлой волокнистой соединительной тканью и продольными пучками гладких миоцитов;

Внутренняя оболочка образует клапаны, представляющие собой ее тонкие складки. Основу клапана составляет волокнистая соединительная ткань. Эндотелиоциты противоположных сторон клапана имеют некоторые отличия. Эндотелиальные клетки стороны, обращенной в просвет клапана, расположены продольно и имеют удлинненную форму. С другой стороны клапана

эндотелиоциты полигональной формы и расположены поперек створок. В основании створки клапана могут располагаться гладкие миоциты. Клапаны способствуют току крови к сердцу, препятствуя ее обратному движению. Подъему крови против силы тяжести значительно способствует сокращение скелетной мускулатуры нижних конечностей.

Средняя оболочка развита слабо и содержит:

- 1) циркулярно расположенные пучки гладких миоцитов,
- 2) коллагеновые, тонкие эластические волокна, клетки типа фиброцитов, аморфное вещество.

Хорошо развита наружная оболочка. Она образована волокнистой соединительной тканью, продольными пучками гладких миоцитов, питающими сосудами и нервами. Как видите, в венах этого типа мышечные элементы имеются во всех оболочках.

Таблица 3

Строение вен

Морфологическая классификация	Тканевой и структурный состав оболочек
Вены безмышечного типа (вены мозговых оболочек, сетчатки глаза, костей, селезенки, плаценты)	Внутренняя оболочка - эндотелий - подэндотелиальный слой (РВСТ, которая срастается с окружающими тканями органа) Средняя и наружная оболочки отсутствуют
Вены мышечного типа 1. Вены со слабым развитием мышечных элементов (пример: <i>верхняя полая вена</i>) 2. Вены со средним развитием мышечных элементов (пример: <i>вены верхних конечностей</i>) 3. Вены с сильным развитием мышечных элементов (пример: <i>вены нижней части туловища и нижних конечностей</i>)	1. Внутренняя оболочка - эндотелий - подэндотелиальный слой (РВСТ, отдельные гладкие миоциты, миофибробласты) - сплетение эластических волокон (в венах со средним и сильным развитием мышечных элементов) - клапаны (имеют полулунную форму, являются дубликатурой внутренней оболочки, наиболее развиты в венах, расположенных ниже уровня сердца) 2. Средняя оболочка - гладкая мышечная ткань различных степеней развития - РВСТ и сосуды - нервные сплетения 3. Наружная оболочка РВСТ, сосуды, нервные сплетения, жировая ткань

В отдельных органах у артерий и вен кроме общих отличительных признаков могут быть свои отличия

Все крупные и средние кровеносные сосуды имеют собственную систему (“сосуды сосудов”), которая обеспечивает кровоснабжение наружной и средней оболочек артерий и всех трех оболочек в венах. Внутренняя оболочка артерий получает питательные вещества непосредственно из крови, протекающей по данному сосуду. Снижение трофики этой оболочки может приводить к изменению ее строения, что в последующем способствует развитию атеросклероза.

Таблица 4

Сравнительная морфологическая характеристика артерий и вен мышечного типа

Артерии мышечного типа	Вены мышечного типа
1. Наличие внутренней и наружной эластических мембран	1. Эластических мембран нет, имеются отдельные сети эластических волокон
2. Мощное развитие гладкой мышечной ткани в средней оболочке. Миоциты располагаются циркулярно в виде пластов	2. Мышечная оболочка развита слабо. Миоциты расположены в виде отдельных пучков или циркулярных поясков
3. Наиболее развита средняя оболочка	3. Наиболее развита наружная оболочка (РВСТ, жировая ткань, пучки гладких миоцитов)
4. Нет клапанов	4. Есть клапаны
5. «Сосуды сосудов» расположены в наружной и средней оболочках стенки сосудов. Трофическое обеспечение внутренней оболочки осуществляется протекающей по сосуду артериальной	5. «Сосуды сосудов» расположены во всех трех оболочках стенки
6. Факторы регуляции гемодинамики: - сокращения миокарда (систолический выброс) - сократительная функция сосудов (периодические вазоконстрикции и вазодилатации)	6. Факторы регуляции гемодинамики: - расслабления миокарда (отрицательное диастолическое давление) - сокращения собственной мышечной оболочки - присасывающее давление диафрагмы - клапаны - сила тяжести крови (для вен, расположенных ниже уровня сердца)



Рис. 3. Артерия (1) и вена (2) мышечного типа кролика. Окраска: гематоксилин-эозин; объектив 10.

