



ВОЛГОГРАДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Сердечно-сосудистая система. Общие закономерности строения артерий и вен. Кровообращение плода

Старший преподаватель  
к.м.н., Айдаева Салихат Шамиловна

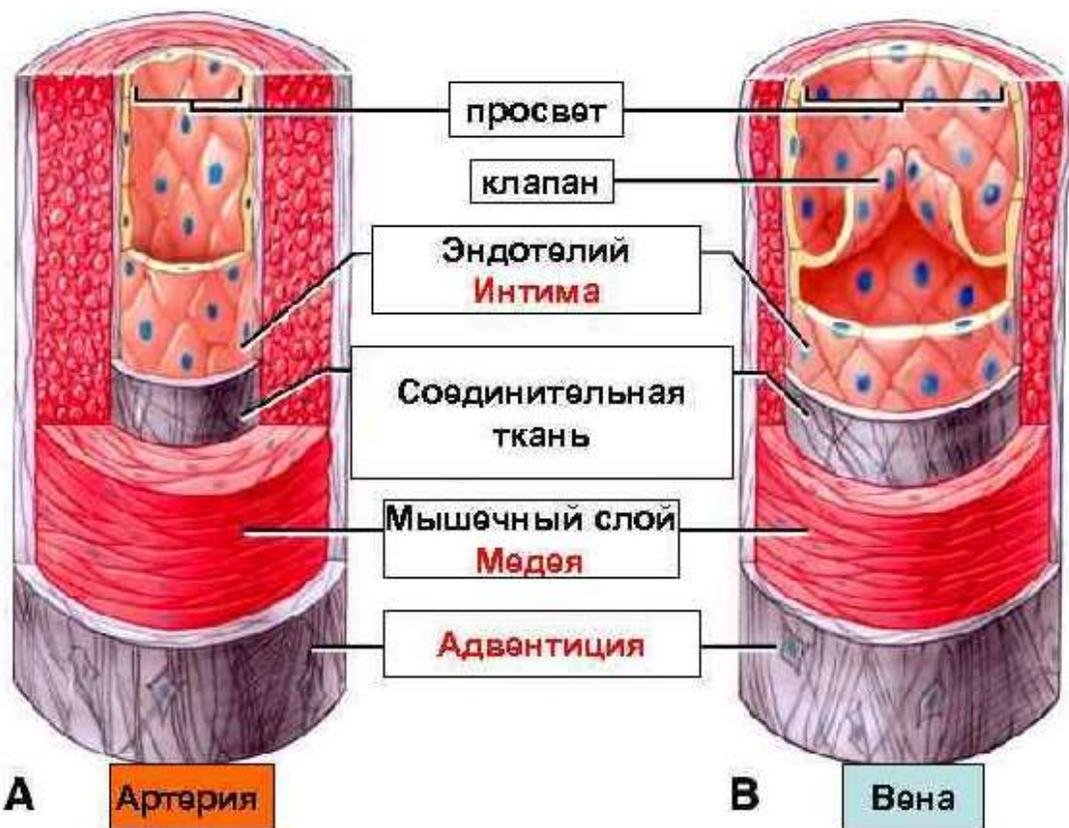
# АНГИОЛОГИЯ



**Ангиология** (греч. *angion* — сосуд; *logos* — учение) - это учение о сосудах.

Совокупность анатомически и функционально взаимосвязанных сосудов, обеспечивающих транспортировку веществ и обменные процессы в организме, составляет сосудистую систему.

# АНГИОЛОГИЯ



• Кровеносная система представлена многочисленными, различными по диаметру и строению стенки, кровеносными сосудами.

• Эти различия обусловлены конкретными функциональными назначениями сосудов.

В составе кровеносной системы различают:

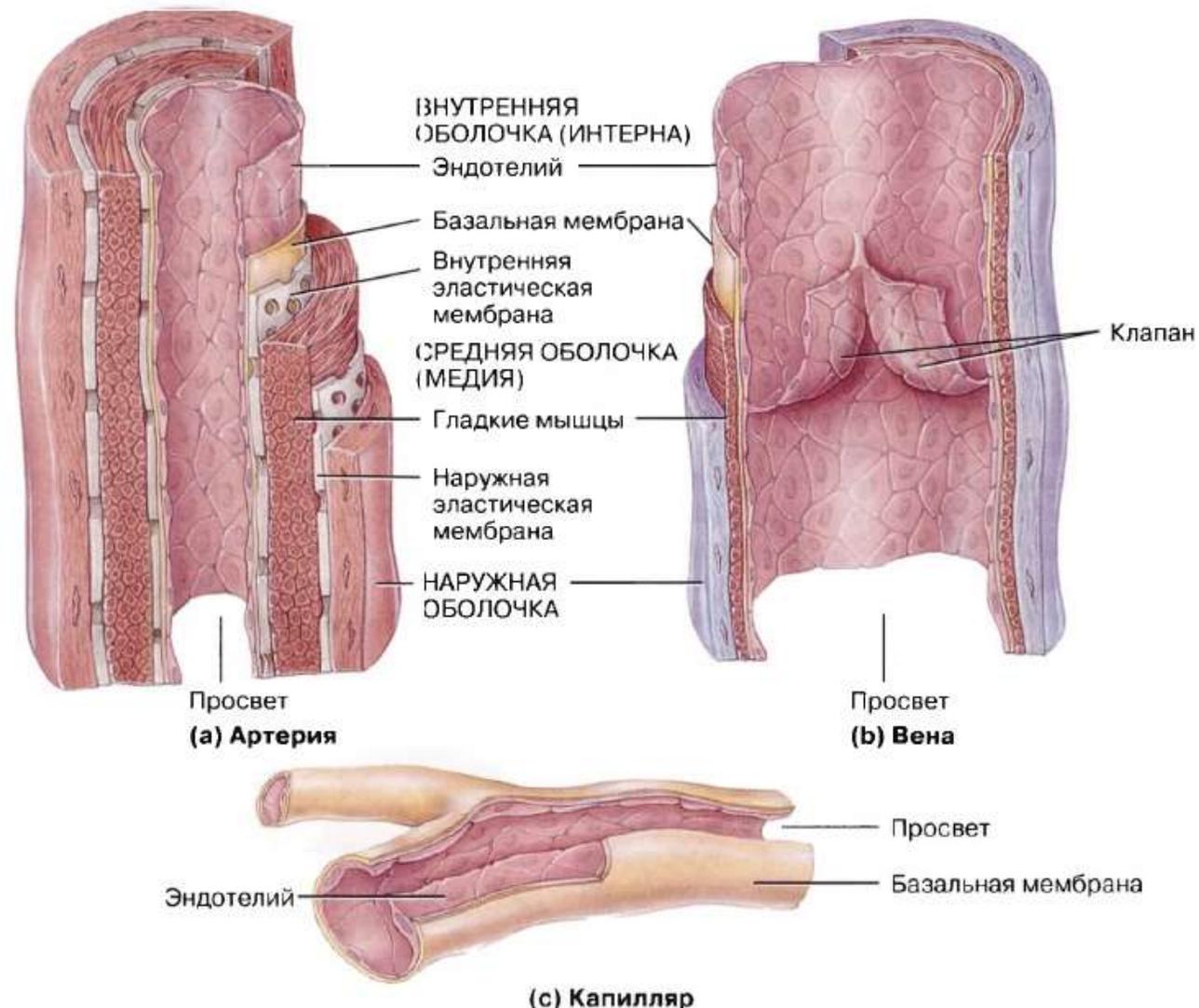
- Артерии и артериолы
- Капилляры
- Веноулы и вены.

# Основное строение кровеносных сосудов



Стенка кровеносного сосуда имеет три слоя (оболочки), состоящие из разных тканей:

- **внутреннюю** эпителиальную оболочку,
- **среднюю оболочку** из гладкомышечной и эластической соединительной ткани,
- **внешнюю** соединительнотканную оболочку.



# Внутренняя оболочка (интима), *tunica intima*



- Внутренняя оболочка (интима) образует внутренний покров кровеносного сосуда и непосредственно соприкасается с кровью, текущей в просвете, внутреннем отверстии сосуда.
- Внутренний слой, *эндотелий*, состоит из простого плоского эпителия, который является продолжением выстилки эндокарда сердца.
- Эндотелий представляет собой тонкий слой плоских клеток, выстилающий внутреннюю поверхность всей сердечно-сосудистой системы (сердца и кровеносных сосудов).
- Клетки эндотелия активно участвуют в различных функциях сосудов, включая физическое влияние на кровоток, выделение химических медиаторов местного действия, влияющих на сокращение вышележащей гладкой мускулатуры сосуда, а также участие в проницаемости капилляров.

# Внутренняя оболочка (интима), *tunica intima*



- Второй составляющей внутренней оболочки является расположенная под эндотелием *базальная мембрана*.
- Она обеспечивает физическую поддержку эпителиальному слою.
- Каркас из коллагеновых волокон придает базальной мембране значительную прочность на разрыв, кроме того, ее свойства придают сосуду устойчивость к растяжению и скручиванию.
- Базальная мембрана прикрепляет эндотелий к нижележащей соединительной ткани, а также регулирует движение молекул.
- Самой внешней частью интимы, образующей границу между интимой и медией, является *внутренняя эластическая мембрана* — это тонкий лист эластических волокон с различным числом отверстий, делающих ее похожей на швейцарский сыр.
- Эти отверстия облегчают диффузию веществ через интиму в более толстую среднюю оболочку.

# Средняя оболочка (медия), *tunica media*



- Средняя оболочка (медия) — это слой мышечной и соединительной ткани, значительно отличающийся в разных типах сосудов, состоит из гладкомышечных клеток и значительного количества эластических волокон.
- Основной ролью гладкомышечных клеток, образующих кольцо вокруг просвета сосуда, является регулирование диаметра просвета.
- Степень мышечного сокращения разных типов сосудов является ключевой для регулирования давления крови.
- Кроме регуляции кровотока и кровяного давления, сокращение гладких мышц поврежденных сосудов помогает ограничить кровопотерю, а клетки гладких мышц участвуют в образовании эластических волокон средней оболочки, благодаря которым сосуды могут растягиваться и изгибаться под действием кровяного давления.
- Медия является самой изменчивой сосудистой оболочкой.

# Наружная оболочка (адвентиция), *tunica adventitia*



- Наружная оболочка (адвентиция) состоит из эластических и коллагеновых волокон.
- Наружная оболочка отделена от медики сетью эластических волокон, наружной эластической мембраной, входящей в состав средней оболочки.
- Наружная оболочка содержит многочисленные нервы, а также, особенно в крупных сосудах, маленькие кровеносные сосуды, снабжающие ткани сосудистой стенки.
- Эти небольшие сосуды, снабжающие кровью ткани сосуда, называют *сосуды сосудов (vasa vasorum)*. Они хорошо заметны в крупных кровеносных сосудах, например, аорте.
- Кроме иннервации и кровоснабжения стенки сосуда, наружная оболочка закрепляет сосуды в окружающих тканях.

