

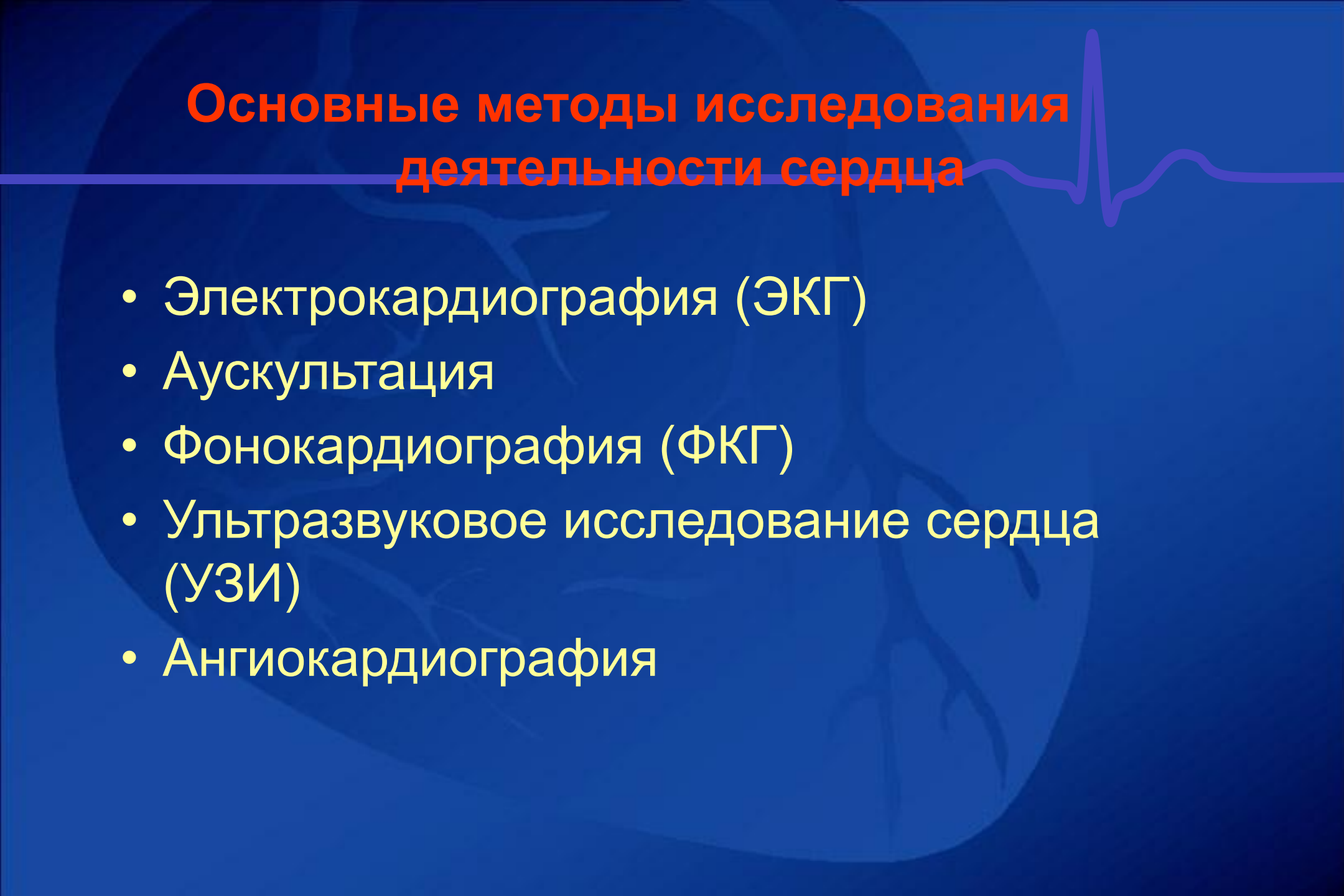
# ТЕМА ЛЕКЦИИ:



**“Методы исследования  
деятельности сердца.**

**Регуляция гемодинамики,  
артериального давления и  
регионарного  
кровообращения”**

# Основные методы исследования деятельности сердца



- Электрокардиография (ЭКГ)
- Аускультация
- Фонокардиография (ФКГ)
- Ультразвуковое исследование сердца (УЗИ)
- Ангиокардиография

## Электрокардиограмма.

- **Электрокардиограмма** – это биопотенциалы сердца, записанные с помощью электрокардиографа.

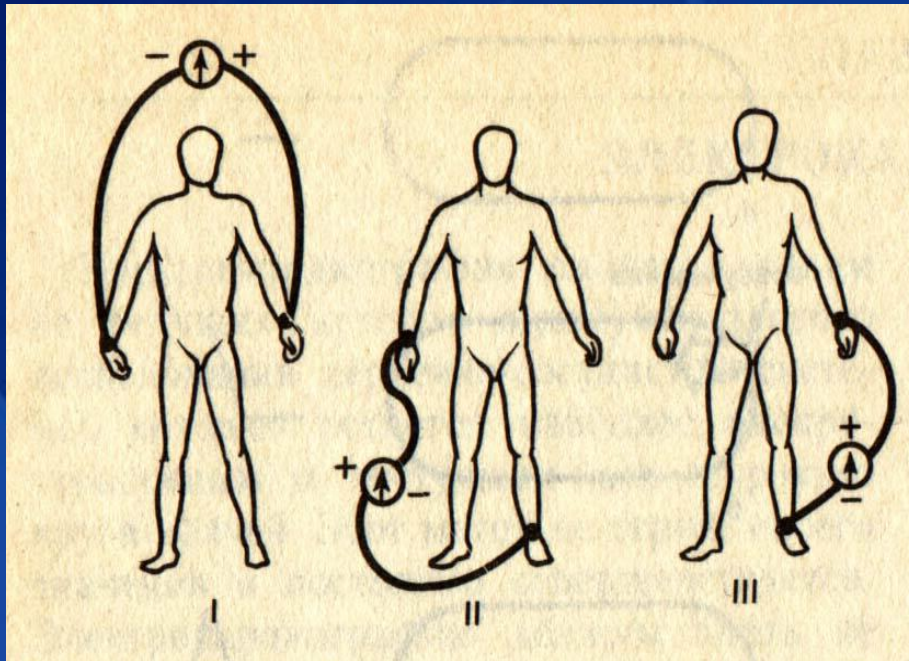
В работающем сердце создаются условия для возникновения электрического тока. Во время систолы предсердия становятся электроотрицательными по отношению к желудочкам, находящимся в это время в фазе диастолы. Таким образом, при работе сердца возникает разность потенциалов.

## Основные части электрокардиографа



- Гальванометр
- Система усиления
- Регистрирующее устройство
- Переключатель отведений

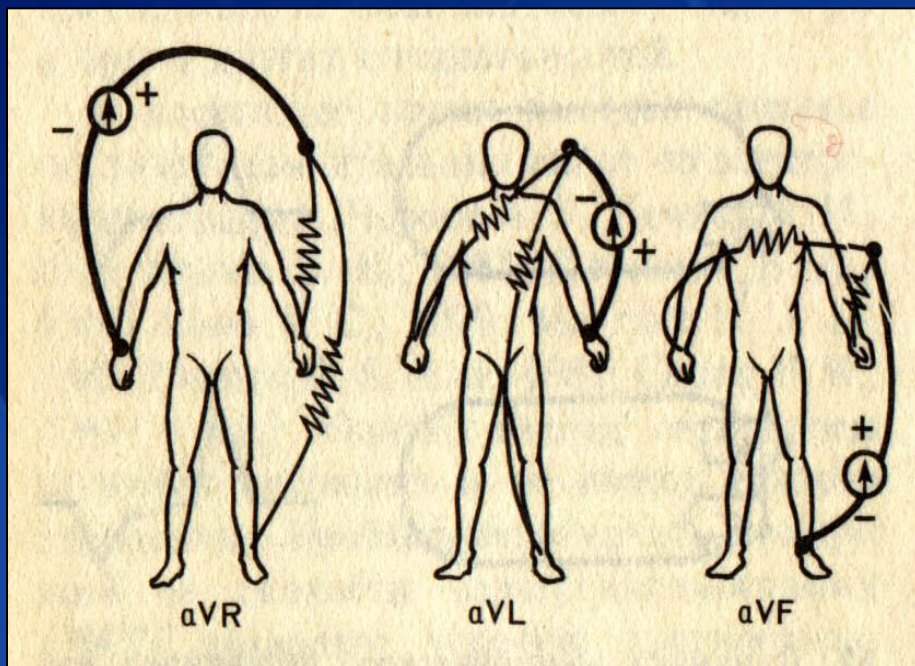
## Стандартные отведения от конечностей:



- I отведение: левая рука (+) и правая рука (-)
- II отведение: левая нога (+) и правая рука (-)
- III отведение: левая нога (+) и левая рука (-)

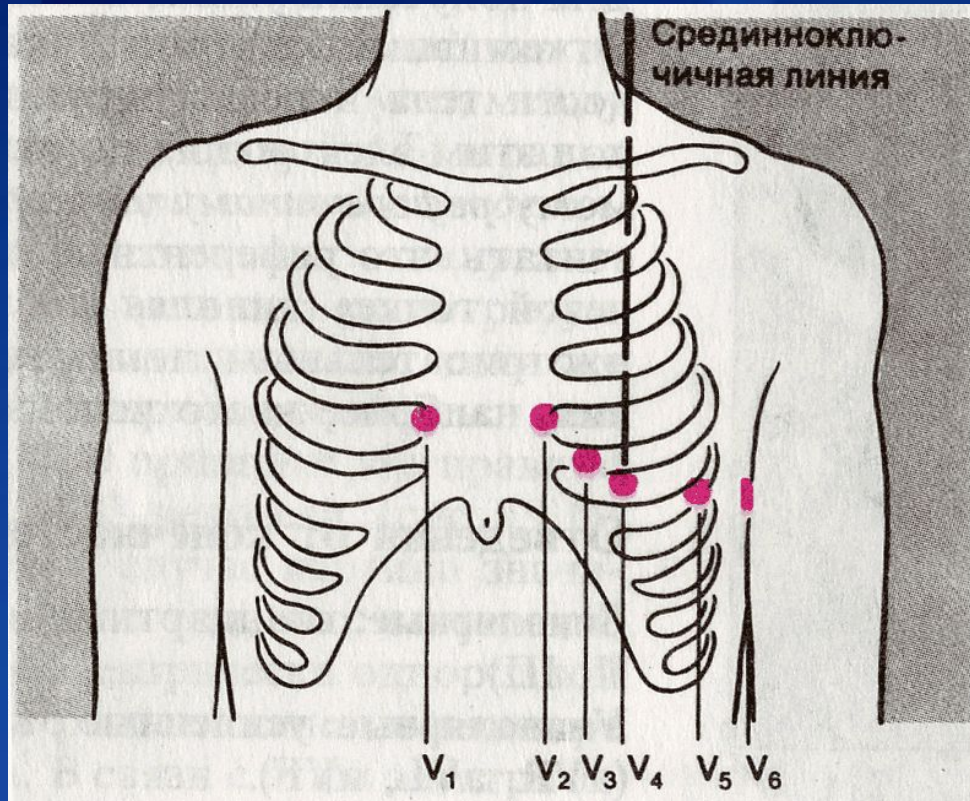


## Усиленные отведения от конечностей:



- Регистрируют также усиленные отведения от конечностей: aVR - от правой руки, aVL - от левой руки и aVF - от левой ноги.

