

***Лекция***  
***Физиология***  
***кровообращения***

# Вопросы лекции

1. Особенности строения и функции артерий, капилляров, вен. Особенности кровообращения в различных отделах кровяного русла.
2. Основные положения гемодинамики. Скорость и непрерывность кровотока по сосудистой системе. Объемная и линейная скорость кровотока.
3. Артериальное давление крови, механизм возникновения. Изменения артериального давления под влиянием различных факторов.
4. Особенности кровообращения в сердце, легких, головном мозге.
5. Адаптация сердечно-сосудистой системы(ССС) к физическим нагрузкам. Нейро-гуморальная регуляция ССС.

# Кровообращение

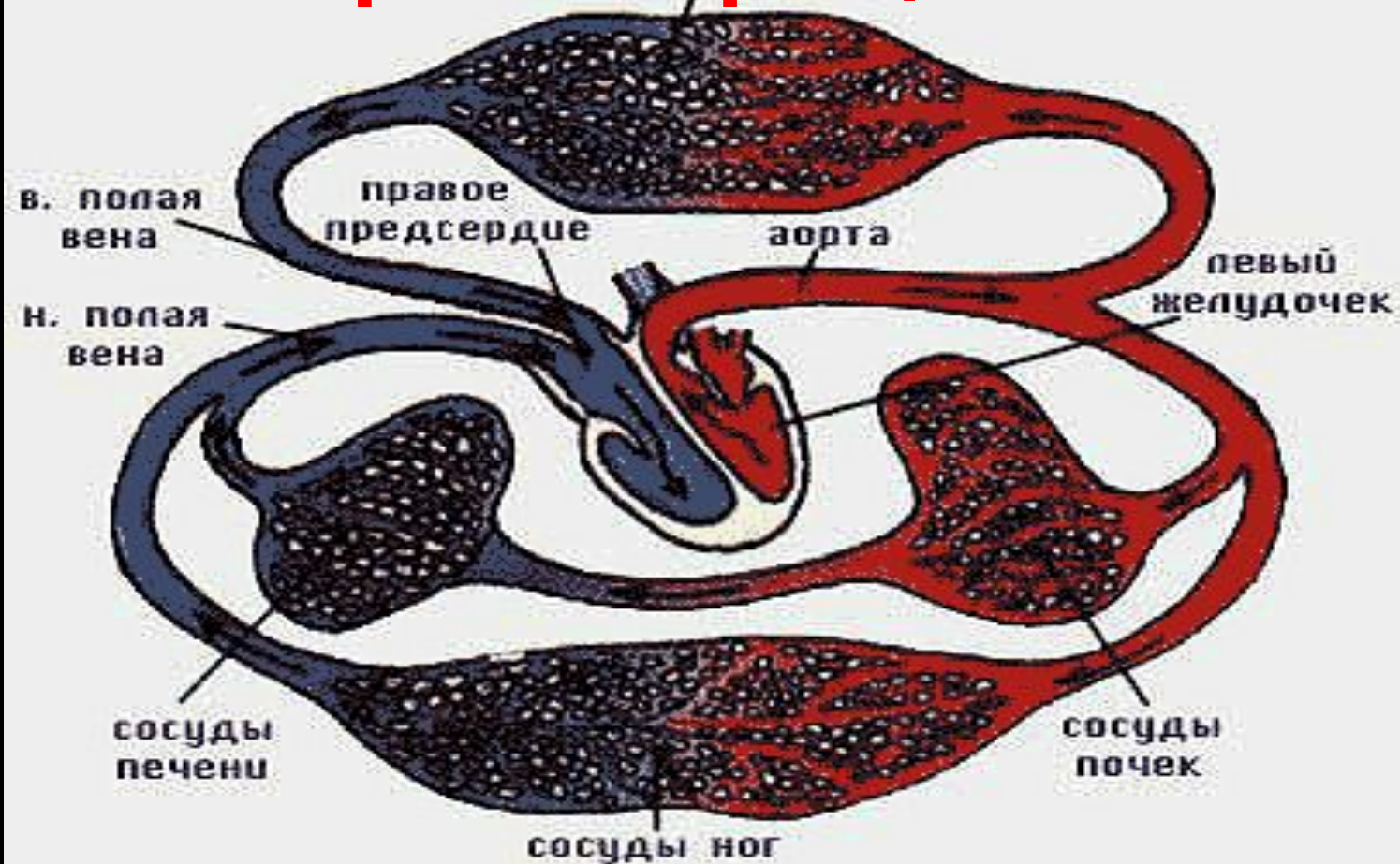


Кровь, выталкиваемая из сердца в артерии, проходит по всему организму (либо доходит до легких) и снова возвращается в сердце. Это процесс носит название кровообращение.

Кровообращение условно разделяют на два круга: :: большой круг кровообращения (системный) и малый круг кровообращения (легочной).

**Какой круг  
кровообращения  
снабжает кровью  
ГОЛОВНОЙ МОЗГ?**

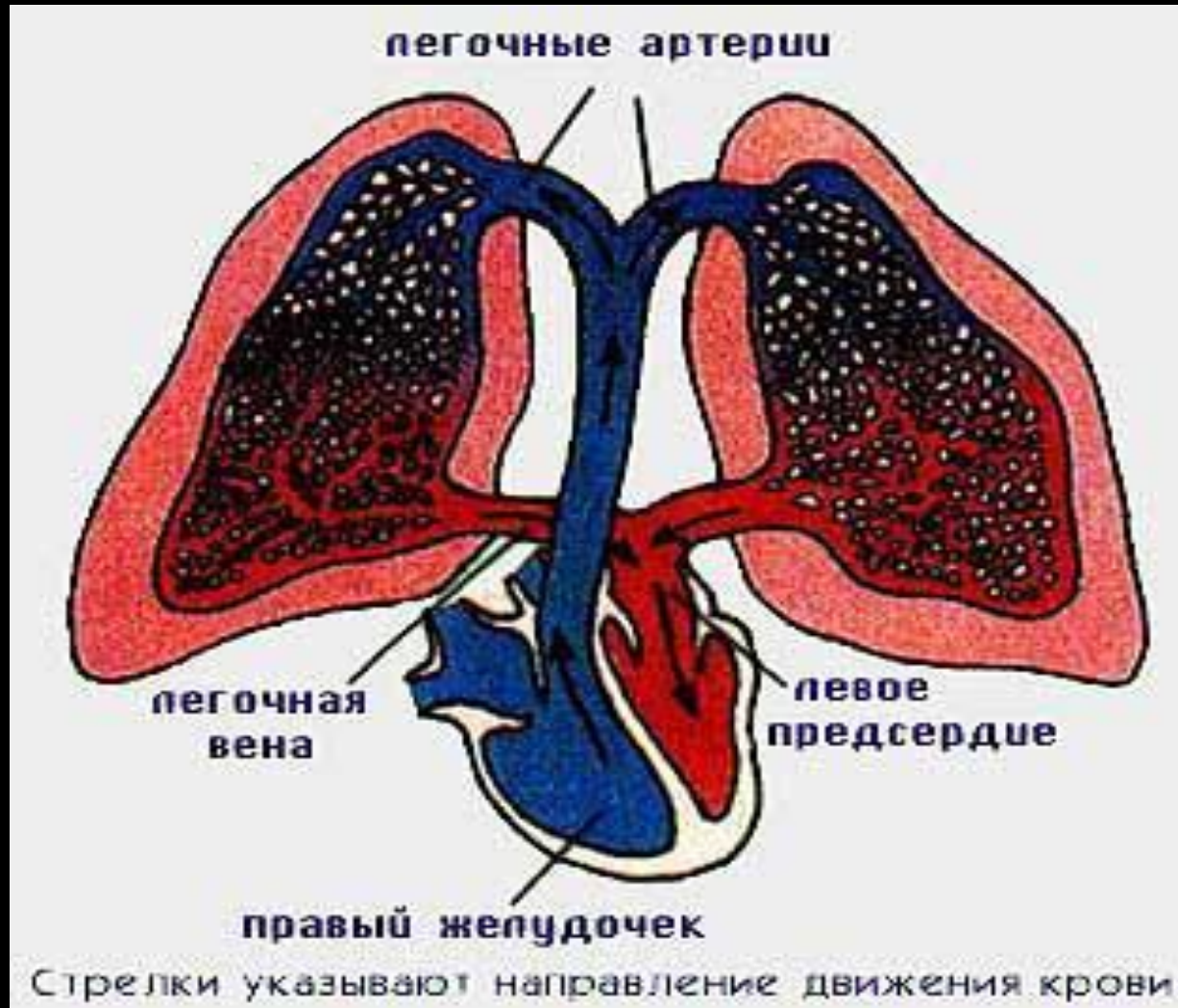
# Большой круг кровообращения



Стрелки показывают направление движения крови

Может ли быть в  
артериях-  
венозная кровь,  
а в венах-  
артериальная ?