# АРТЕРИИ



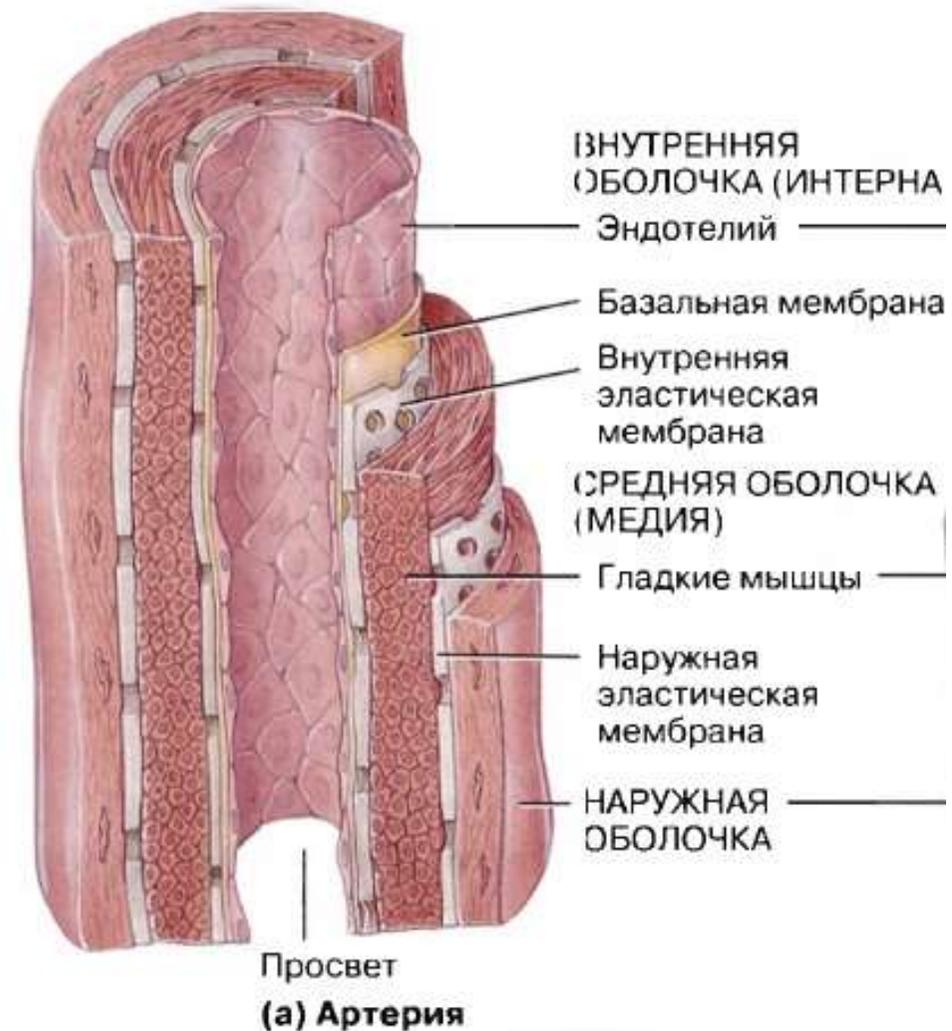
- **Артериальные сосуды, или артерии, обеспечивают доставку крови от сердца к тканям каждого органа.**
- **Артерии (ар- воздух; тер- переносить) - получили свое название за то, что после смерти они пустеют — в древности считалось, что они заполнены воздухом.**
- **Каждая артерия со своими разветвлениями снабжает кровью определенный участок тела или органа, который называют зоной кровоснабжения.**
- **По отношению к органу различают *экстраорганные* и *внутриорганные артерии*.**

# Строение артерий



Стенка артерии состоит из трех оболочек:

- 1. внутренней, или интимы (*tunica intima*)** - представлена одним слоем эндотелиальных клеток, субэндотелиальным слоем и внутренней эластической мембраной.
- 2. средней, или меди (i) (*tunica media*)** - преобладают гладкомышечная и эластическая ткани.
- 3. наружной, или адвентиции (*tunica adventitia*)** - построена из соединительной ткани, содержащей большое количество коллагеновых и эластических волокон.



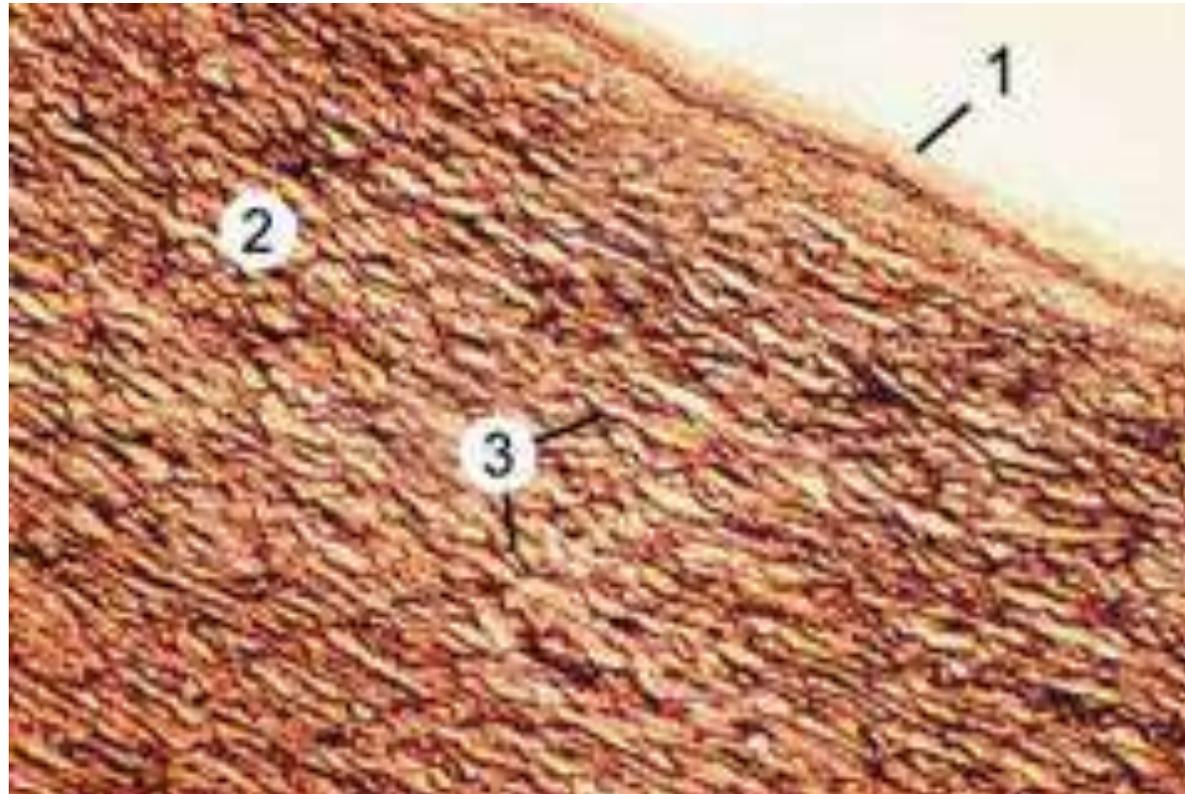
# Артерии эластического типа



- **Артерии эластического типа** — самые крупные артерии организма.
- Этот тип артерий имеет самый большой диаметр, однако их стенки (приблизительно одна десятая диаметра сосуда) сравнительно тонки по сравнению с общим размером.
- Характеризуются хорошо выделенной внутренней и наружной эластической мембраной, а также толстой медией, в которой доминируют эластические волокна, называемые *эластическими мембранами*.
- К эластическому типу относят два главных ствола, выходящих из сердца (**аорту и легочный ствол**), а также основные ответвления в начале аорты, например, **плечеголовную, подключичную, общую сонную и общую подвздошную артерии**.



# Артерии эластического типа



**Аорта.** Стенка построена из внутренней (1), средней (2) и наружной оболочек. Выраженная средняя оболочка содержит окончатые эластические мембраны (3).

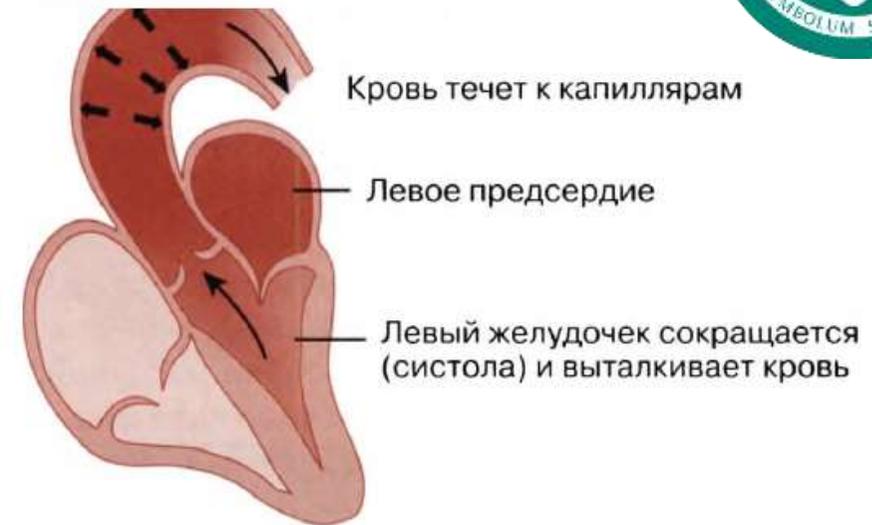
Окраска орсеином и пикроиндигокармином.

# Артерии эластического типа



Артерии эластического типа выполняют важную функцию:

- Когда желудочки расслаблены, они проталкивают кровь вперед.
- Когда кровь выталкивается из сердца в эластические артерии, их стенки растягиваются, легко приспособиваясь к выбросу крови.
- При растяжении эластические волокна мгновенно поглощают механическую энергию, действуя как резервуар давления.



**(a) Аорта и артерии эластического типа при сокращении желудочка**

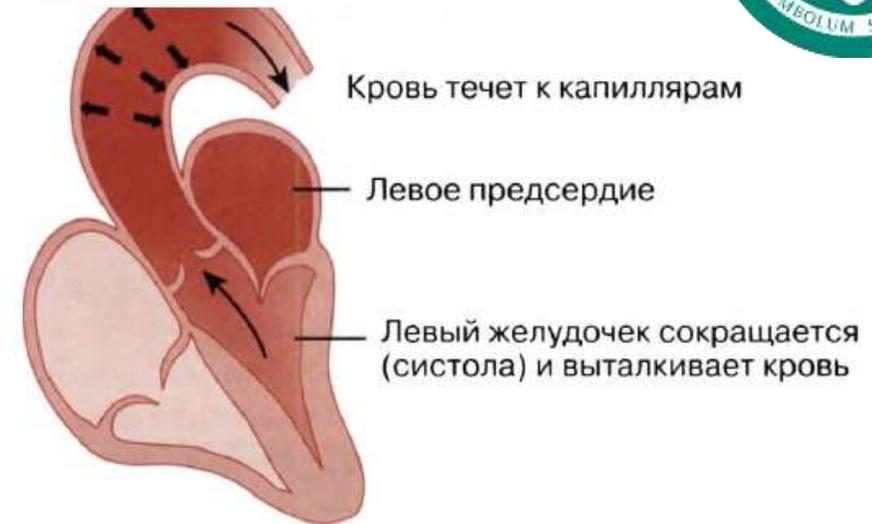


**(b) Аорта и артерии эластического типа приходят в исходное состояние во время расслабления желудочка**

# Артерии эластического типа



- Затем эластические волокна возвращаются в исходное положение и превращают запасенную (потенциальную) энергию сосуда в кинетическую энергию крови.
- Благодаря этому кровь продолжает двигаться по артериям даже когда желудочки расслаблены.
- Так как артерии эластического типа проводят кровь из сердца в более мышечные артерии средних размеров, их называют **проводящими артериями**.



