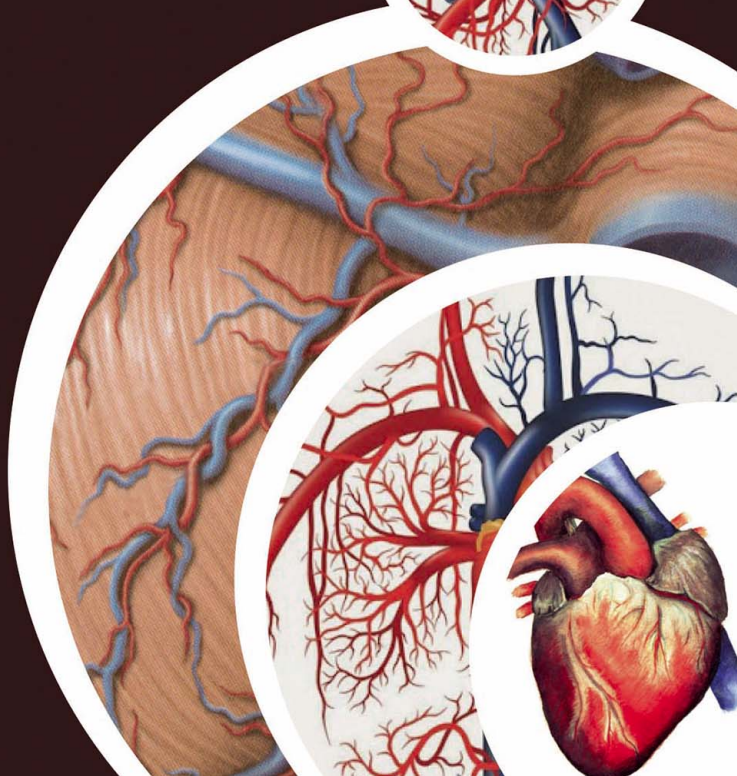


В.И. Козлов

АНАТОМИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ



УДК 611.1
ББК 28.86
К 59

Рецензенты:

Академик РАН, профессор *Михаил Романович Сапин*

Профессор, д-р мед. наук *Виктор Степанович Овченков*

Козлов В.И.

К 59 Анатомия сердечно-сосудистой системы: учебное пособие для студентов медицинских вузов / В.И. Козлов. — М.: Практическая медицина, 2017. — 192 с.: ил.

ISBN 978-5-98811-200-6

В книге с современных позиций изложено строение сердечно-сосудистой системы. Особое внимание обращено на наглядную иллюстрацию анатомического строения регионарных артерий и вен, источников кровоснабжения и путей оттока крови от органов, а также формирования их микроциркуляторного русла.

Данное учебное пособие написано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования III поколения по специальностям: «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология», «Медико-профилактическое дело».

Для студентов медицинских вузов.

УДК 611.1
ББК 28.86

ISBN 978-5-98811-200-6

© Козлов В.И., 2011

© практическая медицина, 2017

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Общая анатомия сердечно-сосудистой системы	8
Компартменты сердечно-сосудистой системы	9
Состав крови	12
Большой и малый круги кровообращения	14
Виды кровеносных сосудов	17
Микроциркуляторное русло	20
Основные этапы развития кровообращения в онтогенезе	23
Анатомическое описание местоположения кровеносных сосудов	24
Глава 2. Анатомия сердца	28
Развитие сердца	29
Топография сердца	32
Форма и строение сердца	35
Камеры и клапаны сердца	37
Строение стенки сердца	41
Проводящая система сердца	42
Перикард	44

Глава 3. Анатомия регионарных и магистральных артерий	46
Развитие аорты	47
Принципы распределения артерий	49
Аорта и ее части	51
Общая сонная артерия и ее ветви	53
Подключичная артерия и ее ветви	59
Ветви нисходящей части аорты	61
Общая подвздошная артерия и ее ветви	65
Артерии верхней конечности	67
Артерии нижней конечности	73
Места прощупывания артериального пульса	81
Глава 4. Пути венозного оттока	85
Развитие верхней и нижней полых вен	88
Верхняя полая вена и ее притоки	90
Нижняя полая вена и ее притоки	96
Воротная вена печени; ее притоки и ветви	101
Глава 5. Пути оттока лимфы	107
Образование лимфы и начальные пути лимфооттока	108
Лимфатические сосуды и узлы нижней конечности	111
Лимфатические сосуды и узлы стенок и органов таза	113
Лимфатические сосуды и узлы стенок и органов живота	116
Лимфатические сосуды и узлы стенок и органов груди	120
Лимфатические сосуды и узлы верхней конечности	124
Лимфатические сосуды и узлы головы и шеи	125
Лимфатические протоки	128
Глава 6. Частная анатомия васкуляризации органов	131
Кровоснабжение легких	132
Кровоснабжение сердца	135
Кровоснабжение головного мозга	138
Кровоснабжение спинного мозга	141
Кровоснабжение слизистой оболочки полости носа	143
Кровоснабжение слизистой оболочки полости рта	144
Кровоснабжение органов желудочно-кишечного тракта	146
Кровоснабжение печени	153
Кровоснабжение почек	156

