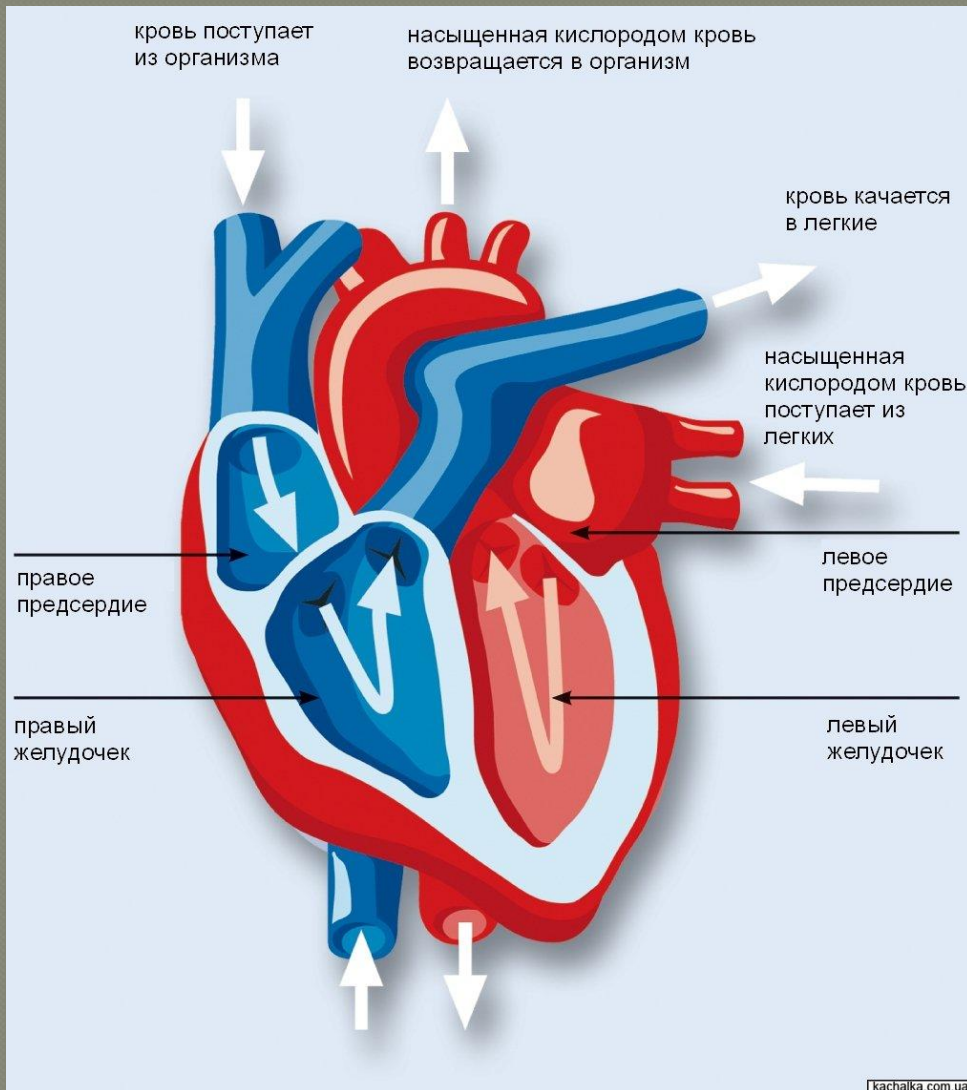


# Гемодинамика

## *Содержание:*

1. *Физические основы гемодинамики.*
2. *Основные назначения циркуляции крови.*
3. *Пульсовая волна, скорость ее распространения.*
4. *Давление крови в различных участках сосудистого русла.*
5. *Физические основы клинического метода измерения давления крови.*
6. *Работа и мощность сердца.*
7. *Список литературы.*