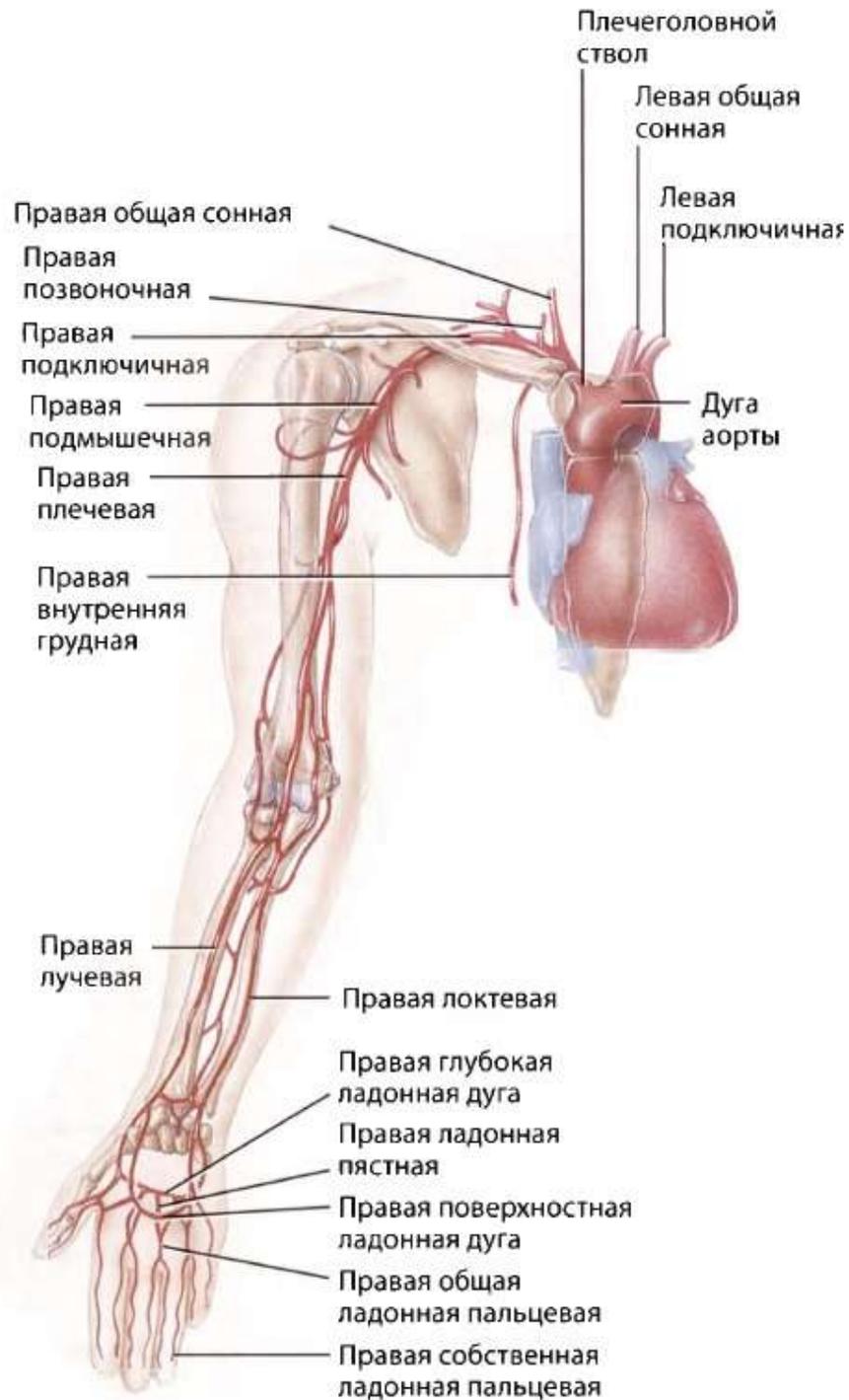
(a) Аорта и артерии эластического типа при сокращении желудочка



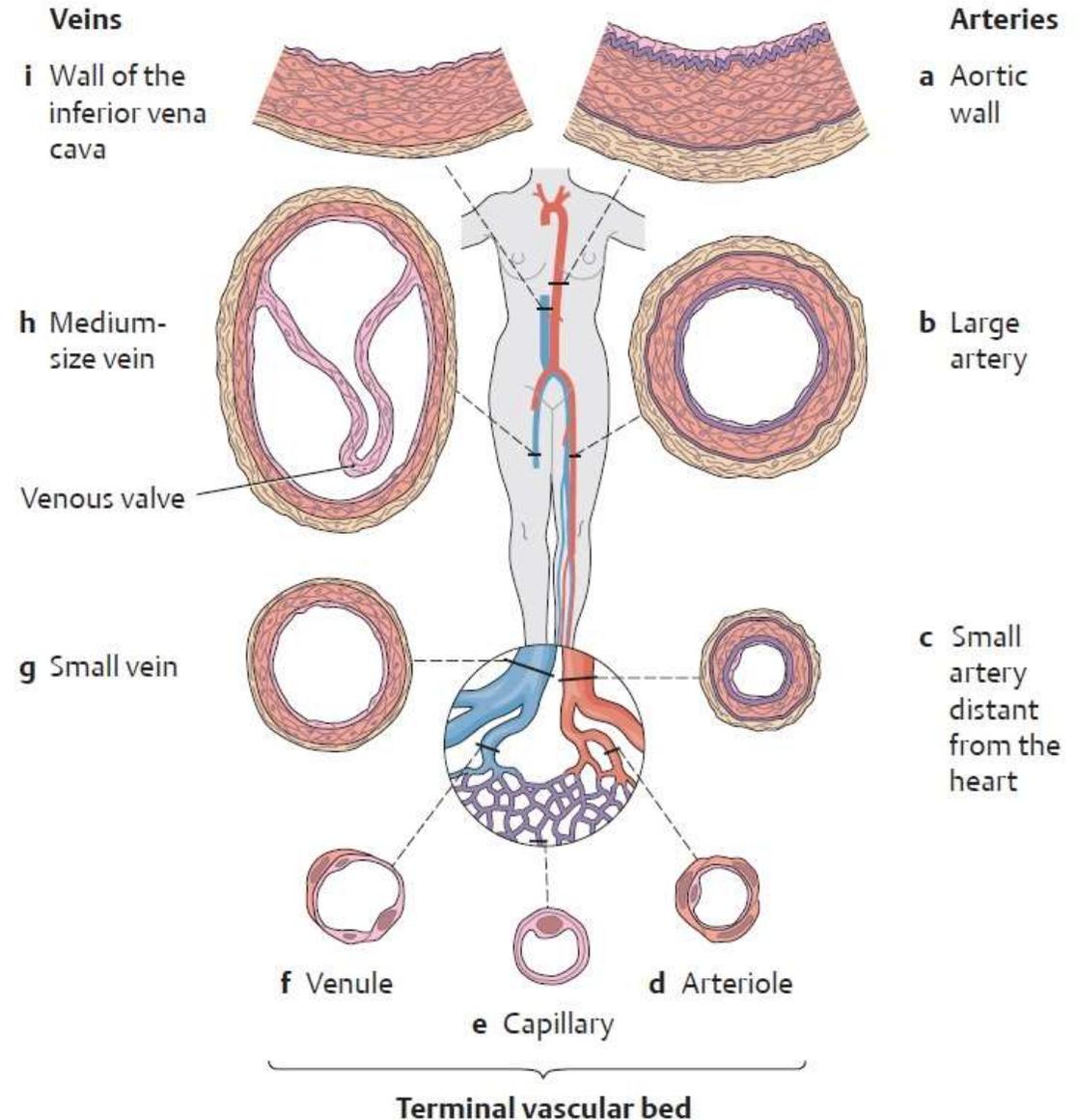
(b) Аорта и артерии эластического типа приходят в исходное состояние во время расслабления желудочка



# Артерии эластического типа



(а) Вид спереди на ветви плечеголового ствола в верхней конечности





# Артерии мышечного типа

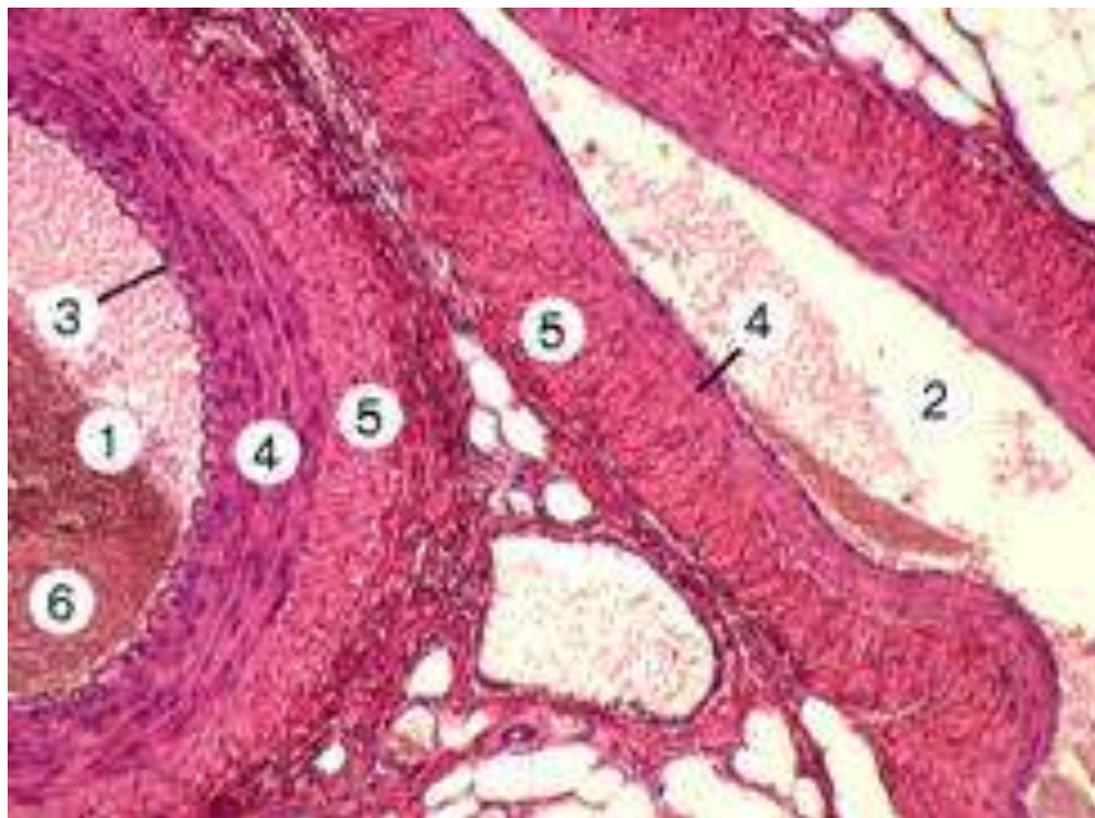
- Средние по размеру артерии относят к мышечному типу, так как их средняя оболочка содержит больше гладких мышц и меньше эластических волокон по сравнению с эластическими артериями.
- Из-за большого количества гладкой мускулатуры, занимающей примерно три четверти их общей массы, стенки мышечных артерий относительно толсты. Поэтому мышечные артерии способны к большей *вазоконстрикции* и *вазодилатации* для адаптации к скорости кровотока.
- Мышечные артерии имеют хорошо выраженную *внутреннюю эластическую мембрану* и *тонкую наружную эластическую мембрану*. Эти мембраны образуют внутреннюю и внешнюю границу мышечной средней оболочки.
- В крупных артериях толстая медия имеет до 40 слоев кольцевых гладких мышц. В небольших артериях этих слоев всего три.



# Артерии мышечного типа

- По сравнению с артериями эластического типа сосудистая стенка мышечных артерий занимает значительную часть (25%) общего диаметра сосуда.
- Так как мышечные артерии продолжают ветвиться и в конце концов поставляют кровь каждому из различных органов, их называют **распределительными артериями**.
- Примерами являются **плечевая артерия плеча руки и лучевая артерия предплечья**.
- **Наружная оболочка** мышечных артерий часто толще средней и содержит продольно расположенные фибробласты, коллагеновые и эластические волокна.
- Неплотное строение этого слоя делает возможными изменения диаметра сосуда, а также предотвращает укорочение или ретракцию сосуда при его пересечении.