Кровоснабжение женских половых органов.....	159
Кровоснабжение мужских половых органов	161
Кровоснабжение эндокринных органов	164
Кровоснабжение длинных трубчатых костей.....	167
Кровоснабжение скелетных мышц	168
Глава 7. Развитие сердечно-сосудистой системы	172
Особенности плацентарного кровообращения у плода.....	173
Аномалии развития сердца и сосудов.....	175
Перестройка кровообращения после рождения	176
Возрастные изменения сердца и кровеносных сосудов	176
Терминологический словарь	178
Предметный указатель	185
Рекомендуемая литература	191

Глава 1

Общая анатомия сердечно-сосудистой системы

- Компартменты сердечно-сосудистой системы
- Состав крови
- Большой и малый круги кровообращения
- Виды кровеносных сосудов
- Микроциркуляторное русло
- Основные этапы развития кровообращения в онтогенезе
- Анатомическое описание местоположения кровеносных сосудов

Сердечно-сосудистая система (*Systema cardiovasculare*) — это совокупность органов (сердца) и анатомических образований (кровеносных и лимфатических сосудов), развивающихся из единого ангиального зачатка и обеспечивающих постоянную циркуляцию крови и движение лимфы в органах, а также поддержание связанных с ними обменных процессов.

Компартменты сердечно-сосудистой системы

В состав сердечно-сосудистой системы входят: сердце, кровеносные и лимфатические сосуды и заполняющие их жидкости (кровь и лимфа). По характеру циркулирующей жидкости в сосудистой системе различают два компартмента (отдела): *кровеносный* и *лимфатический*, которые структурно и функционально тесно связаны между собой (рис. 1). С кровеносным компартментом связаны процессы трофического обеспечения организма: газообмен и доставка тканям кислорода и питательных веществ. Функциональное значение лимфатического компартмента обусловлено тем, что многие вещества и продукты жизнедеятельности клеток сначала резорбируются (всасываются) в лимфу, а уже после этого поступают в кровь. С лимфатическим компартментом также связано формирование, трансформация и миграция клеток лимфоидного ряда, ответственных за иммунитет организма.