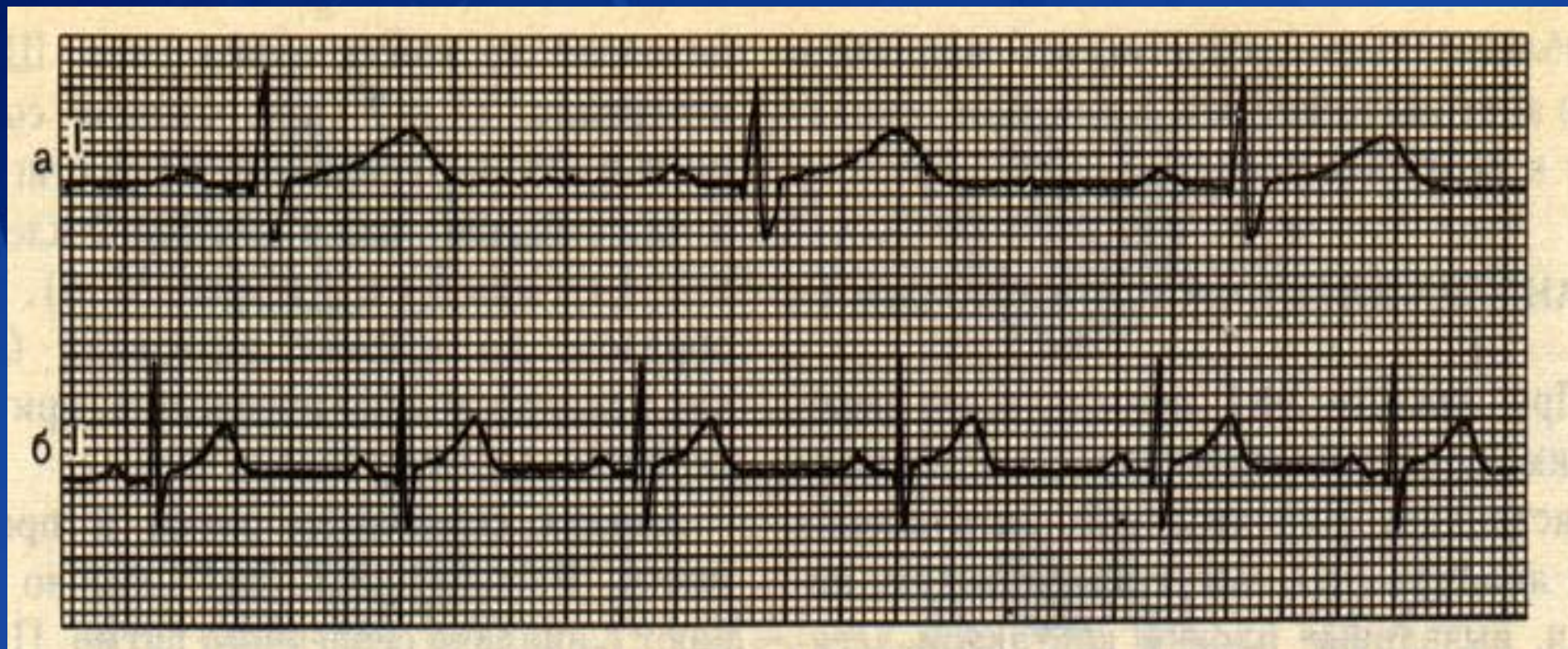
# Грудные отведения $V_1-V_6$



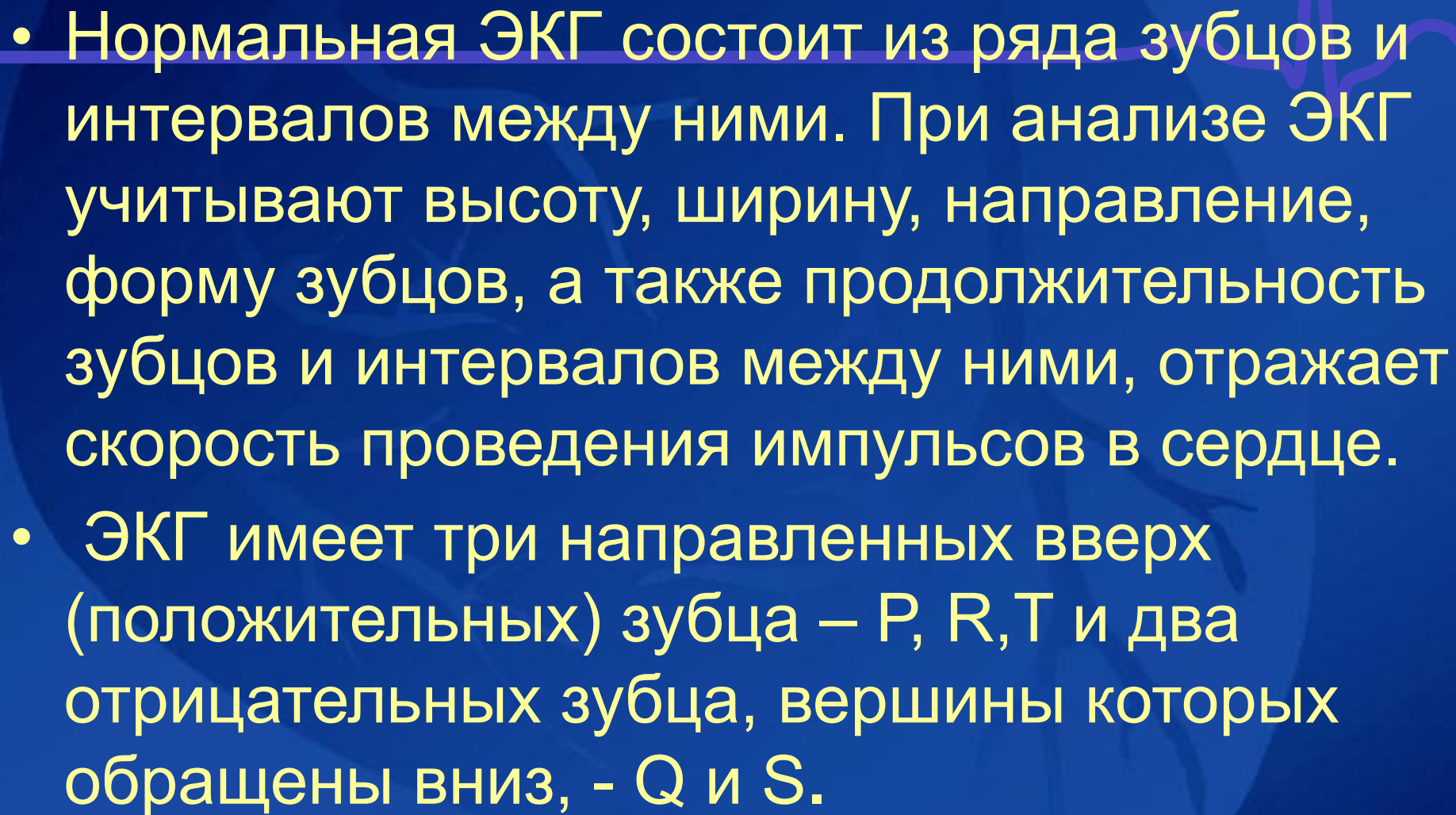
- $V_1$  – в 4-ом межреберье у правого края грудины;
- $V_2$  – в 4-ом межреберье у левого края грудины;
- $V_3$  – посередине между точками  $V_2$ -  $V_4$
- $V_4$  – в 5-ом межреберье по левой срединно-ключичной линии;
- $V_5$  – на уровне отведения  $V_4$  по левой передней аксиллярной линии;
- $V_6$  – на том же уровне по средней передней аксиллярной линии;



ЭКГ, снятая при скорости движения ленты 50 мм/с и 25 мм/с





- 
- Нормальная ЭКГ состоит из ряда зубцов и интервалов между ними. При анализе ЭКГ учитывают высоту, ширину, направление, форму зубцов, а также продолжительность зубцов и интервалов между ними, отражает скорость проведения импульсов в сердце.
  - ЭКГ имеет три направленных вверх (положительных) зубца – P, R, T и два отрицательных зубца, вершины которых обращены вниз, - Q и S.