Микроциркуляторное русло

Микроциркуляторное русло (МЦР) – это система мелких сосудов, которая обеспечивает регуляцию кровенаполнения органов, транскапиллярный обмен и дренажно-депонирующую функцию.

Состав МЦР:

- 1) артериолы, в т.ч. конечные артериолы (диаметр 50-100 мкм),
- 2) прекапилляры (диаметр 14-16 мкм),

- 3) гемокапилляры (кровеносные капилляры) (диаметр 3-40 мкм),
- 4) посткапилляры (диаметр 8-30 мкм),
- 5) венулы (диаметр от 30 до 100 мкм),
- 6) артериоловенулярные анастомозы,
- 7) лимфатические капилляры.

Артериолы – это наиболее мелкие артериальные сосуды мышечного типа, выполняющие следующие *функции*:

- 1) транспорт артериальной крови в МЦР,
- 2) перераспределение крови в МЦР,
- 3) регуляция кровенаполнения МЦР,
- 4) регуляция артериального давления.

В артериолах сохраняются три оболочки, но выражены они очень слабо.

1) Внутренняя оболочка содержит эндотелий с базальной мембраной, тонкий подэндотелиальный слой и тонкую внутреннюю эластическую мембрану. В базальной мембране эндотелия и во внутренней эластической мембране артериол встречаются перфорации, обеспечивающие транспорт из крови к гладким миоцитам нейромедиаторов, гормонов и др. биологически активных веществ.

2) Средняя оболочка состоит из 1-2-х слоев спирально направленных гладких миоцитов и небольшого количества эластических и коллагеновых волокон. Гладкие миоциты обязательно присутствуют в месте отхождения от артериол прекапилляров.

3) Наружная оболочка тонкая и представлена рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью.

Таким образом, для артериол характерны следующие структурные особенности:

- мощная мышечная оболочка,
- толщина стенки превалирует над диаметром просвета → способность к спазмированию,
- обилие клеточных рецепторов на эндотелии,
- перфорированная базальная мембрана,
- тесный контакт эндотелиоцитов и гладких миоцитов.

Прекапилляры выполняют следующие *функции*:

- 1) транспорт артериальной крови в капилляры
- 2) ритмичное сокращение сфинктеров регулирует кровенаполнение отдельных групп гемокапилляров

Структурные особенности прекапилляров:

- стенка теряет оболочечный тип строения
- стенка резко истончается

- гладкие миоциты расположены поодиночке
- сфинктеры в местах отхождения прекапилляров от артериол
- появляются одиночные перициты

Кровеносные капилляры

Гемокапилляры – наиболее многочисленные (около 40 миллиардов) и тонкие сосуды. Для них характерны следующие основные функции:

- 1) обмен веществ между кровью и тканями (в т. ч. газовый обмен),
- 2) транспортировка крови,
- 3) барьерная (участие в создании гистогематических барьеров),
- 4) депонирование крови,
- 5) защитная (участие в воспалительных и иммунных реакциях),
- 6) трансмуральная миграция лейкоцитов в РВСТ (*трансмуральный* - это относительное прилагательное, означающее - проходящий и/или действующий через стенку полого органа),
- 7) транссудация плазмы ((transsudatio; транс- + лат. sudo, sudatum потеть, сочиться) выход жидкой части крови из капилляров и венул в тканевые пространства или полости тела)

Строение гемокапилляров

В стенке гемокапилляров имеется три слоя (как аналоги трех оболочек рассмотренных ранее сосудов):

- 1) внутренний слой – представлен эндотелием с базальной мембраной, поверхность эндотелиоцитов, обращенная к току крови, покрыта слоем гликопротеидов (параплазмолеммальный слой);
- 2) средний слой – содержит перициты, лежащие дискретно (т.е. в определенных участках) в расщеплениях базальной мембраны и являющиеся камбиальными клетками;
- 3) наружный слой – состоит из адвентициальных клеток, тонких коллагеновых или ретикулярных волокон, аморфного вещества.