# Физические основы гемодинамики



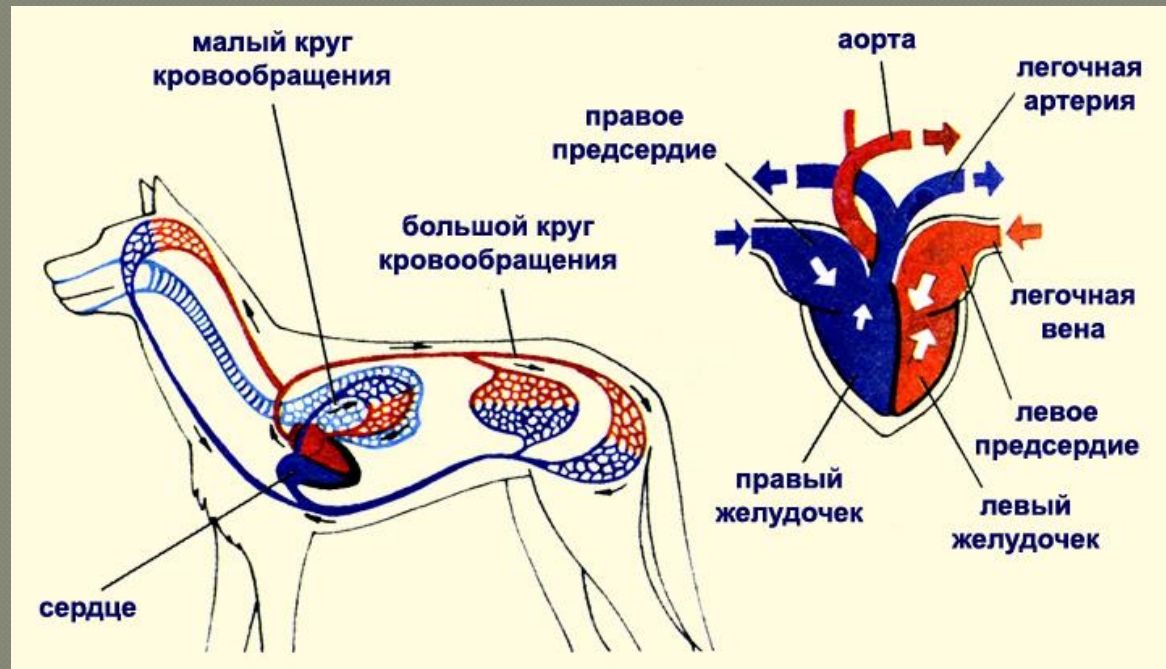
• *Гемодинамика* – раздел биофизики, в котором исследуется движение крови по сосудистой системе.[1]

ССС состоит из сердца и сосудов: артерий, капилляров и вен.

Транспортная функция ССС: сердце (насос) обеспечивает продвижение крови по замкнутой цепи сосудов.

[3]

## Основные назначения циркуляции крови:



[4]

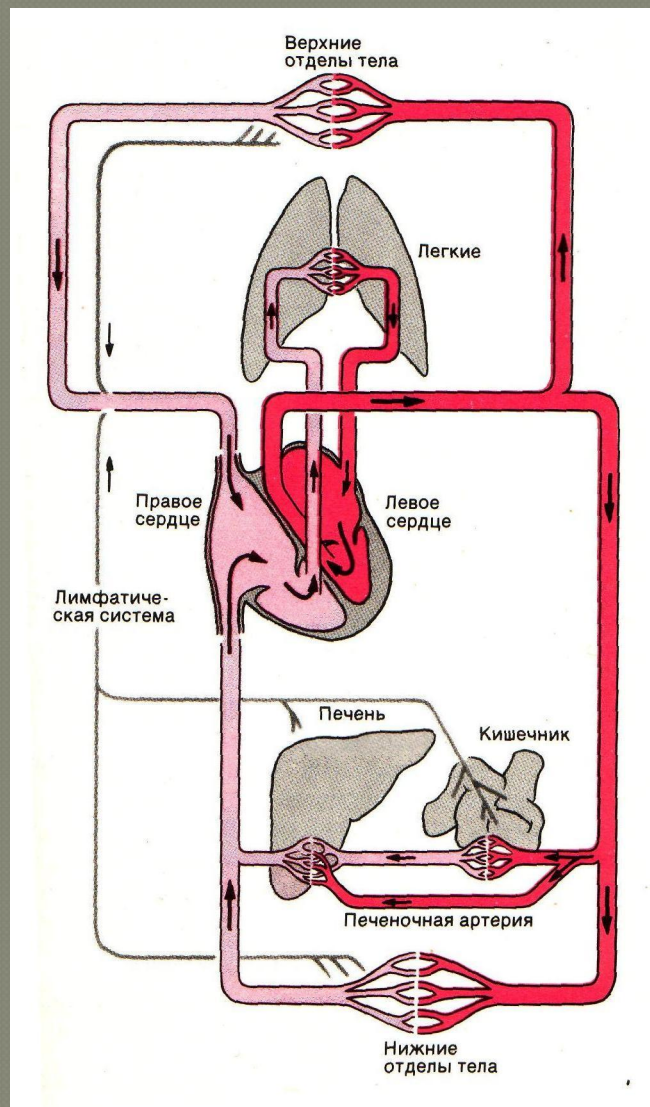
Доставка: кровь приносит всем клеткам субстраты, необходимые для их нормального функционирования.  
Пример: кислород, питательные вещества.

Удаление продуктов жизнедеятельности.  
Пример: углекислый газ.

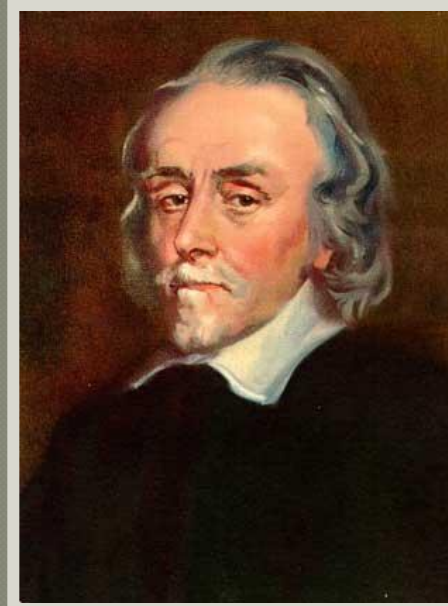
ССС состоит из двух последовательно соединенных отделов:

1. Большой круг кровообращения. Насосом для этого отдела служит левая часть сердца.