**Зубец P** – характеризует возникновение и распространение возбуждения в предсердиях.

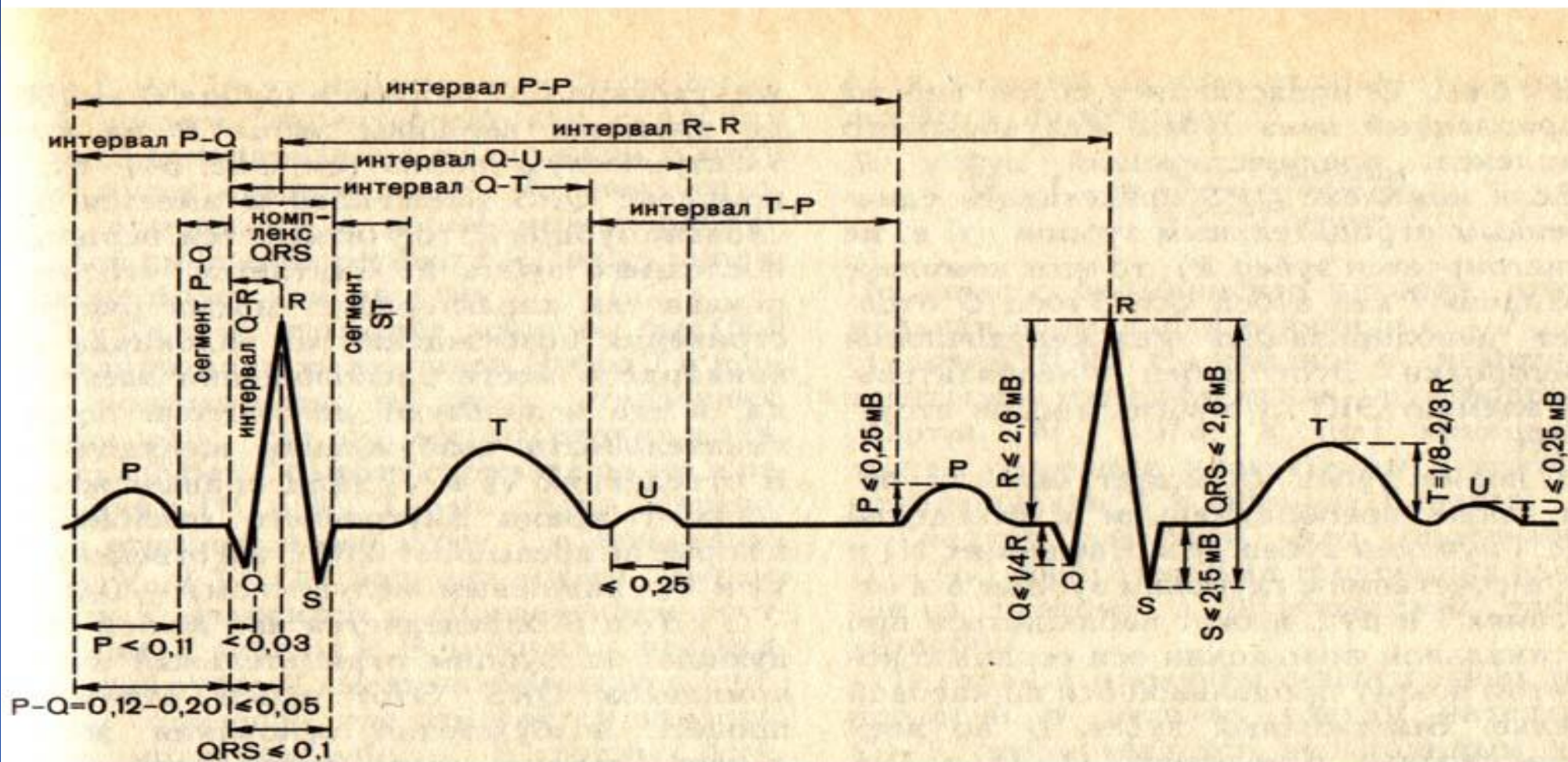
**Зубец Q** – отражает возбуждение межжелудочковой перегородки

**Зубец R** – соответствует периоду охвата возбуждением обоих желудочков

**Зубец S** – характеризует завершение распространения возбуждения в желудочках.

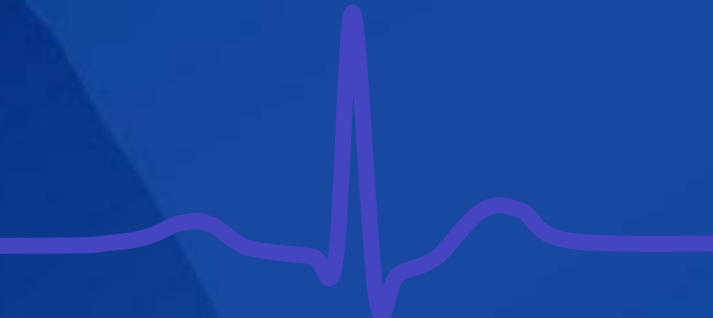
**Зубец T** – отражает процесс реполяризации в желудочках. Высота его характеризует состояние обменных процессов, происходящих в сердечной мышце.

# Компоненты ЭКГ и их нормальные величины:





# Фазы сердечного цикла

- 
- Систола желудочков 0,33 сек
  - фаза напряжения 0,08 сек;
  - фаза асинхронного сокращения 0,05 сек;
  - фаза изометрического сокращения 0,03 сек;
  - фаза изгнания крови 0,25 сек;
  - фаза быстрого изгнания 0,12 сек;
  - фаза медленного изгнания 0,13 сек.
  - 2.Диастола желудочков 0,47 сек;
  - протодиастолический период 0,04 сек;
  - фаза изометрического расслабления 0,08 сек;
  - фаза наполнения желудочков 0,25 сек;
  - фаза быстрого наполнения 0,08 сек;
  - фаза медленного наполнения 0,17 сек;
  - пресистолический период 0,10 сек.

## Выводы:



- Электрокардиография является одним из ведущих методов инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, который остается наиболее распространенным и доступным.
- При всей ее ценности ЭКГ позволяет успешно диагностировать патологию сердца только в сочетании с анализом данных клинического обследования.

## Аускультация

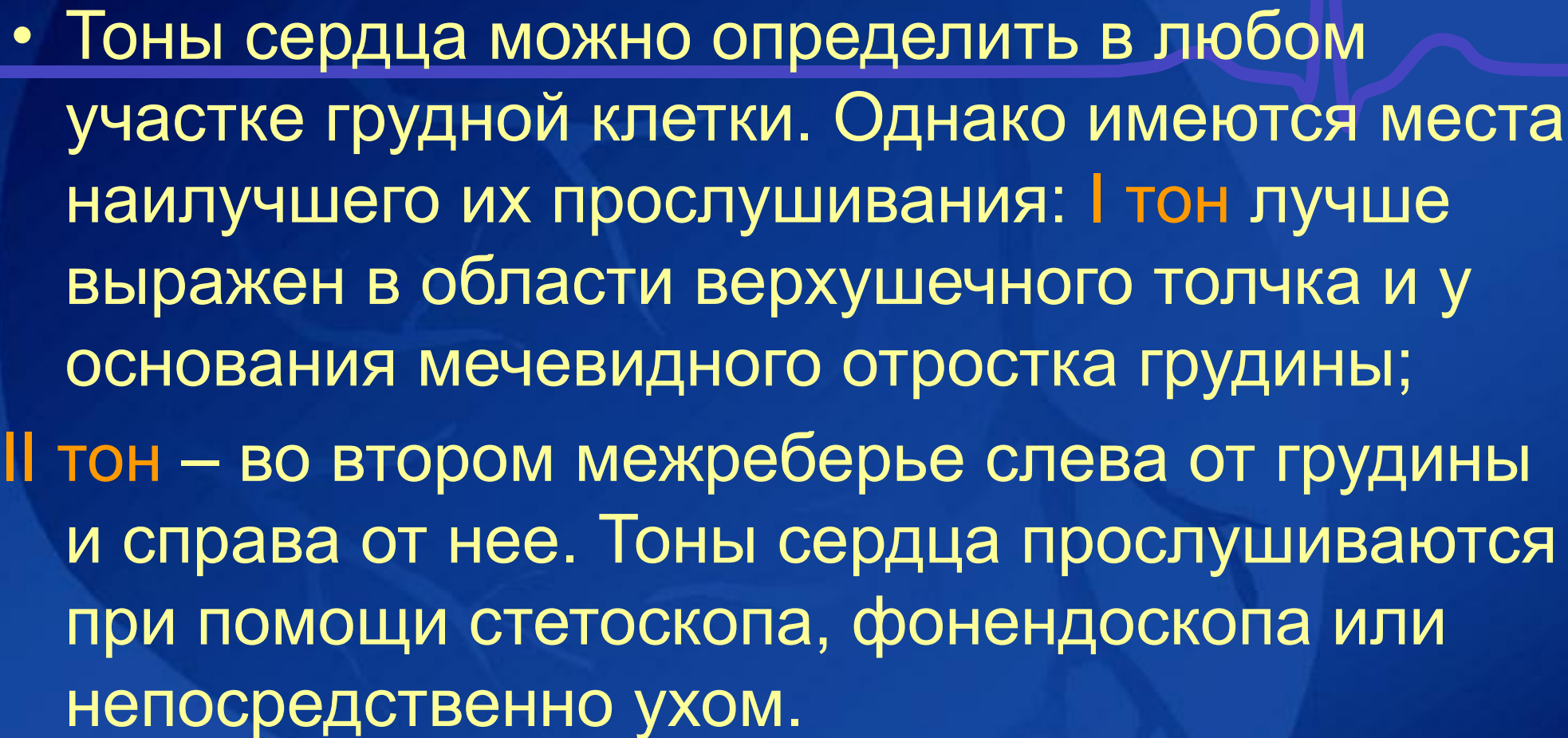


- Аускультация – это выслушивание тонов сердца на поверхности грудной клетки.
- Тоны сердца – это звуки, возникающие при работе сердца.