# Малый круг кровообращения





**Артерии** - это сосуды, по которым кровь движется от сердца (а не те, по которым течет артериальная кровь(!)).

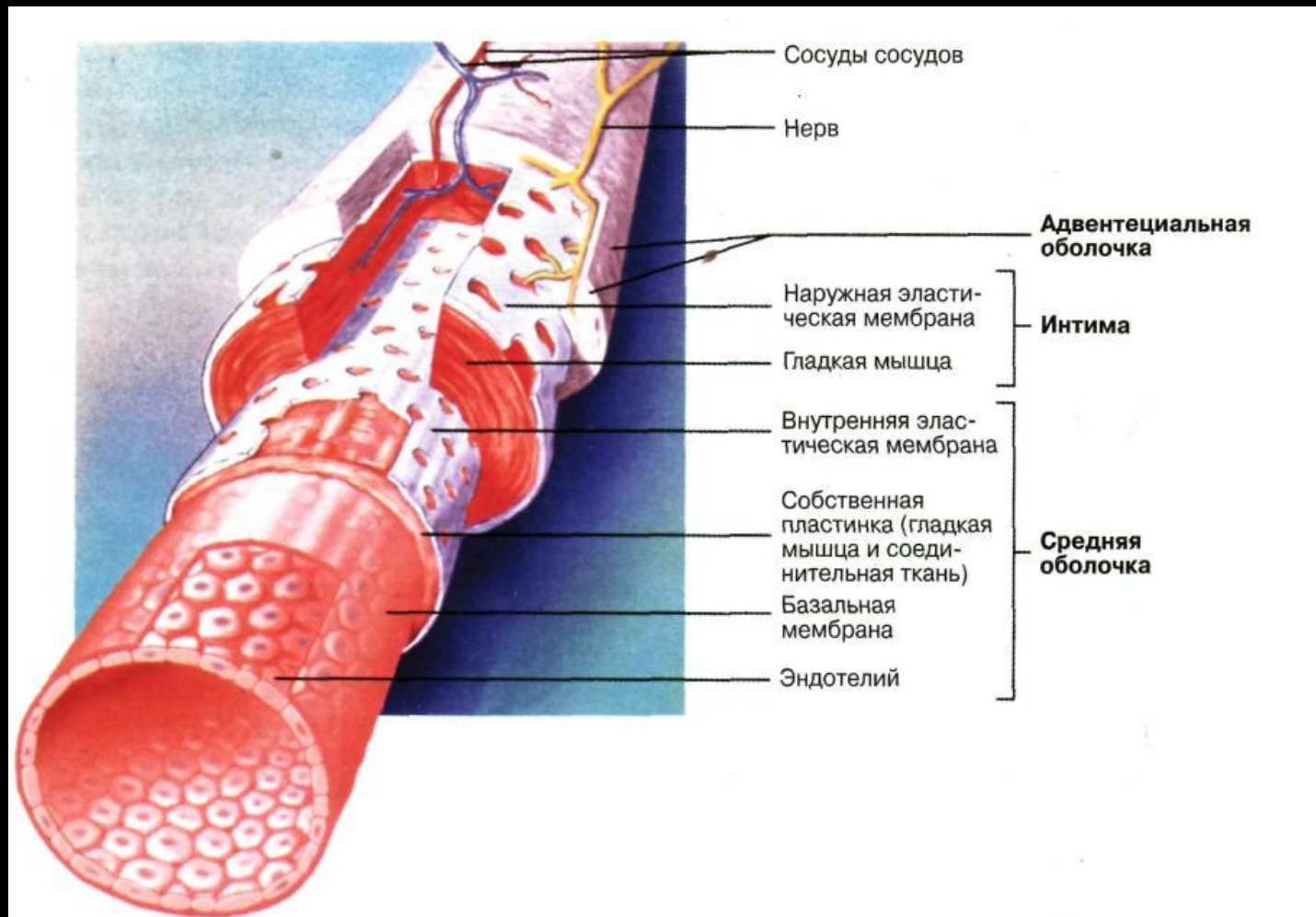
**Вены** - это сосуды, по которым кровь движется к сердцу (а не те, по которым течет венозная кровь(!)).

**Капилляры** - это мельчайшие сосуды, настолько тонкие, что вещества могут свободно проникать через их стенку.



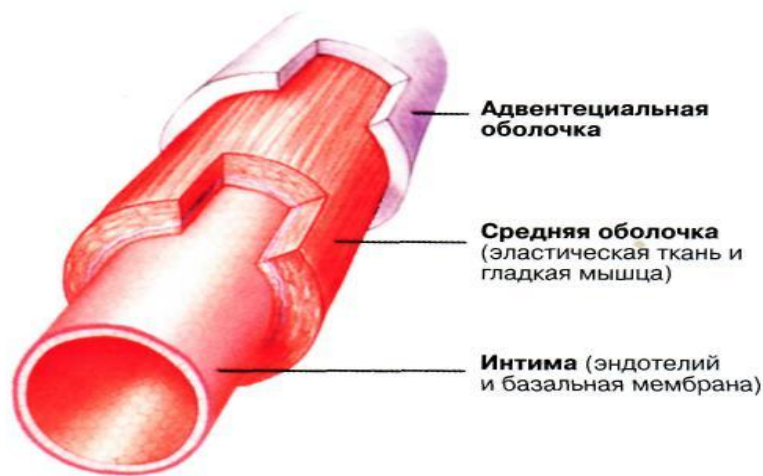
Сосуды большого и малого кругов кровообращения, в зависимости от выполняемой ими функции, можно разделить на несколько групп:

- амортизирующие сосуды (сосуды эластического типа);
- резистивные сосуды (сосуды сопротивления);  
сосуды-сфинктеры;  
обменные сосуды (капилляры);  
емкостные сосуды (вены);
- шунтирующие сосуды (артерио-венозные анастомозы).



## Гистология кровеносного сосуда

Оболочками стенки кровеносного сосуда являются интима, средняя оболочка и адвентециальная оболочка. Сосуды сосудов доставляют кровь к стенке кровеносного сосуда



а)



б)



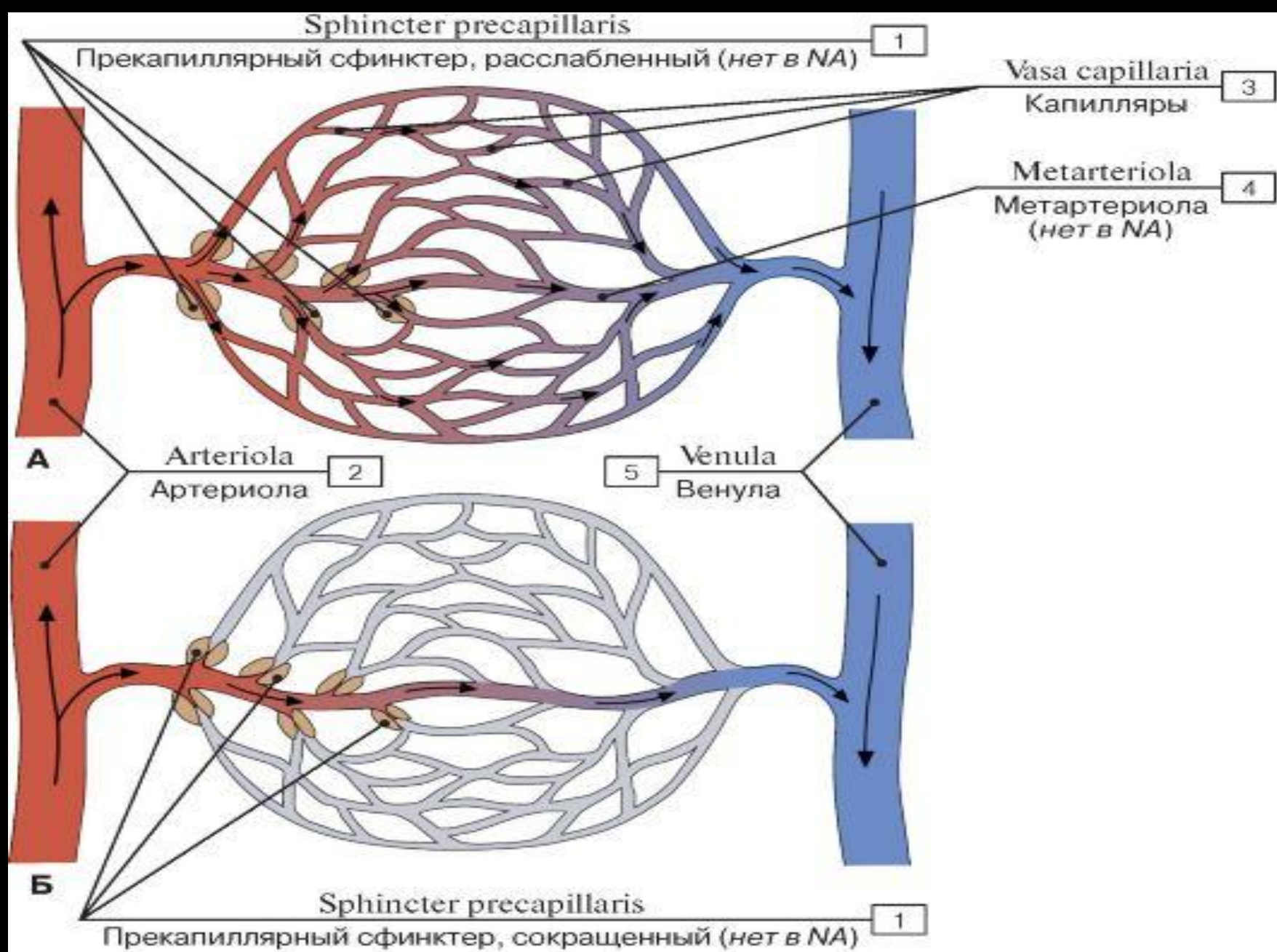
в)



