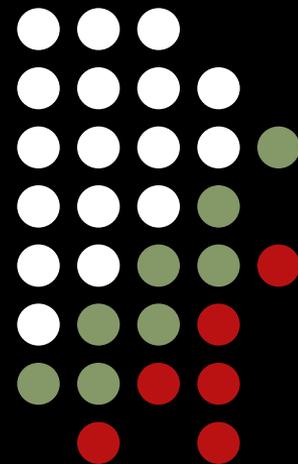


---

*Физиология  
сосудов*

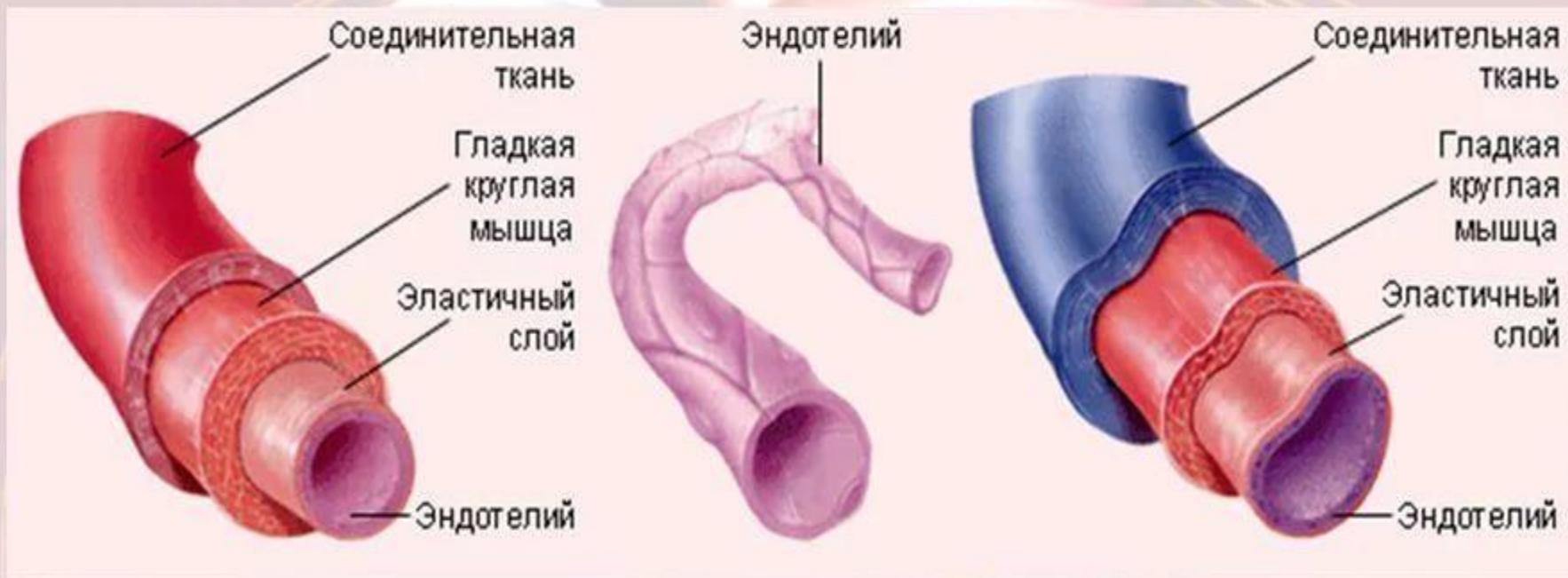


# Классификация отделов сосудистого русла

- - Большой и малый круги кровообращения
- - Венозное, артериальное и капиллярное русло
- - Зоны макроциркуляции (сердце, артерии, вены) и зоны микроциркуляции (артериолы, капилляры, венулы, артериовенозные анастомозы).
- - Области высокого давления (левый желудочек - артериолы) и низкого - (капилляры - полые вены).
- - Кровеносная и лимфатическая системы

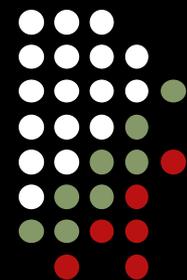
# Функциональные группы сосудов:

1. **Амортизирующие сосуды** - артерии эластического типа (аорта, легочная артерия и большие артерии).
2. **Резистивные сосуды** - концевые артерии, артериолы и в меньшей степени капилляры и венулы (регулируют объемную скорость кровотока в различных сосудистых областях).
3. **Сосуды–сфинктеры** – последние отделы прекапиллярных артериол регулируют число функционирующих капилляров.
4. **Обменные сосуды** (капилляры).
5. **Емкостные сосуды** (вены).
6. **Шунтирующие сосуды** – это артериовенозные анастомозы, по которым кровь переходит из артериол в венулы, обходя капилляры.



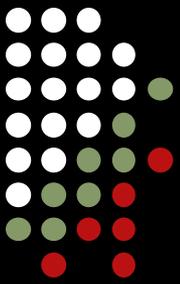
Крупным артериям, расположенным рядом с сердцем, приходится выдерживать большое давление, поэтому они имеют толстые стенки, их средний слой состоит, в основном, из эластических волокон. *Артерии* несут кровь к органам, затем кровь попадает в *капилляры* и *вены*.

*Капилляры* состоят из одного слоя эндотелиальных клеток, расположенных на базальной мембране. Через стенки капилляров из крови в ткани проникают газы, растворимые вещества и лейкоциты, выводятся углекислый газ и продукты обмена.



# **Гемодинамика – наука о закономерностях движения крови по сосудам**

# Факторы, определяющие движение крови по сосудам



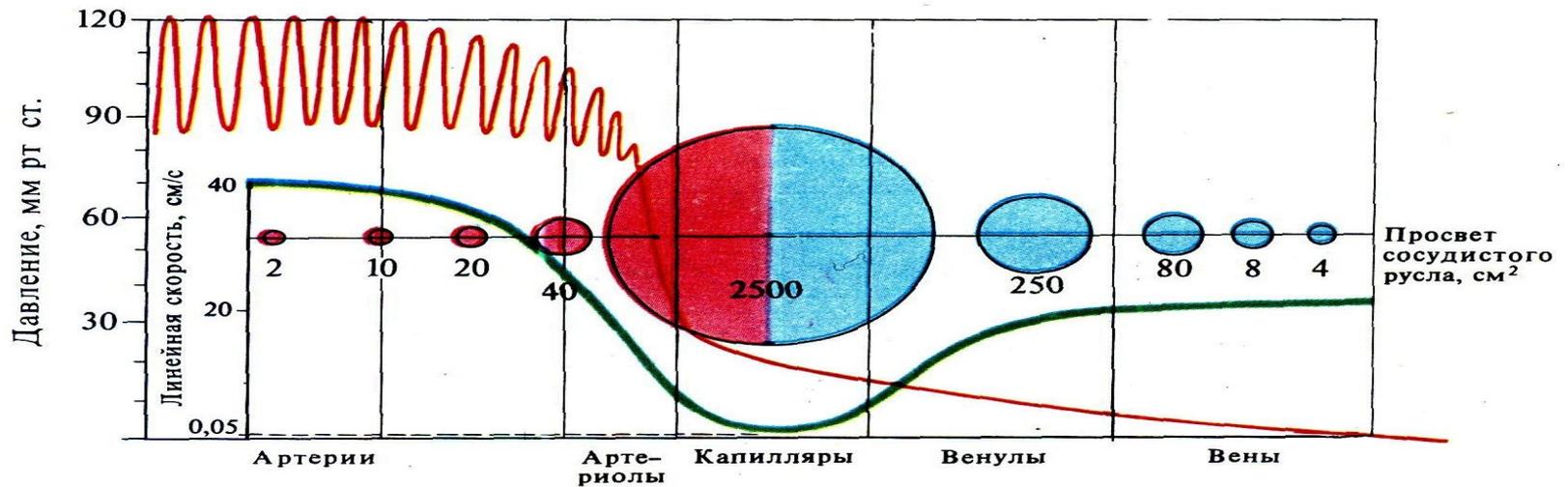
- **Разность давлений между различными отделами сосудистого русла.**  
обеспечивается
  1. **- работой сердца,**
  2. **- эластичностью сосудов,**
  3. **- работой скелетных мышц** (мышечный насос способствует венозному возврату к сердцу)

- **Периферическое сопротивление**

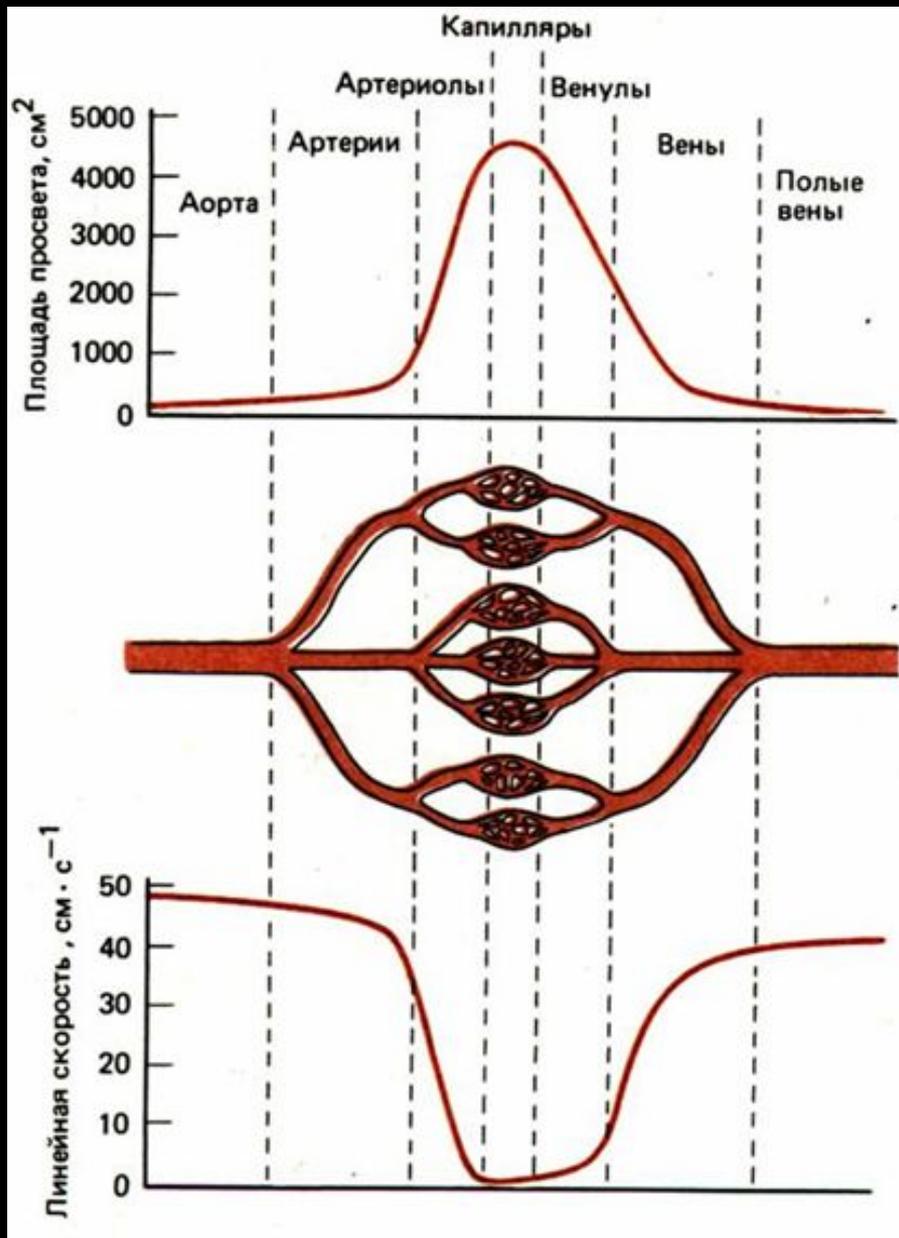
складывается из

1. **тонуса сосудов** (мелкие артерии и артериолы),
2. **вязкости крови** (зависит от концентрации форменных элементов, трения крови о стенки сосуда и др.). При высокой скорости кровотока вязкость резко увеличивается за счет перехода ламинарного типа течения жидкости в турбулентное (особенно в местах разветвлений и крутых изгибов сосудов).
3. **гидростатическое давление** крови при вертикальном положении тела является силой, препятствующей кровотоку. Существует ортостатическая проба.

# Показатели гемодинамики в разных отделах сосудистого русла



# Объемная скорость кровотока ( $Q$ )



За единицу времени через артерии, капилляры и вены протекает одно и то же количество крови в минуту –  $Q$  л/мин. Общий кровоток у взрослого человека в состоянии покоя — около 5 л/мин.

Линейная скорость кровотока в сосудах каждого отдела кровеносного русла обратно пропорциональна площади поперечного сечения этого отдела.

Она определяется как отношение объемной скорости кровотока  $Q$  к площади поперечного сечения сосуда  $\pi r^2$  :

$$v = Q / \pi r^2$$

# Линейная скорость кровотока

- в аорте составляет 50—70 см/с,
- в артериях — от 40 до 10 см/с
- артериолах — 10—0,1 см/с
- капиллярах — меньше 0,1 см/с
- венулах — меньше 0,3 см/с
- венах — 0,3—5,0 см/с
- поллой вене — 5—20 см/с.



# Сосудистое сопротивление

определяется по формуле Пуазейля:

$$R = 8L\eta / \pi r^4$$

где  $R$  — сосудистое сопротивление,  
 $\eta$  — вязкость протекающей жидкости,  
 $L$  — длина трубки,  
 $r$  — радиус трубки.