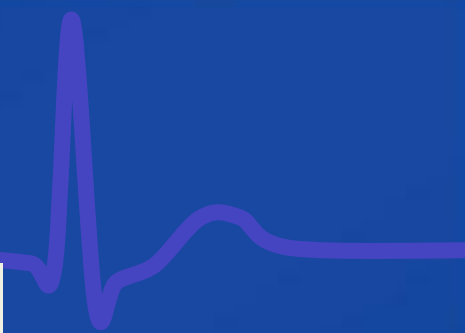
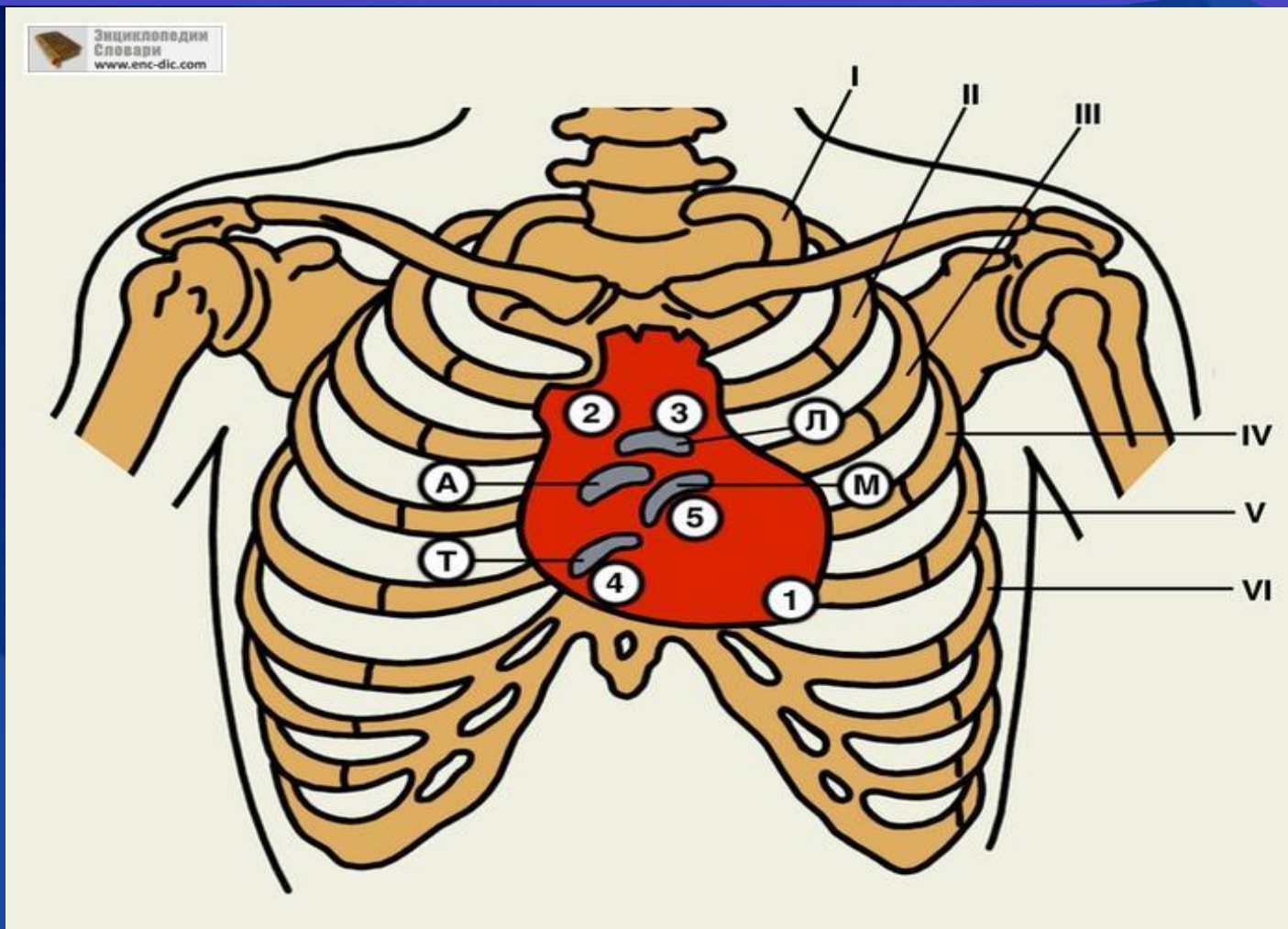


# Тоны сердца

- Выслушивание (аускультация) стетофонендоскопом левой половины грудной клетки позволяет услышать два тона сердца: I тон и II тон сердца. I тон связан с закрытием предсердно-желудочковых клапанов в начале систолы, II - с закрытием полулунных клапанов аорты и лёгочной артерии в конце систолы. Причина возникновения тонов сердца - вибрация напряжённых клапанов тотчас после закрытия совместно с вибрацией прилежащих сосудов, стенки сердца и крупных сосудов в области сердца.
- Продолжительность I тона составляет 0,14 с, II - 0,11 с. II тон сердца имеет более высокую частоту, чем I. Звучание I и II тонов сердца наиболее близко передаёт сочетание звуков при произнесении словосочетания «ЛАБ-ДАБ». Помимо I и II тонов, иногда можно выслушать дополнительные тоны сердца - III и IV, в подавляющем большинстве случаев отражающие наличие сердечной патологии.

- 
- Тоны сердца можно определить в любом участке грудной клетки. Однако имеются места наилучшего их прослушивания: **I тон** лучше выражен в области верхушечного толчка и у основания мечевидного отростка грудины;
  - **II тон** – во втором межреберье слева от грудины и справа от нее. Тоны сердца прослушиваются при помощи стетоскопа, фонендоскопа или непосредственно ухом.

# Точки вислушивання серця





## Точки выслушивания сердца (продолжение)



- **Верхушечный толчок.** Данная точка является первой выслушиваемой областью, и позволяет оценить работу и митрального клапана и атриовентрикулярного отверстия слева. Поиск ее осуществляется визуально либо с помощью рук. В случаях, когда видимый верхушечный толчок отсутствует, врач прибегает к методу перкуссии. При этом границы сердца определяются с помощью выстукивания, а олива фонендоскопа устанавливается на границу относительной тупости сердца. В момент выслушивания пациента просят задержать дыхание после вдоха и выдоха.
- **Вторая точка** выслушивания определяется в зоне второго межреберья справа от грудины. Как и в первом случае, исследование проводят после задержки пациентом дыхания на выдохе. Здесь определяется работа аортальных клапанов и клапана устья аорты.
- **Третьей точкой** является область выслушивания работы клапанного аппарата легочной артерии. Определяется она в области второго межреберья слева от грудины. Важно, что после обследования в третьей точке необходимо повторить первый и второй этап процедуры. Все три точки аускультации сердца должны иметь одинаковую громкость сердечных тонов.
- **Четвертая точка** исследования располагается в районе мечевидного отростка грудины и места крепления пятого ребра к ней. Обследование, проводимое здесь, позволяет выявить патологию трехстворчатого клапана и атриовентрикулярного отверстия справа.
- **Пятая точка** является дополнительной областью выслушивания особенностей работы аортальных клапанов. Располагается она в районе третьего межреберья слева от грудины. Обследование также проводят на выдохе пациента при задержанном дыхании.

## Основные методы исследования сердечной деятельности.

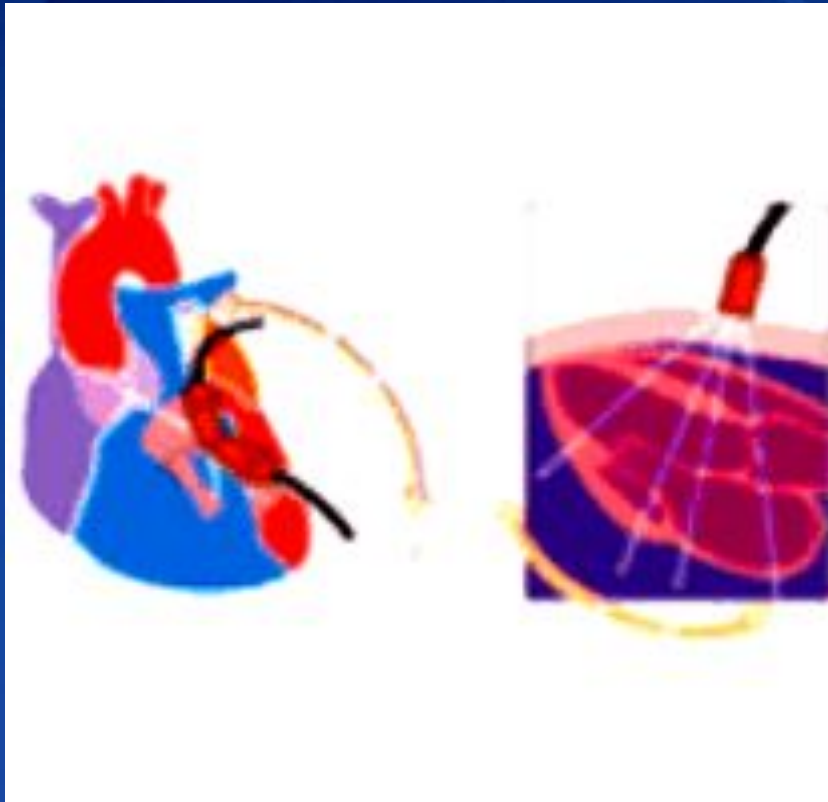
- **Верхушечный толчок.** Во время систолы желудочков верхушка сердца поднимается и надавливает на грудную клетку в области пятого межреберного промежутка. Во время систолы сердце становится очень плотным. Поэтому надавливание верхушки сердца на межреберный промежуток можно видеть (выбухание, выпячивание), особенно у худощавых субъектов. Верхушечный толчок можно прощупать (пальпировать) и тем самым определить его границы и силу.
- **Сердечные тоны.** Это звуковые явления, возникающие в работающем сердце. Различают два тона: I – систолический и II – диастолический.

- В происхождении систолического тона принимают участие предсердно-желудочковые клапаны. Во время систолы желудочков эти клапаны закрываются и колебания их створок и прикрепленных к ним сухожильных нитей обуславливают появление I тона. Кроме того, в происхождении I тона принимают участие звуковые явления, которые возникают при сокращении мышц желудочков. По своим звуковым качествам I тон протяжный и низкий.
- Диастолический тон возникает в начале диастолы желудочков, когда происходит закрытие полулунных заслонок клапанов аорты и легочного ствола. Колебание створок клапанов при этом является источником звуковых явлений. По звуковой характеристике II тон короткий и высокий.