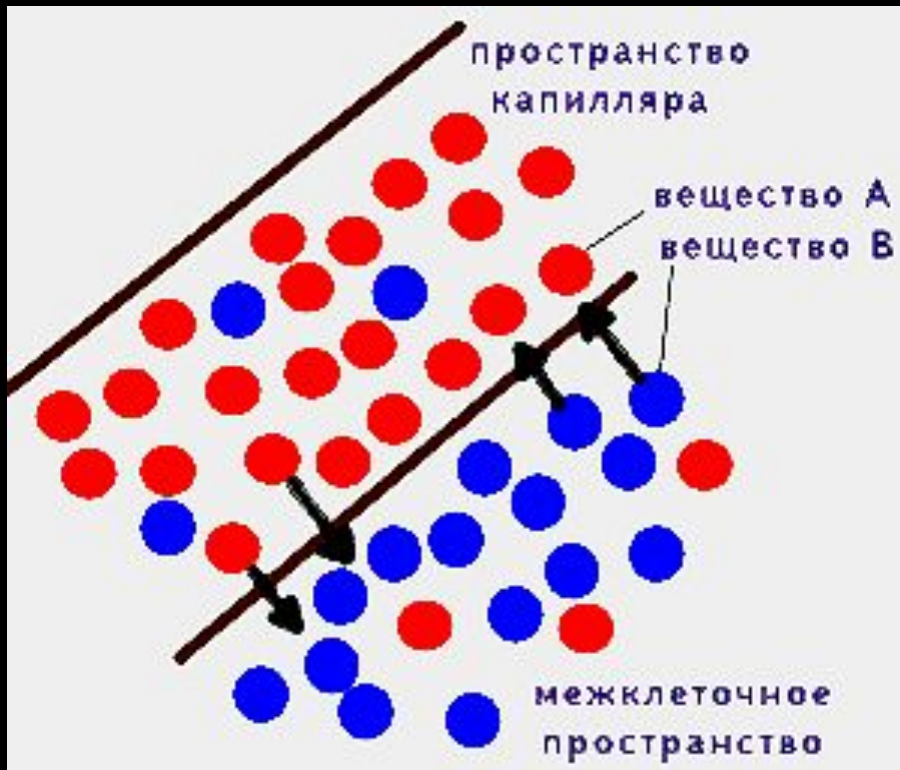
г)

## Структурное сравнение типов кровеносных сосудов:

а — артерии эластического типа - это артерии большого диаметра с толстыми стенками, которые содержат большое количество эластической соединительной ткани в средней оболочке; б — артерии мышечного типа имеют четкий слой гладкомышечных клеток в средней оболочке и обладают способностью сокращаться и расширяться; в — средние вены имеют более тонкие стенки. Средняя оболочка у них тоньше, чем средняя оболочка артерий; кроме того, они содержат меньше гладкомышечных клеток; доминирующим слоем в венах является адвентециальная оболочка; г — клапаны вен — это складки эндотелия, которые способствуют движению крови к сердцу, но не в противоположном направлении

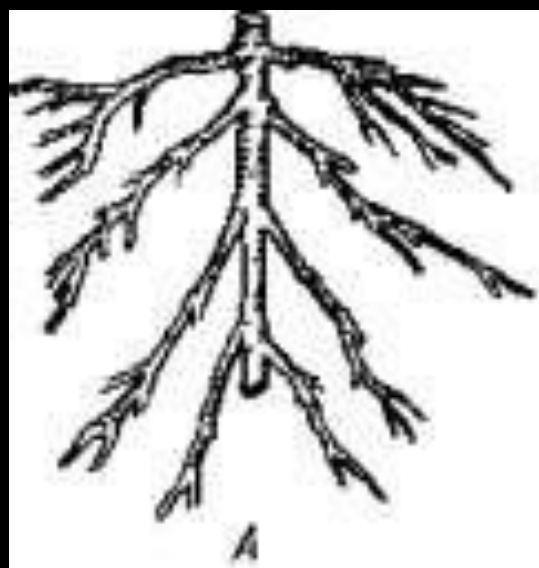


## Обменные сосуды (капилляры)



Из общего числа кровеносных капилляров в покое функционирует только небольшая часть - порядка 30 %.

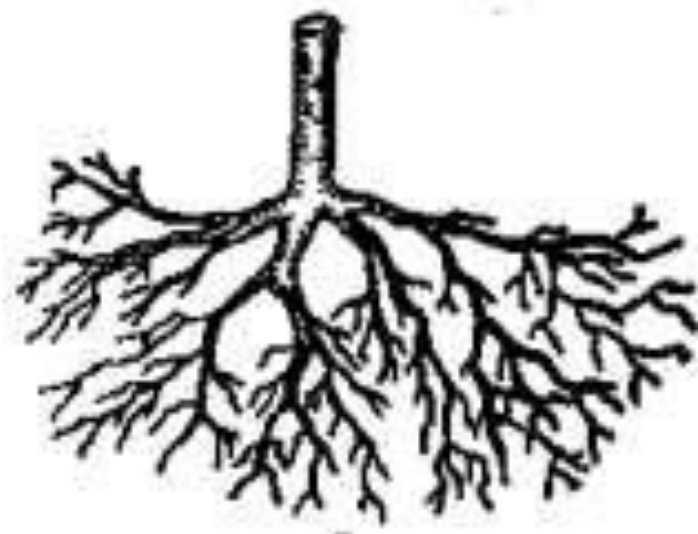
Капилляров-12 млрд. Суммарная длина кровеносных капилляров в организме человека равна примерно 100 000 км (такой нитью можно три раза опоясать земной шар по экватору). Общая поверхность кровеносных капилляров в организме равна примерно 1500 га.