# Артерии эластического типа



**Артерия мышечного типа и сопровождающая вена.** Артерия имеет зияющий круглый просвет (1), просвет вены — спавшийся, щелевидный (2). На границе внутренней и средней оболочек артерии видна волнистая тёмноокрашенная линия — внутренняя эластическая мембрана (3). Средняя оболочка (4), толстая в артерии и тонкая в вене, образована циркулярно ориентированными гладкомышечными клетками. Соединительнотканная волокнистая наружная оболочка (5) более выражена в вене. В просвете артерии виден тромб (6). Окраска гематоксилином и эозином.



# Артерии мышечного типа

- Из-за сниженного количества эластичной ткани в стенках мышечных артерий, они не способны к отдаче, способствующей проталкиванию крови, как в случае артерий эластического типа.
- Вместо этого за функции мышечных артерий отвечает в основном толстая мышечная медия.
- Способность мышц к сокращению и поддержанию состояния частичного сокращения называют *сосудистым тонусом*.
- Сосудистый тонус укрепляет стенку сосуда и важен для поддержания давления сосуда и эффективного кровотока.

# АНАСТОМОЗЫ



- Соединение ветвей двух и более артерий, снабжающих одну и ту же область организма, называют **анастомозом**.
- Анастомозы между артериями обеспечивают альтернативные пути для идущей к ткани или органу крови.
- Альтернативные пути кровотока по анастомозам называют **коллатеральным кровообращением**.
- Анастомозы могут соединять вены, артериолы и венулы.
- Артерии, не имеющие анастомозов, называют **концевыми артериями**.
- Сжатие концевой артерии прерывает кровоснабжение всего сегмента органа, вызывая его *некроз* (смерть).

# АРТЕРИОЛЫ



- Слово «артериола» дословно означает «небольшая артерия».
- **Артериолы** — это широко распространенные микроскопические сосуды, регулирующие кровоток в сетях капилляров тканей организма.
- Диаметр примерно 400 миллионов артериол варьирует от 15 до 300 мкм. Толщина стенок составляет половину диаметра сосуда.

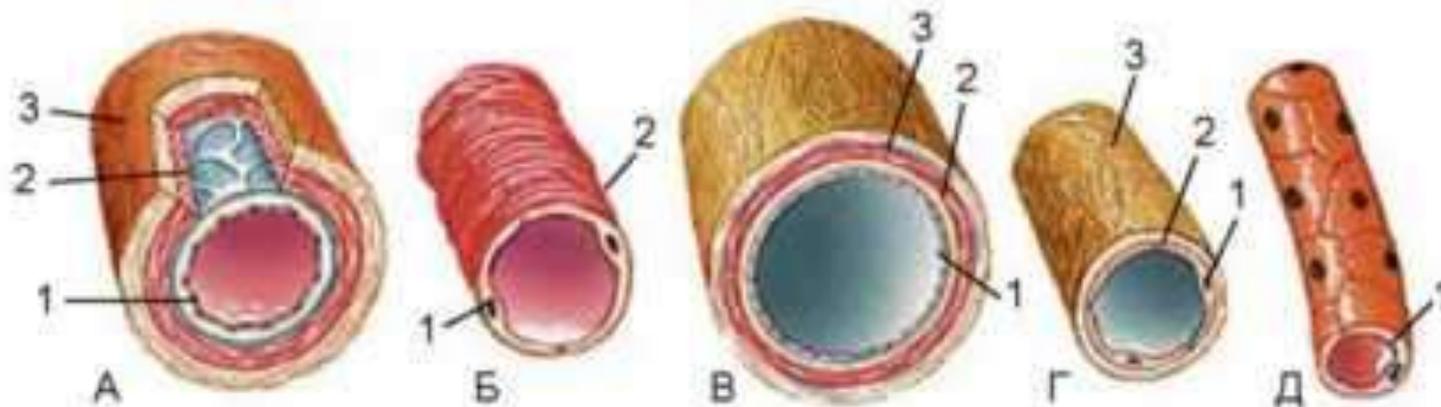


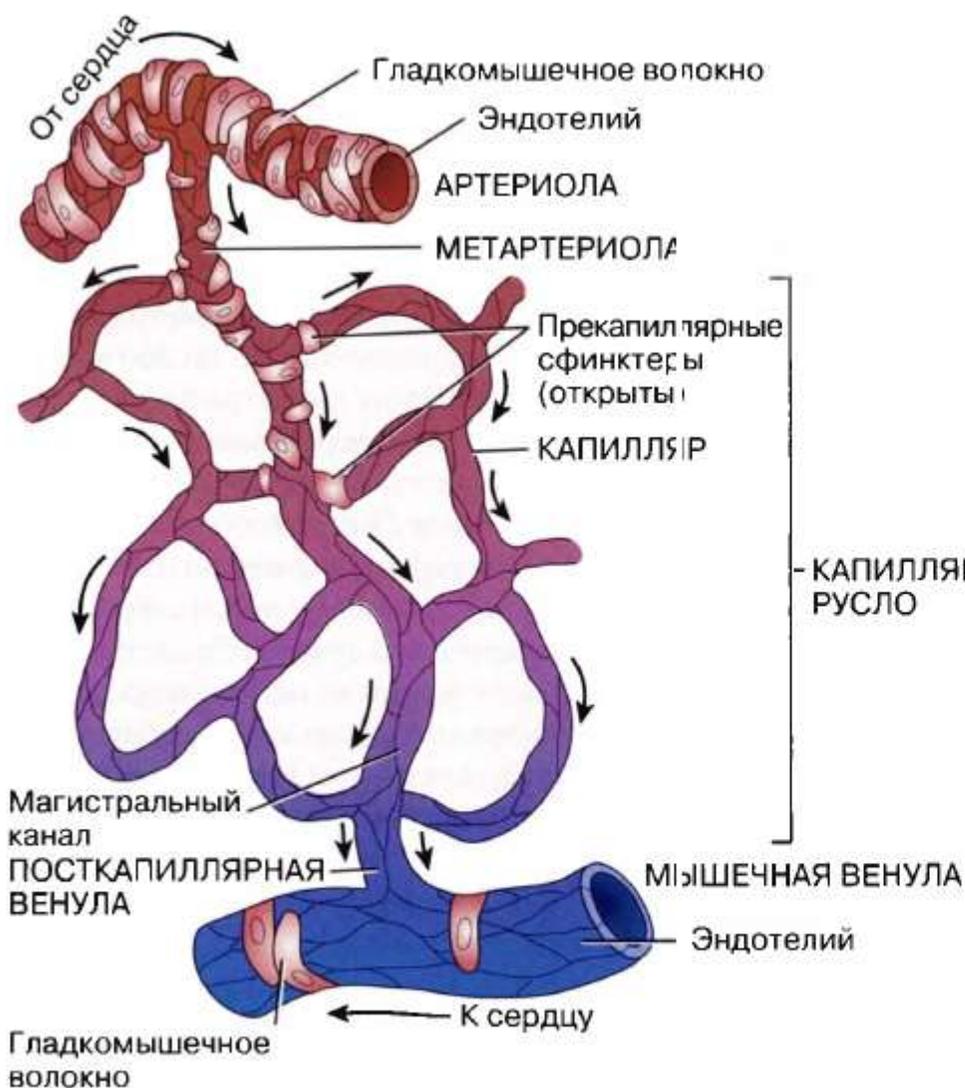
Рис. 88. Схема строения кровеносных сосудов: А – артерии, Б – артериолы, В – вены, Г – венулы; Д – капилляра (1 – эндотелий, 2 – мышечная оболочка, 3 – соединительнотканная оболочка)

# Артериолы

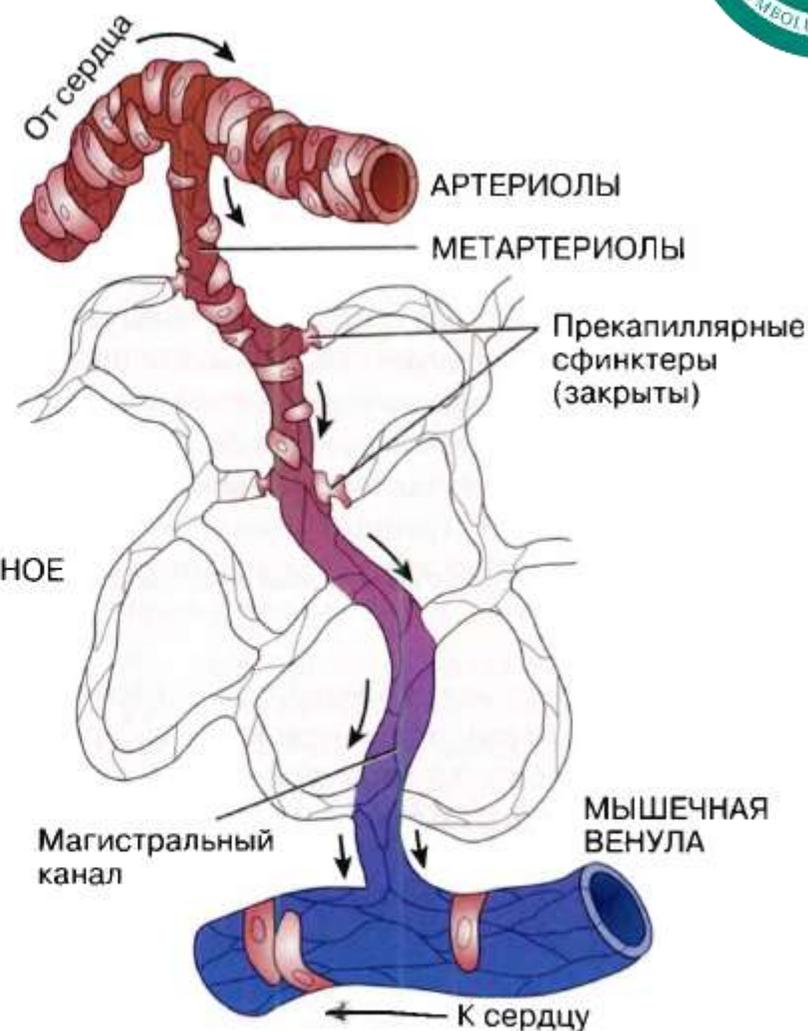


- Артериолы имеют тонкую внутреннюю оболочку с тонкой пористой внутренней эластической мембраной, исчезающей к терминальному концу.
- Средняя оболочка состоит из одного-двух кольцевых слоев гладкомышечных клеток.
- Терминальный конец артериолы, именуемый *метартериолой* (*прекапиллярной артериолой*) сужается к месту соединения с капилляром.
- В соединении метартериолы с капилляром наиболее дистальная мышечная клетка образует прекапиллярный сфинктер (=сжиматель), контролирующий кровоток в капилляр.
- Другие мышечные клетки артериолы регулируют сопротивление кровотоку.