2. Малый (легочной) круг кровообращения. Движение в этом отделе обеспечивается правой частью сердца.



[5]



Гарвей 1628 год [6]

Установил замкнутость кровообращения.

Большой и малый круги соединены последовательно следовательно, выброс левого и правого желудочков должен быть строго одинаков.[1]

# Пульсовая волна, скорость ее распространения

• Пульсовая волна - это волна деформации стенок артерии. [1]

• Пульсовая волна – это распространяющаяся по аорте и артериям волна повышенного давления, вызванная выбросом крови из левого желудочка в аорту в период систолы. [1]

Причина: упругость аортальной стенки.



В китайской литературе пульс сравнивают с плавающей по воде шелковой тканью.

[7]

# Пульсовая волна

Частота пульса зависит:

от возраста;

от пола и роста человека;

от физических нагрузок и от того, насколько организм натренирован;

от функционального состояния человека;

от стрессов и переживаний;

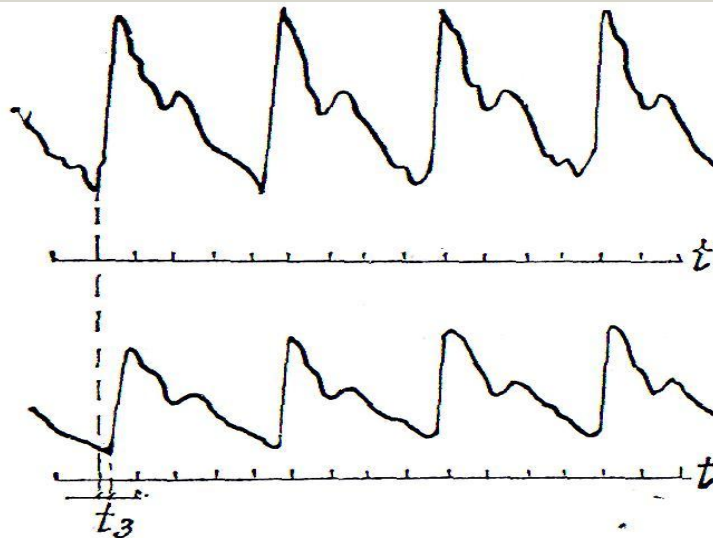
от прогрессирования болезней;

от времени суток;

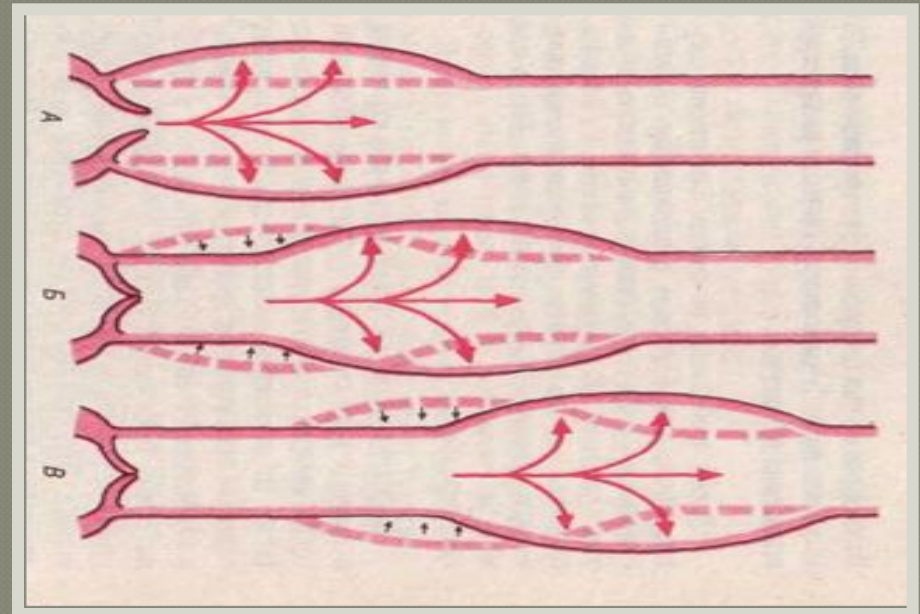
от принятия пищи и алкогольных напитков.



[8]



[10]



$t_3$  - время запаздывания  
пульсовой волны.

[9]

Площадь под кривой – это  
ударный объем.