Классификации гемокапилляров

Классификация капилляров по диаметру:

- 1) узкие – диаметр меньше 7 мкм (находятся в легких, нервах, поперечнополосатых мышцах и др.),
- 2) средние – диаметром от 7 до 10-11 мкм (характерны для кожи и слизистых оболочек),
- 3) широкие – диаметр 10-30 мкм (встречаются в некоторых эндокринных органах, печени, кроветворных органах),
- 4) гигантские – диаметр более 30 мкм.

Классификация капилляров по строению:

- 1) **соматический тип** (с непрерывным эндотелием и непрерывной базальной мембраной) *Локализация: скелетные мышцы, мозг, легкие и др.*

2) **фенестрированный тип** (с фенестрами в эндотелии и непрерывной базальной мембраной)

Локализация: эндокринные органы, почки

3) **порозный тип** (со сквозными отверстиями в эндотелии и базальной мембране)

Локализация: печень, кроветворные органы



Рис. 4. Артериолы (1), венулы (2) и капилляры (3) кролика. Окраска: гематоксилин-эозин; объектив 40.

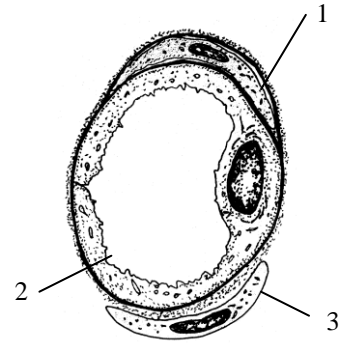


Рис. 5. Гемокапилляр: 1 – перицит; 2 – эндотелиоцит; 3 – адвентициальная клетка.

Пути трансэндотелиального транспорта капилляров:

- 1) пассивный транспорт,
- 2) активный транспорт (пиноцитоз, фагоцитоз),
- 3) везикулярный транспорт,
- 4) фенестры,
- 5) поры.

Гистогематический барьер: эндотелиоцит, базальная мембрана, периэндотелиальное пространство (перициты, адвентициальные клетки), рабочая клетка.

Резервные капилляры – представляют собой плазмолеммальные капилляры, заполненные плазмой.

Посткапилляры выполняют функции:

- 1) отведение венозной крови
- 2) гематотканевой обмен
- 3) депонирование крови
- 4) облегченная миграция лейкоцитов в РВСТ

Строение стенки идентично строению стенки гемокапилляра, но имеются некоторые особенности:

- эндотелий часто фенестрированный
- появляются отдельные гладкие миоциты

Венулы - строение их стенки идентично строению стенки безмышечных и маломышечных вен. Их внутренняя оболочка состоит из эндотелия с базальной мембраной и перицитов в расщеплениях базальной мембраны.

Средняя оболочка содержит гладкие миоциты, количество которых увеличивается по мере увеличения диаметра венул (в мышечных венулах они образуют уже 1-2 слоя), тонкие коллагеновые и эластические волокна. Наружная оболочка образована рыхлой волокнистой соединительной тканью.