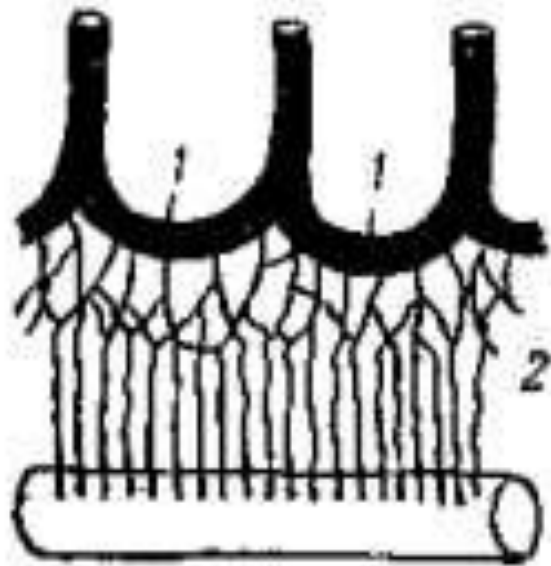
A



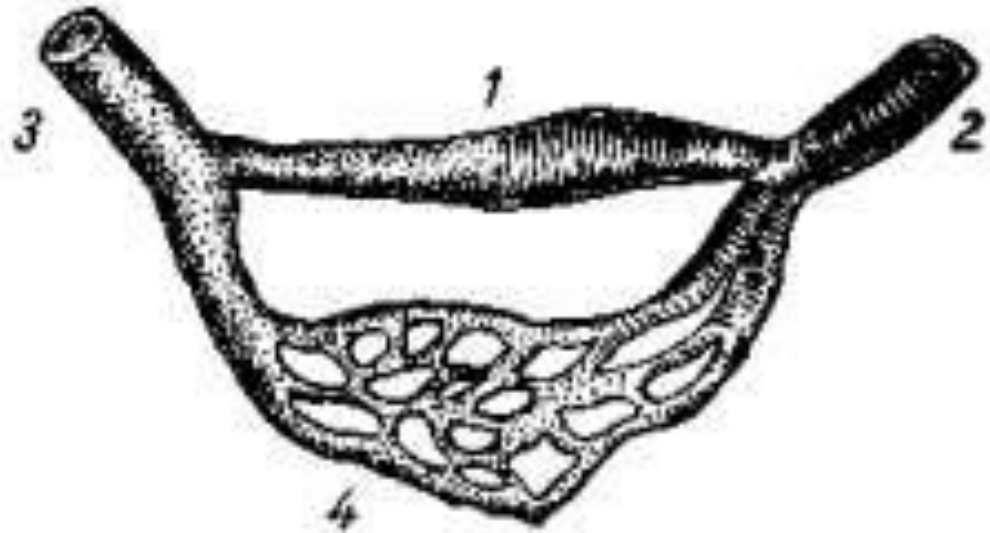
B



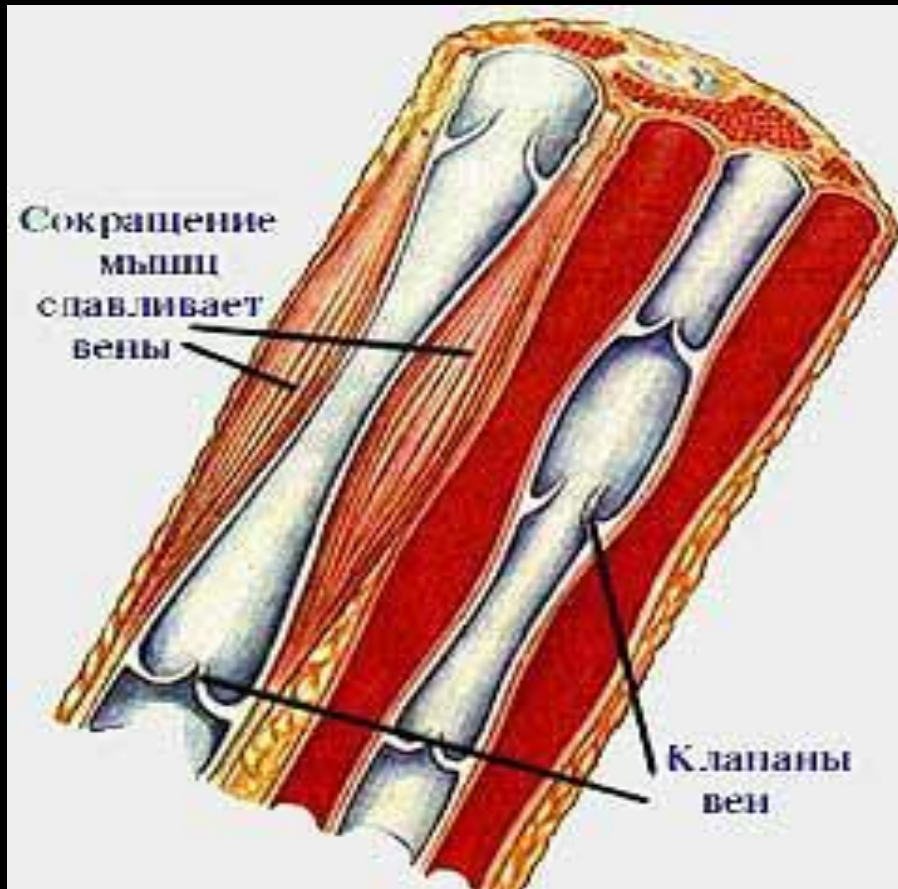
B



C



D

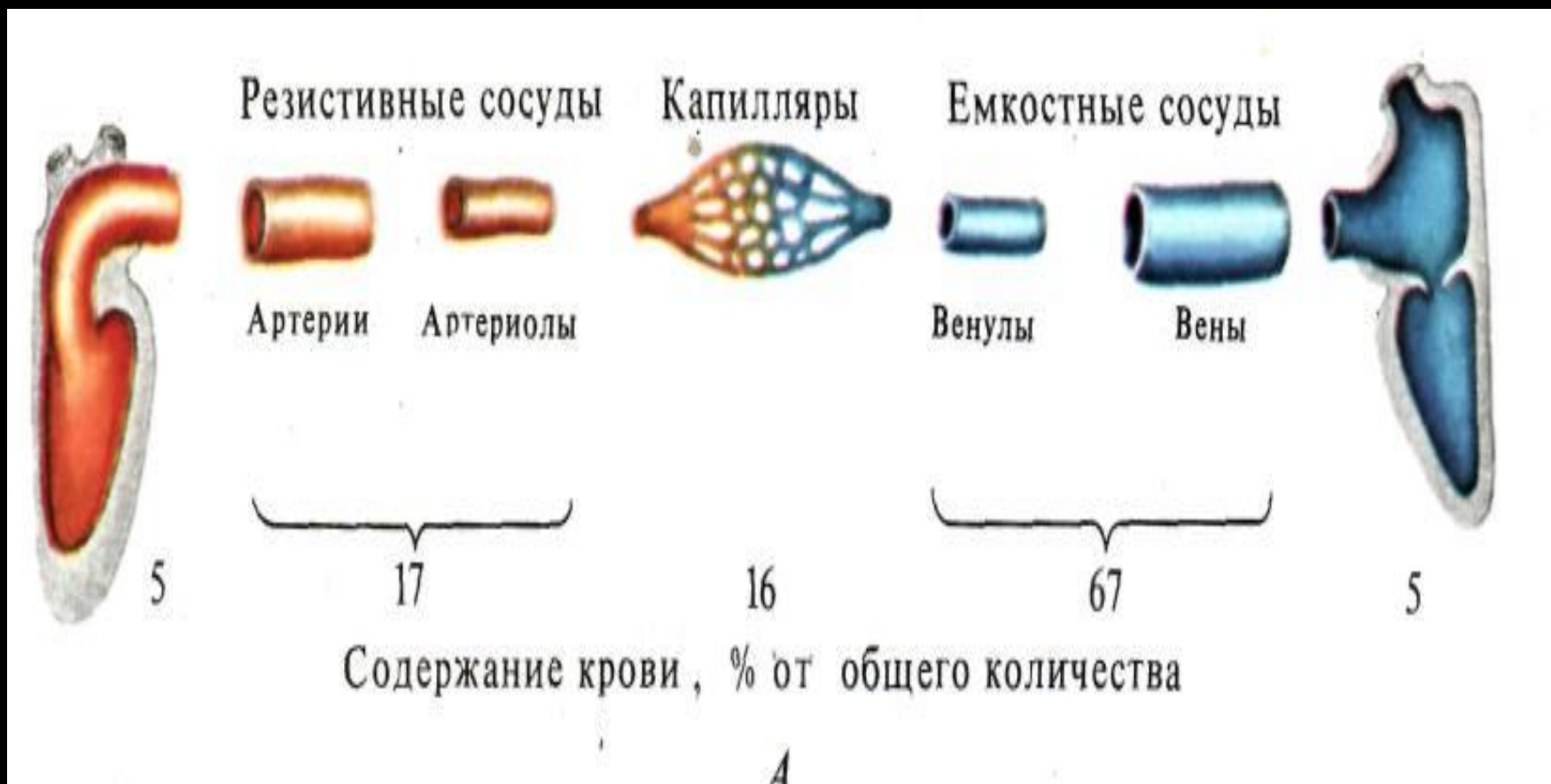


Наличие клапанов в венах делает возможным ток крови по ним только в одном направлении - к сердцу.

Механическое сдавливание вен (например, при массаже) также способствует продвижению крови по венам, а клапаны обеспечивают направление этого движения только к сердцу.

Во время мышечной работы сокращение мышц нижних конечностей оказывает на вены то же влияние, что и массаж.

Сокращающаяся мышца сдавливает вены, способствуя тем самым продвижению крови к сердцу.



# Распределение крови в кровяном русле



# Вопрос 2

Основные положения  
гемодинамики .

Объемная и линейная  
скорость кровотока.