Сосудистое сопротивление принято определять как частное от деления кровяного давления  $P$  на объемную скорость кровотока  $Q$ :

$$R = P/Q$$

# Минутный объем крови (МОК) определяется как Ударный объем × ЧСС

Время полного кругооборота крови: 27 систол или 20-23 с,  
из этого времени:

по малому кругу - 1/5 времени,

по большому - 4/5 времени

МОК можно определить по Фику:

$$\text{МОК} = \text{VO}_{2\text{потр}} / (\text{VO}_2 \text{ а} - \text{VO}_2 \text{ в}),$$

где  $\text{VO}_{2\text{потр}}$  – объем потребленного кислорода

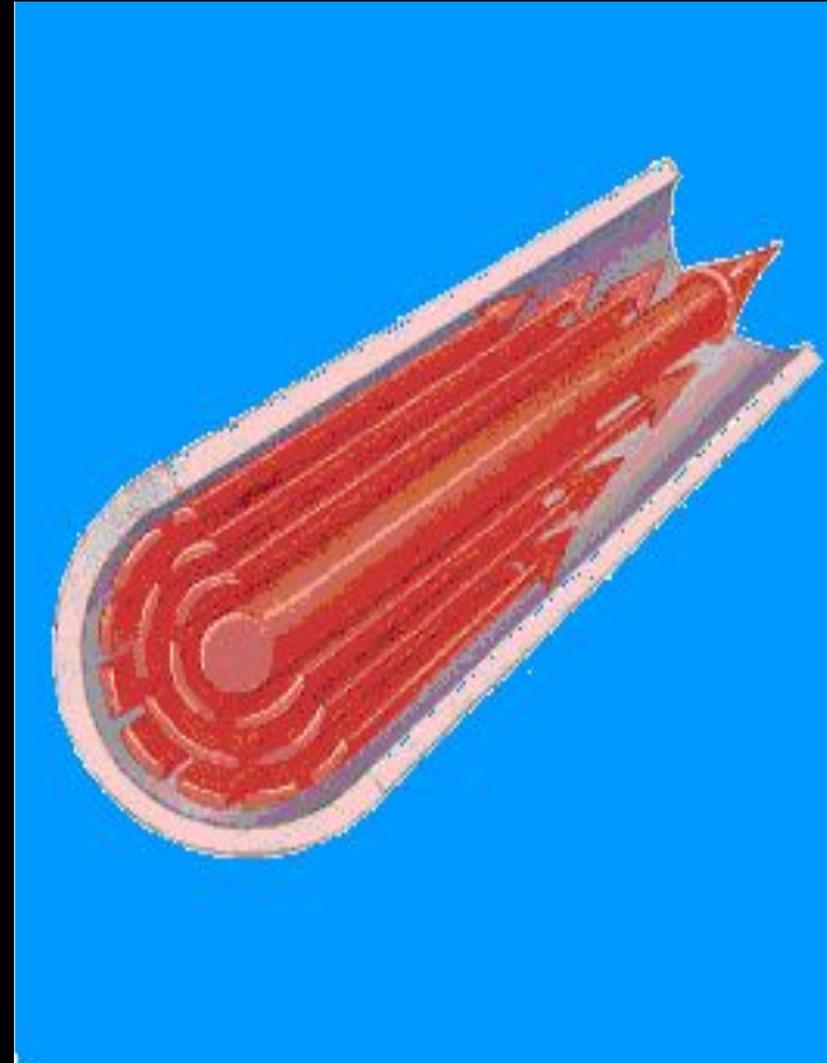
$\text{VO}_2 \text{ а}$  – объем кислорода в артериальной крови

$\text{VO}_2 \text{ в}$  – объем кислорода в венозной крови

# Ламинарное движение крови

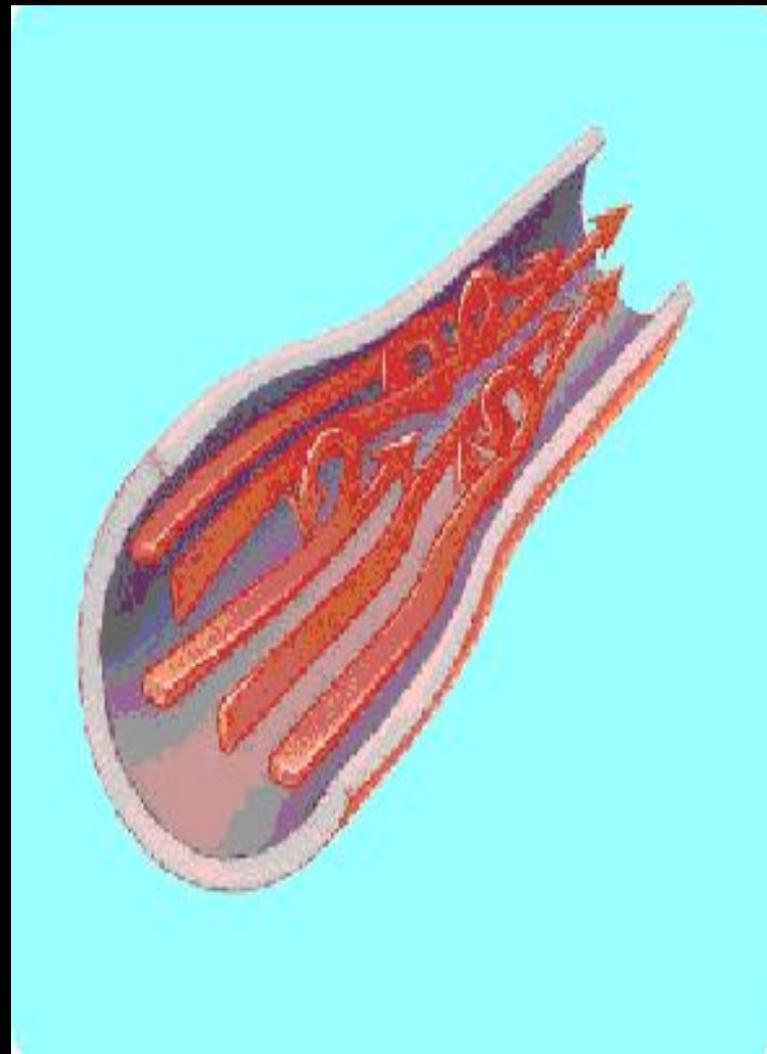
Почти во всех отделах сосудистой системы кровь движется цилиндрическими слоями. Такое движение крови имеет название *ламинарного*.

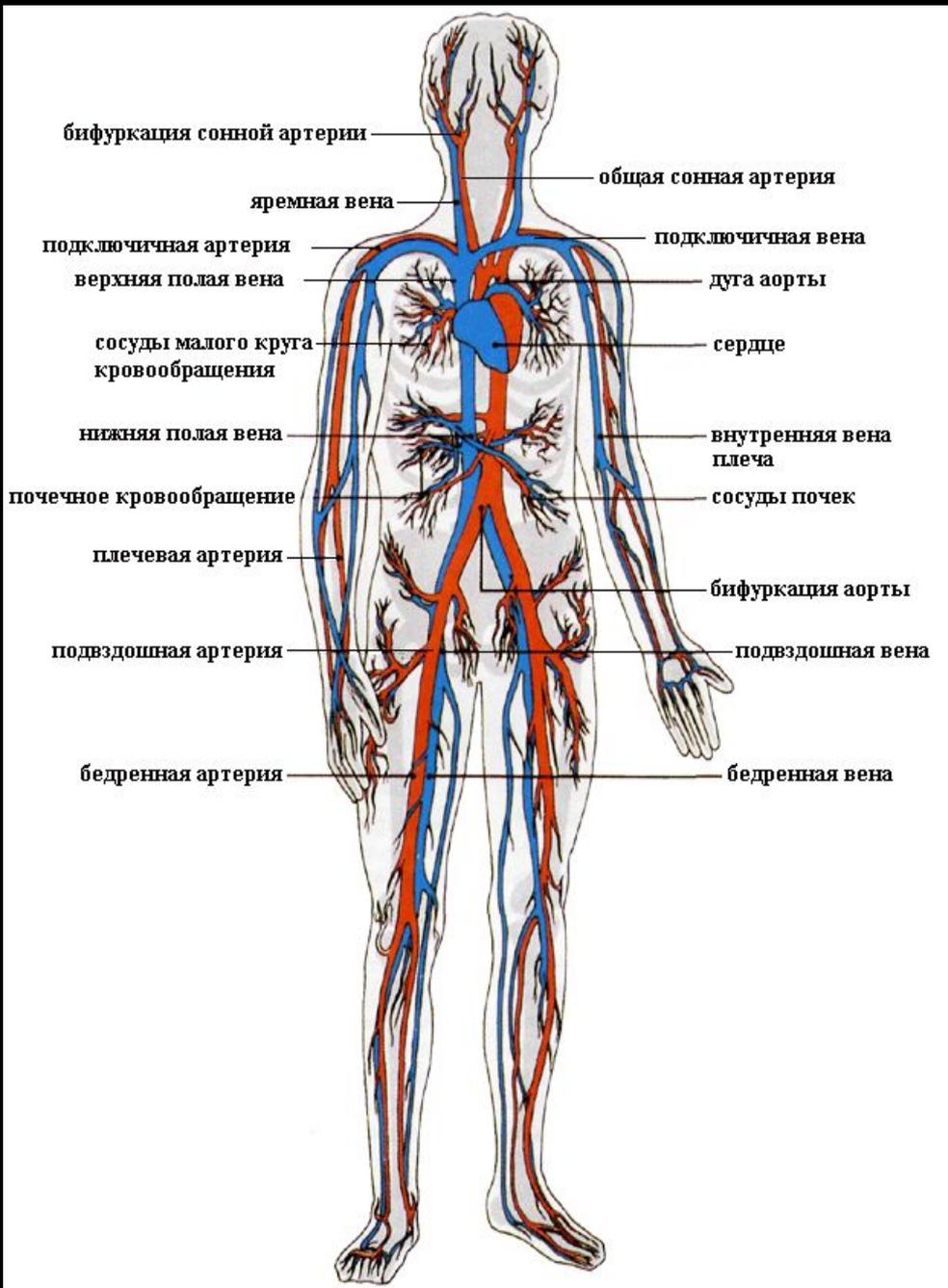
Форменные элементы крови составляют центральный, осевой поток, в котором эритроциты находятся в центре, а плазма движется возле сосудистой стенки.



# Турбулентное движение крови

Кроме ламинарного движения крови существует еще и турбулентное движение с характерными завихрениями. Такое движение крови обычно возникает в местах разветвления или сужения артерий, в участках изгибов сосудов. Это создает дополнительное сопротивление для движения крови в сосудах.



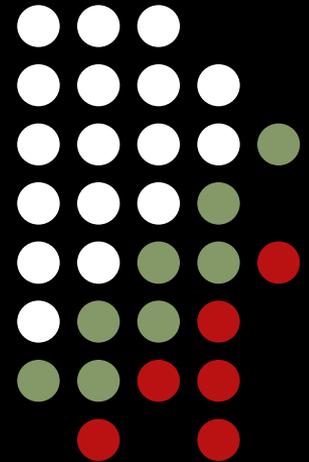


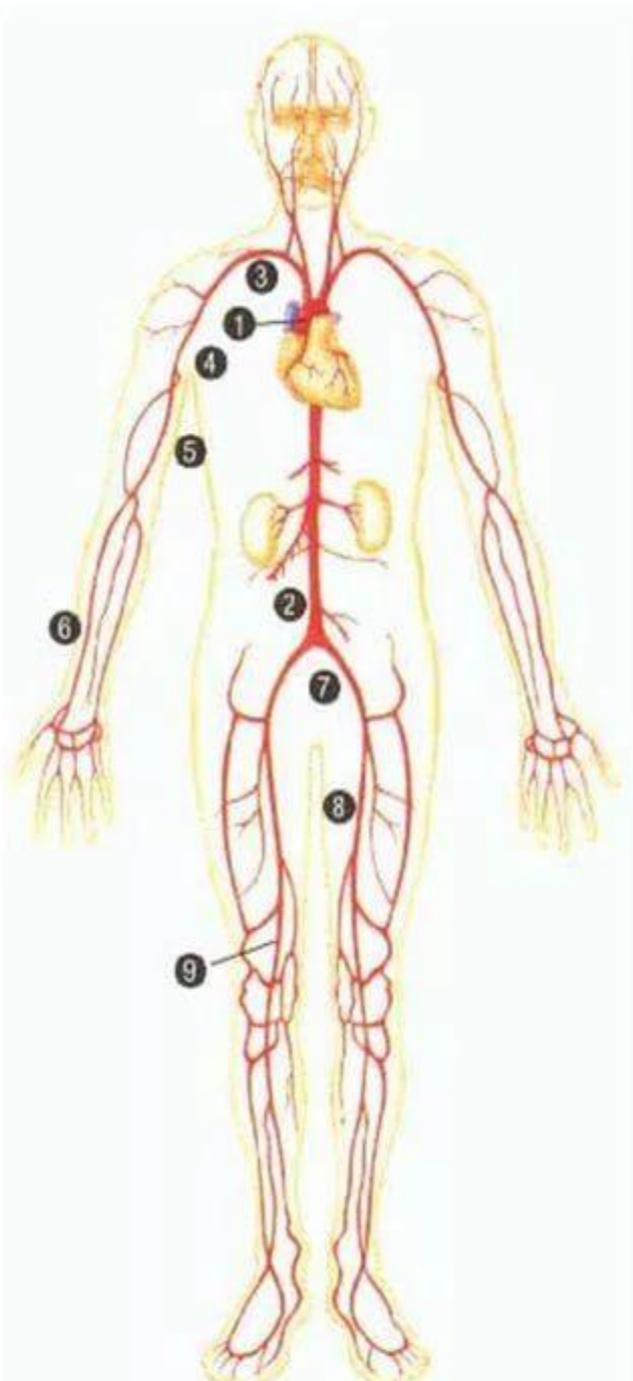
## Распределение крови по кровеносной системе

- в сердце находится около 7% ,
- сосуды высокого давления содержат около 15% крови,
- артериолы - 3%,
- капилляры - 7%,
- венулы - 12%,
- сосуды большого объема (вены, полые вены) - 63% крови.

Большой круг кровообращения содержит 84% крови, малый - 16%.