Функции:

- 1) отведение венозной крови
- 2) гематотканевой обмен
- 3) депонирование крови
- 4) облегченная миграция лейкоцитов в РВСТ

Артериоловеноулярные анастомозы (АВА) имеются почти во всех органах и обеспечивают соединение артериального русла непосредственно с венозным в обход капилляров. Этим обеспечиваются:

- 1) перераспределение крови внутри органов,
- 2) шунтирование крови

Классификация:

1) истинные АВА (шунты) – по ним в венозную систему сбрасывается чистая артериальная кровь; подразделяются на две подгруппы:

- простые АВА – в них регуляция кровотока осуществляется гладкими миоцитами средней оболочки артериолы;

- АВА со специальными сократительными структурами в виде валиков или подушек в подэндотелиальном слое, образованными гладкими миоцитами. К этой же группе относятся АВА эпителиоидного типа (простые и сложные). В средней оболочке простых АВА имеются овальные светлые клетки (Е-клетки), похожие на эпителиоциты и способные к набуханию, тем самым регулируя просвет сосуда. Сложные, или клубочковые, АВА характеризуются тем, что приносящая артериола делится на 2-4 ветви, которые переходят в венозный сегмент. В стенке могут быть эпителиоподобные клетки.

2) атипичные АВА (полушунты) – по ним течет смешанная кровь, т.к. представлены коротким гемокапилляром.

Лимфатические сосуды

Классификация:

- 1) лимфатические капилляры
- 2) лимфатические синусы лимфатических узлов
- 3) интра- и экстраорганные лимфатические сосуды
- 4) главные лимфатические стволы (грудной и правый лимфатические протоки)

Лимфатические капилляры имеют мешковидную форму, диаметр от 30 до 200 мкм). Представляют собой систему замкнутых с одного конца уплощенных трубок, анастомозирующих друг с другом.

Лимфатические капилляры не обнаружены в головном мозге, селезенке, плаценте, костном мозге, в склере глазного яблока и хрусталике, в эпителиальных и хрящевых тканях.

Стенка состоит из эндотелиоцитов, которые в 3-4 раза крупнее таковых гемокапилляров. Базальная мембрана местами отсутствует, имеет крупные перфорации. Эндотелиальная выстилка лимфатического капилляра тесно связана с окружающей тканью с помощью так называемых стропных (или фиксирующих) филаментов, которые вплетаются в коллагеновые волокна, расположенные снаружи капилляра.

Функции лимфатических капилляров:

- 1) начальное звено лимфообразования
- 2) регуляция объема тканевой жидкости
- 3) начальное звено лимфооттока.

Отличия лимфатических капилляров от кровеносных:

- 1) замкнуты с одного конца,
- 2) больший диаметр,
- 3) крупные эндотелиоциты,
- 4) нет базальной мембраны,
- 5) фиксирующие (стропные) филаменты.

Лимфатические синусы лимфатических узлов осуществляют:

- 1) транспорт лимфы,
- 2) очистку лимфы,
- 3) обогащение лимфы лимфоцитами.

Строение стенки:

- 1) эндотелиоциты
- 2) ретикулоэндотелиальные макрофаги
- 3) базальная мембрана с перфорациями

Интра- и экстраорганные лимфатические сосуды имеют оболочечное строение по типу вен безмышечного и маломышечного типа (см. выше). В стенке имеются клапаны (производные внутренней оболочки).

Выполняют следующие *функции*:

- 1) транспорт лимфы внутри органа,
- 2) отведение лимфы из органа.

Для **главных лимфатических стволов** (грудного и правого лимфатического протоков) также характерно оболочечное строение по типу вен со средним развитием мышечной оболочки (см. выше). Имеются клапаны. Осуществляют транспорт лимфы в крупные вены шеи.

СЕРДЦЕ

Эмбриональные источники развития и их производные

1. Парные мезенхимальные трубки → *эндокард*
2. Висцеральный листок мезодермы → *миоэпикардальные пластинки* → *миокард и эпикард*
3. Париетальный листок мезодермы → *перикард*
4. Мезенхима → *коронарные сосуды*
5. Нейроэктодерма → *ганглиозная пластинка* → *нервный аппарат*

Сердце закладывается в начале 3-й недели. Между энтодермой и висцеральным листком спланхнотома из мезенхимы образуются две трубки, выстланные эндотелием. Эти трубки – зачаток эндокарда. Трубки растут и окружаются висцеральным листком спланхнотома. Эти участки спланхнотома утолщаются и дают начало миоэпикардиальным пластинкам. Во время смыкания кишечной трубки происходит сближение и срастание обеих закладок сердца. Теперь зачаток сердца имеет вид двухслойной трубки: эндокардиальный слой и миоэпикардиальный. Позднее из миоэпикардиальной пластинки дифференцируются две части: внутренняя, которая прилежит к мезенхимной трубке, превращается в зачаток миокарда, а наружная – в эпикард.