# Прекапиллярные сфинктеры регулируют течение крови через капиллярное русло



(a) Сфинктеры открыты: кровь течет по капиллярам



(b) Сфинктеры закрыты: кровь течет через магистральный канал

# Артериолы



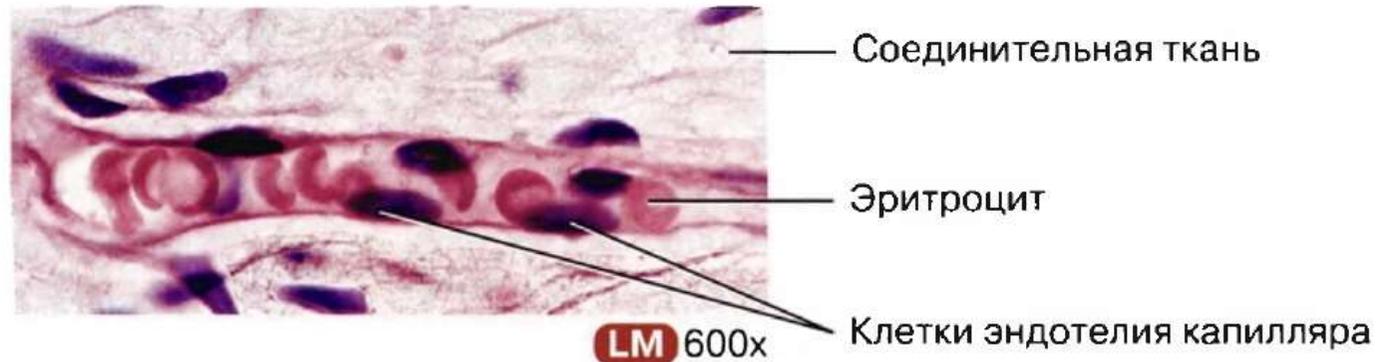
- Артериолы играют ключевую роль в регуляции кровотока из артерий в капилляры, регулируя сопротивление (резистентность) сосудов — *противодействие кровотоку*.
- Поэтому их иногда называют **сосудами сопротивления**.
- Сопротивление кровеносного сосуда в основном обеспечивается трением между кровью и внутренними сосудистыми стенками.
- Чем меньше диаметр сосуда, тем сильнее трение и выше сопротивление.
- Сокращение гладких мышц артериол вызывает *вазоконстрикцию*, еще больше увеличивающую сопротивление и уменьшающую кровоток в капиллярах, снабжаемых артериолой.
- Напротив, расслабление гладких мышц артериолы вызывает *вазодилатацию*, снижающую сопротивление и увеличивающую кровоток в капиллярах.
- Изменение диаметра артериол может влиять на кровяное давление: вазоконстрикция артериол увеличивает давление крови, а их вазодилатация приводит к понижению кровяного давления.

# КАПИЛЛЯРЫ



- Капилляры (капиллус — волосок) — самые маленькие кровеносные сосуды, диаметр которых составляет 5-10 мкм.
- Они «поворачивают кровь в обратную сторону», соединяя исходящий артериальный кровоток с входящим венозным.
- Течение крови из метартериол через капилляры в посткапиллярные венулы (венулы, получающие кровь из капилляра) называют **микроциркуляцией (капиллярным кровообращением)**.
- Основной функцией капилляров является обмен веществ между кровью и тканевой жидкостью, поэтому их называют ***сосудами обмена***.
- Строение капилляров хорошо приспособлено к их функции, обмену веществ — в них нет средней и наружной оболочек.

# Капилляры



(e) Эритроциты, проходящие через капилляр

- Так как стенки капилляров состоят из одного слоя эндотелиальных клеток и базальной мембраны, чтобы достигнуть тканевой жидкости и клеток ткани растворенные в крови вещества должны пройти только через один клеточный слой.
- Обмен веществ происходит исключительно через стенки капилляров и начальной части венул.
- Капилляры образуют обширную разветвленную сеть, увеличивающую площадь поверхности, доступную для быстрого обмена веществ.

# Типы капилляров



**Капилляры с непрерывным эндотелием**



**Сплошные капилляры** головного мозга, легких, скелетных и гладких мышц и соединительной ткани

**Капилляры с фенестрированным эндотелием**



**Окончатые капилляры** почек, ворсинок тонкой кишки, хориондных сплетений желудочков головного мозга, цилиарных отростков глаз и эндокринных желез

**Капилляр с прерывистым эндотелием**

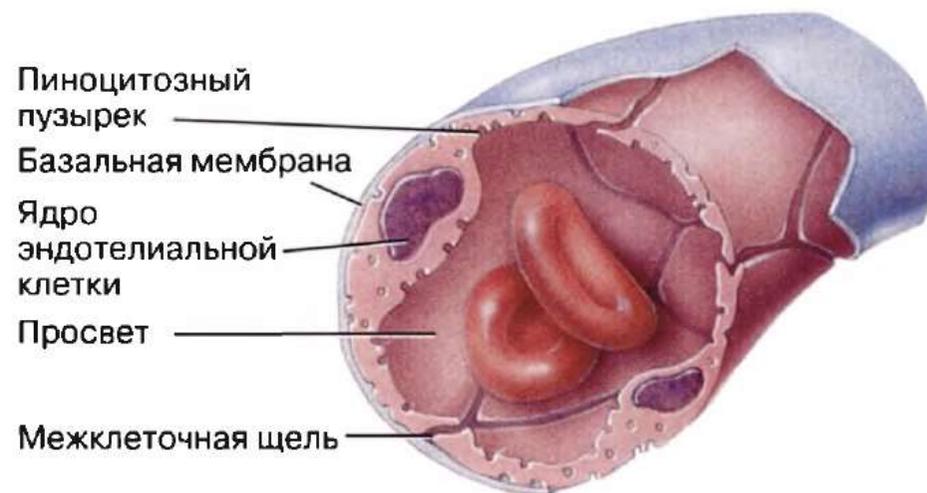


**Синусоиды** печени, селезенки, верхней части гипофиза и парашитовидной железы

# Капилляры с непрерывным эндотелием



- Большинство капилляров является непрерывными (сплошными) капиллярами, цитоплазматическая мембрана эндотелиальных клеток которых образует непрерывную трубку, прерываемую только межклеточными щелями — промежутками между прилегающими клетками эндотелия.
- Сплошные капилляры имеются в головном мозге, легких, скелетных и гладких мышцах и соединительных тканях.

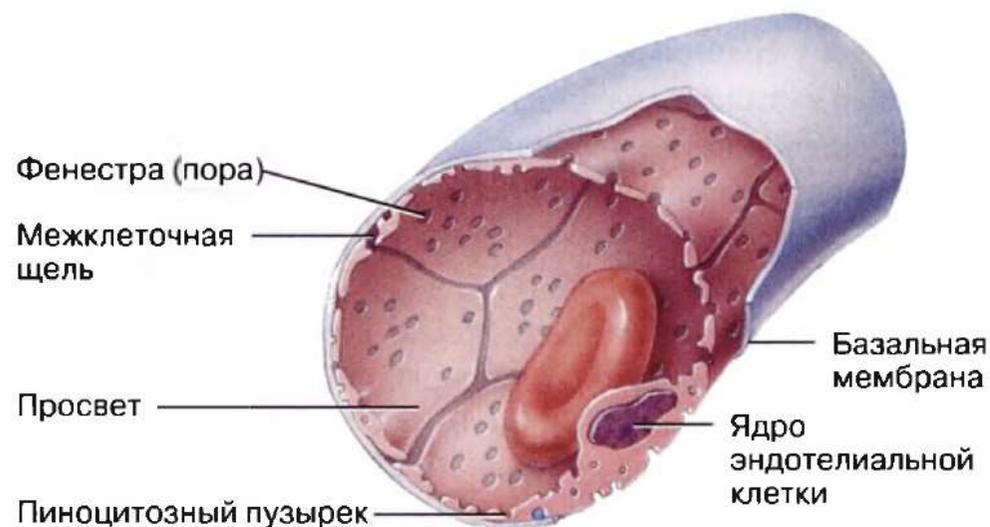


(а) Сплошной капилляр, образованный клетками эндотелия

# Капилляры с фенестрированным эндотелием



- У капилляров с фенестрированным эндотелия цитоплазматическая мембрана имеет многочисленные фенестры, небольшие поры 70-100 нм в диаметре.
- **Фенестра** — истончённый участок эндотелиальной клетки диаметром 50–80 нм. Предполагают, что фенестры облегчают транспорт веществ через эндотелий.
- Окончатые капилляры расположены в почках, ворсинках тонкой кишки, хороидных сплетениях желудочков головного мозга, цилиарных отростках глаз и эндокринных железах.



