

Тема 7.2 «Кровеносные сосуды»

Кровь заключена в систему трубок, в которых она благодаря работе сердца как «нагнетательного насоса» находится в непрерывном движении. Циркуляция крови является непременным условием обмена веществ

Кровеносные сосуды делятся на артерии, артериолы, прекапилляры, капилляры, посткапилляры, венулы и вены. Артерии и вены относят к магистральным сосудам, остальные сосуды формируют микроциркуляторное русло.

Артерии — это кровеносные сосуды, несущие кровь от сердца, независимо от того, какая кровь (артериальная или венозная) в них находится. Представляют собой трубки, стенки которых состоят из трех оболочек: наружной соединительнотканной (адвентиции), средней гладкомышечной (медии) и внутренней эндотелиальной (интимы). Самые тонкие артериальные сосуды называются артериолами. Они переходят в прекапилляры, а последние - в капилляры.

Капилляры — это микроскопические сосуды, которые находятся в тканях и соединяют артериолы с венулами (через пре- и посткапилляры). Прекапилляры отходят от артериол, от прекапилляров начинаются истинные капилляры, которые вливаются в посткапилляры.

По мере слияния посткапилляров образуются **венулы** - самые мелкие венозные сосуды. Они вливаются в вены. Диаметр артериол составляет от 30 до 100 мкм, капилляров - от 5 до 30 мкм, венул - 30-50-100 мкм.

Вены — это кровеносные сосуды, несущие кровь к сердцу, независимо от того, какая кровь (артериальная или венозная) в них находится. Стенки вен гораздо тоньше и слабее артериальных, но состоят из тех же трех оболочек. В отличие от артерий многие вены (нижних, верхних конечностей, туловища и шеи) имеют клапаны (полулунные складки внутренней оболочки), препятствующие обратному току крови в них. Не имеют клапанов только обе полые вены, вены головы, почечные, воротная и легочные.

Разветвления артерий и вен могут соединяться между собой соустьями (анастомозами). Сосуды, обеспечивающие окольный ток крови в обход основного пути, называются коллатеральными (окольными).

Функционально различают несколько видов кровеносных сосудов.

1) Магистральные сосуды - наиболее крупные артерии, в которых оказывается небольшое сопротивление кровотоку.

2) Резистивные сосуды (сосуды сопротивления) - мелкие артерии и артериолы, которые могут изменять кровоснабжение тканей и органов,

3) Истинные капилляры (обменные сосуды) - сосуды, стенки которых обладают высокой проницаемостью, благодаря чему происходит обмен веществами между кровью и тканями.

4) Емкостные сосуды - венозные сосуды, вмещающие 70-80% всей крови.

5) Шунтирующие сосуды - артериоло-веноулярные анастомозы, обеспечивающие прямую связь между артериолами и венами в обход капиллярного русла.

В соответствии с законами гидродинамики **движение крови** по сосудам определяется двумя силами: разностью давления в начале и конце сосуда и гидравлическим сопротивлением, которое препятствует току крови. Отношение разности давления к сопротивлению определяет объёмную скорость тока жидкости, протекающей по сосудам в единицу времени. Эта зависимость носит название основного гидродинамического закона: количество крови, протекающей в единицу времени через кровеносную систему, тем больше, чем больше разность давления в ее артериальном и венозном концах и чем меньше сопротивление току крови.

Сердце при сокращении растягивает эластические и мышечные элементы стенок магистральных сосудов, в которых накапливается запас энергии сердца, затраченной на их растяжение. Во время диастолы растянутые эластические стенки артерий спадают, и накопленная в них потенциальная энергия сердца движет кровь. Растяжение крупных артерий облегчается благодаря большому сопротивлению, которое оказывают резистивные сосуды. Наибольшее сопротивление току крови наблюдается в артериолах. Поэтому кровь, выбрасываемая сердцем во время систолы, не успевает дойти до мелких кровеносных сосудов. В результате этого создается временный избыток крови в крупных артериальных сосудах. Таким образом, сердце обеспечивает движение крови в артериях и во время систолы, и во время диастолы. Значение эластичности сосудистых стенок состоит в том, что они обеспечивают переход прерывистого, пульсирующего тока крови в постоянный. Это важное свойство сосудистой стенки обуславливает сглаживание резких колебаний давления, что способствует бесперебойному снабжению органов и тканей.