# Особенности движения крови по сосудам

- 1. ЭЛАСТИЧНОСТЬ СОСУДОВ,  
ЗАПАСАЮЩИХ ЭНЕРГИЮ ВО ВРЕМЯ  
СИСТОЛЫ**
- 2. ПРИСАСЫВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ  
ГРУДНОЙ КЛЕТКИ ВО ВРЕМЯ ВДОХА.**
- 3. СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**
- 4. РАБОТА ДИАФРАГМЫ**
- 5. НАЛИЧИЕ КЛАПАНОВ**

# Гемодинамика —

движение крови по сосудам, возникающее вследствие разности гидростатического давления в различных участках кровеносной системы (кровь движется из области высокого давления в область низкого). Зависит от сопротивления току крови стенок сосудов и вязкости самой крови.

О гемодинамике судят по минутному объёму крови, объемной и линейной скорости кровотока.

Для определения периферического сопротивления сосудов необходимо учитывать вязкость крови ,а также длину и радиус сосудов. Эти параметры учитываются в уравнении Пуазейля :

$$R = \frac{8lV}{\pi r^2}$$

где R- периферическое сопротивление кровотоку в сосудах, V- вязкость жидкости, l- длина, r-радиус трубы

Величина объемного кровотока (мл/мин)-количество жидкости, протекающей по сосуду, пропорционально разнице давлений в ее начале и в конце и обратно пропорционально сопротивлению

Для определения периферического сопротивления сосудов необходимо учитывать вязкость крови ,а также длину и радиус сосудов. Эти параметры учитываются в уравнении Пуазейля :

$$R = \frac{8lV}{\pi r^2}$$

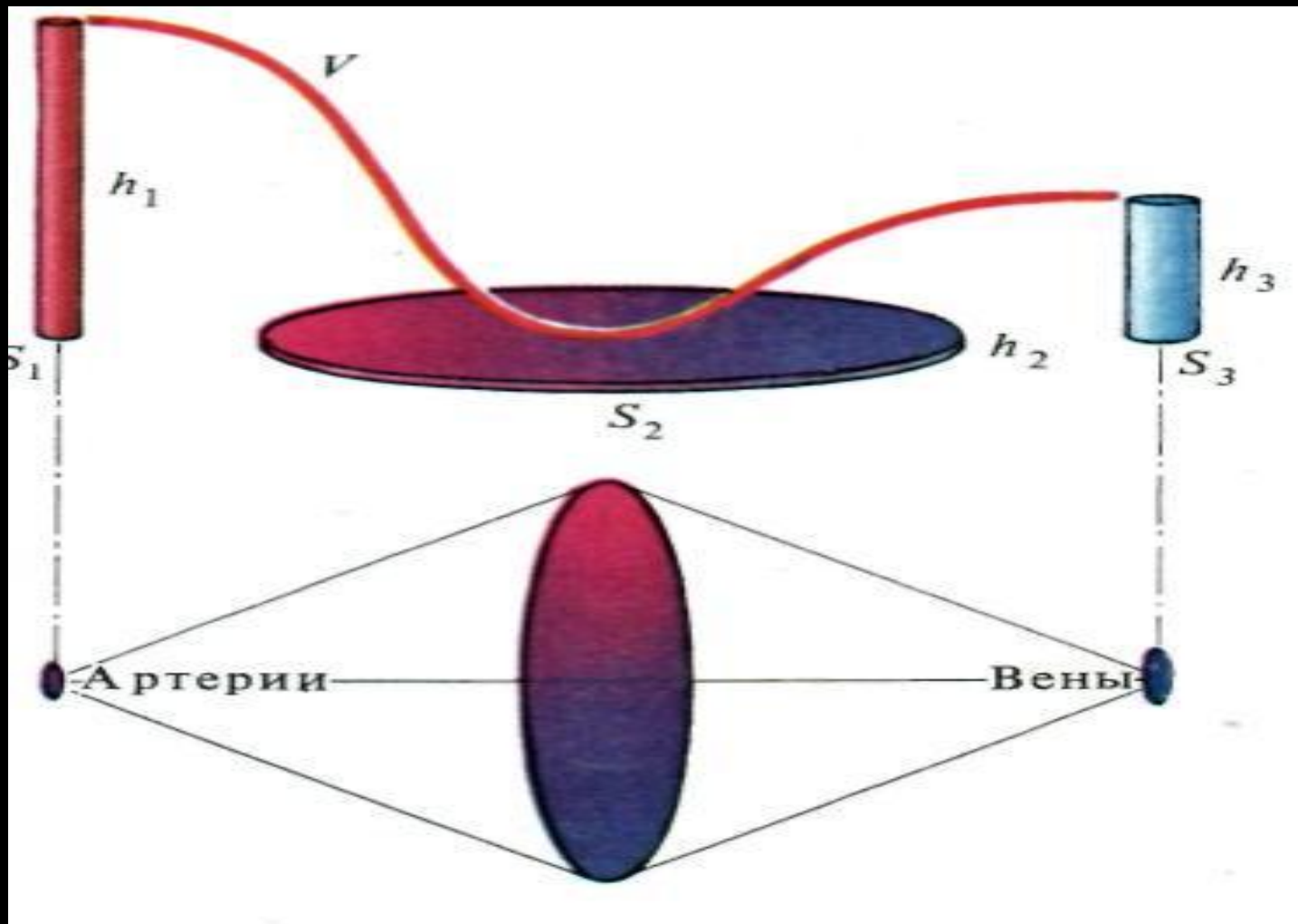
где R- периферическое сопротивление кровотоку в сосудах, V- вязкость жидкости, l- длина, r-радиус трубы

Величина линейного  
кровотока (см/с) равна  
отношению величины  
объемной скорости к  
площади сечения сосуда

Для определения периферического  
сопротивления сосудов необходимо  
учитывать вязкость крови ,а также длину и  
радиус сосудов. Эти параметры  
учитываются в уравнении Пуазейля :

$$R = \frac{8lV}{\pi r^2}$$

где R- периферическое сопротивление  
кровотоку в сосудах, V- вязкость жидкости,  
l- длина, r-радиус трубы



Соотношение линейной скорости ( $V$ ) и суммарного просвета сосудов в разных отделах сосудистого русла

Минутный объем крови  
(мл)

$$\text{МОК} = \text{СО (мл)} \times \text{ЧСС} \\ (\text{уд/с})$$



# 3. Артериальное давление, механизм его возникновения

**Артериальное давление (АД)** – это давление, которое создает циркулирующая кровь на стенки кровеносных сосудов (артерий).

Во время каждого сердечного сокращения, артериальное давление колеблется от **максимального (систолического)** до **минимального (диастолического) давления**. **Среднее АД** (через накачивание сердца и сопротивление потока в кровеносных сосудах) уменьшается, ведь циркулирующая кровь движется от сердца через артерии. Кровяное давление падает быстрее, тогда, когда кровь проходит *через мелкие артерии и артериолы* и продолжает уменьшаться, когда кровь проходит через капилляры и обратно к сердцу через вены. Сила земного притяжения (гравитация), наличие клапанов в венах, а также ритмические сокращения скелетных мышц также могут влиять на кровяное давление.

Термин «**кровяное давление**» обычно касается давления, *измеренного на плече человека*. Если сказать точнее, то оно измеряется на внутренней стороне локтя, на плечевой артерии, которая является основным кровеносным сосудом плеча и несет кровь от сердца.