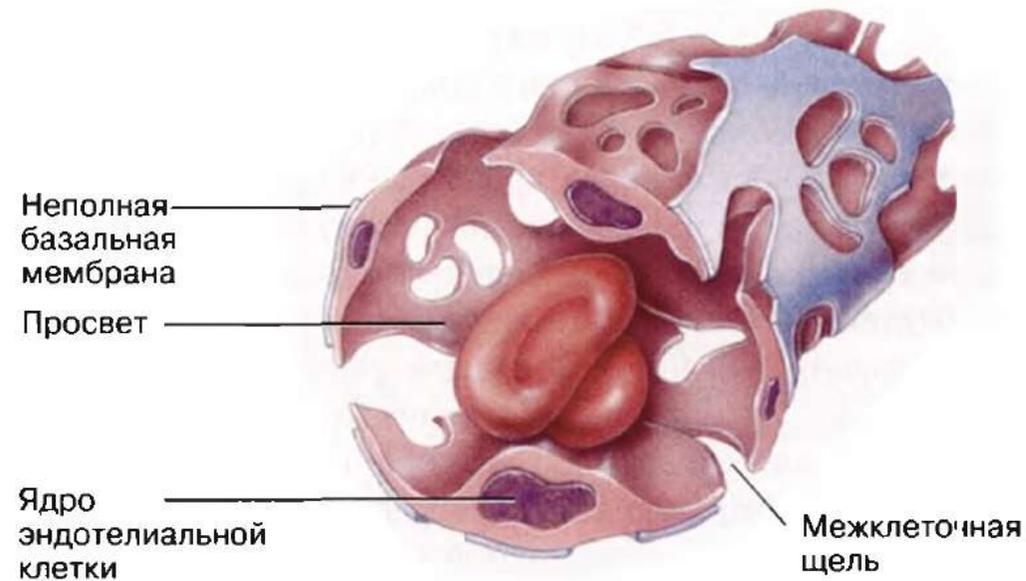
(b) Окончатый капилляр

# Капилляр с прерывистым эндотелием

## Эндотелием



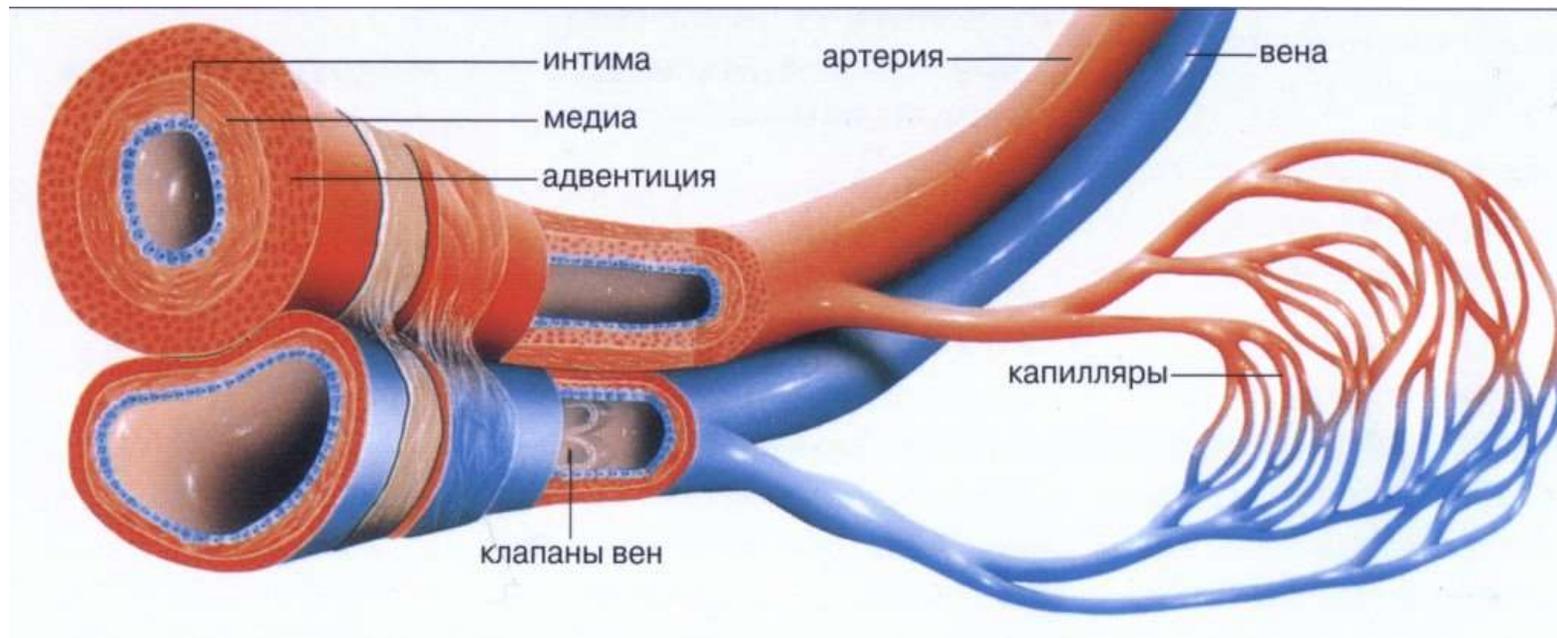
- Капилляр с прерывистым эндотелием называют также капилляром **синусоидного типа**, или **синусоидом**.
- Синусоиды более широкие и извилистые по сравнению с другими капиллярами.
- Клетки их эндотелия могут иметь необычно крупные фенестры.
- Базальная мембрана в синусоидах неполна или отсутствует, кроме того, в них имеются очень большие межклеточные щели, через которые из ткани в кровоток могут попадать белки, а в некоторых случаях даже клетки крови.
- Подобный тип капилляров присутствует в кроветворных органах, состоит из эндотелиальных клеток с щелями между ними и прерывистой базальной мембраны.



(с) Синусоида



# Капилляры



Частный случай капилляров с непрерывным эндотелием — капилляры, формирующие гематоэнцефалический и гематотимический барьеры. Для эндотелия капилляров барьерного типа характерно умеренное количество пиноцитозных пузырьков и плотные контакты.

# Гематоэнцефалический барьер



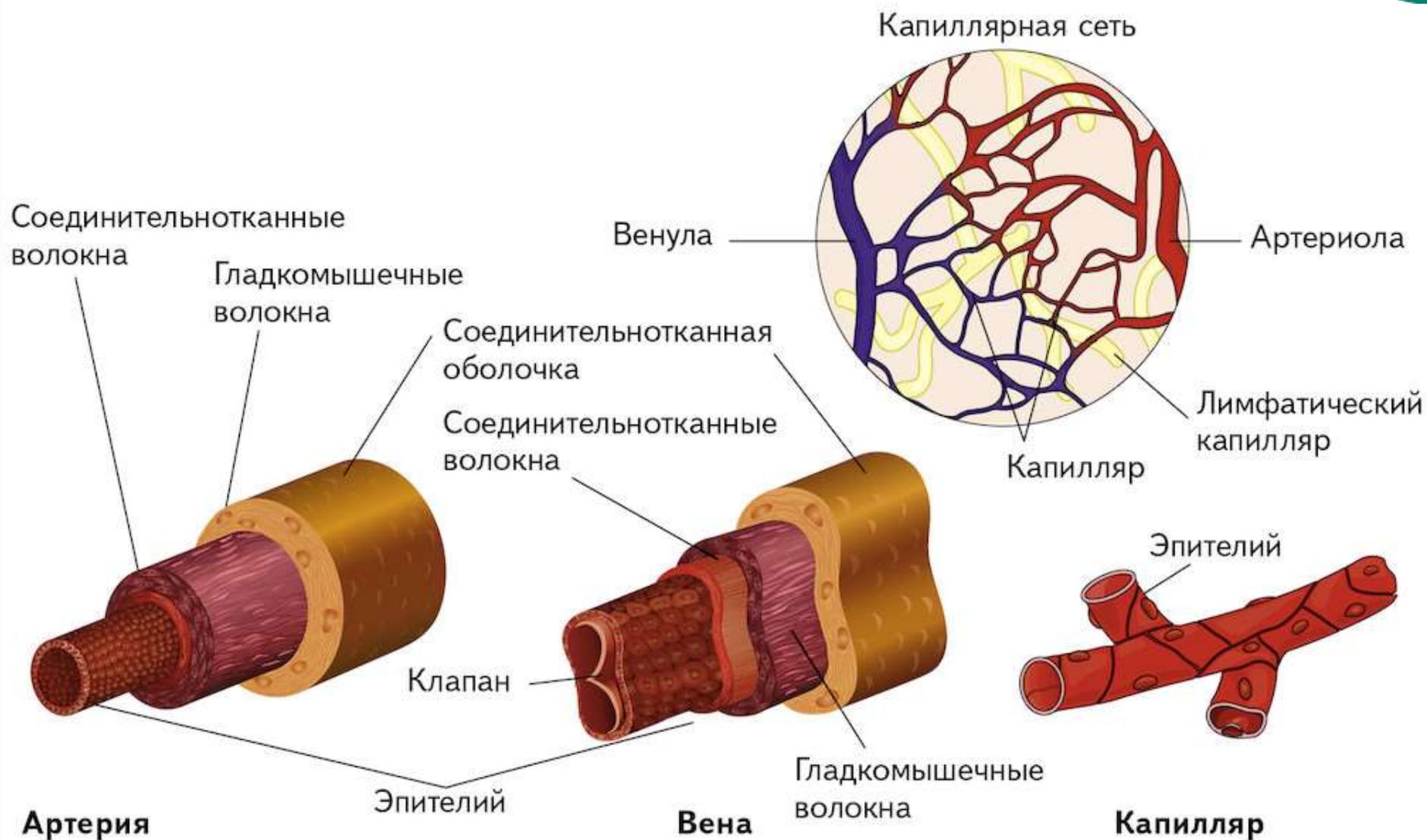
- Гематоэнцефалический барьер надёжно изолирует мозг от временных изменений состава крови.
- Непрерывный эндотелий капилляров — основа гематоэнцефалического барьера: эндотелиальные клетки связаны при помощи непрерывных цепочек плотных контактов.
- Снаружи эндотелиальная трубка покрыта базальной мембраной.
- Капилляры почти полностью окружены отростками астроцитов.

# Гематоэнцефалический барьер





# МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОЕ РУСЛО





# Микроциркуляторное русло

- Совокупность артериол, капилляров и венул составляет структурно-функциональную единицу сердечно-сосудистой системы — **микроциркуляторное (терминальное) русло**.
- Терминальное русло организовано следующим образом: под прямым углом от терминальной артериолы отходит **метартериола**, пересекающая всё капиллярное русло и открывающаяся в венулу.
- От артериол берут начало **анастомозирующие истинные капилляры**, образующие сеть; венозная часть капилляров открывается в **посткапиллярные венулы**.
- В месте отделения капилляра от артериол имеется **прекапиллярный сфинктер** — скопление циркулярно ориентированных гладкомышечных клеток.
- Сфинктеры контролируют локальный объём крови, проходящей через истинные капилляры; объём же крови, проходящей через терминальное сосудистое русло в целом, определяется тонусом гладкомышечных артериол.



# Микроциркуляторное русло

- В микроциркуляторном русле присутствуют артериовенозные анастомозы, связывающие артериолы непосредственно с венулами или мелкие артерии с мелкими венами.
- Стенка сосудов анастомоза содержит много гладкомышечных клеток.
- Артериовенозные анастомозы в большом количестве присутствуют в некоторых участках кожи, где они играют важную роль в терморегуляции (мочка уха, пальцы).

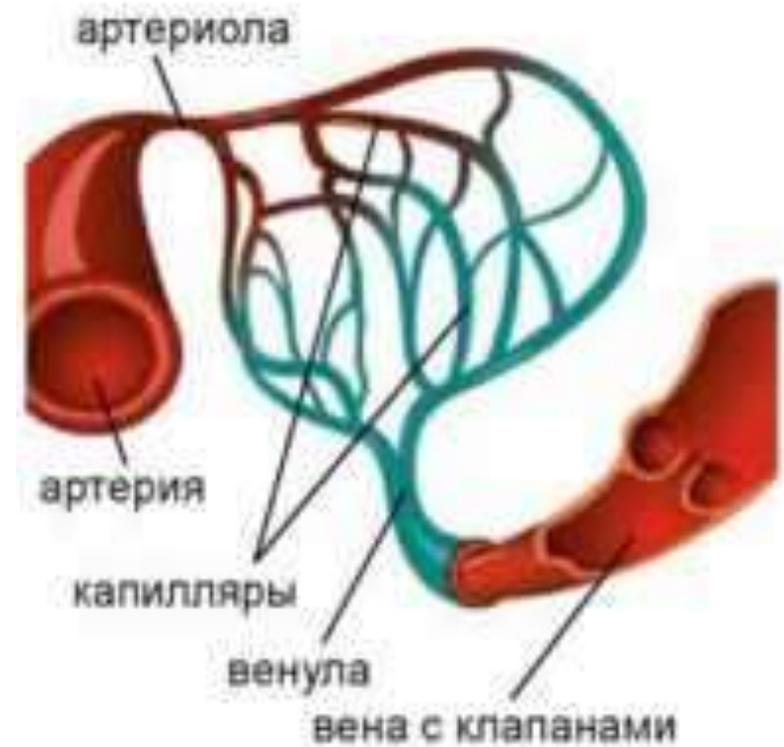


Рис. 89. Сеть капилляров

# ВЕНУЛЫ



- **Венулы** – тонкостенные сосуды.
- Кровь поступает в венулы из капилляров, и затем течет обратно к сердцу - *посткапилляры*.
- Являются местом обмена питательных веществ и отходов и эмиграции лейкоцитов, и поэтому наряду с капиллярами являются частью единицы микроциркуляторного обмена.