# Артериальная система

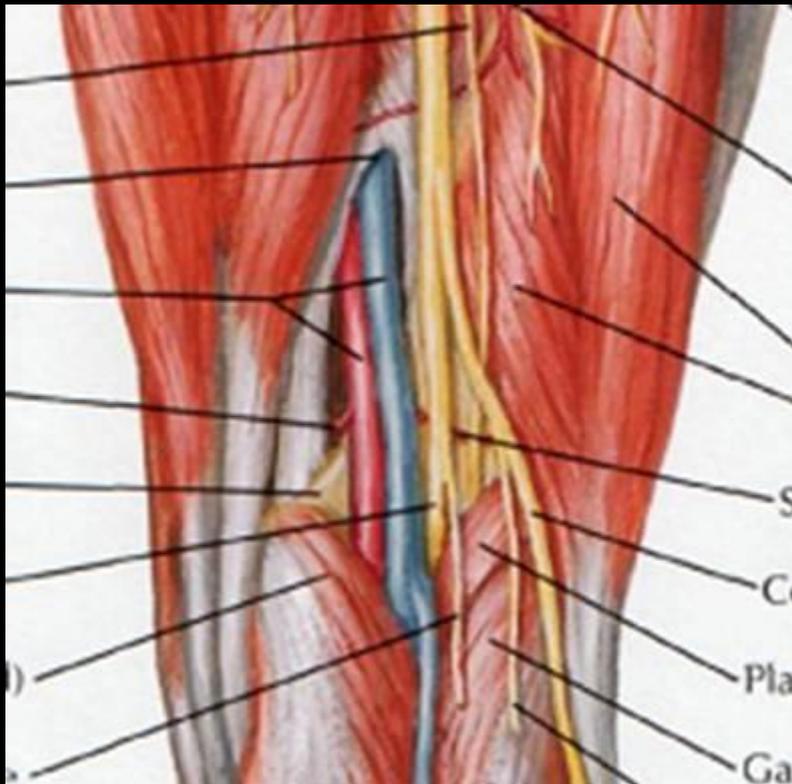




# Артерии

1. Восходящая аорта
2. Брюшная аорта
3. Подключичная артерия
4. Подмышечная артерия
5. Плечевая артерия
6. Лучевая артерия
7. Общая подвздошная артерия
8. Бедренная артерия
9. Подколенная артерия

Артерии – наиболее прочные сосуды в организме, по которым кровь течет под большим давлением от сердца. Самая крупная из них называется аортой. Стенки артерий толстые и упругие, их диаметр может варьироваться и подстраиваться под количество проходящей через нее крови. При этом артерии вмещают лишь около 15% объема циркулирующей крови.

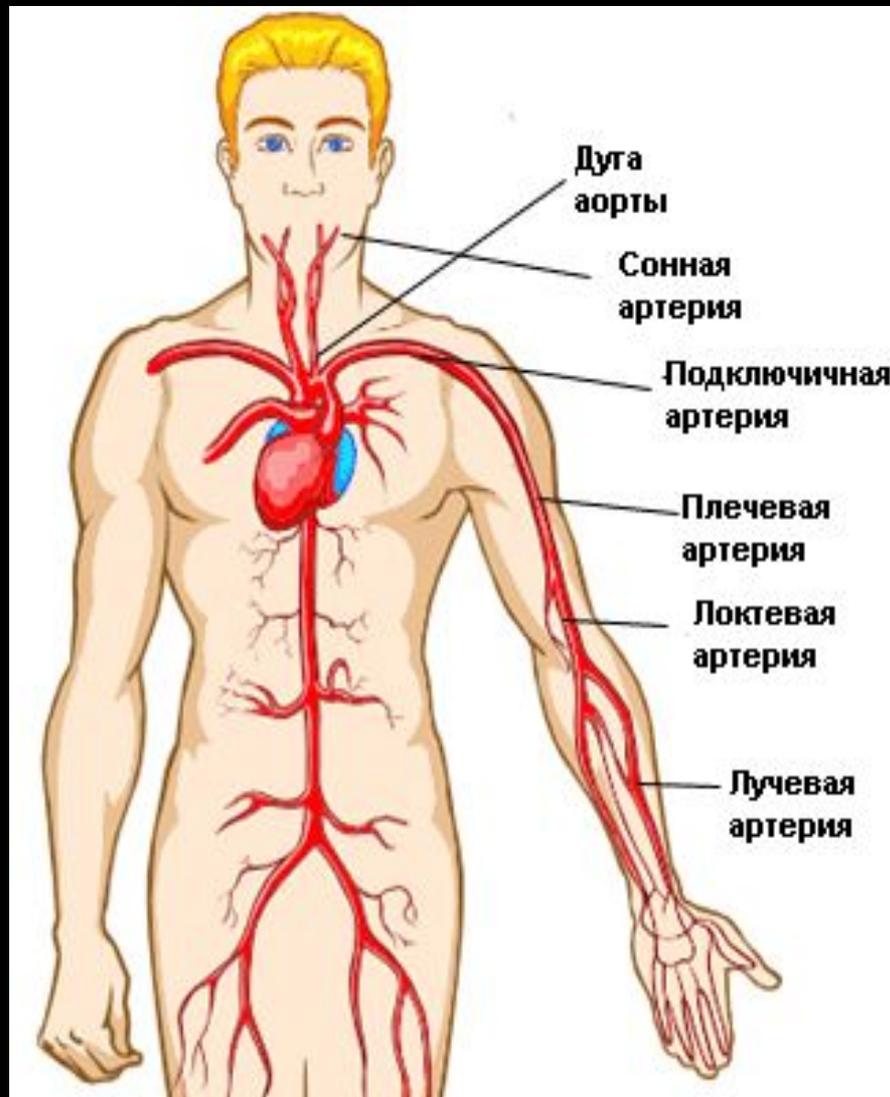


Располагаются артерии глубоко под мышцами, глубже, чем вены, т.к. их повреждение гораздо опаснее, чем повреждение вен.

Крупные артерии распадаются на более мелкие, а мелкие ветвятся и образуют сеть капилляров.

# Основные функции артерий:

1. перенос крови от сердца к капиллярам,
2. служат напорным резервуаром для «проталкивания» крови в мелкие артериолы,
3. сглаживают колебания давления и кровотока, обеспечивая постоянный ток крови через капилляры,
4. перераспределяют кровь между капиллярными руслами благодаря резистивным сосудам.



# Артериальное давление

- - По ходу кровеносной системы давление снижается, являясь максимальным в аорте и минимальным в полых венах.
- - Артериальное давление можно определить аускультативным методом Короткова и пальпаторным методом Рива-Роччи
- - При оценке артериального давления используют следующие показатели:  
Р макс. или систолическое,  
Р мин. или диастолическое

## Факторы, определяющие величину артериального давления

- - работа сердца,
- - объем циркулирующей крови,
- - тонус сосудов,
- - эластичность сосудов,
- - вязкость крови.

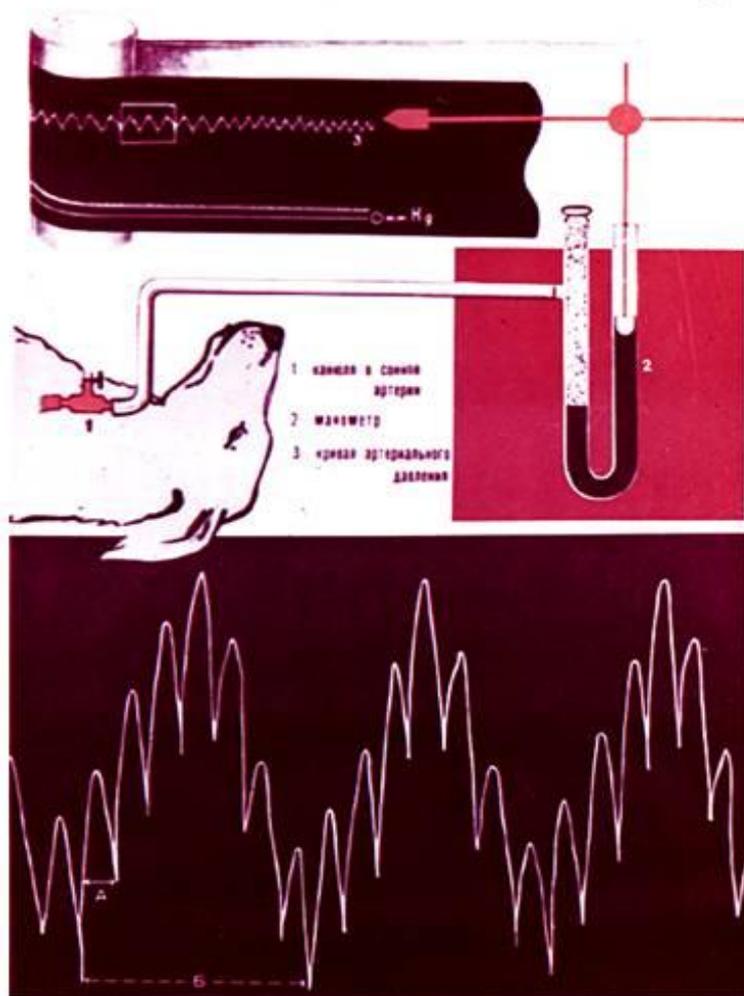
# Методы исследования АД

1. **Метод Рива-Роччи**
2. **Метод Короткова**
3. Артериальная осциллография
4. Прямой (кровавый) метод измерения АД

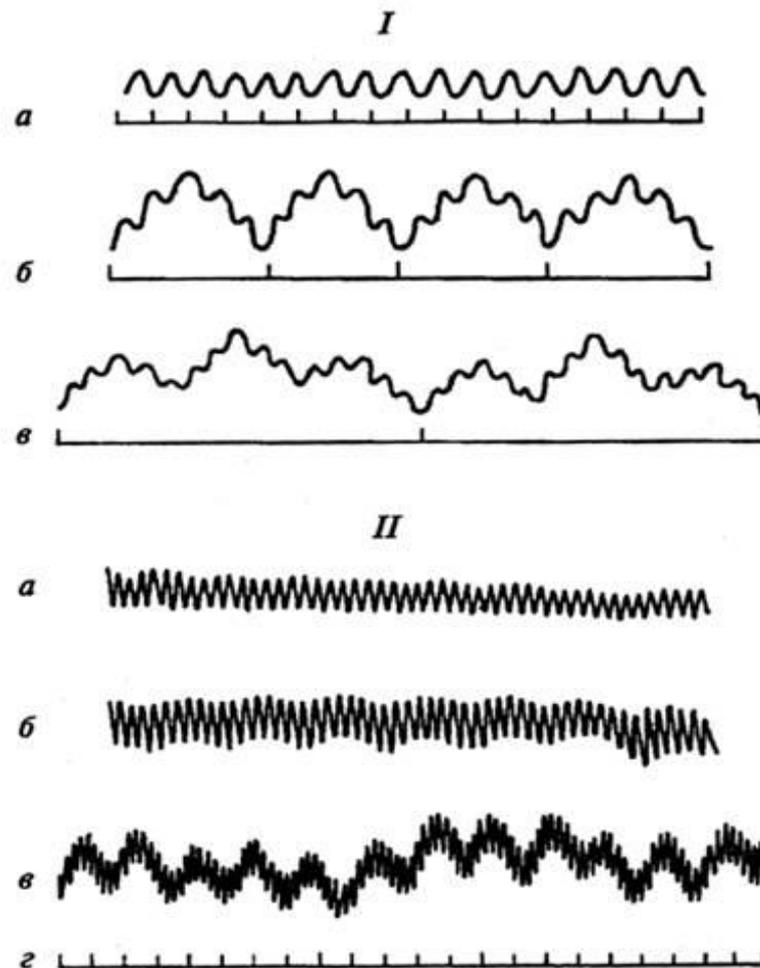


## Регистрация давления крови прямым методом в остром эксперименте.

На кривых изменения давления различают волны 3-х порядков: а – волны 1 порядка (сердечные: систола, диастола); б - волны 2 порядка (дыхательные); в – 3 порядка (Траубе-Геринга, патологические)



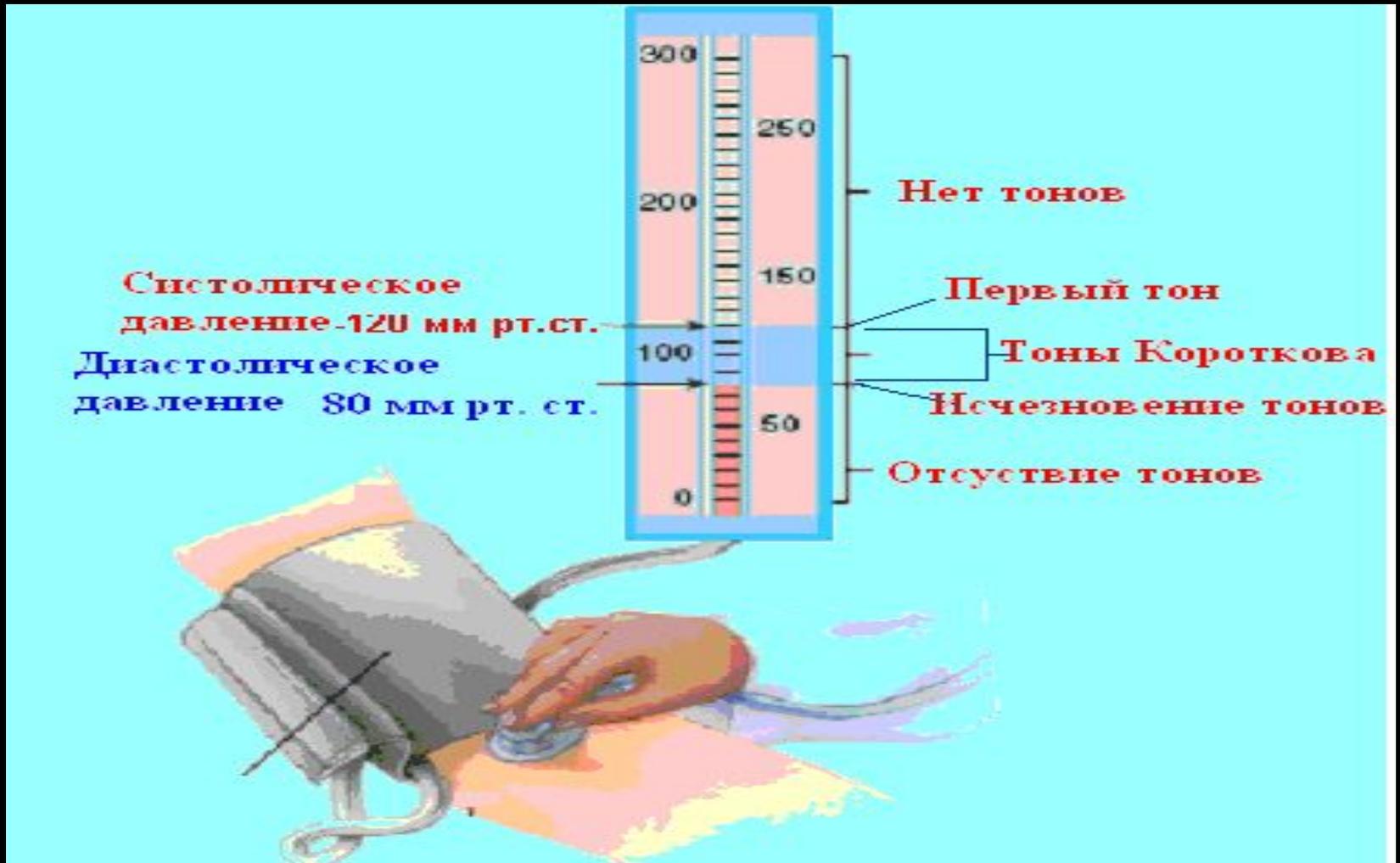
А - пульсовые волны Б - дыхательные волны



# На величину АД влияет:

- 1. Возраст.** С возрастом АД ↑  
с 15 до 65 лет САД ↑ от 115 до 140,  
а ДАД от 70 до 90)
- 2. Пол.** У женщин АД ниже, чем у мужчин между 40 и 50 годами, но выше от 50 лет и более.
- 3. Масса тела.** Чем больше масса тела, тем выше АД.
- 4. Положение тела.** Когда человек встаёт (ортостатическая проба) → ↓ венозный возврат, → ↓ сердечный выброс и АД.  
Компенсаторно ↑ ЧСС, ↑ АД.
- 5. Мышечная деятельность** → ↑ АД.  
Систолическое АД ↑ за счёт усиления сокращений сердца.  
Диастолическое АД вначале ↓ за счёт расширения сосудов работающих мышц, а затем ↑ за счёт усиления сокращений сердца.