Время, за которое частица крови однократно проходит большой и малый круги кровообращения, называется временем кругооборота крови. В норме у человека в покое оно составляет 20-25 с, из этого времени $\frac{1}{5}$ (4-5 с) приходится на малый круг и $\frac{4}{5}$ (16-20 с) - на большой. При физической работе время кругооборота у человека достигает 10-12 с. Линейная скорость кровотока - это путь, пройденный в единицу времени (в секунду) каждой частицей крови. Линейная скорость кровотока обратно пропорциональна

суммарной площади поперечного сечения сосудов. В состоянии покоя линейная скорость кровотока составляет: в аорте - 0,5 м/с, в артериях - 0,25 м/с, в капиллярах - 0,5 мм/с (т.е. в 1000 раз меньше, чем в аорте), в полых венах - 0,2 м/с, в периферических венах среднего калибра - от 6 до 14 см/с.

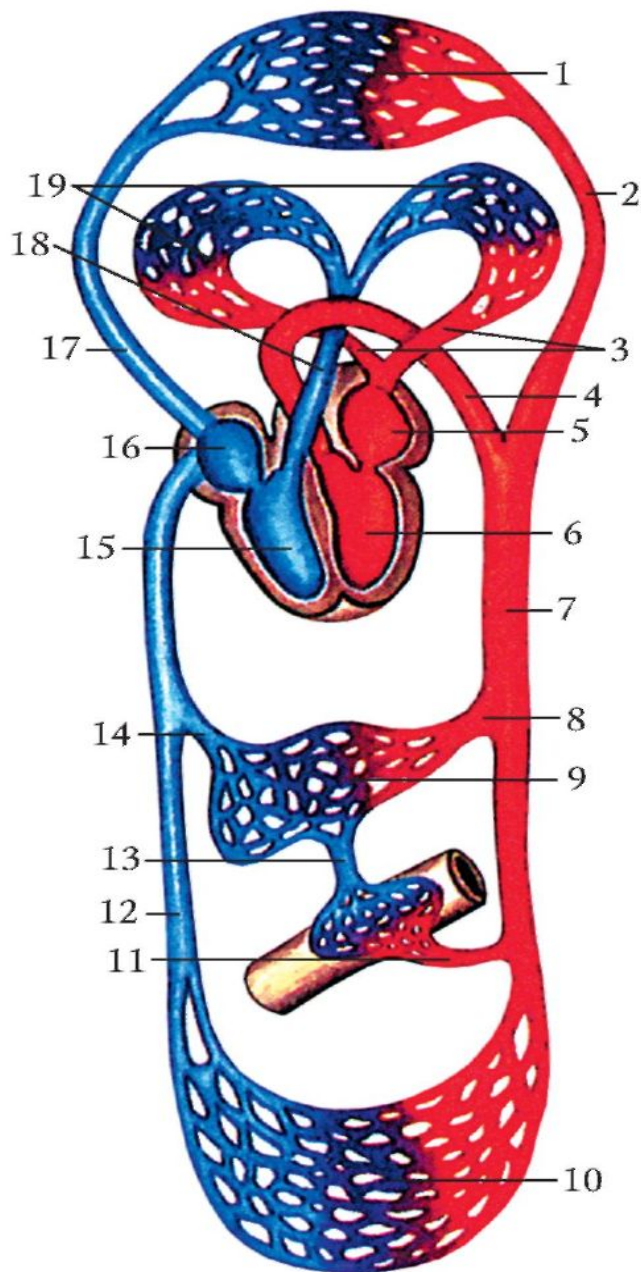


Схема большого и малого круга кровообращения

- 1 - капилляры головы, верхних отделов туловища и верхних конечностей;
- 2 - общая сонная артерия; 3 - легочные вены; 4 - дуга аорты; 5 - левое предсердие;
- 6 - левый желудочек; 7 - аорта; 8 - печеночная артерия; 9 - капилляры печени;
- 10 - капилляры нижних отделов туловища, нижних конечностей;
- 11 - верхняя брыжеечная артерия; 12 - нижняя полая вена; 13 - воротная вена;
- 14 - печеночные вены; 15 - правый желудочек; 16 - правое предсердие;
- 17 - верхняя полая вена; 18 - легочный ствол; 19 - капилляры легких