Основные функции сердца:

- 1) сократительная
- 2) гемодинамическая
- 3) эндокринная (секреция предсердного натрий-уретического фактора)
- 4) генерация потенциала действия
- 5) создание околосердечного электромагнитного поля

Строение стенки сердца

Оболочки стенки и их структурный состав:

1. **Эндокард**
 - эндотелиальный слой (эндотелий на базальной мембране)
 - подэндотелиальный слой (РВСТ)
 - мышечно-эластический слой (гладкие миоциты, РВСТ)
 - наружный соединительнотканый слой (РВСТ, могут быть одиночные кровеносные сосуды)

Дубликатурой эндокарда являются *клапаны* (створчатые и полулунные)

2. **Миокард** (сократительные, секреторные и проводящие кардиомиоциты, РВСТ, жировая ткань, сосуды, нервный аппарат)

3-4. **Эпикард и перикард** (имеют сходный структурный состав: мезотелий, РВСТ, жировая ткань, сосуды, нервный аппарат. Между ними находится *перикардиальная полость*)

В сердце имеется также **фиброзный каркас** (фиброзные кольца, треугольники, мембраны). Эти структуры построены из РВСТ (может встречаться хрящевая ткань).

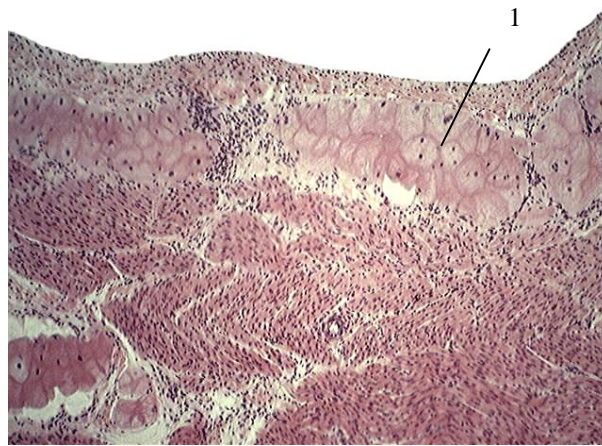


Рис. 6. Стенка сердца быка: 1 – проводящие кардиомиоциты (волокна Пуркинью) Окраска: гематоксилин-эозин; объектив 10.

Проводящая система сердца (ПСС)

Общая функция – обеспечение автоматического режима сокращения миокарда по принципу «иерархии соподчинения»

Типы кардиомиоцитов ПСС и их функциональное назначение

1. **Р-клетки** (пейсмекеры, водители ритма первого порядка) → генерация потенциала действия (ПД) с частотой 60-90 имп/мин.
2. **Переходные** (водители ритма второго порядка) → генерация ПД с частотой 40-50 имп/мин
3. **Проводящие** (собственно проводящие, клетки Пуркинью, водители ритма третьего и четвертого порядков):
 - малые клетки Пуркинью → генерация ПД с частотой 30-40 имп/мин
 - большие клетки Пуркинью → генерация ПД с частотой 20-30 имп/мин

Общие морфологические особенности кардиомиоцитов в ПСС

1. Относительно низкий уровень дифференцировки (по сравнению с сократительными кардиомиоцитами)
2. Мало миофибрилл и они не упорядочены в пространстве
3. Редуцирована Т-система
4. Мало органелл общего назначения
5. Частое отсутствие вставочных дисков
6. Межклеточные соединения с помощью простых контактов

Таблица 5

Структурные компоненты ПСС

Компоненты ПСС и их структурный состав	Функция в составе ПСС
--	-----------------------