- Фонокардиография (ФКГ) – это методика регистрации тонов сердца с поверхности грудной клетки.
- Ультразвуковое исследование (УЗИ) сердца- это исследование внутренних органов, которое проводится с помощью ультразвука частотой 2-3 мГц;
- Ангиокардиография - рентгенологический



# Эхокардиография - ультразвуковое исследование сердца.



- датчик излучает УЗ волны с частотой 1 -10 мГц
- работает по принципу отраженного ультразвука
- абсолютная безвредность метода позволяет проводить исследование многократно

# ЭхоКГ позволяет оценивать



- состояние клапанного аппарата
- размеры камер
- толщину стенок
- систолическую и диастолическую функции миокарда

легочная  
артерия

малый круг

аорта

правое  
сердце

левое  
сердце

большой круг



# Круги кровообращения

- **Большой круг кровообращения (БКК):**  
23 сек, открыл В. Гарвей



Большой круг кровообращения начинается аортой, которая отходит от ЛЖ и заканчивается верхней и нижней полой венами, которые впадают в ПП. Аорта дает начало крупным, средним и мелким артериям. Артерии переходят в артериолы которые заканчиваются капиллярами. Капилляры пронизывают все органы и ткани организма. В капиллярах кровь отдает тканям кислород и питательные вещества. Из них в кровь поступают CO<sub>2</sub> и продукты обмена веществ. Капилляры переходят в венулы, кровь из которых попадает в мелкие, средние и крупные вены. Кровь от верхних частей туловища поступает в верхнюю полую вену, от нижней- в нижнюю полую вену, которая впадает в ПП, где и заканчивается БКК.



## Малый круг кровообращения (легочный)

- **Малый круг кровообращения** (легочный) начинается легочным стволом, который отходит от правого желудочка и несет в легкие венозную кровь. Легочный ствол разветвляется на две ветви, идущие к левому и правому легкому. В легких легочные артерии делятся на более мелкие артерии, артериолы и капилляры. В капиллярах кровь отдает углекислый газ и обогащается кислородом. Легочные капилляры переходят в венулы, которые затем образуют вены. По четырем легочным венам артериальная кровь поступает в левое предсердие.

ПЖ – Легочной ствол- легочные артерии – артериолы – капилляры – венулы – вены - ЛП

## Показатели сердечной деятельности.



- **Ударный, или систолический, объем сердца** – количество крови, выбрасываемое желудочком сердца в соответствующие сосуды при каждом сокращении. У взрослого здорового человека при относительном покое систолический объем каждого желудочка составляет приблизительно **70-80 мл**. Таким образом, при сокращении желудочков в артериальную систему поступает 140-160 мл крови.
- **Минутный объем** – количество крови, выбрасываемое желудочком сердца за 1 мин. Минутный объем сердца – это произведение величины ударного объема на частоту сердечных сокращений в 1 мин. В среднем минутный объем составляет **3-5 л/мин**. Минутный объем сердца может увеличиваться за счет увеличения ударного объема и частоты сердечных сокращений.
- **Сердечный индекс** – отношение минутного объема крови в л/мин к поверхности тела в м<sup>2</sup>. Для «стандартного» мужчины он равен 3 л/мин·м<sup>2</sup>.

## 2 вида саморегуляции сердца



- **Гетерометрическая саморегуляция - повышение силы сокращений сердца в ответ на увеличение исходной (диастолической) длины мышечного волокна.**
- **Гомеометрическая саморегуляция - повышение силы и скорости сокращений сердца при неменяющейся исходной длине мышечного волокна.**

## **ФЕНОМЕНЫ ГОМЕОМЕТРИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ**



- **1. Хроноинотропная зависимость  
(тахикардия, лестница Боудича)**
- **2. Эффект постнагрузки  
(феномен Анрепа)**
- **3. Эффект катехоламинов  
(адреналина)**



# **ЗАКОН СЕРДЦА ФРАНКА - СТАРЛИНГА**

- **СИЛА СОКРАЩЕНИЯ МИОКАРДА  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНА СТЕПЕНИ ЕГО  
КРОВЕНАПОЛНЕНИЯ В ДИАСТОЛУ.**

**ИЛИ**

- **Чем больше растяжение миокарда в  
диастолу, тем сильнее его сокращение в  
систоле**

**ИЛИ**

- **ГЕТЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ САМОРЕГУЛЯЦИЯ**

## Гемодинамика



- Гемодинамика- это учение о движении крови по сосудам.

Основные показатели гемодинамики:

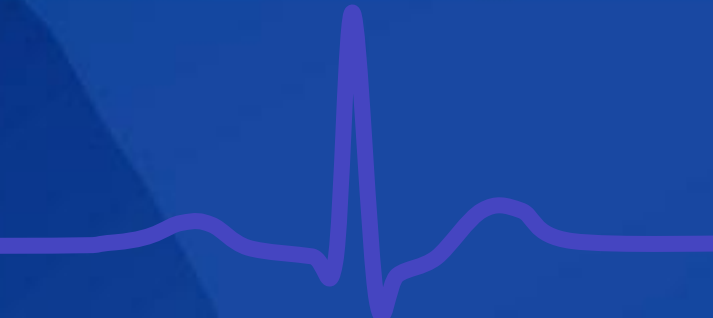
P – давление в сосудах;

Q – объемная скорость кровотока;

R – гидродинамическое сопротивление

$$Q=P/ R$$

## Объемная скорость кровообращения



- Объемная скорость кровотока  $Q$  - это количество крови, протекающее через какой-либо отдел сосудистой системы за единицу времени.

В сердечно-сосудистой системе она составляет 4-6 л/мин и распределяется по органам в зависимости от интенсивности их метаболизма.

$$Q = P / R$$

Линейная скорость кровотока  $V$  - это скорость движения частиц крови по сосуду. Она зависит от объемной скорости кровотока ( $Q$ ) и площади поперечного сечения сосуда ( $R$ )

## Линейная скорость кровообращения

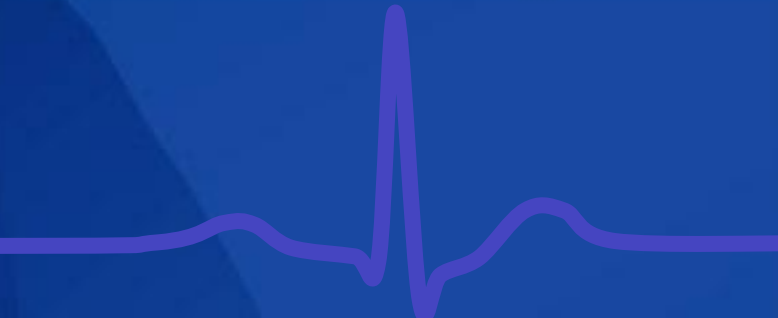
- Линейная скорость кровотока  $V$  –это скорость движения частиц крови по сосуду. Она зависит от объемной скорости кровотока ( $Q$ ) и площади поперечного сечения сосуда ( $R$ ).

$$V = Q / \pi R^2$$

Чем меньше общее поперечное сечение сосудов, тем больше линейная скорость кровотока.



## Общее периферическое сопротивление сосудов

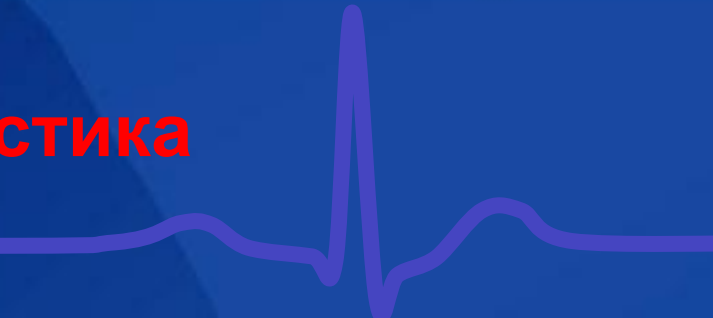


- Общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) определяется по формуле :

$R = P/Q * 13.3$  где  $P$  – артериальное давление,  $Q$  – объемная скорость кровотока.

Максимальное сопротивление току крови должно быть в наиболее тонких сосудах – артериолах и капиллярах. На сопротивление крови оказывает влияние *вязкость крови*. Поэтому, при сгущении крови наблюдаются признаки сердечной недостаточности.