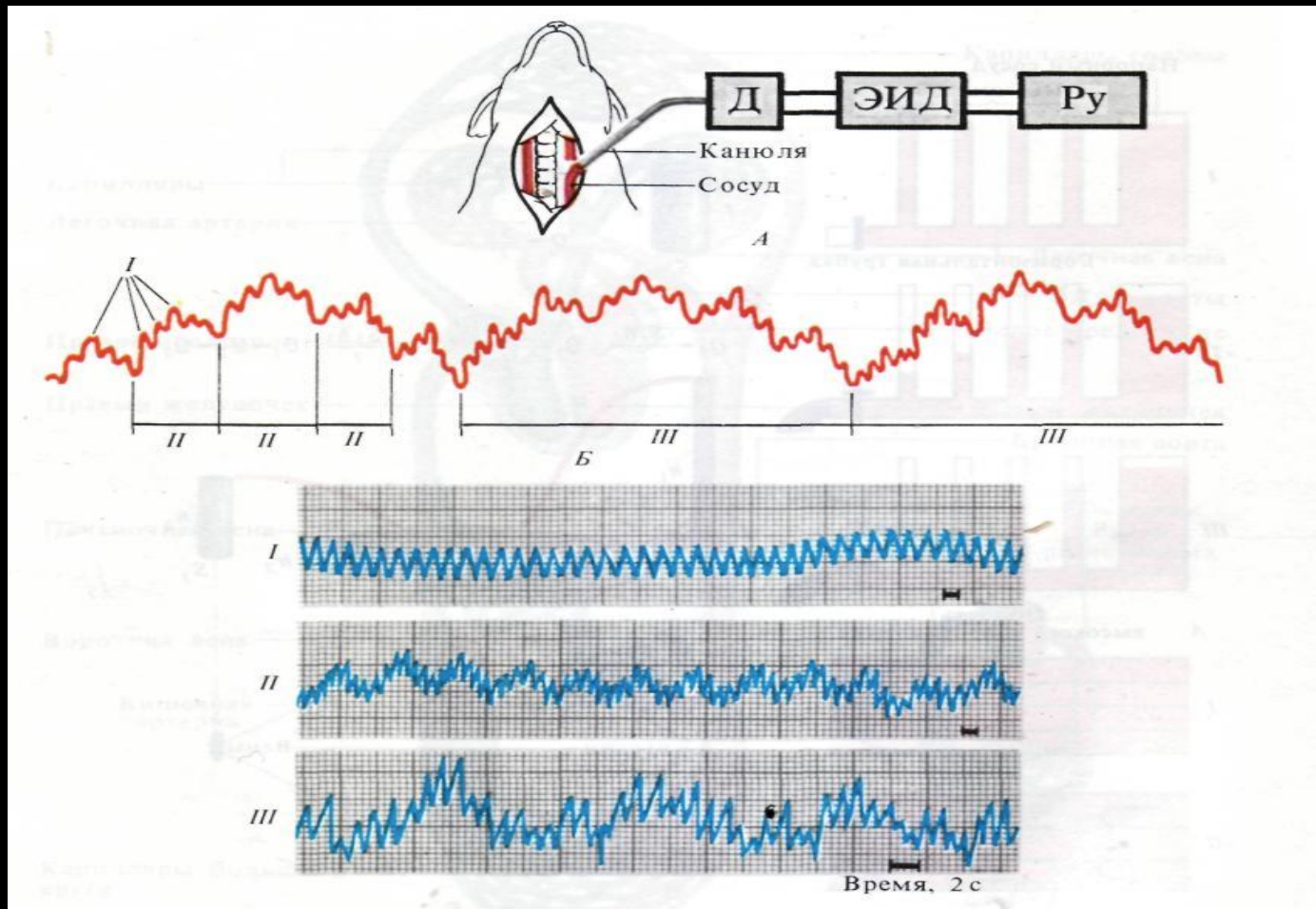
*Артериальное давление человека, как правило, выражается с помощью значений систолического и диастолического давления (мм рт.ст.), например, 140/90.*

### **Классификация артериального давления для взрослых**

<b>Категория</b>	<b>систолическое мм.рт.ст.</b>	<b>диастолическое мм.рт.ст</b>
<b>Гипотензия</b>	<b>&lt; 90</b>	<b>&lt; 60</b>
<b>Нормальное давление</b>	<b>90 – 119</b>	<b>60 – 79</b>
<b>Прегипертензия</b>	<b>120 – 139</b>	<b>80 – 89</b>
<b>Гипертензия (ступень 1)</b>	<b>140 – 159</b>	<b>90 – 99</b>
<b>Гипертензия(ступень 2)</b>	<b>160 – 179</b>	<b>100 – 109</b>
<b>Гипертензия (ступень 3) или Гипертонический кризис</b>	<b>≥ 180</b>	<b>≥ 110</b>

# Изменение артериального давления в кровяном русле





## Артериальное давление.

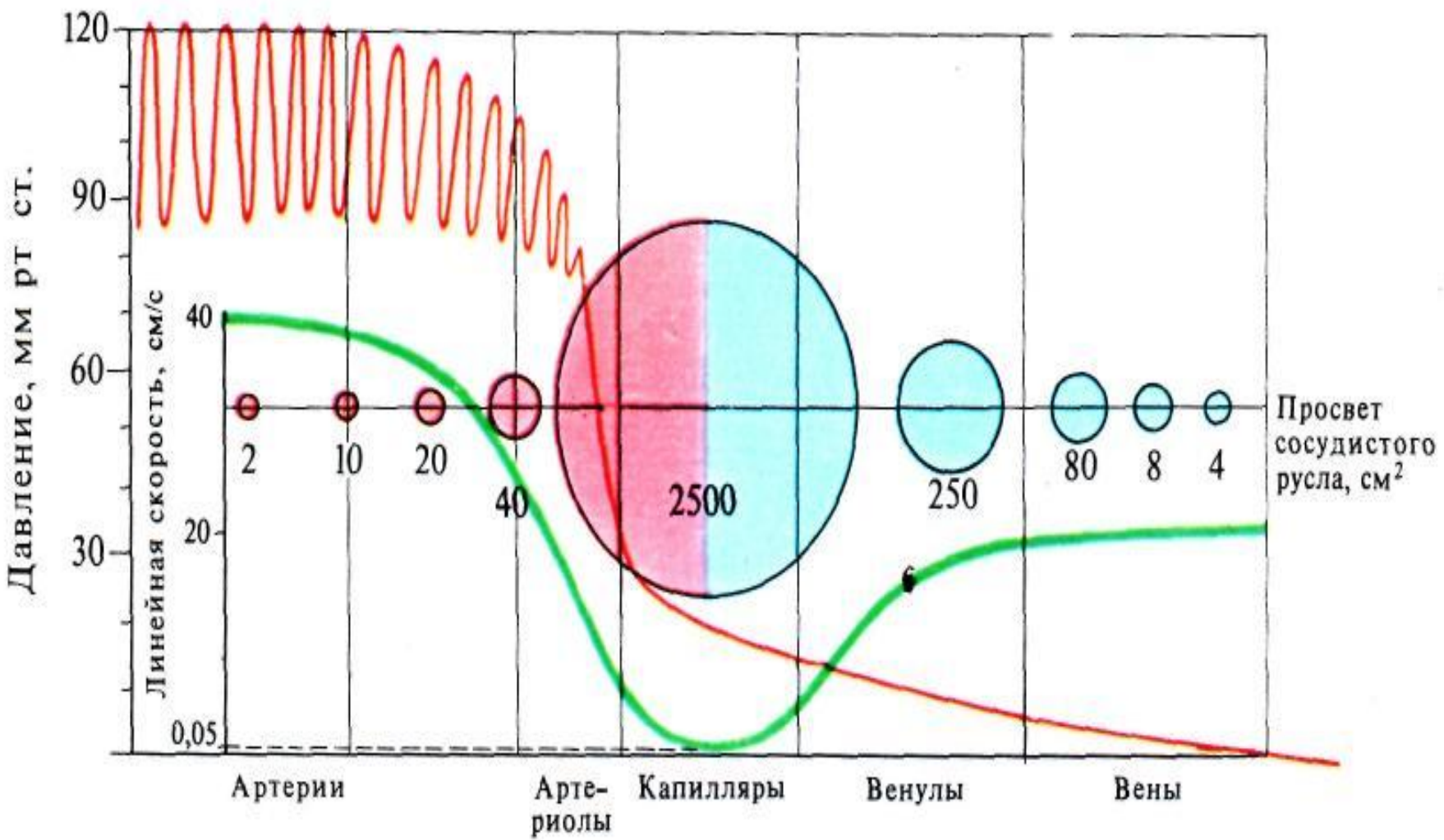
А- схема регистрации в остром опыте. Б- схема кривой кровяного давления; В — кривые кровяного давления: / — волны первого порядка (пульсовые), // — волны второго порядка (дыхательные), /// — волны третьего порядка (деятельность сосудодвигательного центра) (Д — датчик, ЭИД — электронный

# Величина кровяного давления зависит от

1. Тонуса сосудов, определяющего величину просвета
2. Сопротивления току крови
3. Массы циркулирующей крови
4. Вязкости крови
5. Работы сердца

# Возможные изменения кровотока различных областей организма при мышечной работе

<p><b>Органы, кровотока в которых существенно увеличивается при мышечной деятельности</b></p>	<p><b>Максимальное увеличение кровотока по сравнению с уровнем покоя</b></p>	<p><b>Органы, кровотока в которых существенно снижается при интенсивной и длительной мышечной деятельности</b></p>	<p><b>Максимальное снижение кровотока по сравнению с уровнем покоя</b></p>
<p><b>Работающие мышцы</b></p> <p><b>Сердце</b></p>	<p><b>В 20-30 раз</b></p> <p><b>В 5 раз</b></p>	<p><b>Неработающие мышцы</b></p> <p><b>Органы брюшной полости (органы пищеварения, печень селезенка)</b></p>	<p><b>В 4-6 раз</b></p> <p><b>В 5 раз</b></p>
<p><b>Кожа - при легкой и средней мышечной работе</b></p>	<p><b>В 3 раза</b></p>	<p><b>Кожа - при истощающей мышечной работе</b></p> <p><b>Почки - при тяжелой мышечной работе</b></p>	<p><b>Кровоток близок к кровотоку в состоянии покоя</b></p> <p><b>В 5 раз и более</b></p>