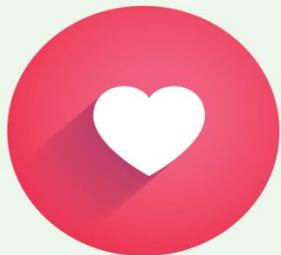
# ИЗМЕРЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ КОРОТКОВА



# АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ: ЭТО ПОЛЕЗНО ЗНАТЬ КАЖДОМУ

Артериальное давление - давление крови в артериях человека, создаваемое работой сердца. Есть два показателя артериального давления:

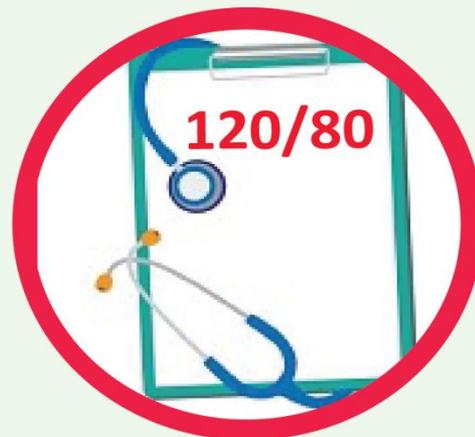
Измеряют давление при помощи тонометра. Записывают его на дробь: верхнее/нижнее. Типичное значение артериального давления здорового человека:



**ВЕРХНЕЕ:** уровень давления в момент максимального сокращения сердца



**НИЖНЕЕ:** уровень давления в момент максимального расслабления сердца



## АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ЗАВИСИТ ОТ РЯДА ФАКТОРОВ:

**ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И СПОРТ**  
повышают давление



**ВРЕМЯ СУТОК**  
ночью давление обычно ниже



**ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ**  
при стрессе давление растет



**ПРИЕМ МЕДИКАМЕНТОВ**  
лекарства могут повышать или понижать давление



**ПРИЕМ СТИМУЛЯТОРОВ**  
кофе и чай повышают давление



# СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСА



**А**



**Б**



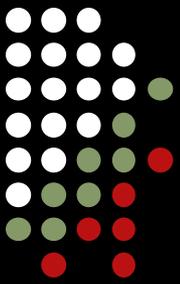
**В**

*А - тремя пальцами за запястье;*

*Б - большим и указательным пальцем на сонной артерии*

*В - кончиками пальцев на виске;*

# Свойства пульса:



1. **Частота**

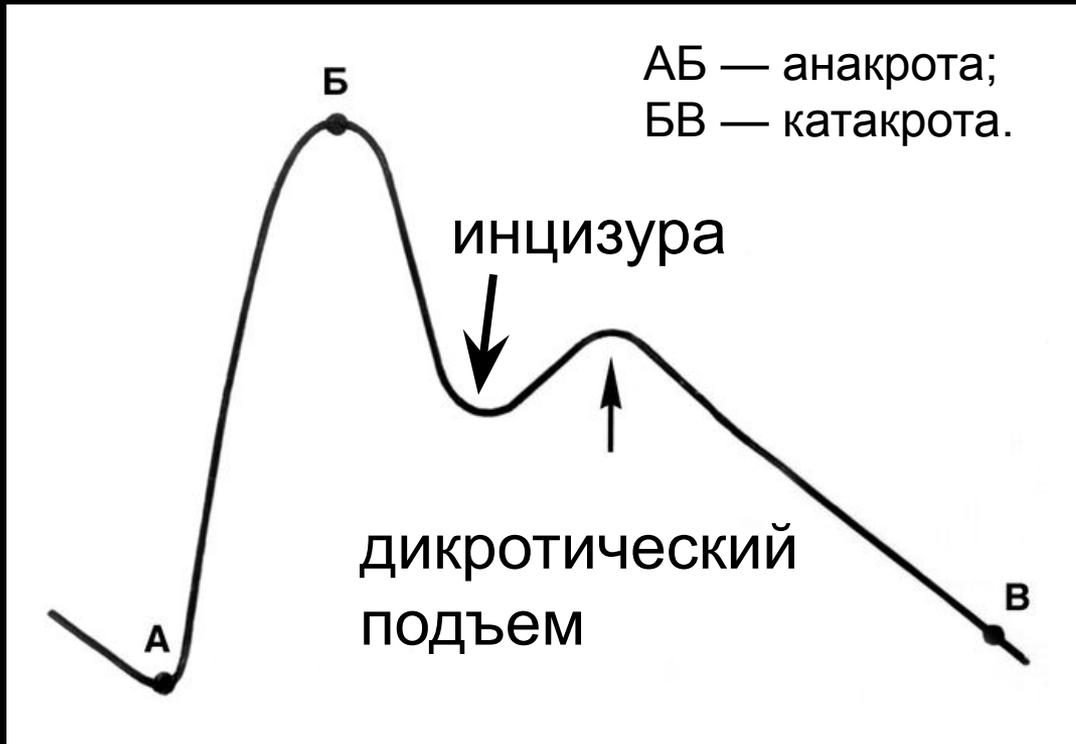
2. **Ритм**

3. **Высота** зависит от величины ударного объема и объемной скорости кровотока. Амплитуда пульса тем меньше, чем больше эластичность амортизирующих сосудов.

4. **Скорость** зависит от скорости изменения давления.

5. **Напряжение** зависит от среднего АД. По напряжению пульса можно приблизительно судить о систолическом давлении.

# Сфигмограмма – артериальный пульс



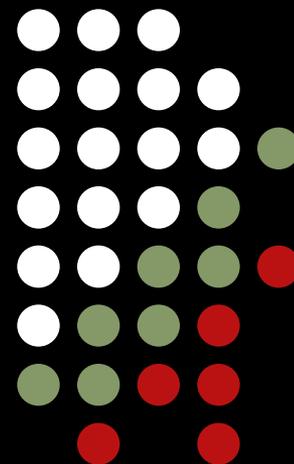
На сфигмограмме различают: крутой подъем, восходящее колено - анакроту (ана - движение вверх, crotos - удар), который переходит в нисходящее колено - катакроту (cata - вниз), которая имеет дополнительную волну - дикротическую.

Анакрота возникает как результат резкого повышения давления в артериях при систоле, а катакрота – как результат постепенного (вследствие эластичности стенок крупных артерий) снижения давления во время диастолы.

Нисходящее колено имеет выемку - инцизуру и дополнительную волну - вторичный, или дикротический подъем, который совпадает с закрытием полулунных клапанов аорты и отражением крови от них.

# Венозная система

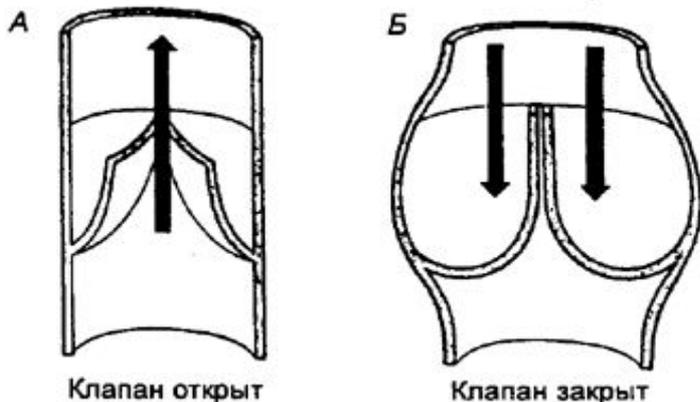
---



# Венозный кровоток

## Вены отличаются от артерий:

- - меньшей величиной внутрисосудистого давления и большим общим объемом,
- - меньшей массой гладкомышечной ткани сосудистой стенки
- - наличием клапанов, препятствующих обратному току крови.



## Функции вен:

- - отводят кровь от органов и тканей,
- - депонируют до 70% крови для дальнейшего ее использования,
- - регулируют венозный возврат к сердцу и артериальное давление
- - в случае кровопотери АД и капиллярный кровоток поддерживаются на постоянном уровне за счет уменьшения объема крови в венах, а не в артериях.

**Вены** - сосуды, которые несут кровь из органов, тканей к сердцу в правое предсердие. Исключение составляют легочные вены, которые несут артериальную кровь от легких в левое предсердие.

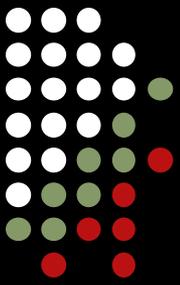
Совокупность всех вен составляет **венозную систему**.

Различают поверхностные и глубокие вены. Поверхностные вены называют еще кожными, поскольку размещенные в подкожно жировой клетчатке. Глубокие вены сопровождают артерии, почему и получили название вен-спутниц. Для вен характерна высокая способность к растяжению и относительно низкая эластичность. Внутренняя поверхность большинства вен, за исключением мелких венул, вен системы ворот и полых вен, имеет складки внутренней оболочки - **клапаны**. Кровь в венозной системе двигается против силы притяжения, которое содействует развитию застоя.

# Методы измерения венозного давления

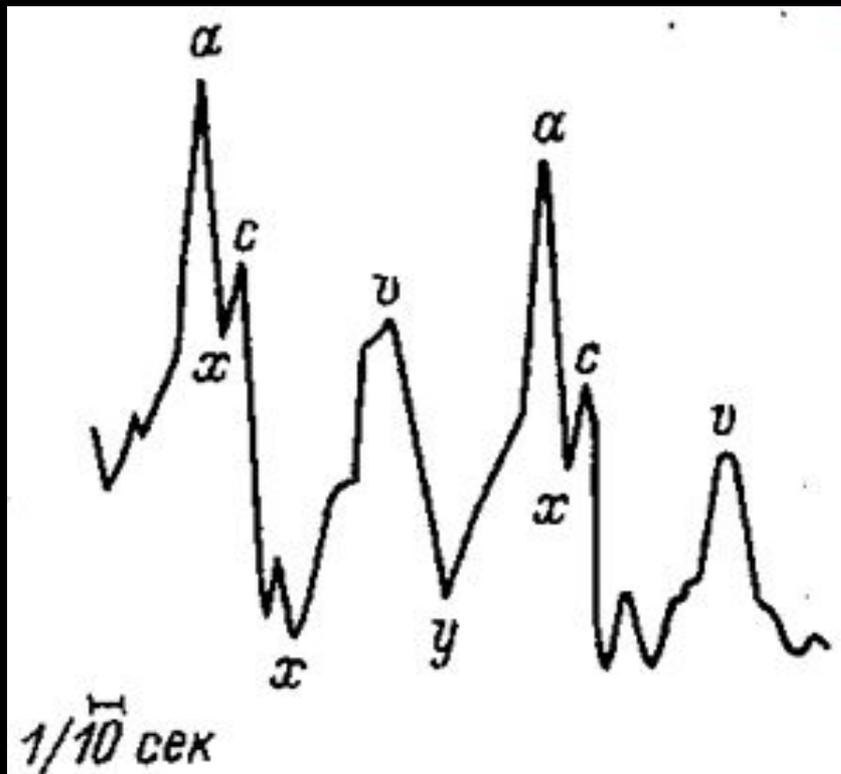
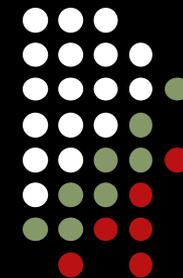
- Измерение венозного давления (флеботонометрия) дает информацию о деятельности правого желудочка и осуществляется прямым и косвенным способами. Прямое измерение проводят с помощью флеботонометра, который представляет собой водяной манометр.
- Венозное давление у здорового человека колеблется от 50 до 100 мм вод. ст. и одинаковое на обеих руках.

# На кровоток в венах влияет:



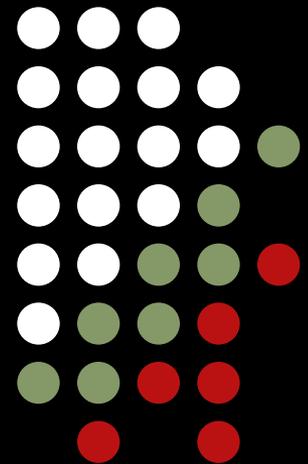
1. сокращение сердца,
2. сокращения мышц конечностей,
3. давление, оказываемого диафрагмой на органы брюшной полости,
4. клапанный аппарат,
5. дыхание (при расширении грудной клетки давление в этой полости уменьшается, кровь засасывается из вен головы и брюшной полости),
6. перистальтические сокращения гладких мышц

# Флебограмма – венный пульс



А - отражение систолы предсердий,  
С - отражение систолы желудочков,  
V - конец диастолы предсердий;

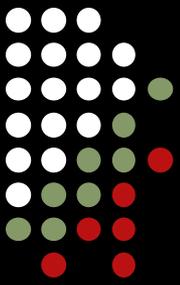
# Микроциркуляторное русло



# Микроциркуляция

- - Основой зоны микроциркуляции является капилляр. Количество капилляров - 40 миллиардов.
- - В условиях физиологического покоя открыта часть капилляров. В активно работающих мышцах плотность сети капилляров увеличивается. Их количество возрастает в 2-3 раза при рабочей гиперемии. Наоборот, при максимальном напряжении кислорода в тканях все обменные капилляры закрываются и кровь течет через артериоловеноулярные шунты.
- - скорость движения крови в капиллярах составляет 1 мм/с

# Классификация капилляров по строению стенки:



- **Капилляры с непрерывной стенкой** (гладкие мышцы, скелетные мышцы, сердечная мышца, сосудистая ткань, легкие, ЦНС).
- **Капилляры с фенестрами** (почечные клубочки, слизистая кишечника).
- **Капилляры с прерывистой стенкой** (костный мозг, печень, селезенка).