1. Синусно-предсердный узел (Р-клетки, переходные клетки, РВСТ, сосуды, капсула, нервный аппарат)	Основной водитель ритма сокращений (60-90 имп/мин.)
2. Атрио-вентрикулярный узел (переходные клетки, Р-клетки, РВСТ, сосуды, капсула, нервный аппарат)	1. Передача импульса к пучку Гиса 2. Резервный водитель ритма
3. Пучок Гиса (малые клетки Пуркинье, РВСТ, сосуды, капсула, нервный аппарат)	1. Передача импульса к сократительным кардиомиоцитам 2. Резервные водители ритма
4. Ножки пучка Гиса и их ветвления (большие клетки Пуркинье)	
5. Диффузные («молчащие») пейсмекеры – не обязательный компонент ПСС	1. Могут не функционировать 2. Вызывают экстрасистолии

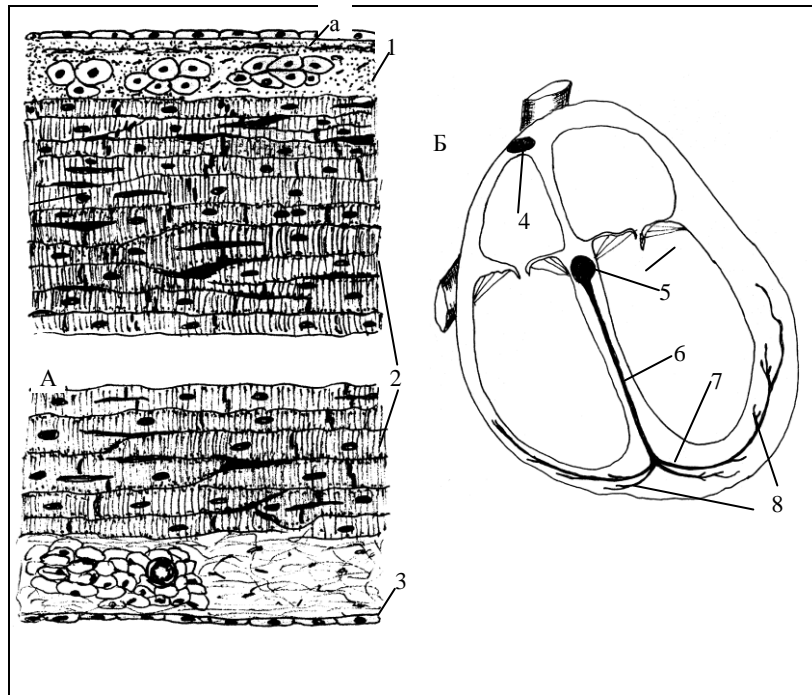


Рис. 7. Сердце. А – стенка сердца; Б – проводящая система сердца: 1 – эндокард (а – эндотелий); 2 – миокард; 3 – эпикард; 4 – синусно-предсердный узел; 5 – предсердно-желудочковый узел; 6 – предсердно-желудочковый пучок; 7 – ножки пучка; 8 – разветвления ножек пучка.

Регенерация сердца.

У новорожденных вследствие сохранности способности кардиомиоцитов к делению регенераторные процессы сопровождаются увеличением количества кардиомиоцитов.

У взрослых физиологическая регенерация в миокарде осуществляется в основном путем внутриклеточной регенерации, без увеличения числа клеток. Соединительнотканые клетки всех оболочек пролиферируют, как и в любом другом органе.

При повышенных систематических функциональных нагрузках общее количество клеток не возрастает, в цитоплазме увеличивается содержание органелл общего назначения и миофибрилл. Увеличивается также размер

клеток (происходит функциональная гипертрофия) и возрастает степень ploидности ядер.