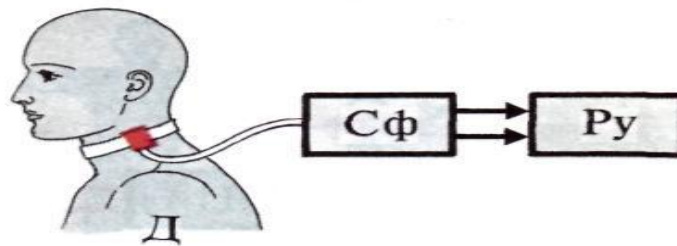


**Уровень кровяного давления, суммарный просвет сосудов и линейная скорость кровотока**

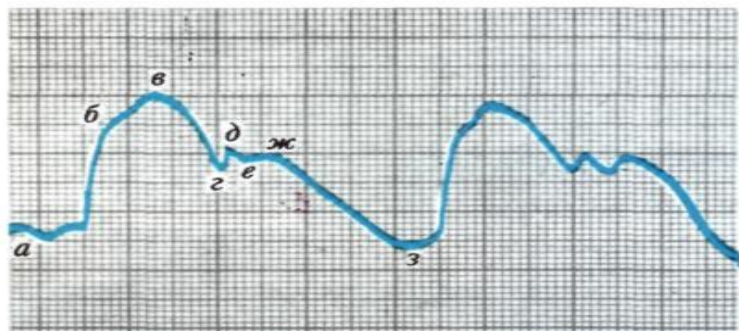
# Что такое пульс?

Пульс (ЧСС) который можно прощупать при надавливании на артерию - удар крови о стенку сосуда. Число пульсовых ударов соответствует числу сокращений сердца. Поэтому по пульсу часто определяют частоту сердечных сокращений (число сердечных сокращений в единицу времени).

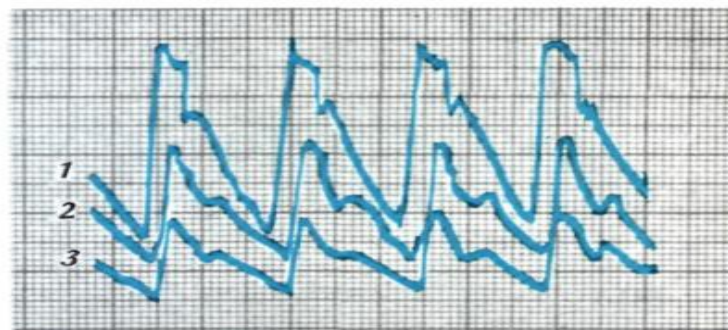




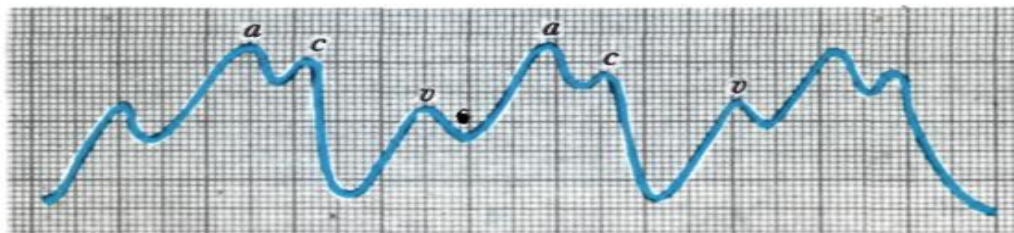
A



Б



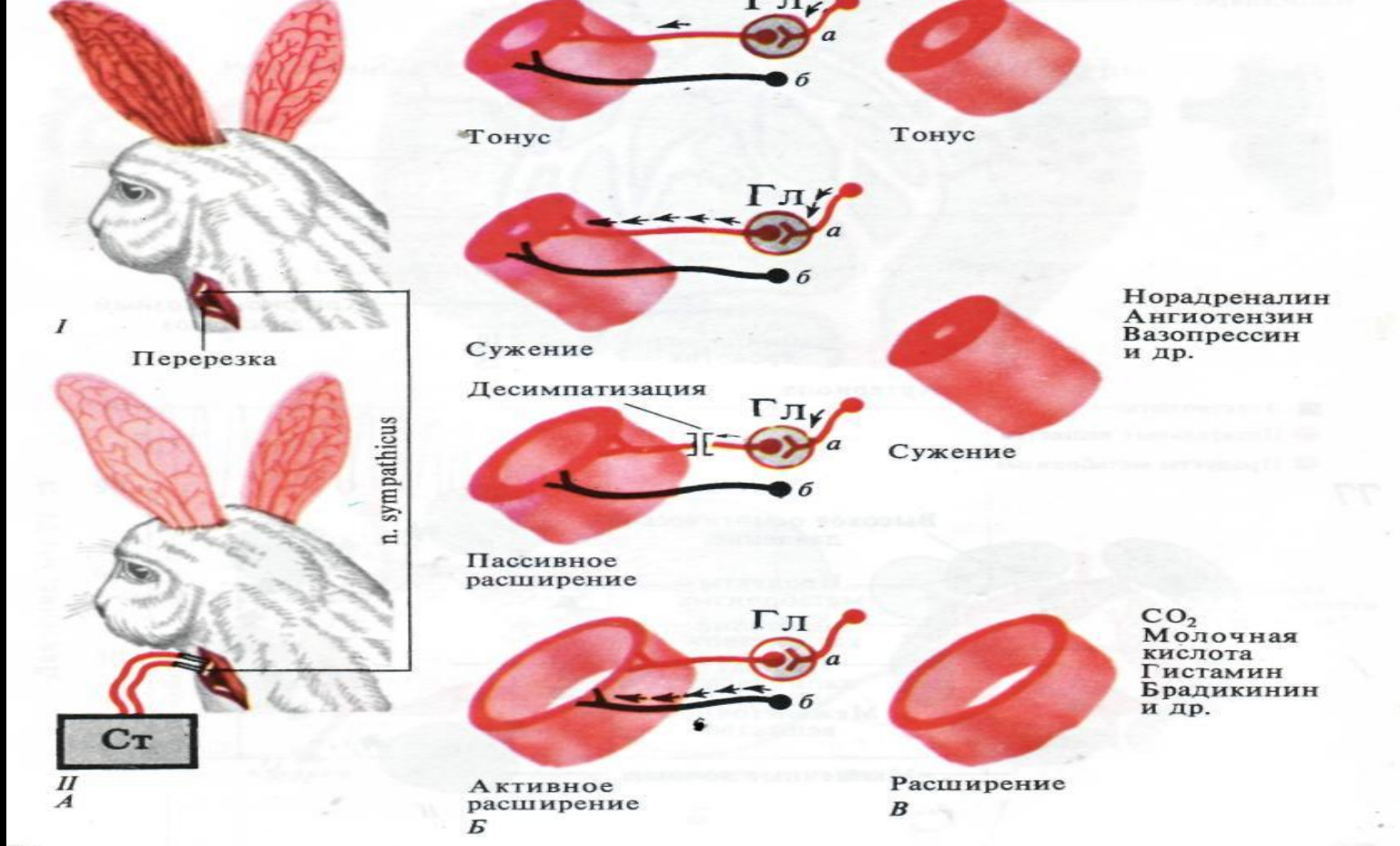
В



Г

**Пульс:** А — схема регистрации пульса на сонной артерии; Б — артериальный пульс (сфигмограмма) сонной артерии: *абв* (анакрота) — повышение давления во время систолы, *вг* — снижение давления в конце систолы; *д* — захлопывание полулунных клапанов, *ежз* (катакрота) — снижение давления во время диастолы; В — сфигмограммы сонной (1), лучевой (2), пальцевой (3) артерий, записанные синхронно; Г — венозный пульс (флебограмма). Отражение систолы предсердий (а), систолы желудочков (с), конец диастолы предсердий (в); Д — онкометрический датчик Сф — сфигмограф