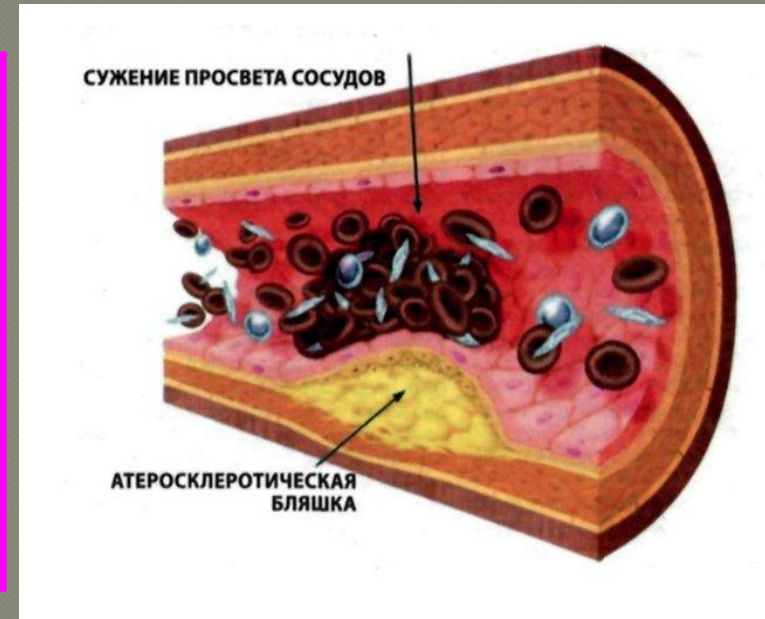
## Скорость распространения пульсовой волны, $v$

СРПВ – количественный показатель упругих свойств артерии.

$$v = \sqrt{\frac{E \cdot h}{\rho_{\text{крови}} \cdot d}}$$

Формула Моенса- Кортвега

В норме 5-10 м/с.



[11]

$E$  –модуль Юнга 8199,4 Па

$h$ - толщина стенки 1 мм

$d$  –диаметр сосуда 0,3 см

$\rho$  – плотность крови 1050 кг/м<sup>3</sup>



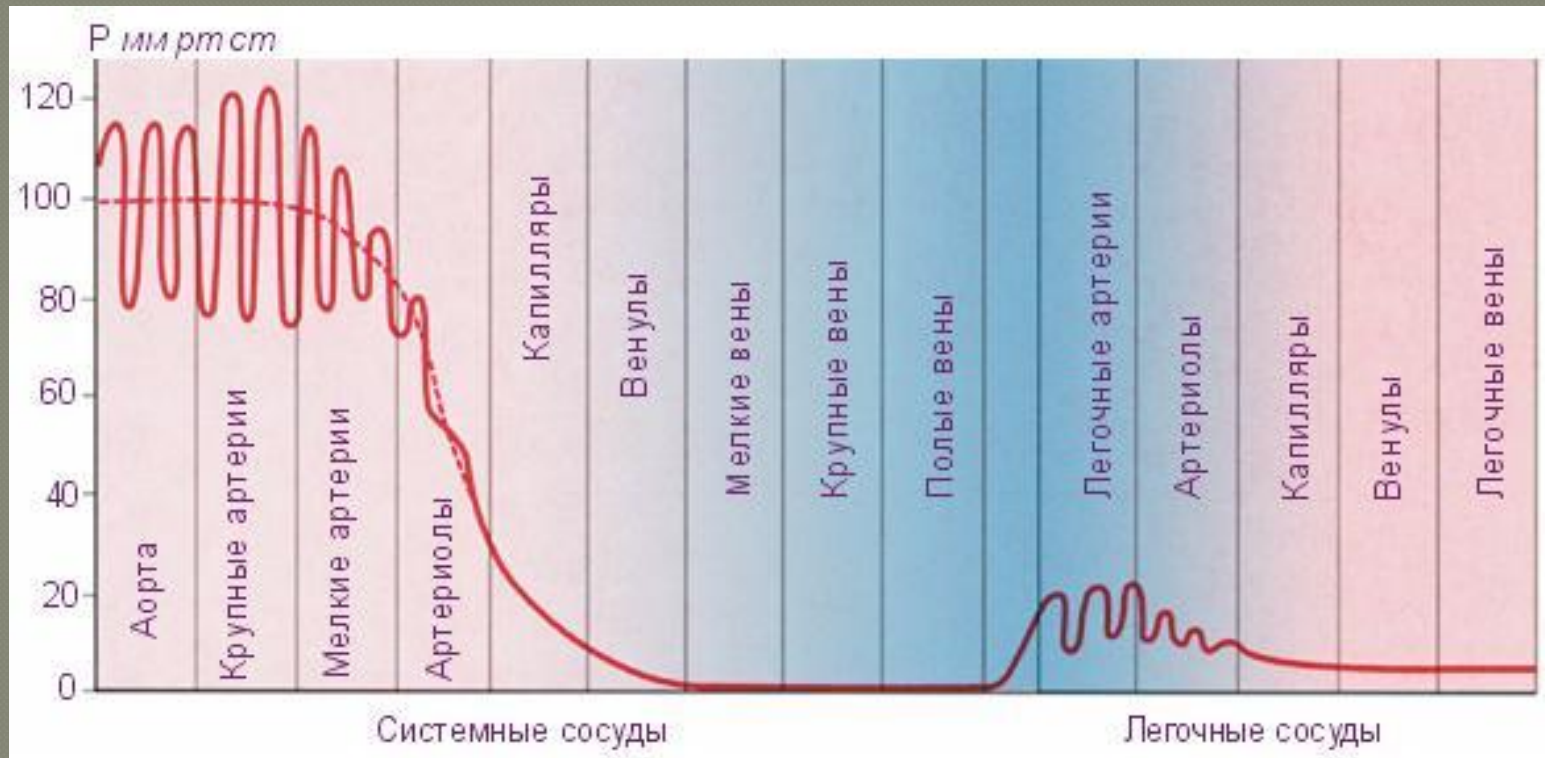
Давление крови в артериях колеблется от максимального во время сокращения сердца (систола) до минимального во время расслабления (диастола).[1]