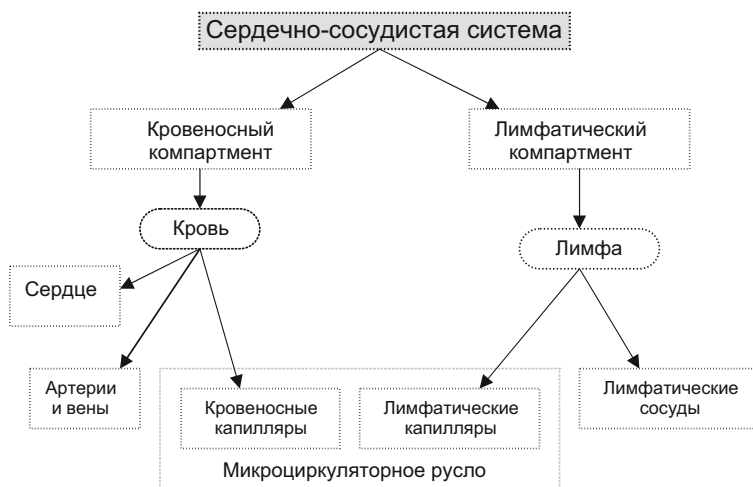


Рис. 1. Состав сердечно-сосудистой системы

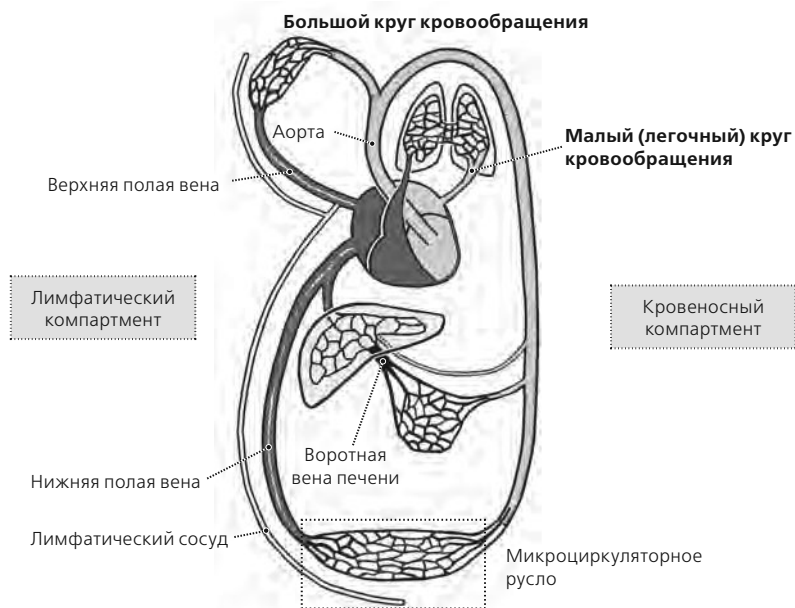


Рис. 2. Схематическое строение сердечно-сосудистой системы

Таблица 1

Общие анатомические термины для описания сердечно-сосудистой системы

<i>Haema, sanguis</i>	кровь
<i>Vas</i>	сосуд
<i>Vas sanguineum</i>	кровеносный сосуд
<i>Vas anastomoticum</i>	анастомотический сосуд
<i>Vas capillare</i>	капилляр
<i>Arteria (A)</i>	артерия (A)
<i>Rete arteriosum</i>	артериальная сеть
<i>Arteriola</i>	артериола
<i>Venula</i>	венула
<i>Vena (V)</i>	вена (B)
<i>Rete venosum</i>	венозная сеть
<i>Rete mirabile</i>	чудесная сеть
<i>Circulus arteriosus</i>	артериальный круг
<i>Plexus vasculosus</i>	сосудистое сплетение
<i>Plexus venosus</i>	венозное сплетение
<i>Lympha</i>	лимфа
<i>Vas lymphaticum</i>	лимфатический сосуд

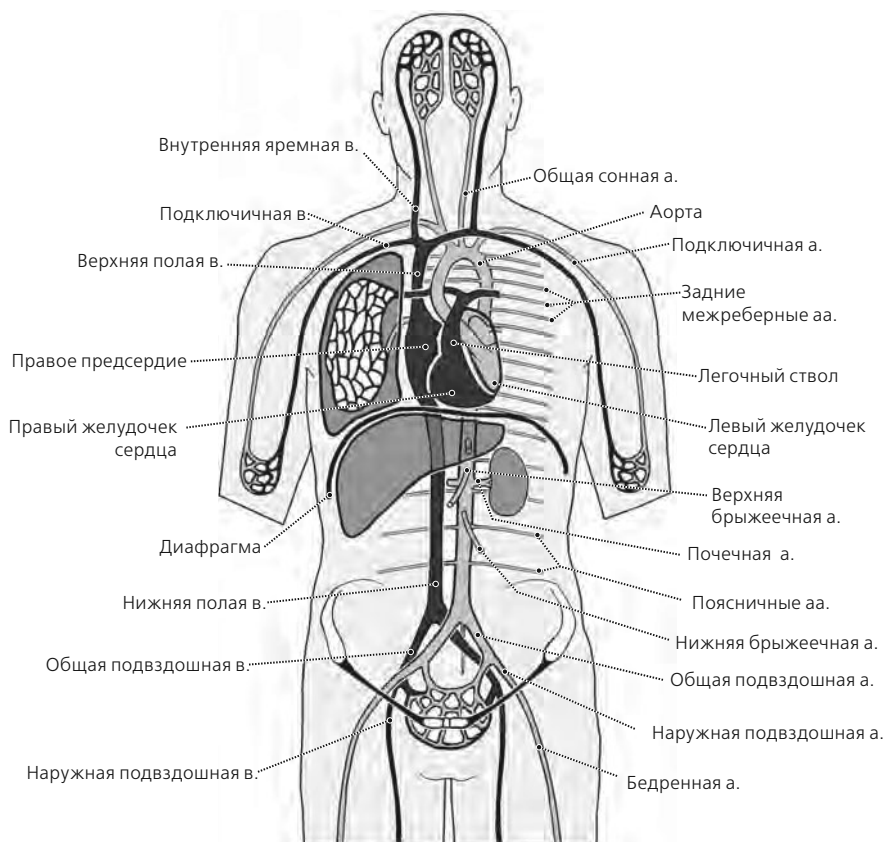


Рис. 3. Сердце и кровеносные сосуды в теле человека

Кровеносная система состоит из *сердца* и *кровеносных сосудов* — трубок различного диаметра, последовательно соединенных между собой и образующих замкнутые круги кровообращения (рис. 2). Кровеносные сосуды строго ориентированы по отношению к сердцу: те кровеносные сосуды, по которым кровь течет от сердца, именуют *артериями*; по *венам* происходит приток крови к сердцу.

В соответствии с принятой международной анатомической номенклатурой для описания строения сердечно-сосудистой системы используются определенные анатомические термины на латинском языке, которым соответствуют русские эквивалентные термины. В табл. 1 дан перечень наиболее часто употребляемых анатомических терминов.