# Движение крови в микрососудах

Диаметр капилляра от 4 до 20 мкм, но обычно 7-8 мкм.

В обычных капиллярах скорость движения крови составляет 0,5 - 1,0 мм/с, в плазматических капиллярах (капилляры малого диаметра, в которые не поступают форменные элементы) она может возрасти до 2 мм/с.

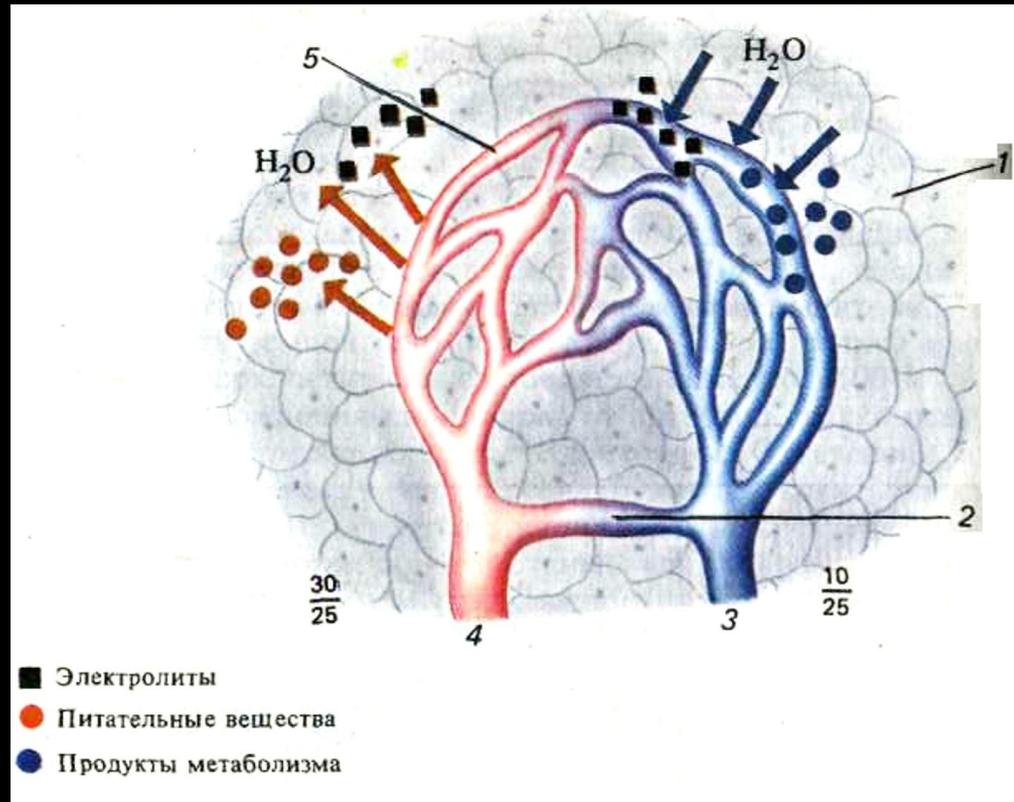
# Транскапиллярный обмен обеспечивается:

1. диффузией,
2. фильтрацией,
3. реабсорбцией,
4. ПИНОЦИТОЗОМ

# Фильтрация и реабсорбция зависят:

- от гидростатического давления в капиллярах,
- от гидростатического давления тканевой жидкости,
- от онкотического давления плазмы,
- от онкотического давления тканевой жидкости.

# Обмен веществ в пределах микроциркуляторного русла



цифрами показано изменение соотношений гидростатического (числитель) и онкотического (знаменатель) давлений (мм рт.ст.).

Скорость транспорта в проксимальном отделе положительна - идёт процесс фильтрации под действием фильтрационного давления величиной в 8,5 мм рт.ст.

Скорость транспорта в дистальном отделе имеет отрицательное значение - идёт процесс реабсорбции под действием реабсорбционного давления величиной в 6 мм рт.ст.

# Регуляция капиллярного кровотока:

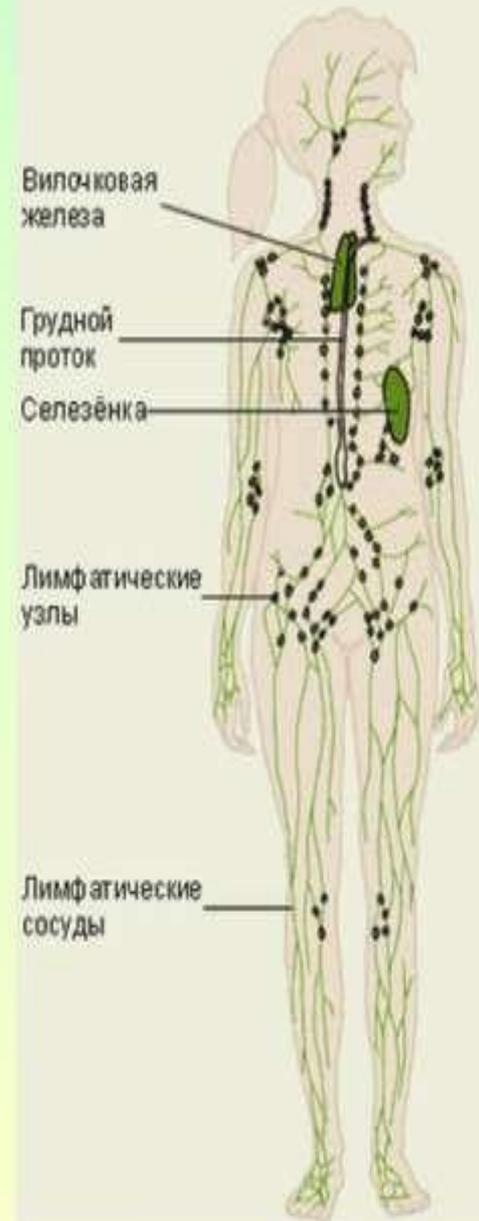
1. Общесистемная
2. Местная (гистамин и кинины – вазодилататоры, серотонин и ангиотензин – вазоконстрикторы)
3. Саморегуляция

# Основная функция лимфатической системы

состоит в транспорте из тканей в кровеносное русло жидкости. Из лимфатических капилляров лимфа собирается в лимфатические сосуды, в них имеются клапаны, препятствующие обратному току жидкости, они могут сокращаться. В лимфатической системе имеются обезвреживающие барьеры - лимфатические узлы. В них лимфа обогащается лимфоцитами.

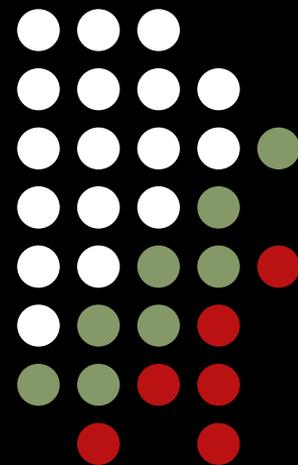
В движении лимфы значительную роль играют ритмичные сокращения стенок лимфатических сосудов. Некоторые из них могут спонтанно сокращаться с частотой 8-10 за 1 мин. Волна сокращений продольной и циркулярной мускулатуры распространяется в центральном направлении и проталкивает лимфу через клапаны, которые поочередно открываются и закрываются.

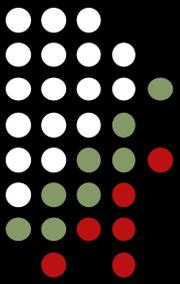
На движение лимфы сосудами существенное влияние имеет сокращение скелетных мышц, которые окружают лимфатические пути. Лимфооток способствует изменению внутрибрюшного давления, движение органов пищеварения, а также дыхательные движения, которые вызывают расширение грудного пролива при вдохе и сжатия ее при выдохе.



Лимфатическая система

# Регуляция системного кровообращения

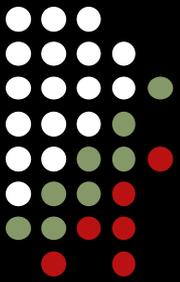




Центральная регуляция направлена на поддержание градиента давления необходимого для нормального кровотока.

Это обеспечивается за счет сочетанного изменения сердечного выброса и периферического сопротивления сосудов.

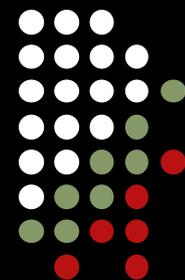
# Регуляция кровообращения



- - Миогенная саморегуляция: повышение внутрисосудистого давления увеличивает тонус сосуда. При снижении давления происходит обратное снижение тонуса.
- - Снижение уровня кислорода или рН, повышение уровня углекислого газа кислорода приводит к расширению сосудов и увеличению кровотока в органе.

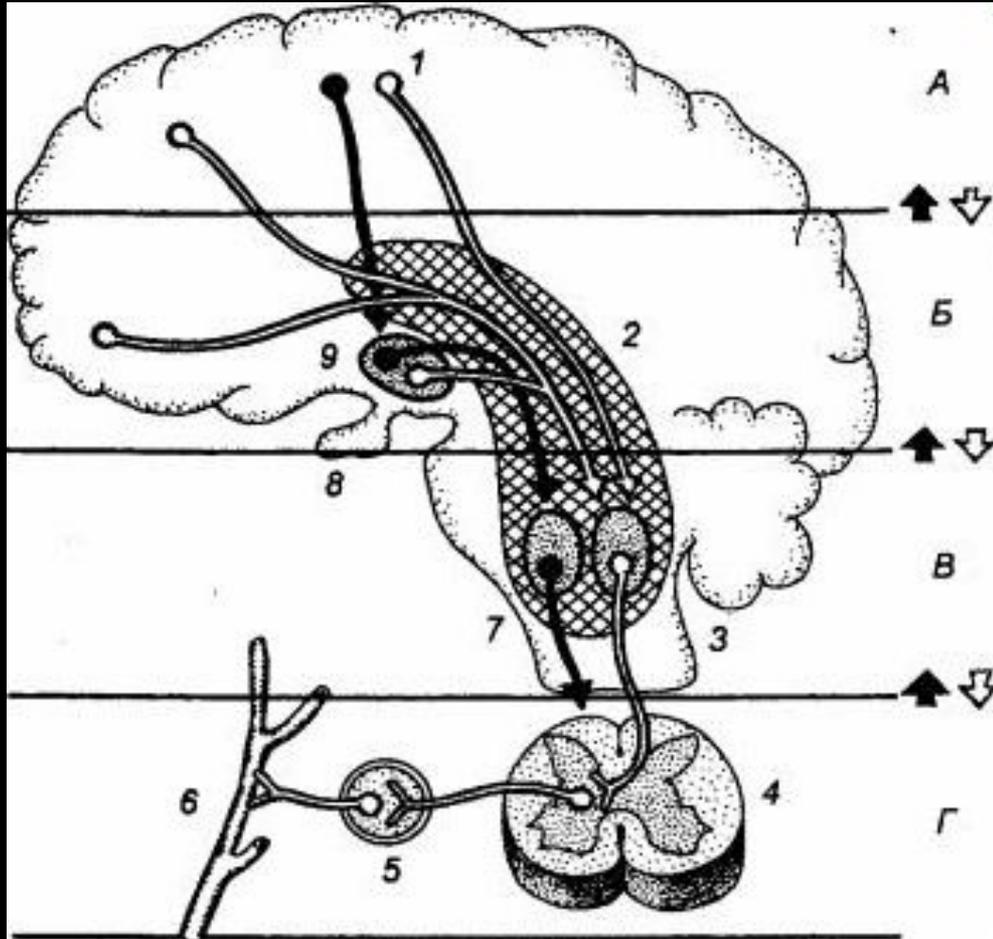
- - Нервная регуляция местного кровотока (симпатическая и парасимпатическая).
- - Влияние гормонов и БАВ (адреналин, вазопрессин - сосудосуживающий эффект и т.п.)

# Уровни регуляции:



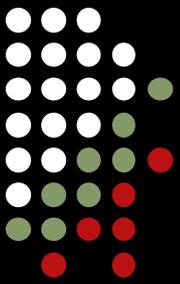
1. Центральная регуляция системной гемодинамики:
  1. прессорные и депрессорные рефлексy (активация или торможение симпатoadреналовой системы)
  2. гуморальная регуляция
2. Местная регуляция регионарной микроциркуляции:
  1. миогенная регуляция,
  2. гуморальная регуляция

# Компоненты сосудодвигательного (вазомоторного) центра



А — корковое представительство сосудодвигательного центра;  
Б — центры гипоталамуса;  
В — бульбарный центр;  
Г — центры спинного мозга (боковые рога).

1 — кора больших полушарий,  
2 — ретикулярная формация,  
3 — сосудодвигательный центр,  
4 — спинной мозг,  
5 — симпатический ганглий,  
6 — кровеносные сосуды,  
7 — продолговатый мозг,  
8 — гипофиз,  
9 — гипоталамус.



# КОРА

обеспечивает условнорефлекторные адаптивные реакции ССС

# ГИПОТАЛАМУС

обеспечивает безусловнорефлекторные адаптивные реакции ССС (передний гипоталамус - депрессорные зоны), задний гипоталамус - прессорные зоны)

# Продолговатый мозг

Обеспечивает саморегуляцию ССС и предохраняет АД от резких колебаний.

На дне 4 желудочка - сосудодвигательный центр, открытый Овсянниковым.

Перерезка выше четверохолмия – АД не изменяется.

Перерезка между продолговатым и спинным мозгом – АД падает до 60 -70 мм рт.ст.

# Спинной мозг

Обеспечивает эфферентную иннервацию сосудов и подчинен вышеразмещенным центрам

# Сосудодвигательный центр

находится в состоянии тонической активности  
Состоит из прессорного и депрессорного отделов,  
которые находятся в реципрокных отношениях.