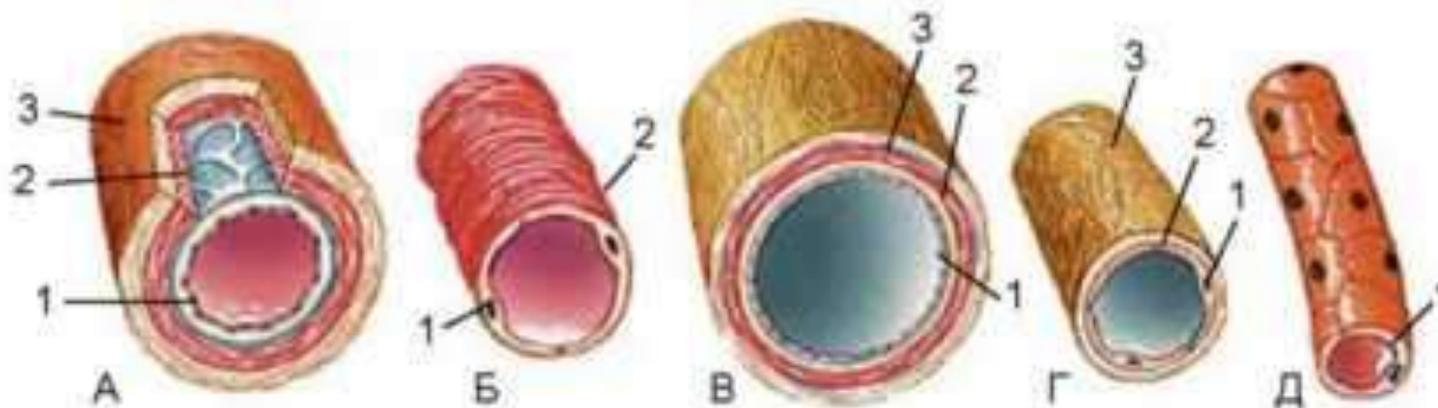


Рис. 88. Схема строения кровеносных сосудов: А – артерии, Б – артериолы, В – вены, Г – венулы; Д – капилляра (1 – эндотелий, 2 – мышечная оболочка, 3 – соединительнотканная оболочка)

# ВЕНЫ



- **Внутренняя оболочка** вен тоньше артериальной.
- **Средняя оболочка** намного тоньше средней оболочки артерий и имеет сравнительно меньше гладкой мускулатуры и эластических волокон.
- **Наружная оболочка** вен — самый толстый слой, состоящий из коллагеновых и эластических волокон.
- Вены не имеют характерных для артерий внутренней и наружной эластической мембран.
- Просвет вены больше чем у сравнимых по размеру артерий, и на разрезе вены часто выглядят спавшимися (уплощенными).

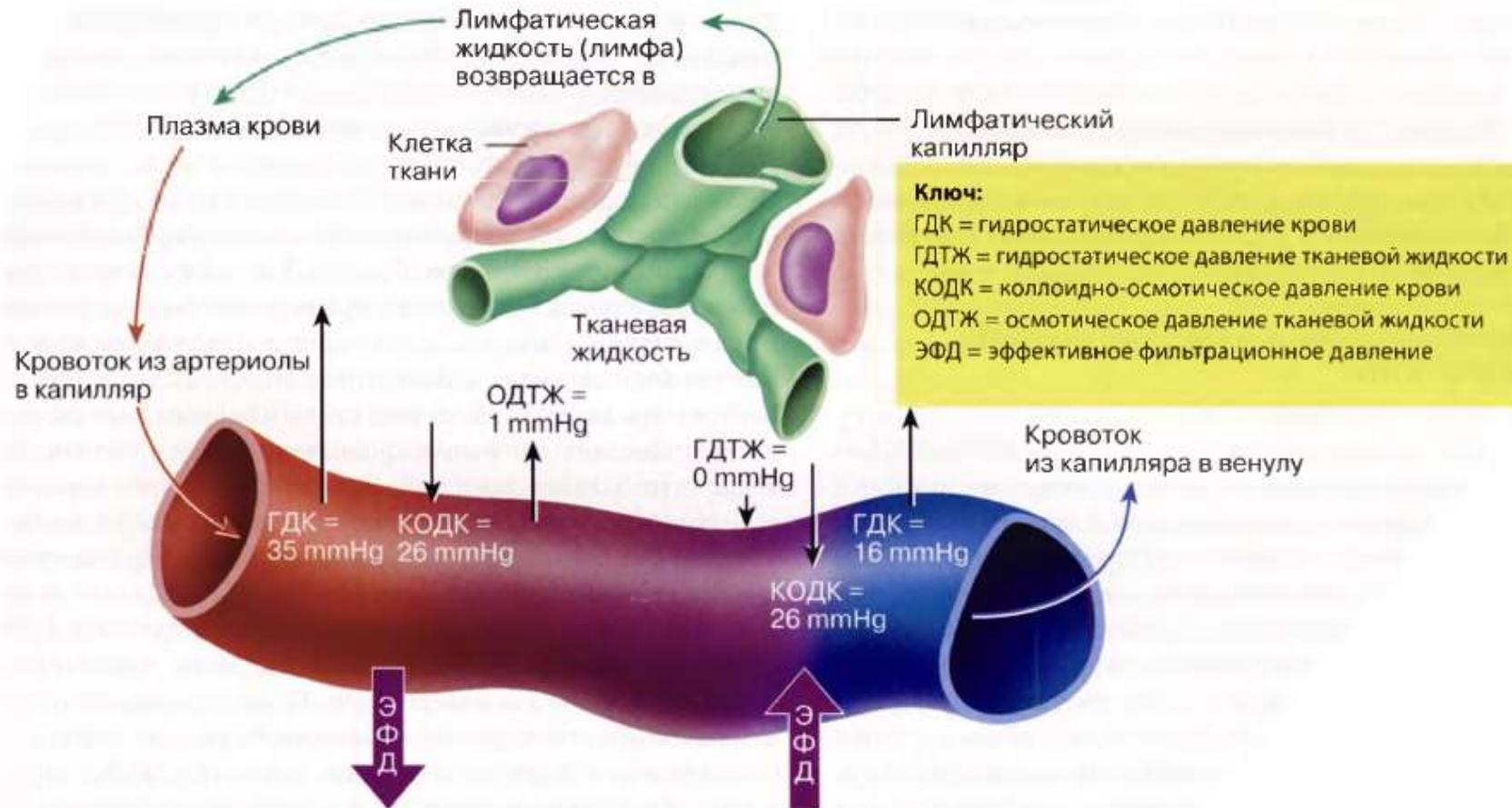
# ВЕНЫ



- Много вен, особенно в конечностях, также содержат **клапаны** — тонкие складки внутренней оболочки, образующие створчатые заслонки.
- Створки клапана выходят в просвет и направлены в сторону сердца.



Гидростатическое давление крови выталкивает жидкость из капилляров (фильтрация), а коллоидно-осмотическое давление крови всасывает жидкость в капилляры (реабсорбция).



Общая фильтрация на артериальном конце капилляров (20 литров в день)

Общая реабсорбция на венозном конце капилляров (17 литров в день)

Эффективное фильтрационное давление (ЭФД) = (ГДК + ОДТЖ) - (КОДК + ГДТЖ)  
 Давление, стимулирующее фильтрацию

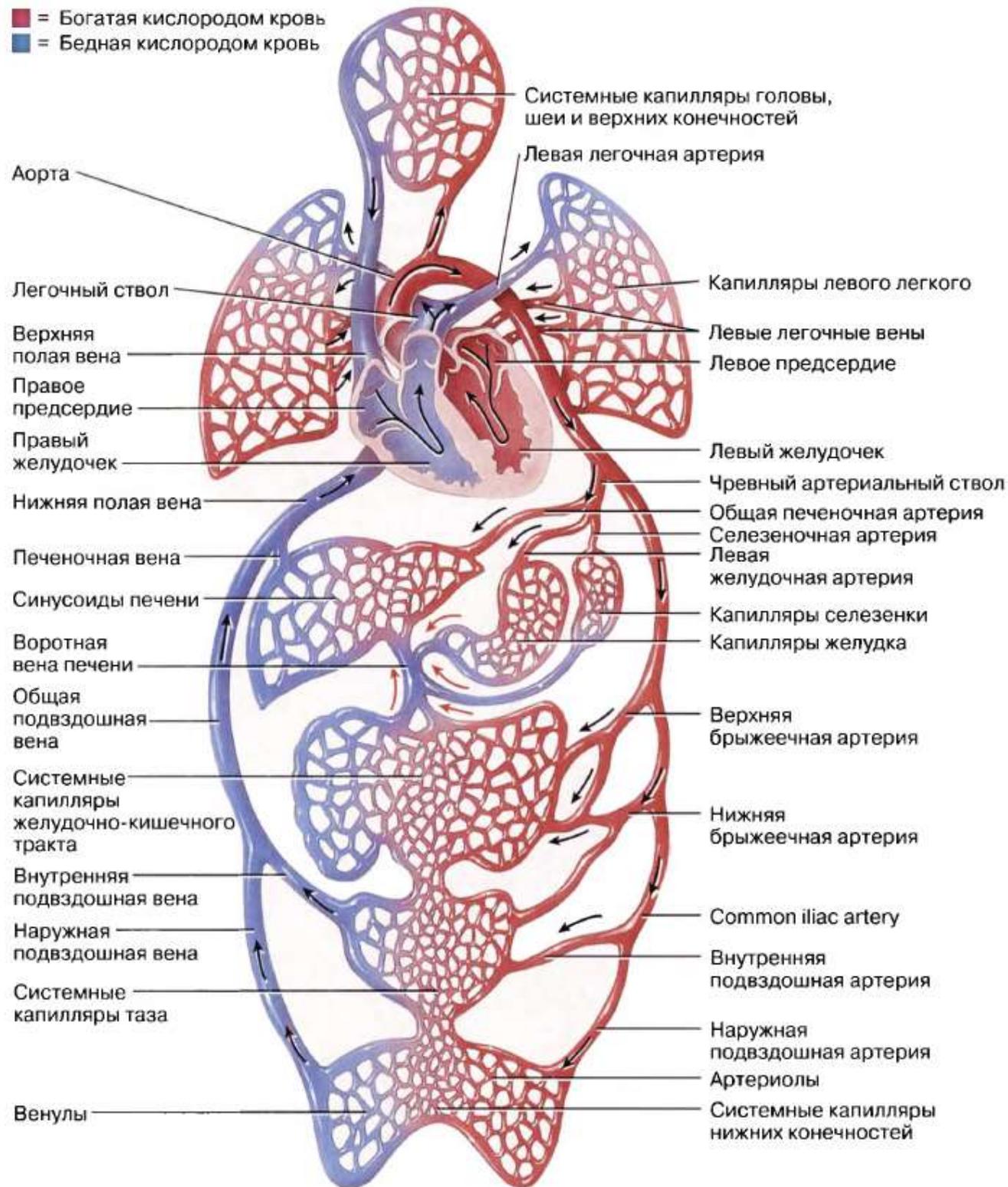
ЭФД = (ГДК + ОДТЖ) - (КОДК + ГДТЖ)  
 Давление, стимулирующее реабсорбцию