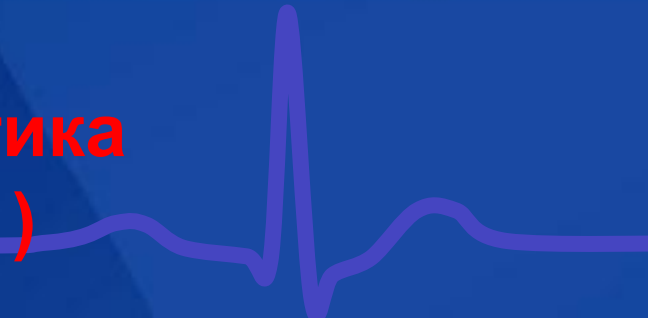
# Функциональная характеристика сосудов



## Классификация сосудов:

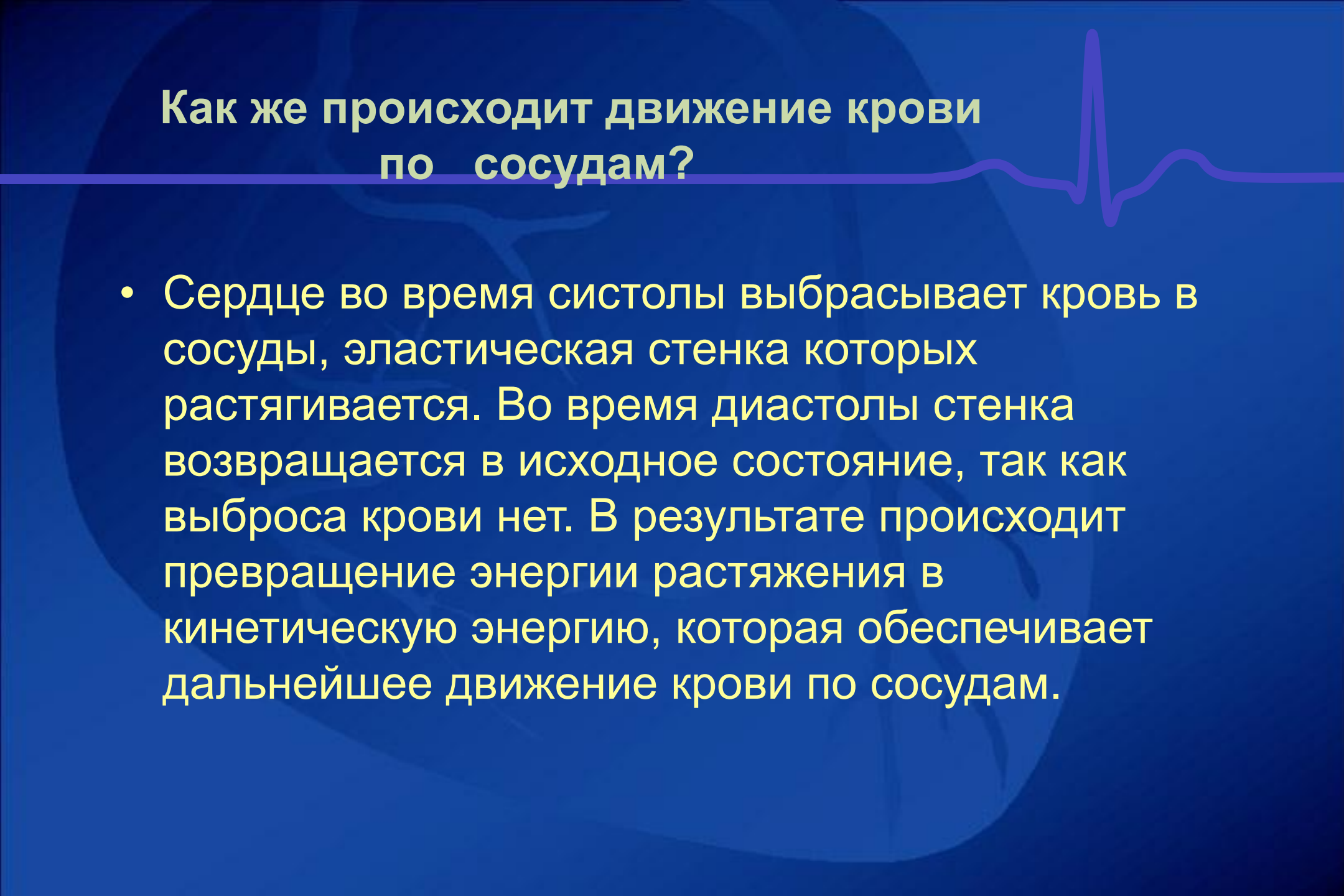
- **Амортизирующие** — к ним принадлежат сосуды эластического типа ( аорта, легочная артерия). Их функция – поддержание кровотока в диастолу желудочков сердца и уменьшение колебания давления между систолой и диастолой желудочков за счет эластических свойств стенки сосудов.
- **Сосуды распределения** – средние и мелкие артерии мышечного типа
- **Сосуды сопротивления** – концевые артерии, артериолы, вены. Их функция - определяют кровоток системного, регионарного и микроциркуляторного уровней.

# Функциональная характеристика сосудов (продолжение)



- **Обменные сосуды** — важнейший отдел ССС. К ним принадлежат капилляры, через тонкие стенки капилляров происходит обмен между кровью и тканями.
- **Шунтирующие сосуды**- представлены артерио-венозными анастомозами, которые обеспечивают прямую связь между мелкими артериями и венами в обход капиллярного ложа. Их функция – шунтирование кровотока.
- **Емкостные (аккумулирующие)сосуды** — венозный отдел ССС. Представлены мелкими венами. Функция этих сосудов связана с их способностью изменять свою емкость. Емкость их может увеличиваться под давлением крови в результате высокой растяжимости венозных сосудов. Изменение емкости вен влияет на распределение крови во всей системе кровообращения.
- **Сосуды возврата крови в сердце**- средние, крупные и полые вены, выполняющие роль коллекторов, через которые обеспечивается регионарный отток крови и возврат ее к сердцу.

## Как же происходит движение крови по сосудам?



- Сердце во время систолы выбрасывает кровь в сосуды, эластическая стенка которых растягивается. Во время диастолы стенка возвращается в исходное состояние, так как выброса крови нет. В результате происходит превращение энергии растяжения в кинетическую энергию, которая обеспечивает дальнейшее движение крови по сосудам.

## Сосудистый тонус

- Гладкомышечные элементы стенки кровеносного сосуда постоянно находятся в состоянии умеренного напряжения – **сосудистого тонуса**. Существует три механизма регуляции сосудистого тонуса:
  - **Ауторегуляция** (обеспечивает изменение тонуса гладкомышечных клеток под влиянием местного возбуждения.)
  - **Нервная регуляция** (осуществляется вегетативной нервной системой)
  - **Гуморальная регуляция** (осуществляется веществами системного и местного действия).



# Гуморальная регуляция

- К веществам системного действия относятся ионы кальция, калия, натрия, гормоны. Ионы кальция вызывают сужение сосудов, ионы калия оказывают расширяющее действие.
- **Действие гормонов на тонус сосудов:**
  - **вазопрессин** – повышает тонус гладкомышечных клеток артериол, вызывая сужение сосудов;
  - **адреналин** оказывает одновременно и суживающее и расширяющее действие, воздействуя на альфа1-адренорецепторы и бета1-адренорецепторы, поэтому при незначительных концентрациях адреналина происходит расширение кровеносных сосудов, а при высоких – сужение;
  - **тироксин** – стимулирует энергетические процессы и вызывает сужение кровеносных сосудов;
  - **ренин** – вырабатывается клетками юкстагломерулярного аппарата и поступает в кровоток, оказывая воздействие на белок ангиотензиноген, который переходит в ангиотезин II, вызывающий сужение сосудов.

## Роль сосудодвигательного центра в регуляции сосудистого тонуса.

- В нервной регуляции тонуса сосудов принимают участие спинной, продолговатый, средний и промежуточный мозг, кора головного мозга. КГМ и гипоталамическая область оказывают опосредованное влияние на тонус сосудов, изменяя возбудимость нейронов продолговатого и спинного мозга.
- В продолговатом мозге локализуется сосудодвигательный центр, который состоит из двух областей – прессорной и депрессорной. Возбуждение нейронов **прессорной** области приводит к повышению тонуса сосудов и уменьшению их просвета, возбуждение нейронов **депрессорной** зоны обуславливает понижение тонуса сосудов и увеличение их просвета.

# Перераспределение крови.

- Перераспределение крови в сосудистом русле приводит к усилению кровоснабжения одних органов и уменьшению других. Перераспределение крови происходит в основном между сосудами мышечной системы и внутренних органов, особенно органов брюшной полости и кожи. Во время физической работы возросшее количество крови в сосудах скелетных мышц обеспечивает их эффективную работу. Одновременно уменьшается кровоснабжение органов системы пищеварения.
- Во время процесса пищеварения расширяются сосуды органов системы пищеварения, кровоснабжение их увеличивается, что создает оптимальные условия для осуществления физической и химической обработки содержимого желудочно-кишечного тракта. В этот период суживаются сосуды скелетных мышц и уменьшается их кровоснабжение.

# Особенности кровотока в венах.



Движению крови по венам способствует ряд факторов:

- \* Работа сердца создает разность давления крови в артериальной системе и правом предсердии. Это обеспечивает венозный возврат крови к сердцу. Если в начале артериального русла давление крови равно 140 мм рт.ст., то в венулах оно составляет 10-15 мм рт.ст.
- \* Наличие в венах клапанов способствует движению крови в одном направлении – к сердцу .
- \* Отрицательное внутригрудное давление, особенно в фазу вдоха, способствует венозному возврату крови к сердцу.

## Особенности кровотока в венах (продолжение).

- \* Чередование сокращений и расслаблений скелетных мышц является важным фактором, способствующим движению крови по венам. При сокращении мышц тонкие стенки вен сжимаются, и кровь продвигается по направлению к сердцу. Расслабление скелетных мышц способствует поступлению крови из артериальной системы в вены. Такое нагнетающее действие мышц получило название мышечного насоса, который является помощником основного насоса – сердца.



## Артериальное давление



- Основным гемодинамическим показателем является артериальное давление.
- **Кровяное давление** – давление крови на стенки кровеносных сосудов. Измеряется в мм рт.ст.
- Величина кровяного давления зависит от ряда факторов: частоты, силы сердечных сокращений, величины периферического сопротивления, то есть тонуса стенок сосудов.
- АД зависит также от эластичности сосудистой стенки. Поэтому у пожилых людей (после 50 лет) в связи с потерей эластичности сосудов АД повышается до 140/90 мм рт.ст.
- Увеличение вязкости крови повышает АД, уменьшение – снижает. Физические упражнения повышают давление крови, во время сна оно снижается на 15-20 мм рт.ст.

## Артериальное давление (продолжение)



- Артериальное давление (АД) – давление, развиваемое кровью в артериальных сосудах. АД отражает:
- Сердечный выброс (СО);
- Сопротивление растяжению стенок аорты и артерий;
- Суммарное сопротивление кровотоку;
- Вязкость крови;
- Гидростатическое давление крови

# Артериальное давление (продолжение)



## Виды АД :

- Систолическое (максимальное) давление – отражает состояние миокарда левого желудочка. Возникает в момент систолы. Оно составляет 110-120 мм рт.ст.
- Диастолическое (минимальное) давление – характеризует степень тонуса артериальных стенок. Возникает в диастолу. Оно равняется 60-80 мм рт.ст.
- Пульсовое давление – это разность между систолическим и диастолическим АД. Пульсовое давление необходимо для открытия клапанов аорты и легочного ствола во время систолы желудочков. В норме оно равно 35-55 мм рт.ст.
- Среднединамическое давление зависит от длительности фаз сердечного цикла. Равняется сумме диастолического и  $1/3$  пульсового давления.
- Повышение АД – гипертензия, понижение – гипотензия.

- Повышение давления – активация рецепторов в устьях полых вен и А рецепторов правого предсердия – уменьшение тонуса блуждающего нерва – увеличение ЧСС и силы сокращений (**рефлекс Бейнбриджа**).
- Повышение давления в малом кругу – активация рецепторов в легочной артерии – повышение тонуса блуждающего нерва - снижение ЧСС и силы сокращения (**рефлекс Парина**).
- Повышение давления в большом кругу – активация рецепторов в каротидном синусе и дуге аорты – увеличение тонуса блуждающего нерва – снижение ЧСС и силы сокращений (применяют при параксизмах – сдавление или удар **по каротидному синусу**).
- Надавливание на брюшину (удар в живот) – активация механорецепторов брюшины – повышение тонуса блуждающего нерва - снижение ЧСС и силы сокращения (**рефлекс Гольца**).
- Надавливание на глазные яблоки – активация механорецепторов – повышение тонуса блуждающего нерва - снижение ЧСС и силы сокращения (**рефлекс Данини-Ашнера**).