# Вегетативная нервная система

Вегетативные нервы иннервируют все кровеносные сосуды кроме капилляров.

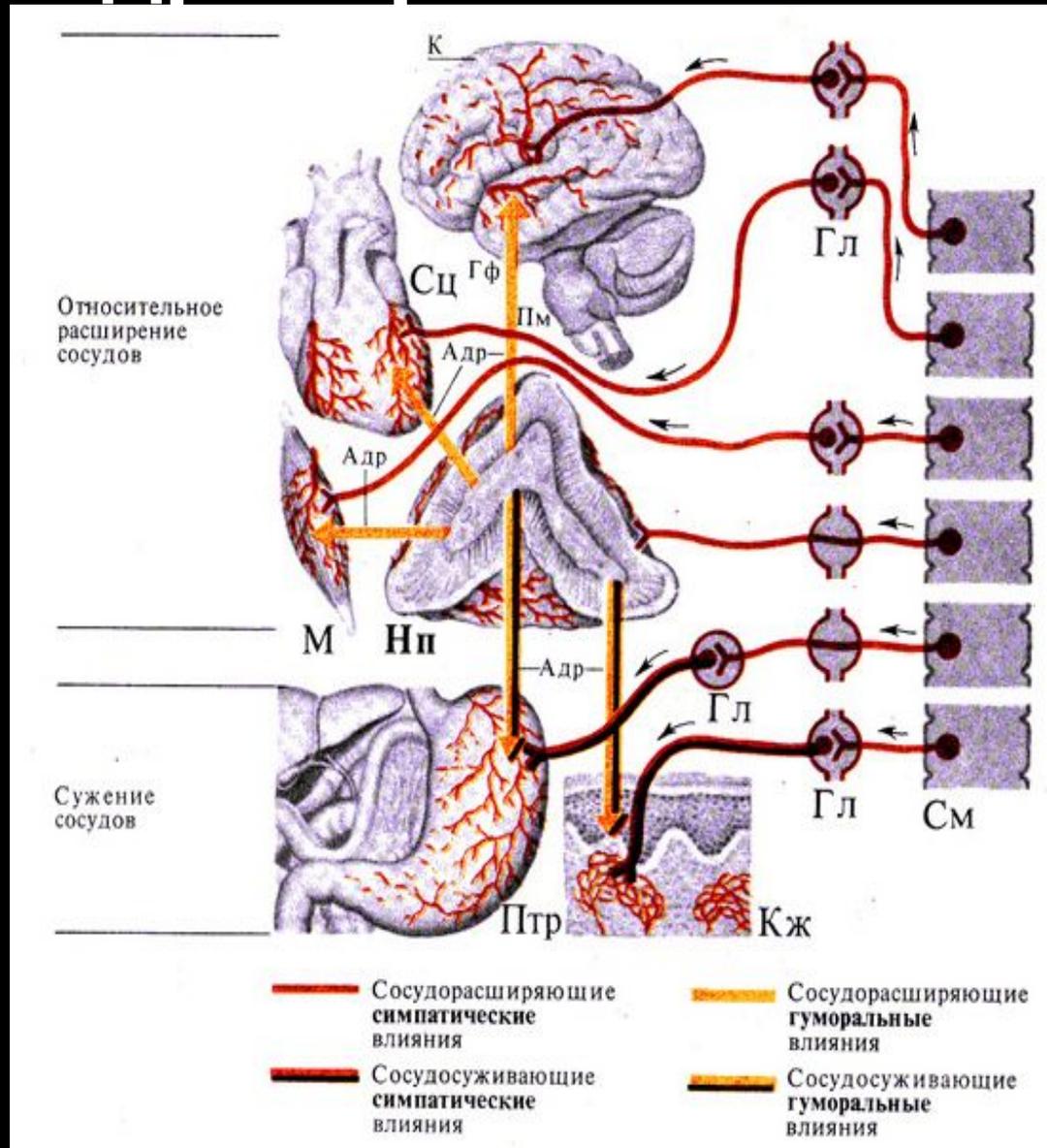
Сосудодвигательные волокна обильно иннервируют мелкие артерии и артериолы кожи, скелетных мышц, почек и брюшной области.

Иннервация вен соответствует иннервации артерий, хотя в целом плотность её в венах ниже.

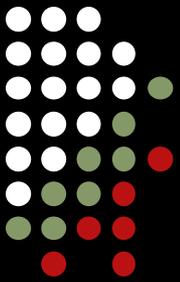
# Симпатические адренэргические волокна

являются вазоконстрикторами по отношению к сосудам кожи и ЖКТ.

Сосуды головного мозга, скелетных мышц, сердца на симпатическую стимуляцию или не реагируют, или расширяются.



# Парасимпатические холинэргические волокна



менее распространены. Они обеспечивают вазодилатацию наружных половых органов при половом возбуждении, расширение сосудов мягкой мозговой оболочки.

# Миогенный базальный тонус

В отсутствии сосудосуживающих влияний тонус сосудов определяется миогенным базальным тонусом. Этот тонус обусловлен свойством ГМК сосудов спонтанно сокращаться. На базальный тонус накладывается влияние СНС, что проявляется в тонусе покоя.

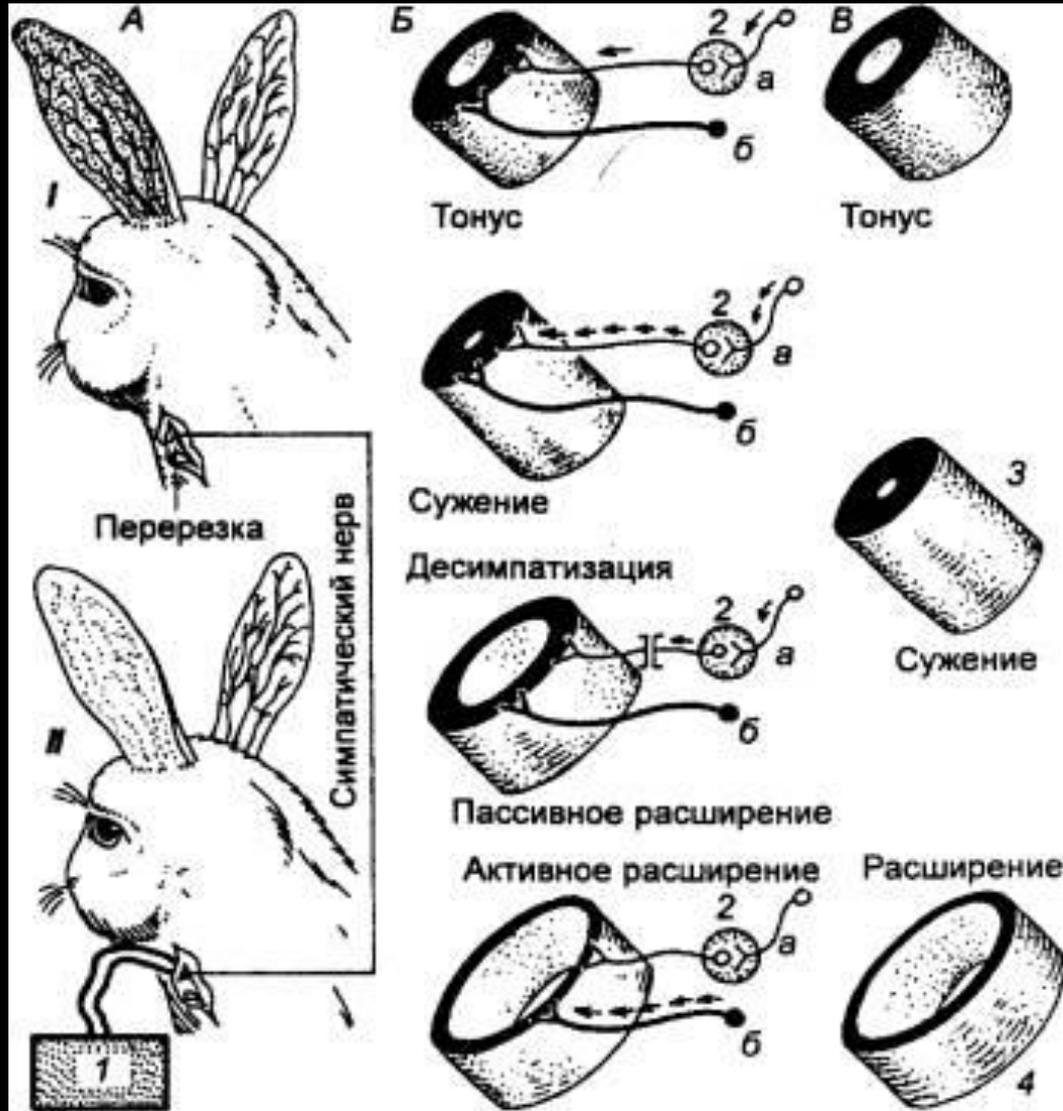
# Сосудистый тонус покоя

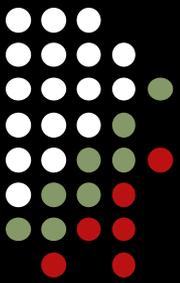
Поддерживается постоянной импульсацией от симпатических вазоконстрикторов (1-3 имп./сек)

При частоте импульсации 10 имп./сек наблюдается максимальное сужение сосудов. Уменьшение импульсации приводит к вазодилатации. Благодаря этому сосудистый тонус может регулироваться без вазодилататоров.

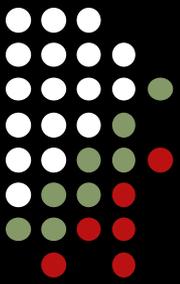
В случае денервации (при спинномозговой анестезии, воздействии ганглиоблокаторами, симпатэктомии) наблюдается падение тонуса сосудов – падение АД.

Через несколько дней тонус начинает увеличиваться вследствие увеличения количества адренорецепторов и чувствительности к А и НА





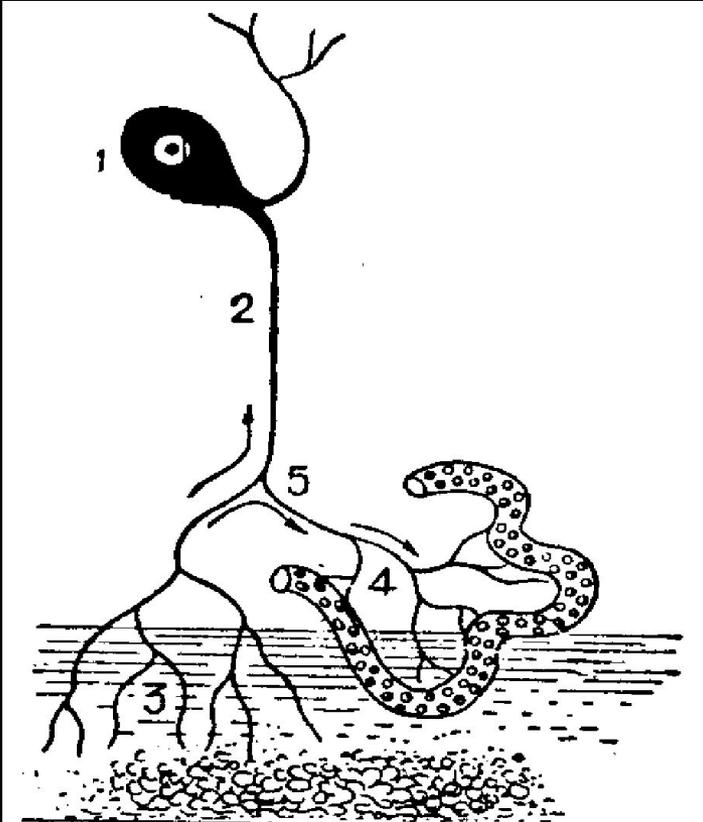
У некоторых животных (кошки и собаки) имеются симпатические холинергические вазодилататоры. Их раздражение приводит к расширению сосудов скелетных мышц. Возникает это при страхе, ярости, боли. Предполагают, что такие волокна есть и у человека.



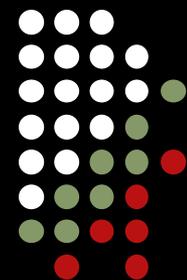
У некоторых животных (кошки и собаки) имеются симпатические холинергические вазодилататоры. Их раздражение приводит к расширению сосудов скелетных мышц. Возникает это при страхе, ярости, боли. Предполагают, что такие волокна есть и у человека.

# Аксон-рефлекс

Это местная ответная реакция ткани на раздражитель без участия ЦНС: возбуждение интероцептора является стимулом к локальному выделению нейропептидов из его терминалей.



При наличии коллатерали по ходу сенсорного волокна возбуждение может перейти на коллатераль аксона, и вызвать выделение нейропептидов.



# РЕГУЛЯЦИЯ СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ

В зависимости от скорости развития адаптивных процессов механизмы регуляции системной гемодинамики различают на:

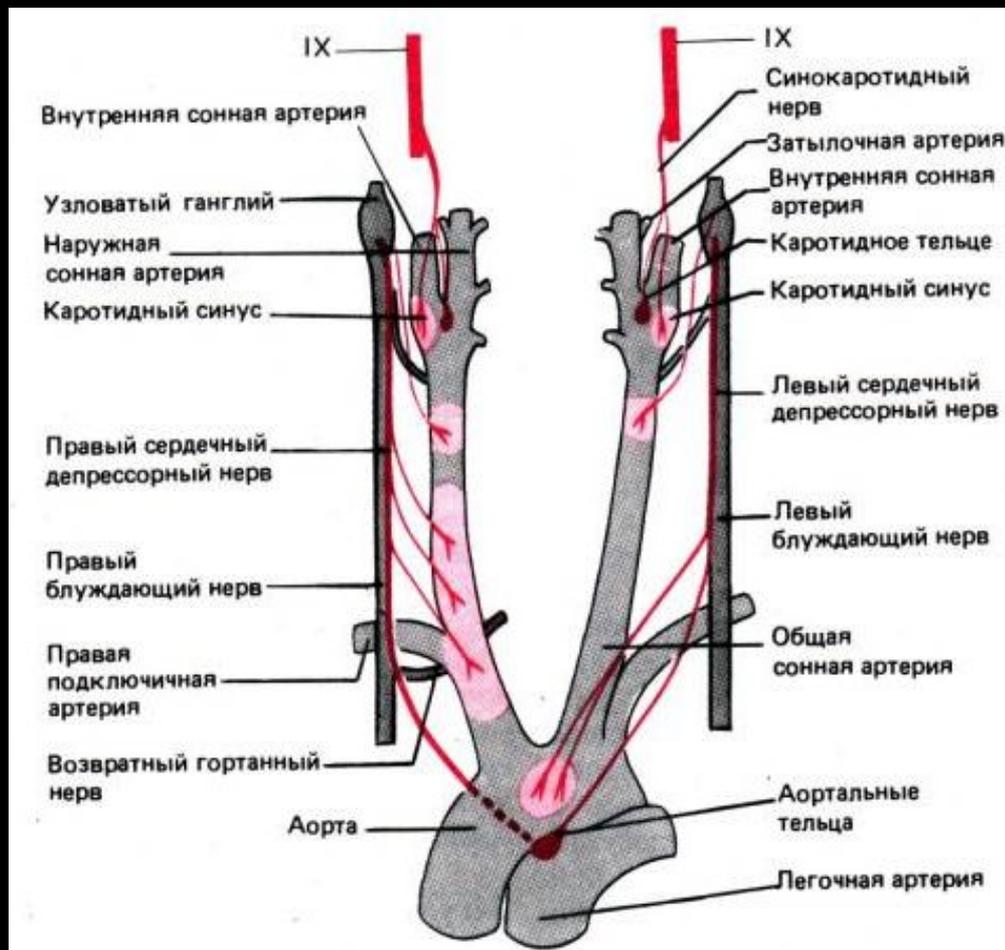
1. кратковременного действия,
2. промежуточного действия,
3. длительного действия

Кратковременные по времени действия механизмы развиваются в течение нескольких секунд и обеспечивают срочные адаптивные реакции.