Сердце представляет собой основной мотор в системе кровотока, заставляющий кровь постоянно циркулировать в организме (рис. 3). В теле человека

имеется огромное количество кровеносных сосудов, которые направляются ко всем частям тела и органам, а также осуществляют отток крови от них. Сердце работает благодаря ритмическим сокращениям сердечной мышцы, составляющей его стенки. Кровеносная система выполняет в организме человека значительный объем работы: ежедневно по кровеносным сосудам сердце перекачивает 8000 – 9000 л крови.

Состав крови

Кровь (*haema, sanguis*) – это ткань внутренней среды; состоит она из *плазмы*, занимающей 55 % от общего объема крови, и *форменных элементов* (клеток крови), по объему занимающих 45 %. К последним относятся *эритроциты* – красные кровяные тельца, *лейкоциты* – белые кровяные клетки и *тромбоциты* – кровяные пластинки (рис. 4). Структурные и функциональные особенности клеток крови приведены в табл. 2.

Масса крови составляет около 8 % от массы тела; порядка 5,2 л у мужчин и 4 литров у женщин.

Плазма крови является межклеточным веществом, имеющим жидкую консистенцию. На 90-93 % она состоит из воды, около 6,6–8,5 % приходится на долю белковых веществ (альбумины – 55 %, глобулины – 38 %, фибриноген

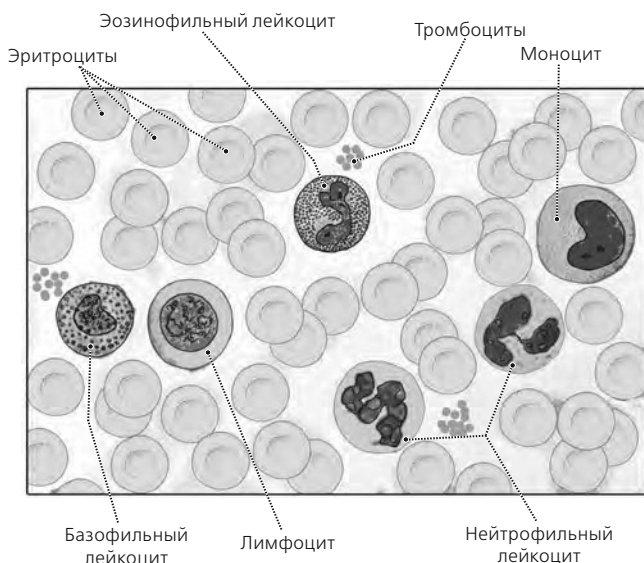


Рис. 4. Клетки крови

Таблица 2

Клеточный состав крови

Форменные элементы	Диаметр (мкм)	Содержание в 1 мм ³	Функция
Эритроциты	7,4	$4,3-5,8 \times 10^6$	Транспорт кислорода
Тромбоциты	2,5	$2,5-4,0 \times 10^5$	Свертываемость крови и гемостаз
Лейкоциты:			
Нейтрофилы	12–14	$3-7 \times 10^3$ (60–70 % от общего количества лейкоцитов)	Фагоцитоз и разрушение иммунных комплексов
Эозинофилы	12	$0,5-4 \times 10^2$ (1–4 % от общего количества лейкоцитов)	
Базофилы	9	$0-0,5 \times 10^2$ (0–1 % от общего количества лейкоцитов)	Высвобождают гистамин и гепарин и вовлекаются в аллергические реакции
Лимфоциты	9 (малые) 12–14 (большие)	$1-3 \times 10^3$ (20–30 % от общего количества лейкоцитов)	Вовлекаются в иммунные реакции
Моноциты	15–20	$1-6 \times 10^2$ (2–6 % от общего количества лейкоцитов)	В тканях преобразуются в макрофаги

7%), остальные 1,5–3,5 % составляют различные органические и неорганические соединения.

Эритроциты — это высокоспециализированные клетки, предназначенные для переноса газообразных веществ (кислорода и углекислоты). Они имеют своеобразную форму двояковогнутых дисков; ядро в них отсутствует. При движении по капиллярам они легко деформируются. Диаметр эритроцитов колеблется от 7,2 до 8,5 мкм. Внутри эритроцитов содержится *гемоглобин* — дыхательный пигмент, представляющий собой сложный белок. С помощью гемоглобина осуществляется перенос кислорода и углекислоты. В 1 мм³ крови содержится 4,3–5,8 млн. эритроцитов. У взрослого человека эритроциты вырабатываются в красном костном мозге и поступают в общее сосудистое русло. Продолжительность жизни эритроцитов в среднем составляет 2–3 месяца.