При каждом сердцебиении давление крови поднимается до систолического уровня, а между ударами падает до диастолического уровня.[1]

Поэтому артериальное давление определяют как максимальное/минимальное значения (систолическое/диастолическое). Обычно его измеряют в миллиметрах ртутного столба.

В норме 120/80 мм рт.ст. для здоровых взрослых людей.[1]

# Давление крови в различных участках сосудистого русла



[12]

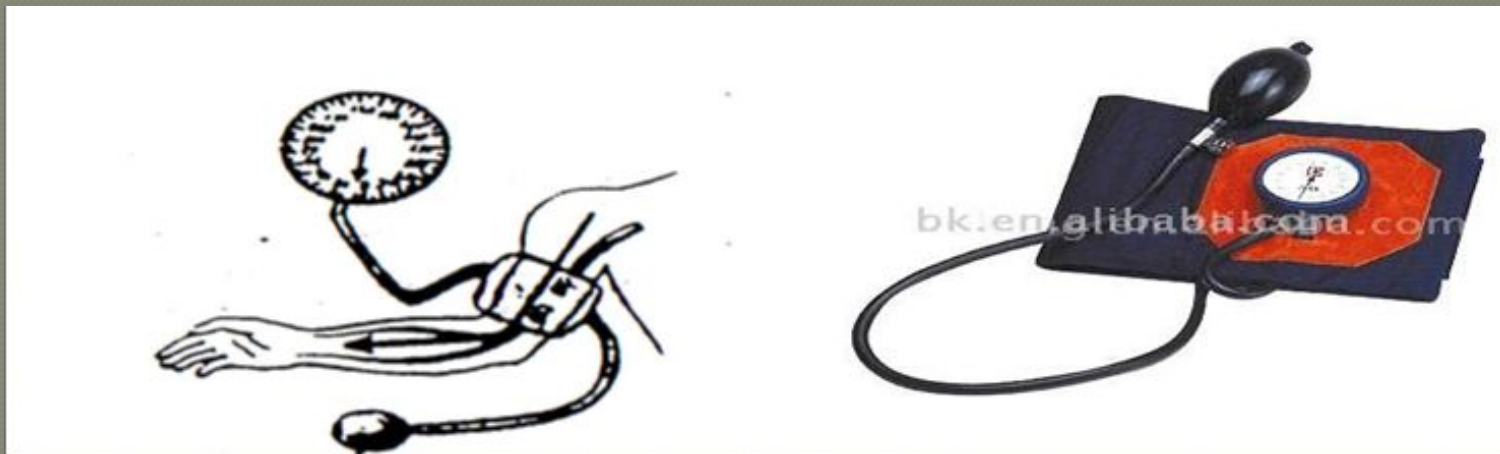
**Систолическое**  
**давление** характеризует  
работу сердца

**Диастолическое**  
**давление** - сосудистое  
давление

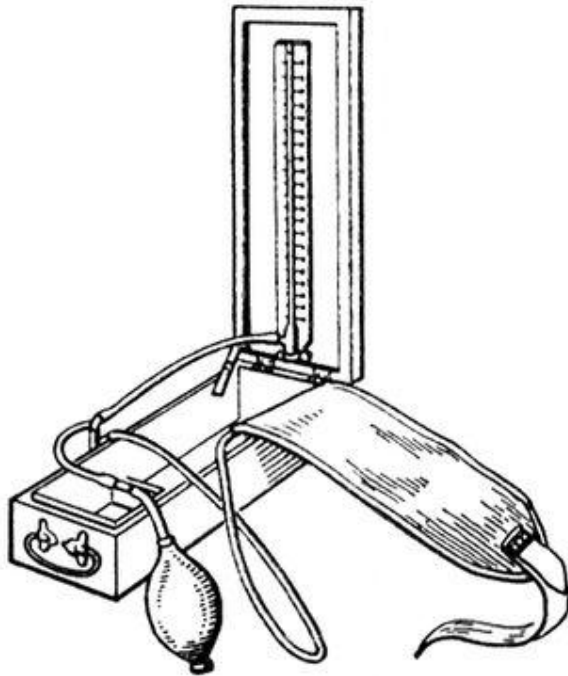
# Физические основы клинического метода измерения давления крови

Основан на измерении внешнего давления, необходимого, чтобы пережать артерию.