Материалы для самоподготовки

Контрольные вопросы

1. Перечислите органы сердечно-сосудистой системы и назовите источники их эмбрионального развития.
2. Назовите типы кровеносных сосудов.
3. Каков общий принцип строения сосудистой стенки?
4. Особенности строения стенки различных типов артерий и вен.
5. Строение стенки гемокapилляра, его функции.
6. Особенности строения и функции лимфатических капилляров.
7. Назовите сосуды микроциркуляторного русла.
8. Что называется «чудесной капиллярной сетью»?
9. Сосуды лимфатической системы, их основная функция.
10. Оболочки стенки сердца и эмбриональные источники их тканей.
11. Строение и тканевой состав эндокарда.
12. Клапаны сердца и их фиброзные кольца.
13. Миокард, его строение и функция.
14. Проводящая система сердца.
15. Особенности строения, топографии и функции секреторных кардиомиоцитов.
16. Эпикард и перикард.

Тесты первого уровня

1. Какая оболочка артерии мышечного типа выстилается эндотелием: *а) внутренняя оболочка; б) средняя оболочка; в) наружная оболочка?*
2. В стенке каких кровеносных сосудов находятся перициты: *а) артерии эластического типа; б) лимфатические капилляры; в) гемокapилляры; г) артериолы?*
3. Какие из перечисленных сосудов имеют клапаны во внутренней оболочке? Верно все, кроме: *а) лимфатические стволы; б) артерии эластического типа; в) вены нижних конечностей; г) лимфатические выносящие сосуды.*
4. В какой из оболочек сердца нет кровеносных сосудов: *а) эндокард; б) миокард; в) эпикард; г) перикард?*

5. Какой из перечисленных элементов проводящей системы является ведущим генератором биопотенциалов здорового сердца: а) синусно-предсердный узел; б) предсердно-желудочковый узел; в) предсердно-желудочковый пучок; г) ножки пучка?
6. Какие типы кардиомиоцитов располагаются в миокарде? Верно все, кроме: а) сократительные; б) миосателлитоциты; в) секреторные; г) проводящие.

Тесты второго уровня

1. Какие структуры артерий эластического типа обеспечивают амортизационную функцию этих сосудов (а)? В какой оболочке расположены эти структуры (б)? Имеются ли в этой оболочке собственные сосуды (в) и нервные волокна (г)?
2. Какие сосуды выполняют функцию «периферического сердца» (а)? Какая ткань (б), какой оболочки (в) обеспечивает эту функцию? Имеются ли в этой оболочке «сосуды-сосудов» (г)?
3. К каким артериям по морфологической классификации относятся артериолы (а)? Какая оболочка в составе их стенки является самой мощной (б)? Какая ткань составляет основу этой оболочки (в)? Чем выстлана внутренняя оболочка артериол (г)?
4. Назовите типы капилляров в зависимости от структурных особенностей их эндотелиоцитов (а, б, в). Какие из этих типов капилляров характерны для эндокринных органов (г) и миокарда (д)?
5. Какая оболочка сердца не содержит кровеносных сосудов (а)? Из каких слоев она состоит (б, в, г, д)?
6. Какая оболочка сердца обеспечивает его сокращение (а)? Имеются ли в ней кровеносные сосуды (б)? Какая система обеспечивает автоматизм сердечных сокращений (в)? Какой элемент этой системы является ведущим (г)?
7. Назовите основной способ восстановления структуры сократительных кардиомиоцитов (а). Способны ли они к дедифференцировке (б) и митотическому делению (в)? Какой тканью (г) при активном участии каких клеток (д) заполняется дефект в миокарде, возникший при его повреждении?

Практико-ориентированные задачи

1. При развитии тканевого отека при воспалении кровеносные капилляры спадаются, а лимфатические могут расширяться. Какое структурное отличие лимфатических капилляров определяет особенность их состояния при отеке (а)? С морфофункциональных позиций объясните биологическое значение этих сосудистых реакций (б).
2. С помощью электронного микроскопа исследовано строение стенки двух капилляров. В стенке первого обнаружено три вида клеток. Один вид образует внутреннюю поверхность сосуда, другой находится в расщеплении базальной мембраны, а третий примыкает к

наружному контуру сосуда. В стенке второго капилляра – только один вид клеток без базальной мембраны. Какие капилляры исследованы (а, б)? Назовите обнаруженные клетки (в, г, д)? Каковы основные функции этих капилляров (е, ж)?