Лейкоциты — это разнородная по своим морфологическим и функциональным свойствам группа клеток крови. Различают *зернистые* и *незернистые лейкоциты*. К зернистым лейкоцитам относят нейтрофильные, эозинофильные и базофильные лейкоциты, а к незернистым — лимфоциты и моноциты. У взрослого человека в 1 мм³ крови насчитывается 6000–8000 лейкоцитов, однако количество их непостоянно и может меняться в зависимости от состояния организма. Зернистые лейкоциты образуются в красном костном мозге, а незернистые — не только в красном костном мозге, но также в лимфатических узлах, тимусе, миндалинах и фолликулах. Срок жизни лейкоцитов в среднем составляет несколько месяцев, хотя отдельные лимфоциты живут всего 2–3 дня.

В отличие от эритроцитов лейкоциты имеют ядро. Размер их колеблется от 7 до 11 мкм. Они способны активно перемещаться благодаря амебoidalным

движениям. В лейкоцитах содержится большое количество ферментов, способных расщеплять различные вещества.

Тромбоциты (кровяные пластинки) — мелкие тельца различной формы, размером 2–3 мкм. Они играют важную роль при свертывании крови. В 1 мм³ крови их содержится от 200 до 300 тысяч. Продолжительность жизни тромбоцитов 5–8 дней.

Большой и малый круги кровообращения

Сердечно-сосудистая система млекопитающих, в том числе и человека, представляет собой результат ее эволюционного развития у позвоночных по мере того как изменялась среда их обитания (рис. 5). У **рыб**, обитающих в водной среде, — один круг кровообращения, в который последовательно включены жабры, где происходит газообмен, и все другие органы. Сердце представляет собой пульсирующий сосуд, в котором выделяют предсердие и желудочек. Сердце заполнено только венозной кровью (венозное сердце). У **амфибий** сформированы два круга кровообращения: малый круг — для газообмена в легких и большой круг — для кровоснабжения всех других органов. Однако полного разделения кровообращения по малому и большому кругам еще не происходит. Сердце — трехкамерное; в нем выделяют два предсердия и общий желудочек. У **млекопитающих** функционируют два круга кровообращения: малый круг — для газообмена в легких и большой круг — для кровоснабжения всех других органов. Сердце — четырехкамерное; в нем выделяют два предсердия и два желудочка.

Сердце человека можно представить в виде насоса с четырьмя камерами, соединенными попарно. Левое предсердие и левый желудочек образуют левую половину сердца, которая через *аорту* и другие сосуды большого круга кровообращения снабжает артериальной кровью все органы тела. От аорты отходят многочисленные *артерии*, направляющиеся к отдельным регионам (областям тела), его сегментам и органам. Внутри органов артерии многократно разделяются на более мелкие артериальные сосуды. Конечным звеном ветвления внутриорганных артерий являются тонкостенные *артериолы*. Последние разветвляются на *кровеносные капилляры*, в которых осуществляются основные обменные процессы.

Из капилляров кровь собирается в *венулы*, в которых еще продолжают обменные процессы. Из венул кровь поступает в многочисленные внутриорганные *вены*. Эти вены обычно повторяют порядки ветвления внутриорганных артерий. Вены, отводящие кровь от органов не редко образуют достаточно развитые венозные сплетения, что способствует снижению сопротивления на путях оттока крови. По мере приближения к сердцу кровь перемещается в бо-



У рыб — один круг кровообращения, в который последовательно включены жабры, где происходит газообмен, и все другие органы. Сердце представляет собой пульсирующий сосуд, в котором выделяют предсердие и желудочек. Сердце заполнено венозной кровью.



У амфибий сформированы два круга кровообращения: малый круг — для газообмена в легких и большой круг — для кровоснабжения всех других органов. Сердце — 3-камерное; в нем выделяют два предсердия и общий желудочек.



У млекопитающих функционируют два круга кровообращения: малый круг — для газообмена в легких и большой круг — для кровоснабжения всех других органов. Сердце — 4-камерное; в нем выделяют два предсердия и два желудочка. Правая половина сердца — венозная, а левая — артериальная.

Рис. 5. Эволюционные преобразования кровеносной системы у позвоночных

лее крупные венозные сосуды. Большой круг кровообращения заканчивается *верхней и нижней полыми венами* (рис. 6), из которых венозная кровь попадает в правое предсердие, а через него в правый желудочек (правая половина сердца).

Все органы включены в кровоток по большому кругу параллельно, благодаря этому возможно перераспределение потоков крови между органами, работающими с разной нагрузкой. Так, при физической нагрузке кровь в большей мере оттекает к мышцам, а после приема пищи — к органам пищеварения.