**СФИГМОМАНОМЕТР =  
= Манжета + груша + манометр**



[14]

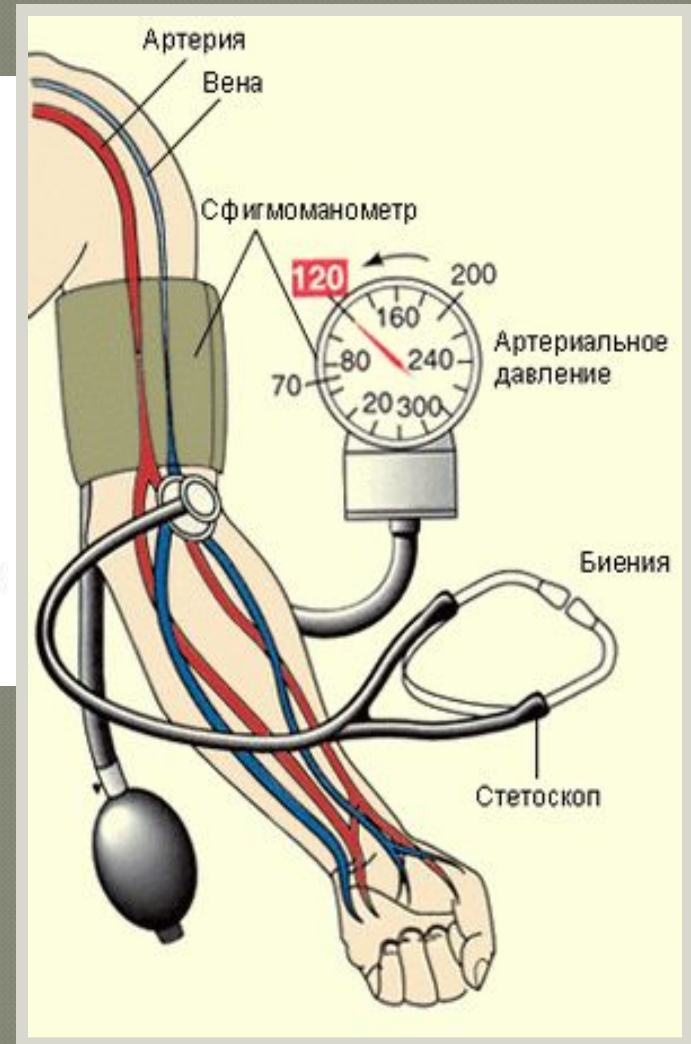


Сфигмоманометр  
ртутный

[15]



Сфигмоманометр  
UA-101,  
имитирует ртутный  
тонометр

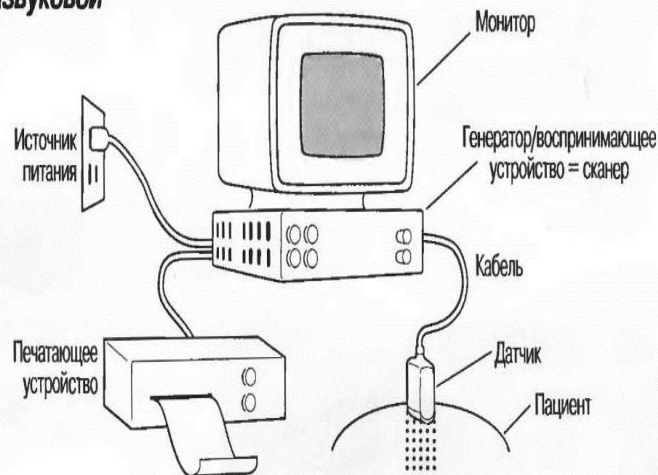


На повседневном приеме ветеринарные специалисты широко применяют измерение артериального давления у кошек и собак при помощи не инвазивных методов:

измерение артериального давления ультразвуковыми приборами с использованием эффекта Доплера.

измерение артериального давления осциллометрическим методом, наложение манжеты происходит в области предплечья, голени в области скакательного сустава или у основания хвоста.

Полный комплект ультразвуковой установки



[17]



[18]