Они обеспечиваются сосудодвигательными реакциями и изменениями работы сердца.

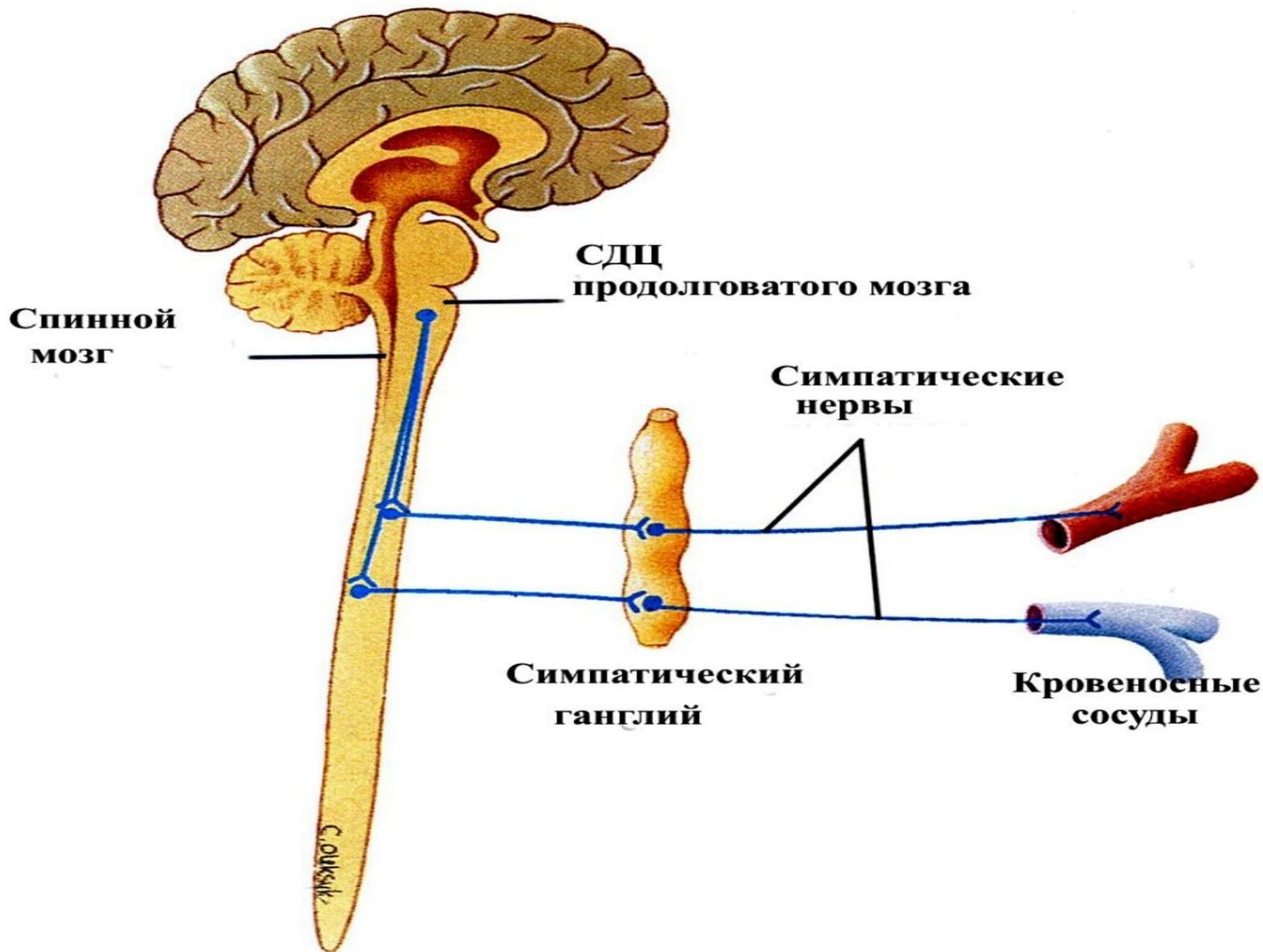
К ним относятся:

- барорецептивные рефлексy,
- рефлексy при раздражении рецепторов предсердий,
- реакции на ишемию ЦНС,
- эффекты адреналина и норадреналина.

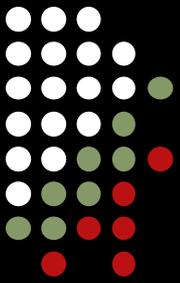


Расположение барорецепторов в аорте и сонной артерии. Области расположения барорецепторов показаны розовым цветом, а чувствительные волокна от этих рецепторов—красными линиями.

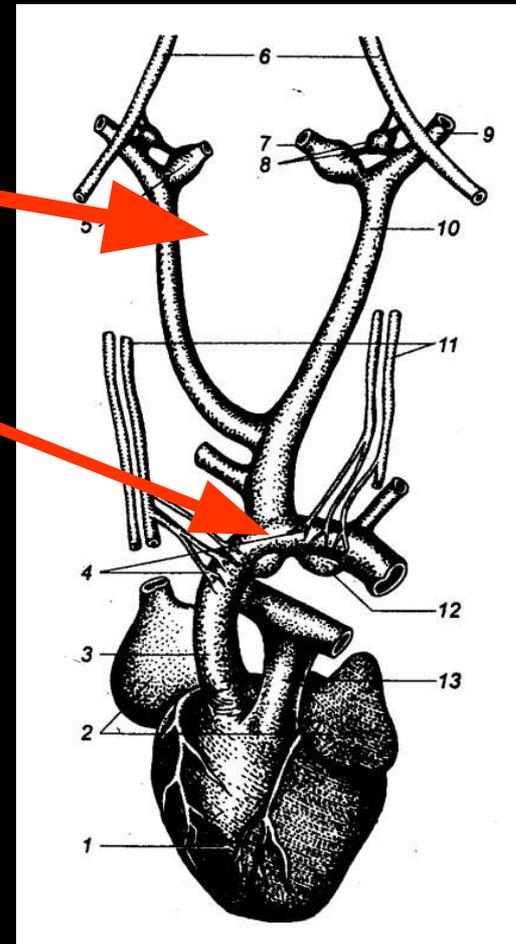
# Регуляция тонуса сосудов



# Сосудодвигательные реакции



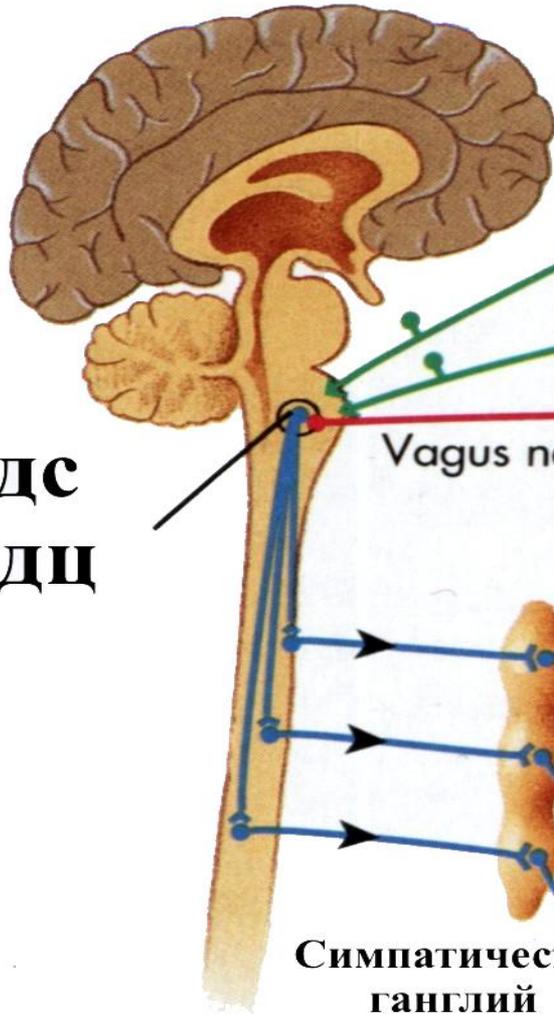
- *Основные барорецепторы и хеморецепторы расположены в каротидном синусе и дуге аорты*
- В ответ на увеличение давления тонус симпатических вазоконстрикторов уменьшается, увеличивается тонус ядер вагуса. Работа сердца уменьшается, падает тонус сосудов. Снижение артериального давления приводит к обратному эффекту.
- Раздражителями хеморецепторов являются снижение рН, O<sub>2</sub>, увеличение CO<sub>2</sub>. При их возбуждении наблюдается снижение частоты сокращений сердца и увеличение сосудистого тонуса, величина артериального давления возрастает.



- Импульсация от барорецепторов тормозит сосудосуживающий центр и возбуждает центр блуждающего нерва → расширение просвета артериол, уменьшение частоты и силы сердечных сокращений (снижение АД).
- Низкое АД оказывает противоположное действие.
- Барорецепторы более чувствительны к изменениям давления, чем к его стабильному уровню.

# Влияние барорецепторов

Цдс  
Сдц



Glossopharyngeal nerve

Vagus nerve

Vagus nerve (parasympathetic)

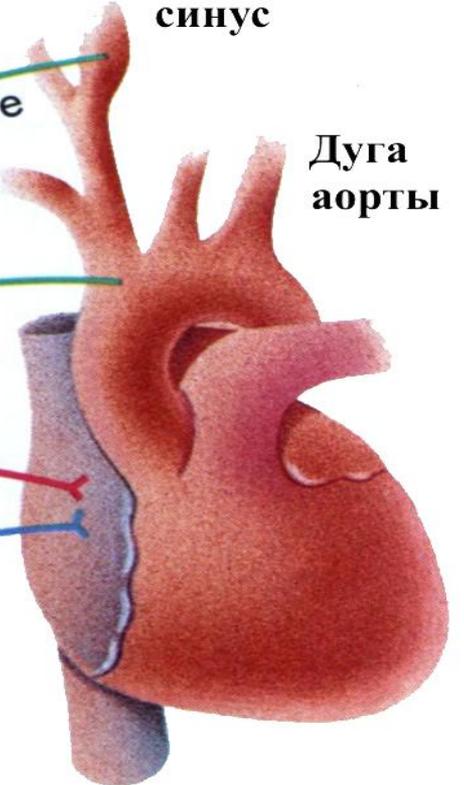
Симпатические  
нервы

Симпатический  
ганглий

Кровеносные сосуды

Каротидный  
синус

Дуга  
аорты



# Рефлексы при раздражении рецепторов предсердий

Раздражение рецепторов типа **A** (возбуждаются при сокращении мускулатуры предсердий) приводит к увеличению симпатического тонуса и усилению работы сердца (рефлекс Бейнбриджа).

Раздражение рецепторов типа **B** (возбуждаются при пассивном растяжении предсердий - увеличении внутрипредсердного давления) вызывает снижение симпатического тонуса и увеличение парасимпатического.

# Рефлексы при раздражении хеморецепторов сосудов

Основные расположены в дуге аорты и каротидном синусе. Раздражителями являются снижение  $pH$ ,  $pO_2$ , увеличение  $pCO_2$ . При их возбуждении наблюдается снижение ЧСС и увеличение сосудистого тонуса. Сосудистые эффекты преобладают над сердечными и величина артериального давления возрастает.