Из правого желудочка кровь поступает в сосуды малого (легочного) круга кровообращения, где происходит ее насыщение кислородом. Малый круг кровообращения начинается *легочным стволом*, который разделяется на *правую и левую легочные артерии*, каждая из которых направляется к соответствующему легкому (рис. 7). Подходя к легким, легочные артерии делятся на ветви, несущие кровь к соответствующим долям и сегментам легкого. Ветви легочных артерий сопровождают на всем протяжении бронхи и, повторяя их разветвления, делятся на все более мелкие внутрилегочные сосуды. На уровне альвеол *артериолы* переходят в легочные кровеносные капилляры. Из капилляров кровь собирается в *венулы*, а затем в более крупные венозные сосуды — *внутрилегочные вены*. Оттекающая от каждого легкого кровь собирается в две *легочные*

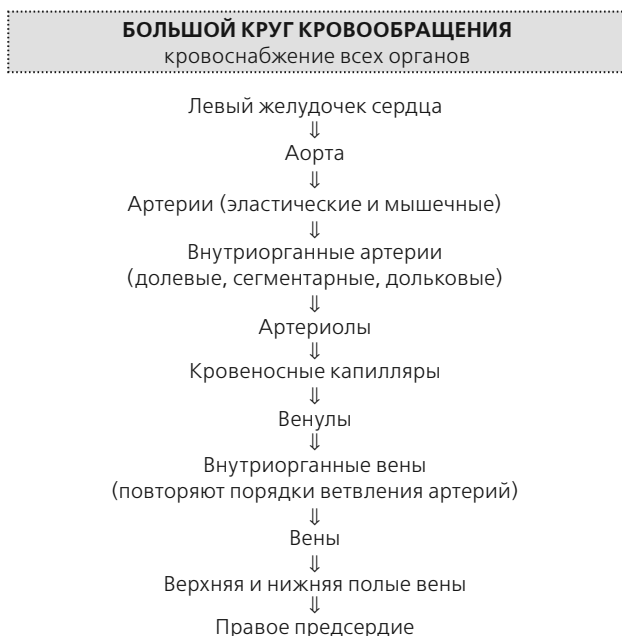


Рис. 6. Граф последовательности соединения сосудов в большом круге кровообращения

МАЛЫЙ КРУГ КРОВООБРАЩЕНИЯ
доставка крови в легкие, где происходит газообмен

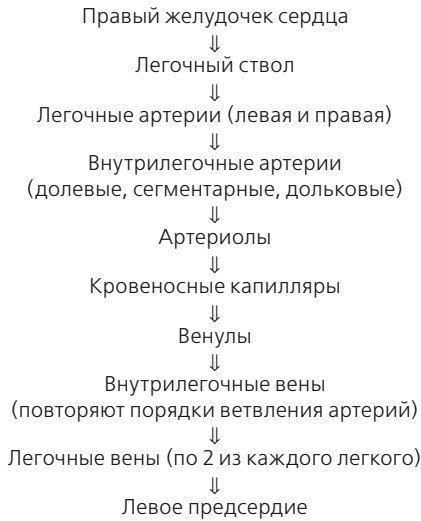


Рис. 7. Граф последовательности соединения сосудов в малом круге кровообращения

вены. Посредством четырех легочных вен кровь поступает в левое предсердие, и цикл кровообращения повторяется.

Отличительной особенностью сосудов малого круга кровообращения является то, что по артериям течет венозная кровь, а по венам — артериальная.

Виды кровеносных сосудов

Кровеносный сосуд (*vas sanguineum*) — это трубчатое образование, предназначенное для движения крови. Среди кровеносных сосудов различают *артерии*, по которым кровь течет от сердца к органам; *вены*, по которым кровь возвращается к сердцу; и *кровеносные капилляры*, по которым кровь переходит из артериальных сосудов в венозные и где происходят обменные процессы.

В стенке как артерий, так и вен различают три *оболочки*: *внутреннюю*, *среднюю* и *наружную* (рис. 8).

В состав внутренней оболочки входят *эндотелий*, *базальная мембрана* и *подэндотелиальный слой*, состоящий из рыхлой соединительной ткани. В артериях на границе внутренней и средней оболочках имеется *внутренняя эластическая мембрана*, построенная из эластических волокон. Эта мембрана препятствует растяжению сосуда при прохождении по нему пульсовой волны. Эндотелий ограничивает кровь от окружающих тканей. Его сохранность явля-

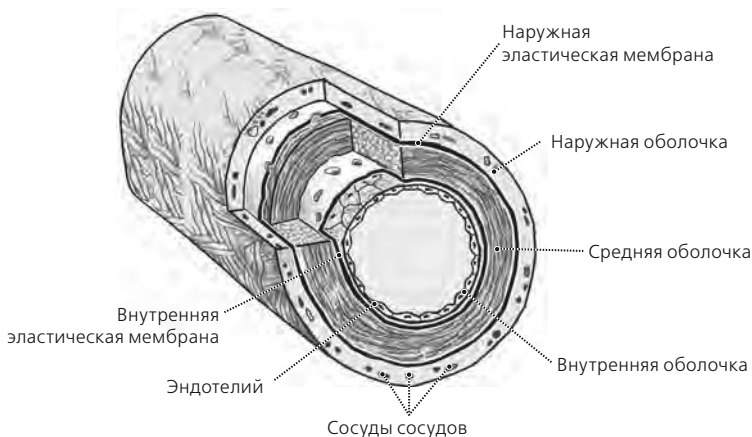


Рис. 8. Строение стенки артерии

ется неперенным условием нормального тока крови по сосудам. Повреждение эндотелия ведет к различным расстройствам в функционировании сосудов и локальной блокаде кровотока.