## Метод Короткова по измерению АД



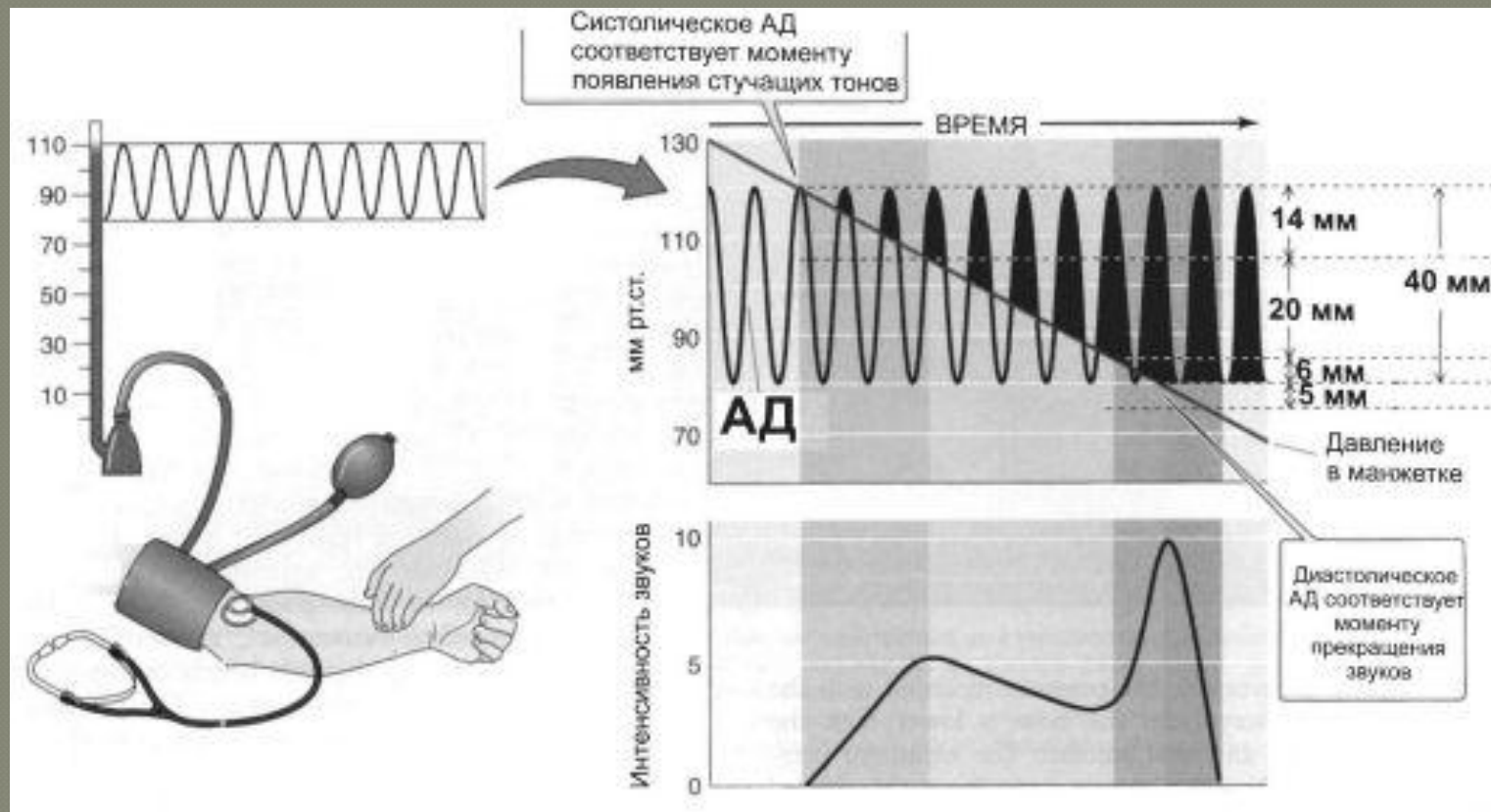
[19]

В созвездии имен великих медиков, заслуживших благодарность всего человечества за свои открытия в медицине, нашло свое место имя русского врача Н. С. Короткова.

8 ноября 1905 года Коротков (ему был 31 год) в своем докладе на «Научном Совещании Клинического военного госпиталя Военно-медицинской академии» сообщил об открытом им звуковом методе бескровного определения максимального и минимального артериального давления (АД) у человека.

# Измерение артериального давления методом Короткова (аускультативный метод)

Основан на возникновении турбулентного течения, когда давление в манжете станет равным систолическому давлению. [2]





Пульс подмышечной артерии (аксиллярный пульс)