Кровяное (артериальное) давление — это давление крови на стенки кровеносных (артериальных) сосудов организма. Измеряется в мм рт.ст. В различных отделах сосудистого русла кровяное давление неодинаково: в артериальной системе оно выше, в венозной - ниже. В аорте кровяное давление составляет 130-140 мм рт.ст., в легочном стволе - 20-30 мм рт.ст., в крупных артериях большого круга - 120-130 мм рт. ст., в мелких артериях и артериолах - 60-70 мм рт.ст., в артериальном и ршозном концах капилляров тела - 30 и 15 мм рт.ст., в мелких венах - 10-20 мм рт.ст., а в крупных венах может быть даже отрицательным, т.е. на 2-5мм рт.ст. ниже атмосферного. Резкое снижение кровяного давления в артериях и капиллярах объясняется большим сопротивлением; поперечное сечение всех капилляров равно 3200 см², длина около 100000 км, сечение аорты - 8 см² при длине в несколько сантиметров.

Величина кровяного давления зависит от трех основных факторов:

- 1) частоты и силы сердечных сокращений;
- 2) величины периферического сопротивления, т.е. тонуса стенок сосудов, главным образом, артериол и капилляров;
- 3) объема циркулирующей крови.

Различают систолическое, диастолическое, пульсовое и среднединамическое давление.

Систолическое (максимальное) давление - это давление, отражающее состояние миокарда левого желудочка. Оно составляет 100-130 мм рт.ст. Диастолическое (минимальное) давление - давление, характеризующее степень тонуса артериальных стенок. Равно в среднем 60-80 мм рт.ст. Пульсовое давление - это разность между величинами систолического и диастолического давления, оно необходимо для открытия полулунных клапанов аорты и легочного ствола во время систолы желудочков. Равно 35-55 мм рт.ст. Среднединамическое давление - это сумма минимального и одной трети пульсового давления, выражает энергию непрерывного движения крови и представляет собой постоянную величину для данного сосуда и организма.

Величину АД можно измерить двумя методами: прямым и непрямым. При измерении прямым, или кровавым, методом в центральный конец артерии вставляют и фиксируют стеклянную канюлю или иглу, которую резиновой трубкой соединяют с измерительным прибором. Этим способом регистрируют АД во время больших операций, например, на сердце, когда необходим постоянный контроль за давлением. В медицинской практике измеряют АД непрямым, или косвенным (звуковым), методом при помощи тонометра.

На величину АД оказывают влияние различные факторы: возраст, положение тела, время суток, место измерения (правая или левая рука), состояние организма, физические и эмоциональные нагрузки. Нормальными величинами АД следует считать:

максимального - в возрасте 18-90 лет в диапазоне от 90 до 150 мм рт.ст., причем до 45 лет - не более 140 мм рт.ст.;

минимального - в этом же возрасте (18-90 лет) в диапазоне от 50 до 95 мм рт.ст., причем до 50 лет - не более 90 мм рт.ст.

Верхней границей нормального АД в возрасте до 50 лет является давление 140/90 мм рт.ст., в возрасте более 50 лет - 150/95 мм рт.ст.

Нижней границей нормального АД в возрасте от 25 до 50 лет является давление 90/55 мм рт.ст., до 25 лет - 90/50 мм рт.ст., свыше 55 лет - 95/60 мм рт.ст.

Для расчета идеального АД у здорового человека любого возраста может быть использована следующая формула:

Систолическое АД = $102 + 0,6 \times \text{возраст}$;

Диастолическое АД = $63 + 0,4 \times \text{возраст}$.

Повышение АД свыше нормальных величин называется гипертензией, понижение - гипотензией.

Артериальным пульсом называют ритмические колебания артериальной стенки, обусловленные систолическим повышением давления в ней. Пульсация артерий определяется путем легкого прижатия ее к подлежащей кости, чаще всего в области нижней трети предплечья. Пульс характеризуют следующие основные признаки:

- 1) частота - число ударов в минуту;
- 2) ритмичность - правильное чередование пульсовых ударов;
- 3) наполнение - степень изменения объема артерии, устанавливаемая по силе пульсового удара;
- 4) напряжение - характеризуется силой, которую нужно приложить, чтобы сдавить артерию до полного исчезновения пульса.