Средняя оболочка образована циркулярно расположенными *гладкими мышечными клетками*, между которыми имеется большое количество коллагеновых и эластических волокон. В артериях на границе между средней и наружной оболочками расположена *наружная эластическая мембрана*, которая выполняет такую же функцию как и внутренняя эластическая мембрана.

Наружная оболочка достаточно плотная, построена из соединительной ткани. В ней проходят кровеносные сосуды, питающие стенку самих сосудов, и нервные волокна, иннервирующие гладкие миоциты.

Соотношение слоев в стенке кровеносного сосуда непосредственно зависит от его размеров и кровяного давления (рис. 9).

Эластические и коллагеновые волокна средней оболочки вместе с внутренней и наружной эластическими мембранами образуют эластический каркас (остов) сосуда. В стенке аорты эластические компоненты преобладают над мышечными, поэтому ее относят к *сосудам эластического типа*. Те сосуды, в которых преобладают мышечные компоненты, относят к *сосудам мышечного типа*. Артерий мышечного типа большинство. Под влиянием нервных раздражений они способны изменять свой просвет. Крупные артерии (общая сонная, подключичная, бедренная и др.) относятся к *артериям смешанного типа*.

По мере приближения к капиллярам слой мышечных клеток в стенке артерий истончается. В артериолах гладкие мышечные клетки располагаются в один слой

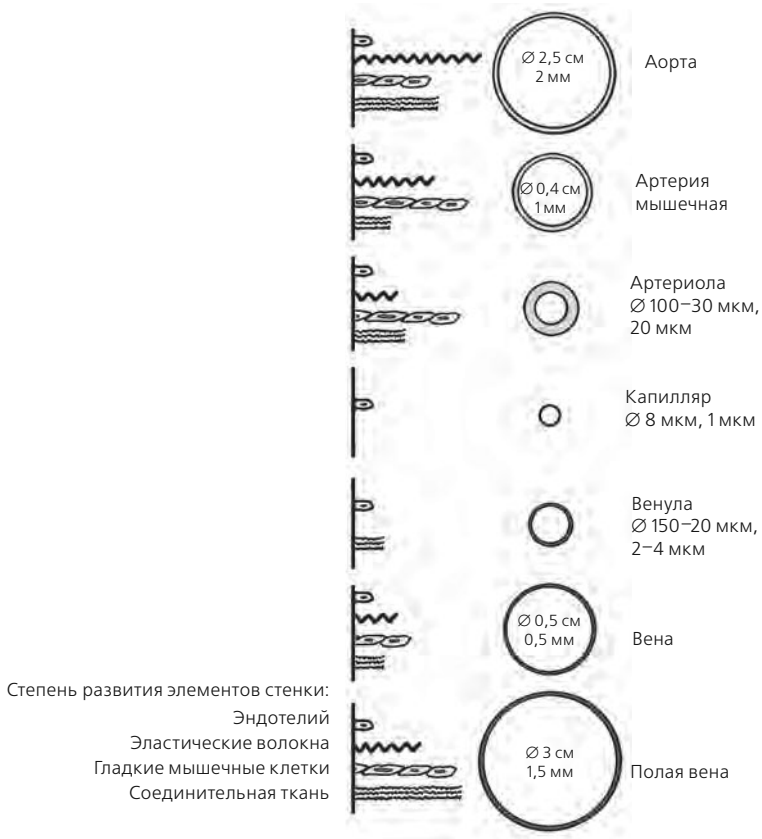


Рис. 9. Соотношение эндотелиальных, мышечных и эластических компонентов в сосудах разного диаметра (указаны диаметр и толщина стенки сосуда)

(рис. 10), а ближе к капиллярам он становится прерывистым. Артериолы являются основными сосудами, которые регулируют кровенаполнение капилляров.

Стенка вен среднего диаметра устроена наподобие стенки артерий. Однако благодаря тому, что кровяное давление в венах низкое, их стенка тоньше, чем стенка артерий. В ней меньше эластических волокон и гладких мышечных клеток. Особенностью вен является наличие в них *клапанов*, которые представляют собой карманоподобные выросты внутренней оболочки. Клапаны располагаются таким образом, чтобы препятствовать обратному току крови в венах. Клапаны особенно хорошо выражены в венах нижних конечностей.