Пульс плечевой артерии (брахиальный пульс) в среднем плече



Пульс лучевой артерии (радиальный пульс) в дистальном предплечьи



Пульс плечевой артерии (брахиальный пульс) в локтевой ямке



Пульс локтевой артерии (ульнарный пульс) в дистальном предплечьи



Пульс лучевой артерии (радиальный пульс) в анатомической лямке



*Звуки Короткова создаются пульсирующим кровотоком через пережатую артерию.[2]*



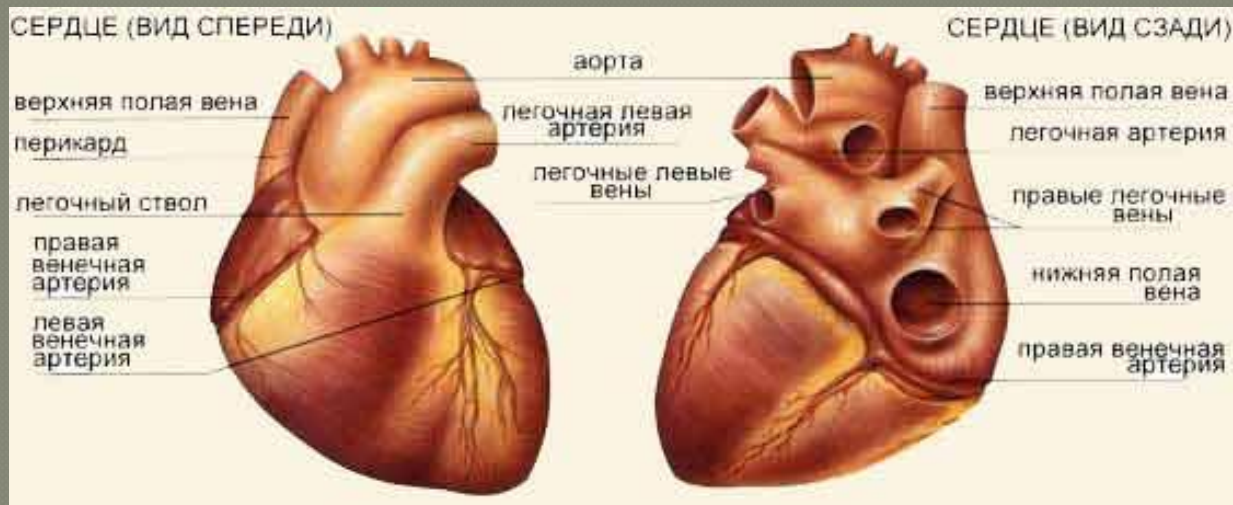
# Работа и мощность сердца

Миокард - источник энергии. Обеспечивает непрерывное движение крови по сосудистой системе.[2]

**Работа, совершаемая сердцем,  
затрачивается на**

**преодоление  
сил давления**

**и сообщение крови  
кинетической  
энергии**



[22]

## Работа левого желудочка

$$A = P \cdot V + \frac{\rho \cdot V \cdot v^2}{2}$$

**Всего: Работа сердца  
равна**

## Работа правого желудочка

$$A_{пр} = 0,2 \text{ А лев.}$$

$P$  – среднее динамическое давление. 13  
кПа

$V$  – ударный объем крови. 70 мл

$\rho$  – плотность крови 1050 кг/м<sup>3</sup>

$v$  – скорость кровотока 0,5 м/с

$$A = 1,2 \left( PV + \frac{\rho V v^2}{2} \right) \approx 1,1 \text{ Дж}$$

# Мощность сердца

$$N = \frac{A}{\tau_S}$$

$\tau_S$

- время систолы 0,3 с



[22]

$$N = \frac{1 \text{ Дж}}{0,3 \text{ с}} = 3,3 \text{ Вт}$$

# Список литературы:

- 1) Фундаментальная и клиническая физиология / под ред. А. Камкина и А. Каменского-М.: Academia, 2004. — 1080 с. (591- 601 с.)
- 2) Физиология человека / под редакцией профессора В. М. Смирнова — 1-е издание. — М.: Медицина, 2002. — 608 с. (297 – 308 с.)
- 3) <http://espicture.ru/organ-serdytse-kartinki.html#7>
- 4) [http://school-collection.lyceum62.ru/ecor/storage/1dd55eb5-2691-4cd5-b8a5-1337262263cf/%5BB17GI\\_13-02%5D\\_%5BIL\\_03%5D.html](http://school-collection.lyceum62.ru/ecor/storage/1dd55eb5-2691-4cd5-b8a5-1337262263cf/%5BB17GI_13-02%5D_%5BIL_03%5D.html)
- 5) <http://physiology.do.am/photo/?page19>
- 6) <http://pharmedu.ru/chez-la-mansh-i-obratno/>
- 7) <http://www.freshsurf.de/tag/surfkurs-theorie/>
- 8) <http://www.med-planeta.ru/?p=431>
- 9) <http://medvuz.com/S&I/p20.php>
- 10) <http://5fan.info/mernarnayfsotraty.html>
- 11) <http://topcrb.ucoz.ru/index/kholesterin/0-15>
- 12) <http://desertsalaja.blogspot.ru/2012/12/xtkidtrf.html>
- 13) <http://www.bokang.com/en/proshow.asp?id=151>
- 14) <http://www.medical-enc.ru/17/sphygmomanometer.shtml>
- 15) <http://www.tradeindia.com/fp924763/Free-Sphygmomanometer.html>
- 16) <http://uch.znate.ru/docs/397/index-10983.html>
- 17) <http://euromedcompany.ru/ultrazvuk/nukovodstvo-po-ultrazvukovoi-diagnostike/>
- 18) <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/536521-kak-izmerjajut-davlenie-u-sobak-u-koshek.html>
- 19) <http://www.old-kursk.ru/people/korotkow.html>
- 20) [http://vmede.org/sait/?page=25&id=Fiziologija\\_orlov\\_2010&menu=Fiziologija\\_orlov\\_2010](http://vmede.org/sait/?page=25&id=Fiziologija_orlov_2010&menu=Fiziologija_orlov_2010)
- 21) <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/puls.htm>
- 22) <http://player.myshared.ru/404178/>