Arterial end
ЭФД = (35 + 1) - (26 + 0) = 10 mmHg
Фильтрация нетто

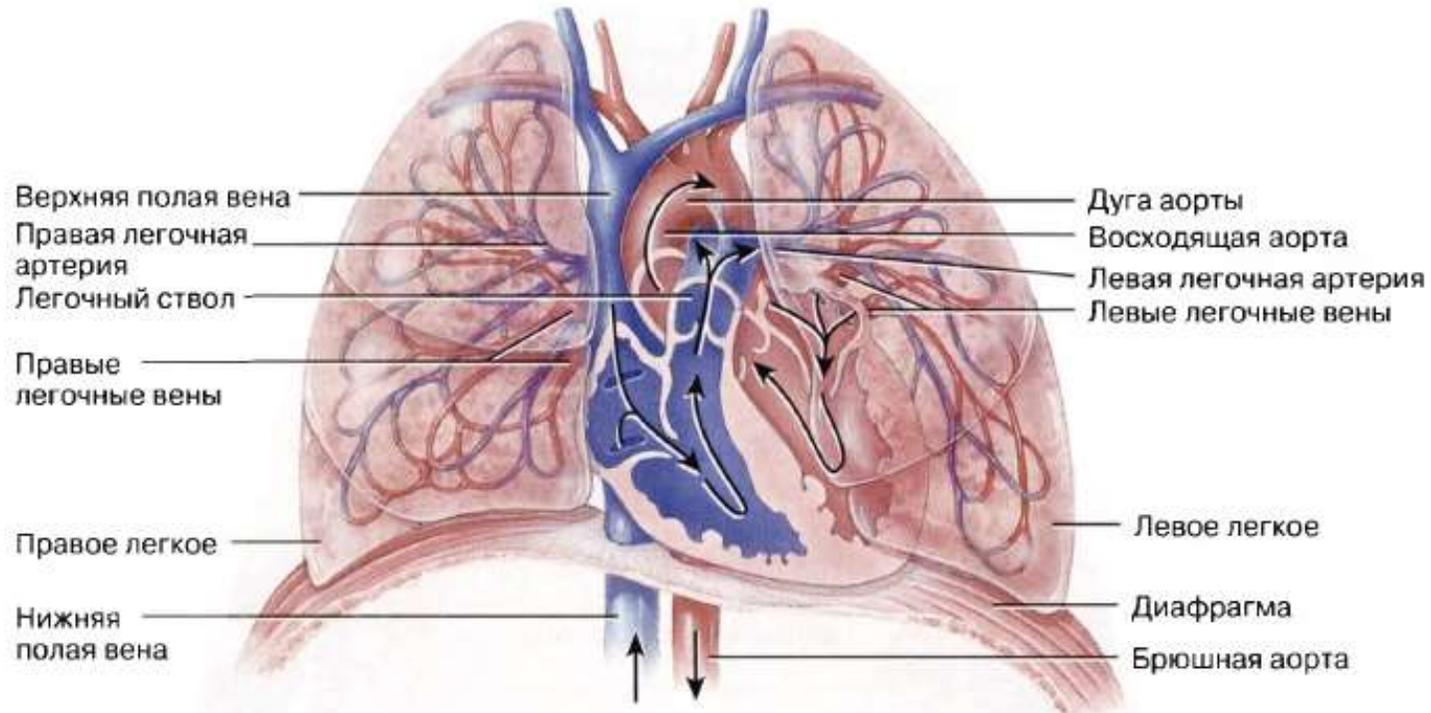
Venous end
ЭФД = (16 + 1) - (26 + 0) = -9 mmHg
Реабсорбция нетто

Результат

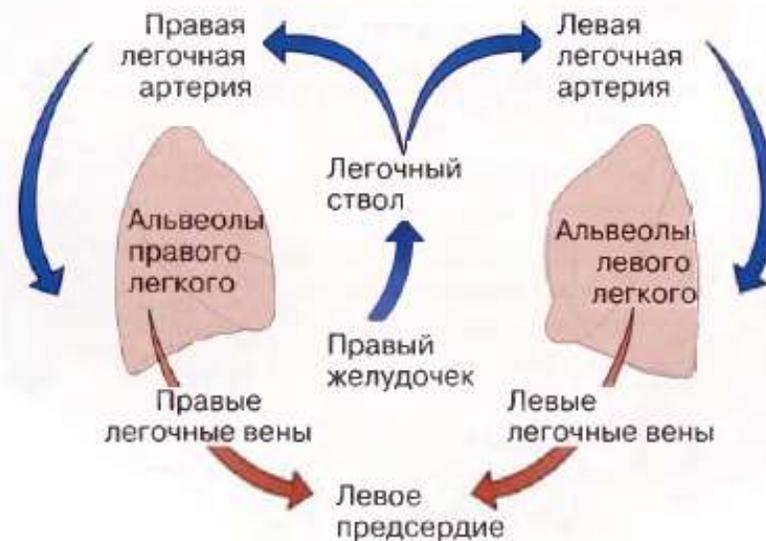
■ = Богатая кислородом кровь  
■ = Бедная кислородом кровь



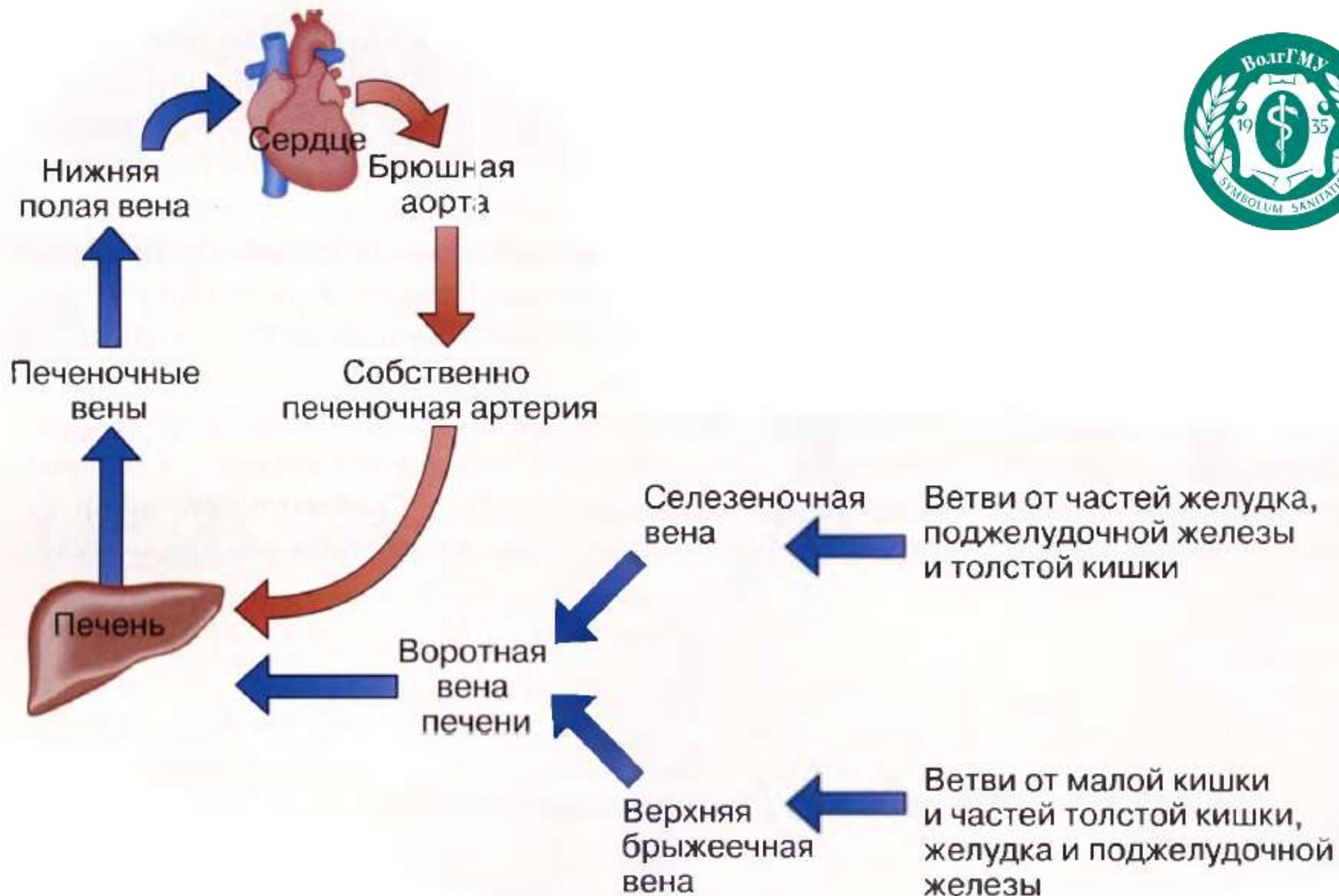
Малый круг кровообращения поставляет бедную кислородом кровь из правого желудочка в легкие и возвращает богатую кислородом кровь из легких в левое предсердие.



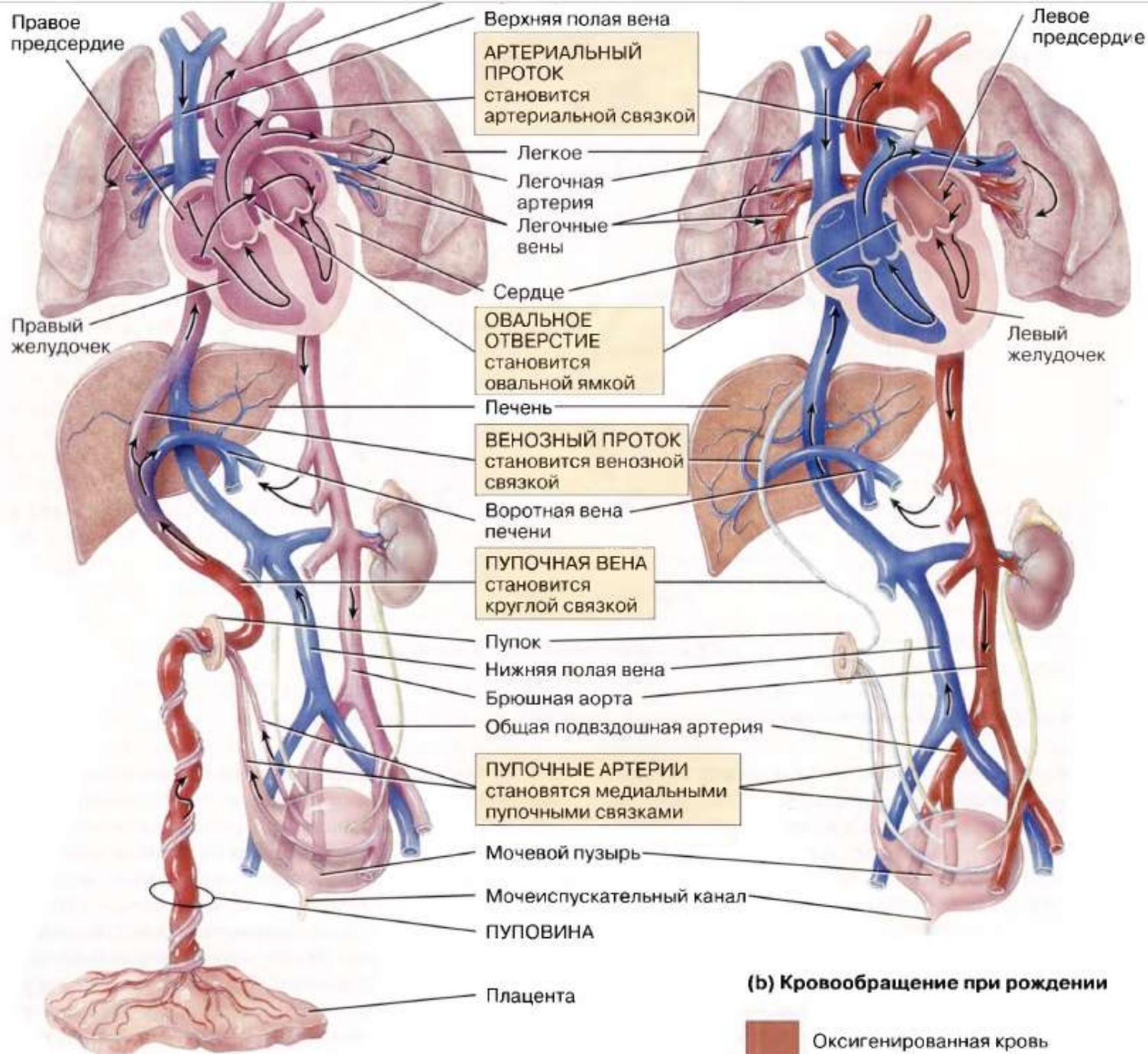
(а) Вид спереди



(b) Схема малого круга кровообращения



**(b) Схема основных кровеносных сосудов печеночно-воротного кровообращения, а также артерий и вен, обслуживающих печень**



**(а) Кровообращение плода**

**(б) Кровообращение при рождении**

- Оксигенированная кровь
- Смешанная оксигенированная и деоксигенированная кровь
- Деоксигенированная кровь



@MORFOLOGIYA\_VOLG  
GMU



ВОЛГОГРАДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

БЛАГОДАРИЮ  
ЗА  
УДЕЛЁННОЕ  
ВРЕМЯ!