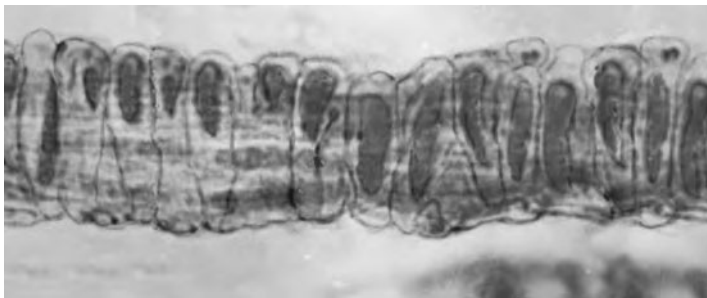


Рис. 10. Монослой гладких мышечных клеток в стенке артериолы (микропрепарат; обработка солями серебра; $\times 320$)

Микроциркуляторное русло

Наиболее важные обменные процессы совершаются в капиллярах, где кровь отдает содержащиеся в ней кислород и питательные вещества окружающим тканям, а забирает от них продукты метаболизма. Благодаря постоянной циркуляции крови поддерживается оптимальная концентрация веществ в тканях, что необходимо для нормального течения обменных процессов. Стенка капилляров состоит из сплошного слоя *эндотелиальных клеток*, снаружи от которых лежит *базальная мембрана* (рис. 11). Они представляют собой естественный биологический фильтр, через который постоянно движется от крови к тканям и в обратном направлении — от тканей к крови вода и растворенные в ней вещества, а также диффундируют газообразные вещества.

Кровеносные капилляры — самые многочисленные и самые тонкие сосуды; их диаметр — 7–8 мкм. Они располагаются в органах и вступают в самые интимные отношения с их тканевыми компонентами (рис. 12). Обмен веществ между кровью и тканями осуществляется через стенку капилляров. При дви-



Рис. 11. Пластическая деформация эритроцитов при движении в капилляре (прижизненная микрофотосъемка; $\times 500$)

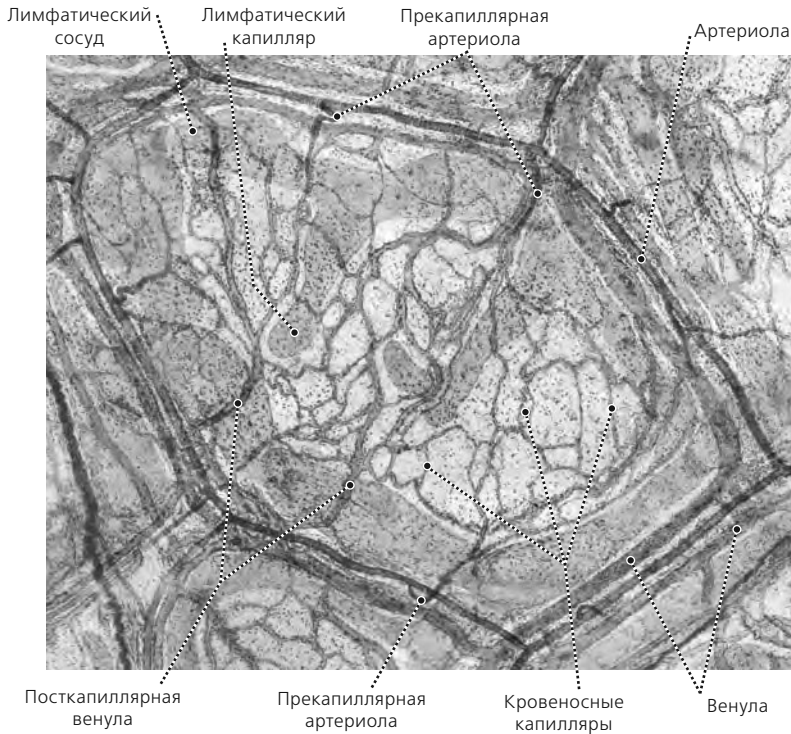


Рис. 12. Пространственные взаимоотношения сосудов в микроциркуляторном русле (микропрепарат фиброзной капсулы почки; обработка солями серебра; $\times 120$)

жении в капиллярах эритроциты подвергаются пластической деформации, что способствует лучшей отдаче гемоглобином кислорода.

Капилляры соединяются (анастомозируют) между собой, образуя внутриорганные капиллярные сети. В капиллярные сети кровь поступает по тонким *артериолам*, а оттекает из них по *венулам*.

Артериолы широко анастомозируют между собой, образуя артериальные круги вокруг участков кровоснабжаемых тканей. Эти аркадные или циркулярные анастомозы представляют собой сообщающиеся сосуды, в которых благодаря этому выравниваются гемодинамические условия, а также становится возможным замещение в кровоснабжении участка органа одного сосуда другим.

Наличие большого количества веноулярных анастомозов и множества путей оттока способствуют низкому сопротивлению на путях оттока крови, что облегчает ее движение в этом отделе сосудистого русла, характеризующимся низким кровяным давлением.