# Влияние хеморецепторов

Цдс  
Сдс

Увеличение  
симпатической  
импульсации

Симпатический  
ганглий

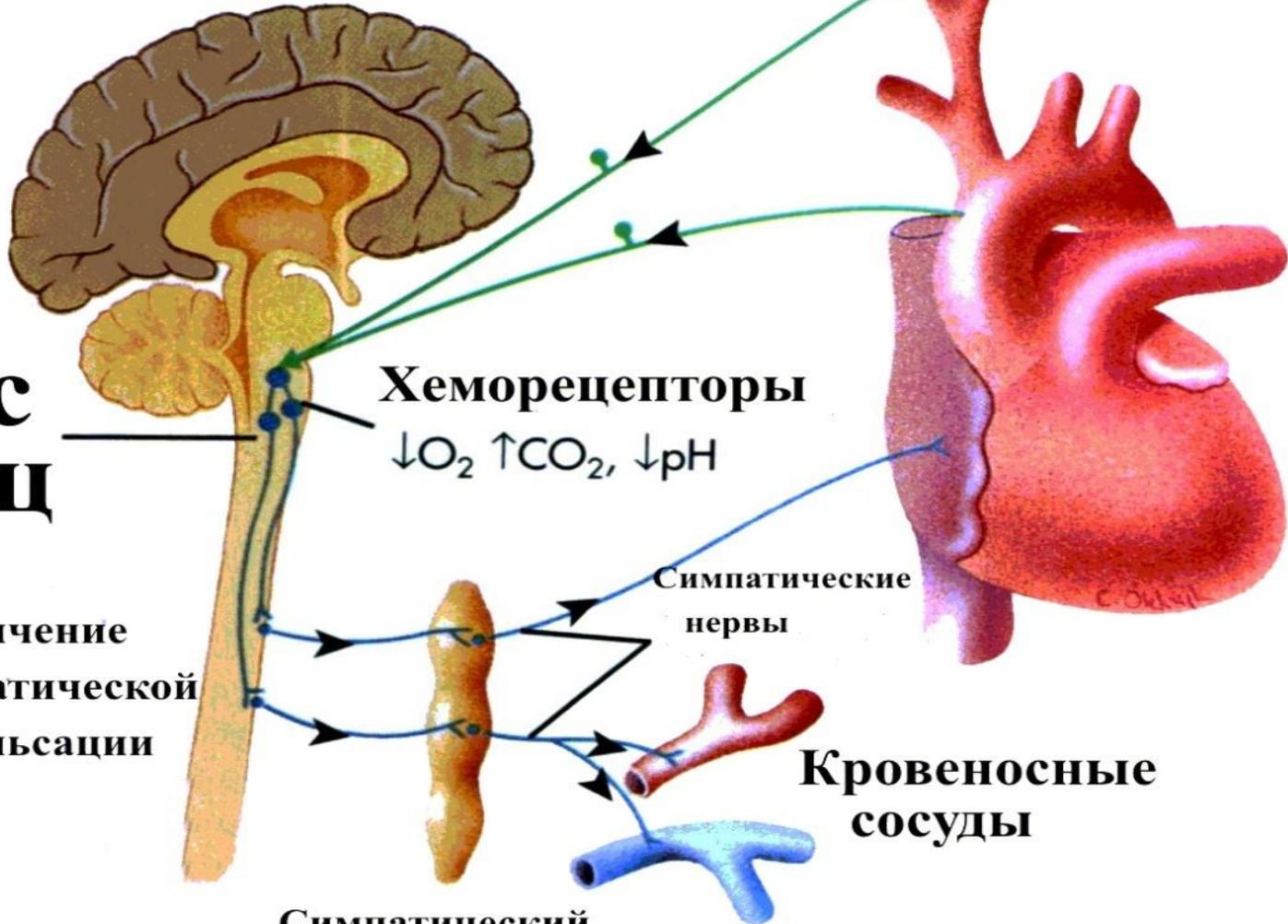
Хеморецепторы  
 $\downarrow O_2$   $\uparrow CO_2$ ,  $\downarrow pH$

Симпатические  
нервы

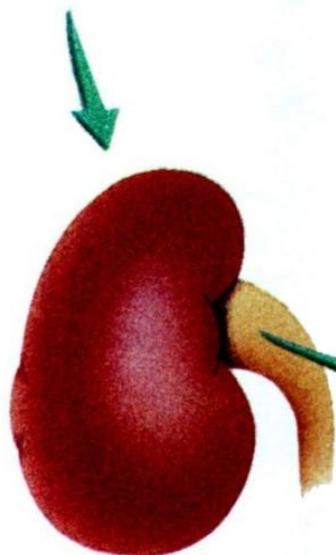
Кровеносные  
сосуды

Каротидный  
синус

Дуга  
аорты

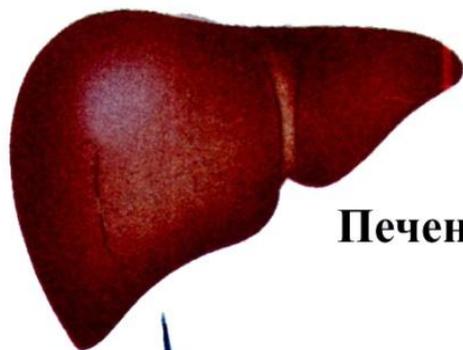


Уменьшение АД



Почка

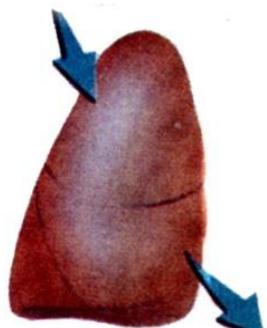
Ренин



Печень

Ангиотензиноген

Ангиотензин-1



Лёгкое

Ангиотензин-2

Стабилизация АД

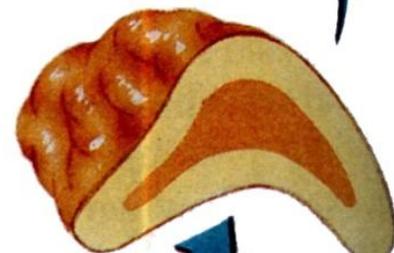
АД



Почка

Альдостерон

Увеличение АД



Кора

надпочечника

**Рениновая  
система  
регуляции АД**

Регуляторные механизмы длительного действия развиваются в течение нескольких десятков минут, достигают максимума через несколько часов, обеспечивают компенсацию изменения давления в течение неограниченного времени.

Они на системном уровне изменяют объем внеклеточной жидкости путем изменения её потребления и выделения почками.

К ним относят:

1. - почечную регуляцию объёма жидкости в организме,
2. - эффекты вазопрессина и альдостерона,
3. - эффекты предсердных гормонов.

Важный механизм местной  
долговременной регуляции - васкуляризация.

# Почечная регуляция объема жидкости в организме

Почечные механизмы саморегуляции поддерживают постоянство кровотока при колебаниях артериального давления от 90 до 180 мм рт.ст.

Увеличение давления выше 180 мм рт. ст. на 8-10 мм рт.ст. увеличивает экскрецию воды в 8 раз. Падение артериального давления ниже 90 мм рт. ст. резко уменьшает диурез, вплоть до его полного торможения.

# Эффекты вазопрессина и альдостерона

Вазопрессин (АДГ) выделяется при активации осморецепторов гипоталамуса, а уменьшается при раздражении прессорецепторов предсердий. АДГ увеличивает реабсорбцию воды в почках, а в больших концентрациях вызывает вазоконстрикцию.

Альдостерон выделяется при увеличении в крови ангиотензина II и снижении концентрации натрия в организме. Способствует реабсорбции натрия и воды в почках, увеличивает чувствительность сосудов к адреналину, норадреналину и ангиотензину II.

# Натрий-уретический фактор

- увеличивает экскрецию натрия с мочой, а, соответственно, и воды,
- расширяет артерии и артериолы,
- угнетает секрецию ренина и альдостерона,
- снижает чувствительность  $\alpha$ -адренорецепторов,
  - уменьшает выделение адреналина и норадреналина,
  - коронарная вазоконстрикция.

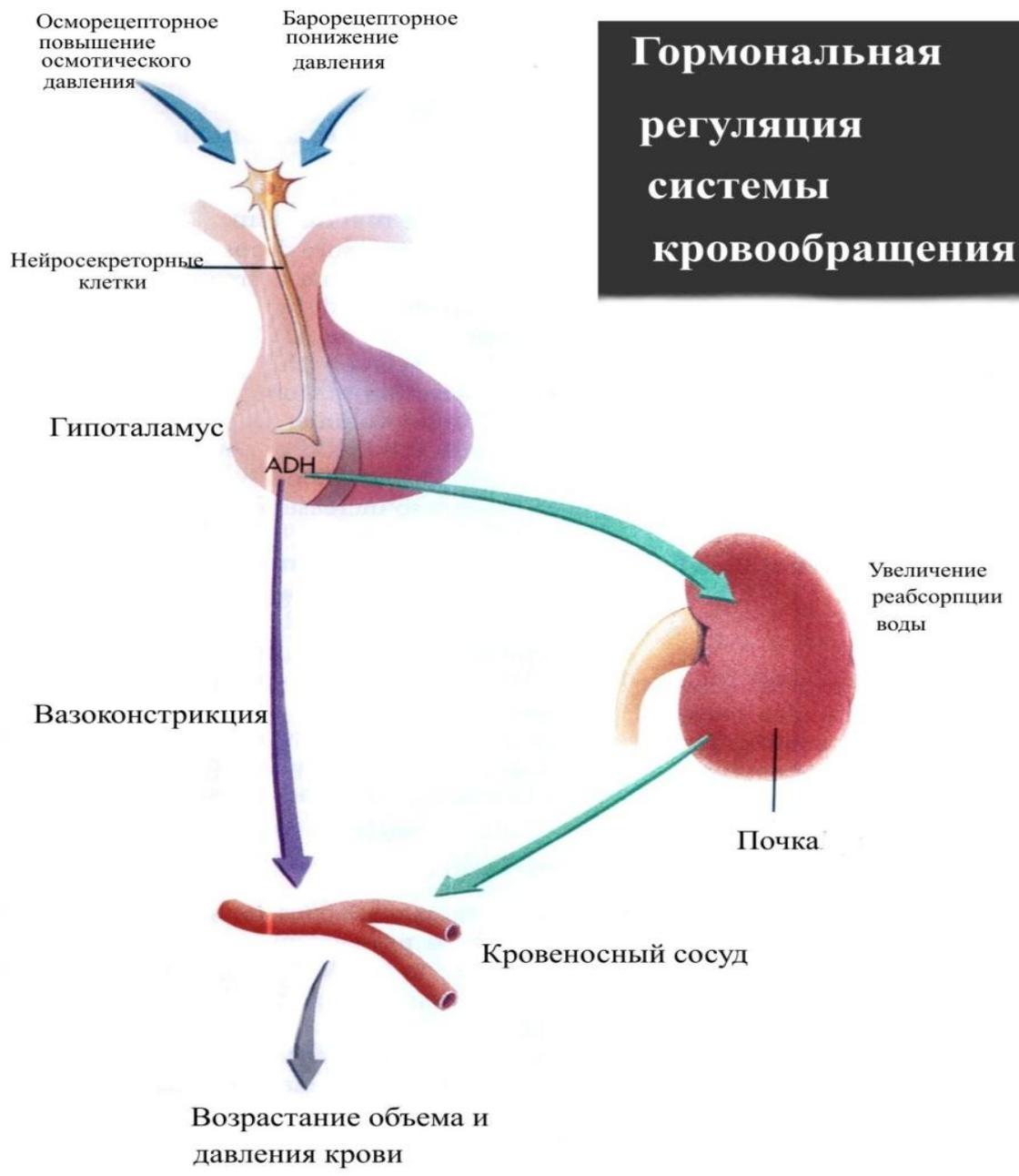
# Васкуляризация- формирование НОВЫХ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ.

Длительная активизация метаболических процессов в ткани вызывает усиленную васкуляризацию ткани; если же уровень метаболизма снижается, количество кровеносных сосудов в ткани уменьшается.

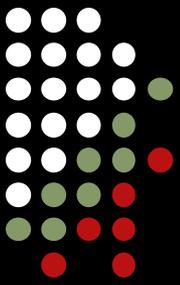
# ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ



# Гормональная регуляция системы кровообращения



# Гормоны регулирующие ТОНУС СОСУДОВ



Вазопрессин - суживает артериолы и прекапилляры.

Ангиотензин II - вызывает мощную сосудосуживающую реакцию.

Адреналин и норадреналин

Альдостерон - усиливает реабсорбцию натрия и повышает реактивность сосудов к адреналину и норадреналину.

Тироксин - увеличивает реактивность сосудов к катехоламинам.

Глюкагон - вызывает расширение сосудов.

# Эффекты тканевых гормонов

Кинины, гистамин, панкреозимин, секретин - расширяют сосуды.

Серотонин в малых дозах расширяет, а в больших - суживает сосуды.

Простагландины - расширяют или суживают.

# Продукты метаболизма

$\text{CO}_2$  местно умеренно расширяет сосуды, а в мозге сосудорасширяющее действие особенно отчётливо.

$\text{CO}_2$  активирует сосудодвигательный центр и общее сужение сосудов во всех областях тела.

$\text{АДФ}$  и  $\text{АМФ}$  и  $\downarrow \text{pO}_2$  вызывают вазодилатацию. Тканевой кровоток усиливается, поступление  $\text{O}_2$  возрастает.

# Эндотелиальные регуляторы

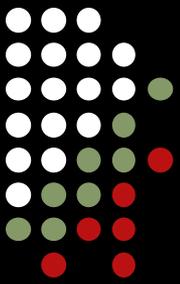
Простациклин – вазодилатация (образуется эндотелиальными клетками).

Тромбоксан  $A_2$  – вазоконстрикция (выделяется из тромбоцитов).

Оксид азота (NO) вазодилатация (активирует гуанилатциклазу, синтезируется эндотелиальными клетками).

Эндотелин 1 – вазоконстрикция (синтезируется эндотелиальными клетками (в особенности эндотелием вен, коронарных артерий и артерий мозга)).

# Действие ионов

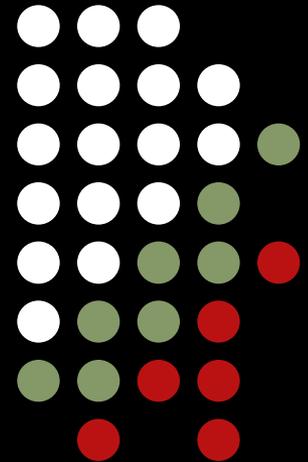


на сосуды — результат их действия на сократительный аппарат ГМК.

Особенно важна роль ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , вызывающих вазоконстрикцию в результате стимуляции сокращения ГМК.

# Рефлекторная регуляция кровотока

---



# Рефлекс Китаева или вено-пульмональный

повышение давления в легочных венах

→ активация депрессорного центра,

→ расслабление сосудов большого круга кровообращения.

# Рефлекс Парина

повышение АД в легочных артериях до 60 мм рт.ст.

- возбуждение депрессорного центра мозга,
- ↓ ЧСС
- снижение АД в большом круге кровообращения
- переброс крови из малого круга в большой круг кровообращения.

# Рефлекс Гауэра-Генри

растяжение левого предсердия

- снижается продукция АДГ,
- увеличение клубочковой фильтрации и уменьшение реабсорбции,
- повышение диуреза,
- уменьшение ОЦК,
- снижение АД.

# Рефлекс Кушинга (реакция Кушинга)

Если внутричерепное давление повышается и становится равным АД, то в полости черепа сдавливаются артерии и возникает ишемия.

→ Ишемия вызывает повышение АД, и кровь снова поступает в мозг, преодолевая сдавливающее действие повышенного внутричерепного давления.

Одновременно с повышением давления ↓ частота сердцебиения и дыхания из-за возбуждения центра блуждающего нерва.