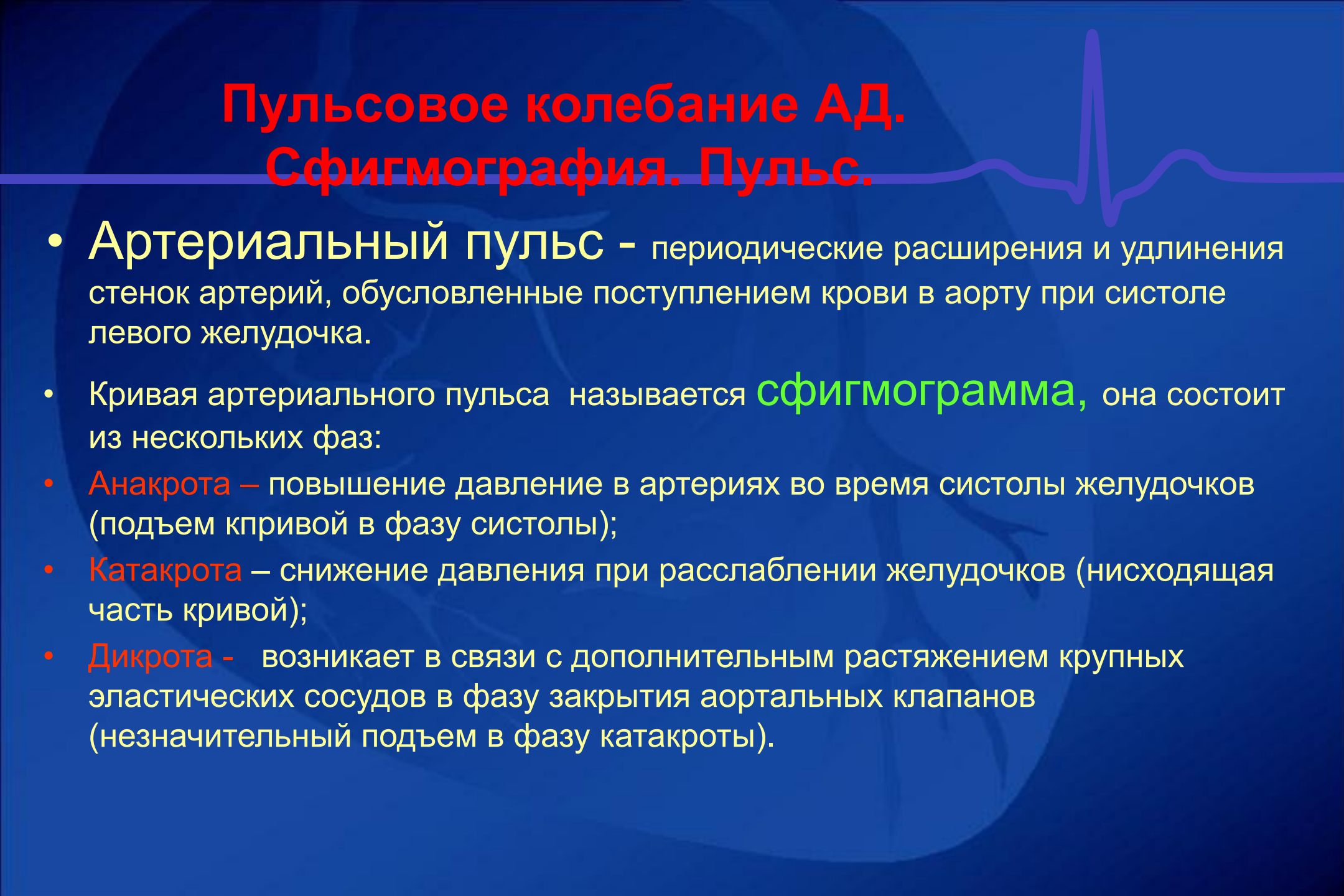
## Методы регистрации АД



- Сфигмоманометрия – измерение АД методом аускультации звуковых колебаний (*метод Короткова*) или пальпаторного изучения пульса (*метод Рива-Рочи*), после механического пережатия артерии и последующего уменьшения давления с систолического до диастолического. В этом случае через сужение отверстия артерии с силой проталкивается кровь, обеспечивая возникновение *тонов Короткова*. В модификации Рива-Рочи можно определить только систолическое давление, в модификации Короткова – и систолическое, и диастолическое.



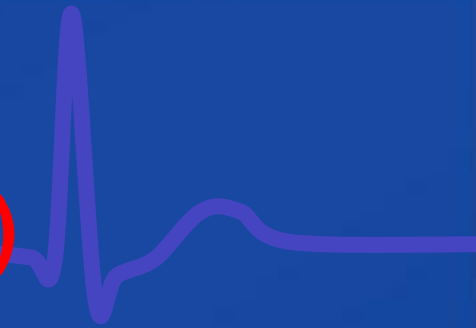
# Пульсовое колебание АД. Сфигмография. Пульс.



- **Артериальный пульс** – периодические расширения и удлинения стенок артерий, обусловленные поступлением крови в аорту при систоле левого желудочка.
- Кривая артериального пульса называется **сфигмограмма**, она состоит из нескольких фаз:
- **Анакрота** – повышение давления в артериях во время систолы желудочков (подъем кривой в фазу систолы);
- **Катакрота** – снижение давления при расслаблении желудочков (нисходящая часть кривой);
- **Дикрота** - возникает в связи с дополнительным растяжением крупных эластических сосудов в фазу закрытия аортальных клапанов (незначительный подъем в фазу катакроты).

# Пульсовое колебание АД.

## Сфигмография. Пульс. (продолжение)



**Пальпаторное исследование пульса** имеет большое значение для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

При этом учитываются следующие качества пульса:

- Частота пульса – соответствует ЧСС;
- Ритмичность пульса – промежутки между пульсовыми ударами в норме одинаковы;
- Высота (амплитуда) пульса – определяется величиной СО и пластичностью сосудов;
- Скорость пульса – позволяет судить о состоянии сосудов и сократительной функции;
- Напряжение пульса – сила, с которой надо сдавить артерию, чтобы прекратилось пульсовое колебание – позволяет судить о системном АД;

Скорость распространения пульсовой волны значительно выше скорости кровотока:

- в аорте – 4-6 м/с
- в артериях мышечного типа -8-12 м/с

## Физиология микроциркуляции.



- Нормальному течению обмена веществ способствуют процессы микроциркуляции – направленного движения жидких сред организма: крови, лимфы, тканевой и цереброспинальной жидкостей и секретов эндокринных желез. Совокупность структур, обеспечивающих это движение, называется микроциркуляторным руслом.
- Основными структурно-функциональными единицами микроциркуляторного русла являются **кровеносные и лимфатические капилляры**, которые вместе с окружающими их тканями формируют **три звена микроциркуляторного русла**: капиллярное кровообращение, лимфообращение и тканевый транспорт.

# Микроциркуляторное русло



В микроциркуляторном русле выделяют следующие функциональные группы сосудов:

- артериолы;
- прекапилляры (резистивные сосуды);
- капилляры;
- сосуды-шунты;
- резистивные посткапилляры.

К микроциркулярному руслу принадлежат сосуды, которые имеют диаметр меньше 100мкм.

Кровоток в капиллярах имеет ряд особенностей:

- по мере уменьшения диаметра объем плазмы уменьшается;
- при уменьшении диаметра сосуда скорость движения крови увеличивается возникает *феномен Фореуса-Линдквиста*: эритроциты выстраиваются один за одним в отдельные группы, отделенные порциями плазмы. Это уменьшает трение между форменными элементами.

# Процессы обмена в микроциркуляторном русле

Различают два основных механизма обмена в капиллярах:

- диффузия;
- фильтрация.

*Диффузия* – происходит через поры мембран и межклеточные соединения.

Двигательная сила диффузии:

- градиент концентрации растворенных ионов;
- движение растворителя вслед за ионами.

За время прохождения через капилляр вода плазмы до 40 раз обменивается с межклеточной средой. Путем диффузии обмениваются и газы.

*Фильтрация* (обеспечивает переход жидкости из капилляров в интерстиций) с последующей *реабсорбцией* (поступление веществ из межклеточной жидкости в сосуды) происходит за счет взаимодействия:

- гидростатического давления в капиллярах;
- гидростатического давления в тканях;
- онкотического давления в капиллярах;
- онкотического давления в тканях.



## Процессы обмена в микроциркуляторном русле (продолжение)

В результате этого :

- В артериальной части капилляра *эффективное фильтрационное* давление составляет 9 мм.рт.ст. Оно направлено в ткани, и происходит процесс фильтрации;
- В конце венозного капилляра *эффективное реабсорбционное* давление равно -6 мм. рт.ст. – давление направлено из межклеточной жидкости в капилляр; преобладают процессы реабсорбции.

# Трансмуральное давление в венах



**Центральным венозным давлением** называется давление в правом предсердии; оно составляет 2-4 мм.рт.ст.и колеблется синхронно с дыхательным и сердечным ритмом.

*Давление в крупных венах, расположенных в грудной полости, составляет 5-6 мм.рт.ст.*

Для состояния вен большое значение имеет трансмуральное давление - это разница между внутри- и внесосудистым давлением. Существенное значение для трансмурального давления имеет *гидростатическое давление крови*. Так в венах нижних конечностей оно значительно (на 40-50 мм.рт.ст. ) превышает центральное венозное давление. Поэтому для возвращения крови в полые вены - в венах нижних конечностей существуют *клапаны вен*.

# Лимфатическая система

Лимфатическая система состоит из капилляров, сосудов, лимфатических узлов, грудного и правого лимфатического протоков, из которых лимфа поступает в венозную систему.

**Лимфатические сосуды** – это дренажная система, по которой тканевая жидкость оттекает в кровеносное русло.

- У взрослого человека в условиях относительного покоя из грудного протока в подключичную вену ежеминутно поступает около 1 мл лимфы, в сутки – от 1,2 до 1,6 л.
- **Лимфа** – это жидкость, содержащаяся в лимфатических узлах и сосудах. Скорость движения лимфы по лимфатическим сосудам составляет 0,4-0,5 м/с.