Пульсовая волна возникает в аорте в момент изгнания крови из левого желудочка, когда давление в аорте повышается и стенка ее растягивается. Волна повышенного давления и вызванные этим растяжением колебания артериальной стенки распространяются со скоростью 5-7 м/с от аорты до артериол и капилляров, превышая в 10-15 раз линейную скорость движения крови (0,25-0,5 м/с).

Зарегистрированная на бумажной ленте или фотопленке пульсовая кривая называется сфигмограммой.

Пульс можно прощупать в тех местах, где артерия близко прилежит к кости. Такими местами являются: для лучевой артерии - нижняя треть передней поверхности предплечья, плечевой - медиальная поверхность средней трети плеча, общей сонной - передняя поверхность поперечного отростка VI шейного позвонка, поверхностной височной - височная область, лицевой - угол нижней челюсти спереди от жевательной мышцы, бедренной - паховая область, для тыльной артерии стопы - тыльная поверхность стопы

Регуляция кровообращения в организме человека осуществляется двояко: нервной системой и гуморально.

Нервная регуляция кровообращения осуществляется сосудодвигательным центром, симпатическими и парасимпатическими волокнами вегетативной нервной системы. Сосудодвигательный центр — это совокупность нервных образований, расположенных в спинном, продолговатом мозге, гипоталамусе и коре большого мозга. Основным сосудодвигательным центром находится в продолговатом мозге и состоит из двух отделов: прессорного и депрессорного. Раздражение первого вызывает сужение артерий и подъем АД, а раздражение второго - расширение артерий и падение АД. Тонус сосудодвигательного центра продолговатого мозга зависит от нервных импульсов, постоянно идущих к нему от рецепторов различных рефлексогенных зон. Рефлексогенными зонами называются участки сосудистой стенки, содержащие наибольшее количество рецепторов.

В этих зонах содержатся следующие рецепторы:

- 1) механорецепторы (баро-, или прессорецепторы - греч. *baros* - тяжесть; лат. *pressus* - давление), воспринимающие колебания давления крови в сосудах в пределах 1-2 мм рт.ст.;
- 2) хеморецепторы, воспринимающие изменения химического состава крови (CO_2 , O_2 , СО и др.);
- 3) волнорецепторы (франц. *volume* - объем), воспринимающие изменение объема крови;
- 4) осморецепторы (греч. *osmos* - толчок, проталкивание, давление), воспринимающие изменение осмотического давления крови.

К числу наиболее важных рефлексогенных зон относятся:

- 1) аортальная зона (дуга аорты);
- 2) синокаротидная зона (общая сонная артерия в месте ее бифуркации, т.е. разделения на наружную и внутреннюю сонные артерии);
- 3) само сердце;

- 4) устье полых вен;
- 5) область сосудов малого круга кровообращения.

Гуморальные вещества, оказывающие влияние на тонус сосудов, делят на суживающие (оказывают общее воздействие) и расширяющие (местное).

К суживающим веществам относятся:

- 1) адреналин - гормон мозгового слоя надпочечников;
- 2) норадреналин - медиатор симпатических нервов и гормон надпочечников;
- 3) вазопрессин - гормон задней доли гипофиза;
- 4) ангиотензин II (гипертензин) образуется из ангиотензиногена под влиянием ренина - протеолитического фермента почек;

5) серотонин - биологически активное вещество, образуемое в слизистой оболочке кишечника, мозге, тромбоцитах, соединительной ткани.

К расширяющим веществам относятся:

- 1) гистамин - биологически активное вещество, образующееся в стенке желудочно-кишечного тракта и других органах;
- 2) ацетилхолин - медиатор парасимпатических и других нервов;
- 3) тканевые гормоны: кинины, простагландины и др.;
- 4) молочная кислота, углекислый газ, ионы калия, магния и т.д.

5) натрийуретический гормон (атриопептид, аурикулин), вырабатываемый кардиомиоцитами предсердий. Обладает широким спектром физиологической активности. Он подавляет секрецию ренина, ингибирует эффект ангиотензина II, альдостерона, расслабляет гладкие мышечные клетки сосудов, способствуя тем самым снижению АД.