3. При гистологическом изучении стенки кровеносного сосуда обнаружено, что его внутренняя оболочка образует своеобразные складки в виде дубликатур. Стенка какого сосуда исследовалась (а)? Как называются дубликатуры его внутренней оболочки (б)? В какой части тела, предположительно, находится этот сосуд (в)? С морфофункциональных позиций объясните назначение обнаруженных дубликатур (г).

4. Варикозное расширение вен нижних конечностей – серьезное заболевание сосудистой системы, в развитии которого имеет значение целый ряд факторов. Значительно чаще поражаются вены у людей «стоячих» профессий (хирурги, продавцы). Какой тип вен находится в нижних конечностях (а)? Объясните причину более частого заболевания людей указанных профессий (б). Почему при этом заболевании развиваются отеки тканей нижних конечностей (в)? Дайте морфофункциональное заключение.

5. Известно, что дефекты сократительного миокарда, возникшие после повреждения (ранения, инфаркты), могут закрываться соединительнотканными рубцами, а не новыми кардиомиоцитами. Как можно объяснить это явление с гистогенетических позиций?

6. Патологический процесс (например, инфаркт) в области синусно-предсердного узла миокарда может привести к смерти человека вследствие остановки сердца. Какие клетки составляют функциональную основу данного узла (а)? В состав какой системы включается этот узел (б)? Почему в описанной ситуации возможна остановка сердца (в)?

ОТВЕТЫ

Ответы к тестам первого уровня

1. а)
2. в)
3. б)
4. а)
5. а)
6. б)

Ответы к тестам второго уровня

1. а) эластические окончатые мембраны; б) средняя; в) да; г) да.
2. а) артерии мышечного типа; б) гладкая мышечная; в) средняя; г) да.
3. а) артерии мышечного типа; б) средняя; в) гладкая мышечная; г) эндотелий.

4. а) со сплошным эндотелием; б) с фенестрированным эндотелием; в) с порозным эндотелием; г) с фенестрированным эндотелием; д) со сплошным эндотелием.
5. а) эндокард; б) эндотелий; в) субэндотелий; г) мышечно-эластический; д) соединительнотканый.
6. а) миокард; б) да; в) проводящая система сердца; г) синусно-предсердный узел.
7. а) внутриклеточная регенерация; б) нет; в) нет; г) волокнистой соединительной; д) фибробласты.

Ответы к задачам

1. а) в лимфатических капиллярах имеются стропные филаменты, которые растягивают стенку при отеке; б) спадание кровеносных капилляров предотвращает проникновение в кровь токсических продуктов воспаления, а расширение лимфатических – усиливает их дренажную функцию.
2. а) кровеносные; б) лимфатические; в) эндотелиоциты; г) перициты; д) адвентициальные клетки; е) у кровеносных – обменная; ж) у лимфатических – дренажная.
3. а) вена; б) клапаны; в) ниже уровня сердца, предположительно нижние конечности; г) клапаны являются одними из факторов венозной гемодинамики – они имеют ковшеобразную форму; кровь при своем движении затекает в них, что предотвращает её обратное течение.
4. а) мышечный тип; б) в условиях длительного вертикального положения тела отсутствует один из факторов венозной гемодинамики – активное сокращение скелетной мускулатуры нижних конечностей; в) увеличивается объем кровенаполнения сосудов МЦР, что усиливает проницаемость обменных микрососудов для плазмы крови.
5. сократительные кардиомиоциты утратили способность к дедифференцировке и, как следствие этого, способность к делению; фибробласты же в очаге поражения активизируют продукцию межклеточного вещества соединительной ткани.
6. а) пейсмекеры; б) проводящая система сердца; в) синусно-предсердный узел является водителем ритма сердечных сокращений – поэтому его поражение может привести к остановке сердца.