Лимфатическая система транспортирует жидкость и растворенные в ней вещества в направлении : **кровь – межклеточная жидкость – лимфа – кровь.**

- По химическому составу лимфа и плазма крови очень близки. Основное отличие - в лимфе содержится значительно меньше белка, чем в плазме крови.
- Источник лимфы - тканевая жидкость. Тканевая жидкость образуется из крови в капиллярах. Она заполняет межклеточные пространства всех тканей. Тканевая жидкость является промежуточной средой между кровью и клетками организма. Через тканевую жидкость клетки получают все необходимые для их жизнедеятельности питательные вещества и кислород и в нее же выделяют продукты обмена веществ, в том числе и углекислый газ.
- Постоянный ток лимфы обеспечивается непрерывным образованием тканевой жидкости и переходом ее из межтканевых пространств в лимфатические сосуды.
- В лимфатических сосудах имеются мышечные элементы, благодаря чему они обладают способностью активно сокращаться. Наличие клапанов в лимфатических капиллярах обеспечивает движение лимфы в одном направлении (к грудному и правому лимфатическому протокам).

## Лимфа и лимфообращение.

- Лимфатическая система состоит из капилляров, сосудов, лимфатических узлов, грудного и правого лимфатического протоков, из которых лимфа поступает в венозную систему. Лимфатические сосуды – это дренажная система, по которой тканевая жидкость оттекает в кровеносное русло.
- У взрослого человека в условиях относительного покоя из грудного протока в подключичную вену ежеминутно поступает около 1 мл лимфы, в сутки – от 1,2 до 1,6 л.
- Лимфа – это жидкость, содержащаяся в лимфатических узлах и сосудах. Скорость движения лимфы по лимфатическим сосудам составляет 0,4-0,5 м/с.



## Лимфообразование, лимфоток, регуляция.



Лимфообразование происходит в **лимфатических капиллярах**, которые представлены в виде трубочки со слепым концом. Стенки имеют отверстия, через которые проникает межклеточная жидкость и вещества.

Лимфатические капилляры переходят в **лимфатические сосуды**. Часть лимфатического сосуда, которая находится между двумя клапанами, называется **лимфангионом**. Клетки гладких мышц сосуда могут сокращаться, обуславливая движение лимфы.

# Лимфатическая система



## Факторы, которые влияют на движение лимфы:

1. Симпатическая система – сужение сосудов, усиление лимфотока;
2. Парасимпатическая система – оказывает и сужение и расслабление сосудов;
3. Гуморальная регуляция:
  - адреналин, норадреналин, серотонин, вазопресин – сокращение лимфотока, увеличение лимфотока;
  - ацетилхолин, окситоцин – расслабляют гладкие мышцы лимфатических сосудов, снижают лимфатическое давление, скорость лимфы;
  - $Ca^{2+}$  - в малых концентрациях снижает, в больших – повышает скорость лимфотока.
  - $K^{+}$  - в малых концентрациях повышает, в больших – снижает лимфоток.

Гипоксия – лимфоток вначале уменьшается, а затем прекращается  
(лимфостаз)

## Лимфатические узлы.

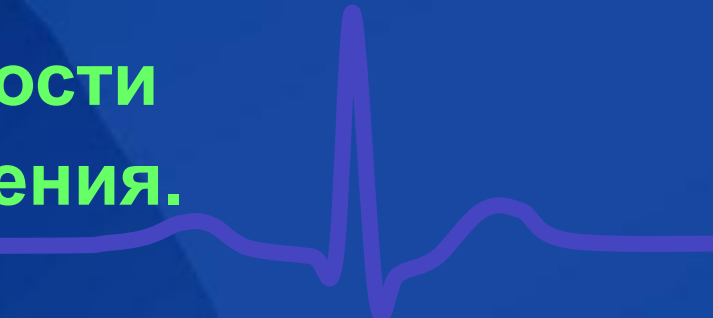
- Лимфа в своем движении от капилляров к центральным сосудам и протокам проходит через лимфатические узлы. У взрослого человека имеется 500-1000 лимфатических узлов различных размеров – от булавочной головки до мелкого зерна фасоли.
- Лимфатические узлы выполняют ряд важных **функций**: **гемопоэтическую, иммунопоэтическую** (в лимфоузлах образуются плазматические клетки, вырабатывающие антитела, там же находятся Т-и В-лимфоциты, отвечающие за иммунитет), **защитно-фильтрационную, обменную и резервуарную**. Лимфатическая система в целом обеспечивает отток лимфы от тканей и поступление ее в сосудистое русло.

# Функция лимфы и лимфатических узлов



- **Резорбтивная функция** – всасывание из тканей и органов белков, липидов, клеток и их частиц, их прохождение к лимфоузлам. *Клиническое значение приобретает резорбтивное распространение раковых клеток – метастазирование в лимфатические узлы.*
- **Барьерная функция** – в лимфоузлах по ходу лимфы задерживаются микроорганизмы, чужеродные клетки.
- **Вторичные органы размножения лимфоцитов** – в лимфатические узлы лимфоциты поступают из тимуса и красного костного мозга.
- **Адсорбционная функция** – лимфа имеет большее онкотическое давление, чем межклеточная жидкость, поэтому вода откачивается в лимфу.
- **Трофическая функция** – часть переваренных веществ, особенно жиров, через ворсинки кишечника всасываются в лимфу и транспортируются в дальнейшем в кровь.

## Физиологические особенности регионарного кровообращения.



- **Коронарное кровообращение.**

Коронарный кровоток носит *пульсирующий* характер, соответствующий периодам сердечного цикла. Максимальный кровоток в *левой* коронарной артерии – в диастолу; в правой – зависит от давления в аорте. Наиболее мощным стимулом для расширения коронарных сосудов служит *недостаток кислорода*. Расширение этих сосудов происходит и при действии адреналина, аденозина, повышении внеклеточной концентрации  $K^+$ .

Симпатические нервы оказывают сосудосуживающее, парасимпатические- сосудорасширяющее действие.

- **Кровь к сердцу поступает по двум венечным артериям. Кровоток в венечных артериях происходит преимущественно во время диастолы.**



## Коронарное кровообращение (продолжение).



- Кровоток в венечных артериях зависит от кардиальных и внекардиальных факторов:
- Кардиальные факторы: интенсивность обменных процессов в миокарде, тонус коронарных сосудов, величина давления в аорте, частота сердечных сокращений. Наилучшие условия для коронарного кровообращения создаются при АД у взрослого человека, равном 110-140 мм рт.ст.
- Внекардиальные факторы: влияния симпатических и парасимпатических нервов, иннервирующих венечные сосуды, а также гуморальные факторы. Адреналин, норадреналин в дозах, не влияющих на работу сердца и величину АД, способствуют расширению венечных артерий и увеличению коронарного кровотока. Блуждающие нервы расширяют венечные сосуды. Резко ухудшают коронарное кровообращение никотин, перенапряжение нервной системы, отрицательные эмоции, неправильное питание, отсутствие постоянной физической тренировки.

# Легочное кровообращение.



- Легочное кровообращение осуществляется по двум сосудистым системам – по малому кругу кровообращения, в котором происходит газообмен с альвеолярным воздухом, и по сосудам большого круга кровообращения, обеспечивающего кровоснабжение легочной ткани.

## Особенности легочного кровообращения:

- Низкое сопротивление кровотока – связано с отсутствием в артериолах гладких мышц; регуляция периферического сопротивления производится крупными мышечными артериями;
- невысокое систолическое и диастолическое давление (из-за низкого сопротивления кровотоку);
- из-за низкого трансмурального давления в покое перфузируется (наполняется кровью) и аэрируются преимущественно нижние отделы легких;

## Печеночное кровообращение.



- Печень имеет две сети капилляров. Одна сеть капилляров обеспечивает деятельность пищеварительных органов, всасывание продуктов переваривания пищи и их транспорт от кишечника к печени. *Другая сеть* капилляров расположена непосредственно в ткани печени. Она способствует выполнению печенью функций, связанных с обменными и экскреторными процессами.
- Кровь, поступающая в венозную систему и сердце, предварительно обязательно проходит через печень. В этом состоит особенность портального кровообращения, обеспечивающего осуществление печенью обезвреживающей функции.

## Мозговое кровообращение.

- Головной мозг обладает уникальной особенностью кровообращения: оно совершается в замкнутом пространстве черепа и находится во взаимосвязи с кровообращением спинного мозга и перемещениями цереброспинальной жидкости.
- Через сосуды мозга в 1 минуту проходит до 750мл крови, что составляет около 13% МОК, при массе мозга около 2-2,5% массы тела.
- К головному мозгу кровь притекает по четырем магистральным сосудам – двум внутренним сонным и двум позвоночным, а оттекает по двум яремным венам.
- Скорость мозгового кровотока значительно выше в сером веществе, чем в белом.

## Мозговое кровообращение (продолжение).

### Регуляция мозгового кровотока зависит от метаболических факторов:

- Напряжения  $\text{CO}_2$  в капиллярах и тканях;
- Концентрация ионов  $\text{H}^+$  в околососудистом пространстве;
- Напряжение  $\text{O}_2$ .

Увеличение напряжения  $\text{CO}_2$  сопровождается выраженным расширением сосудов (кровоток увеличивается в 2 раза) при увеличении концентрации  $\text{CO}_2$  в 2 раза.

Повышение концентрации  $\text{H}^+$  (например при накоплении молочной кислоты) увеличивает мозговой кровоток.

При уменьшении  $\text{O}_2$  сосуды расширяются.

В сосудах мозга хорошо выражена миогенная ауторегуляция, поэтому при изменении положения головы кровоток существенно не изменяется.



- Относительное постоянство кровообращения мозга определяется необходимостью создания гомеостатических условий для функционирования нейронов. В мозге нет запасов кислорода, а запасы основного метаболита окисления – глюкозы – минимальны, поэтому необходима постоянная их доставка кровью.
- Кроме того, постоянство условий микроциркуляции обеспечивает постоянство водного обмена между тканью мозга и кровью, кровью и спинномозговой жидкостью.
- Увеличение образования спинномозговой жидкости и межклеточной воды может привести к сдавливанию мозга, заключенного в замкнутую черепную коробку.



• **Спасибо за  
внимание !**