Д — онкометрический датчик Сф — сфигмограф



### Механизм сосудодвигательных реакций:

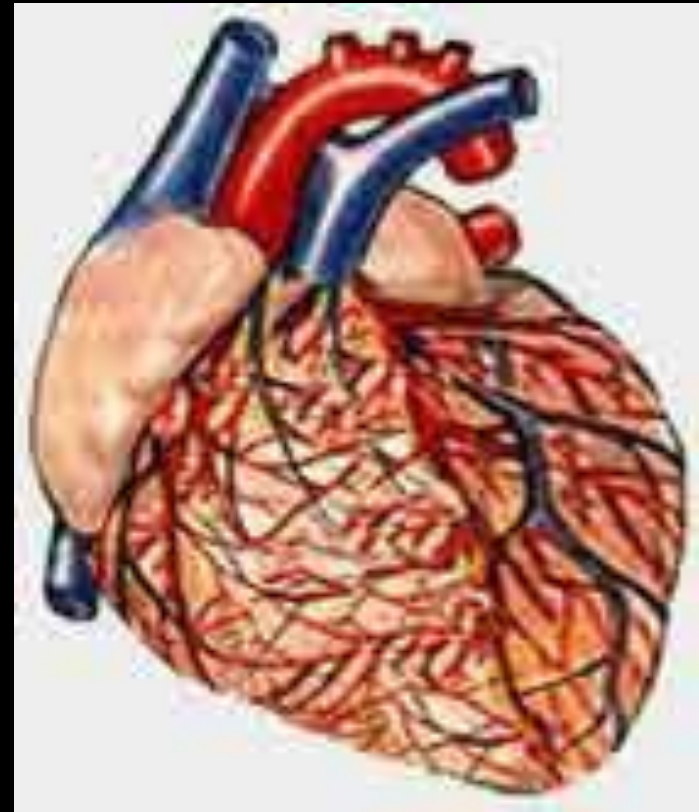
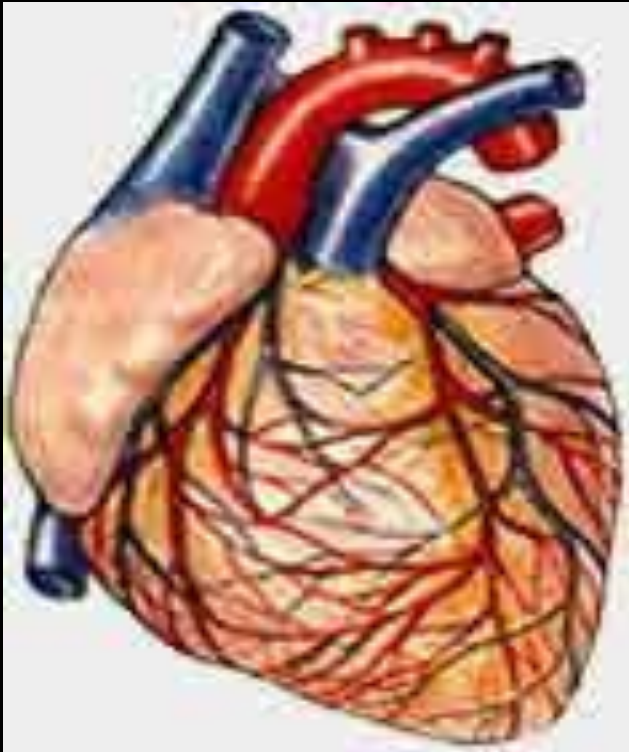
А — влияние симпатических нервов (опыт К.Бернара): / — результат десимпатизации. // — результат раздражения перерезанного n.symphaticus;

Б — нервная регуляция просвета сосуда: а — сосудосуживающие симпатические нервы (адренэргические), б — сосудорасширяющие нервы;

В — гуморальная регуляция просвета мелких сосудов

## 4. Особенности кровообращения в сердце, легких, головном мозге.

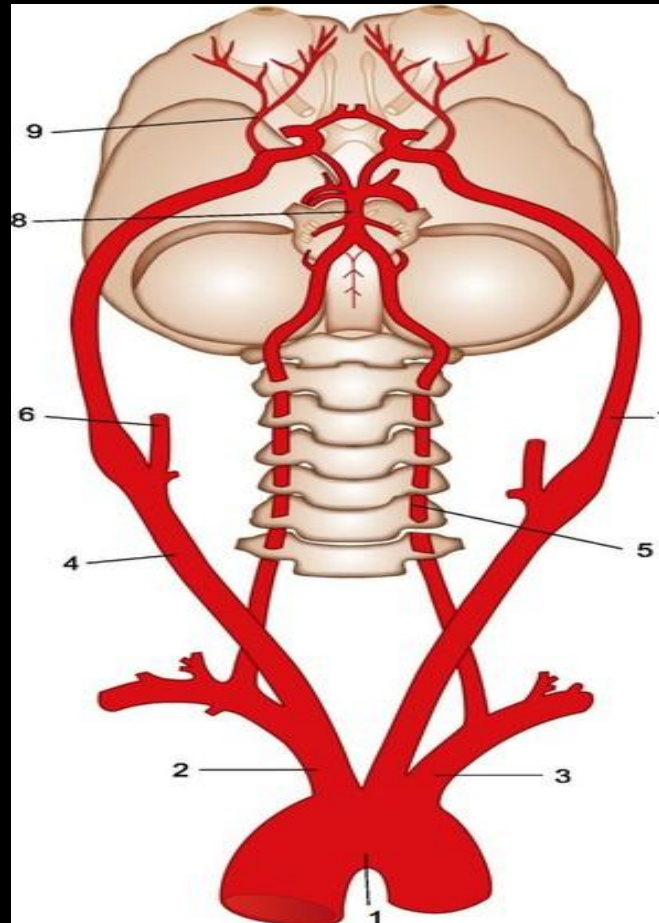
**Под влиянием многолетних систематических тренировок увеличивается число сосудов сердца**



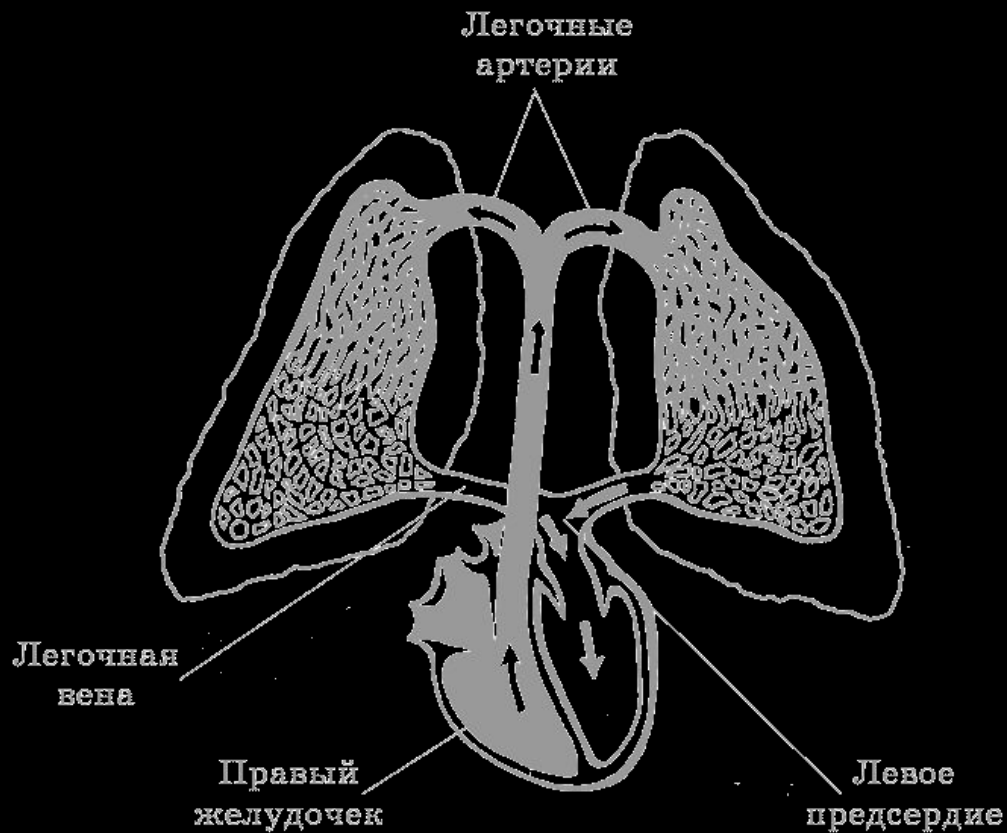
# Кровоснабжение головного мозга

- Интенсивность кровотока в сосудах мозга высока — в состоянии психического и физического покоя она составляет 55-60 мл/100 г/мин, т.е. около 15% сердечного выброса. При относительно небольшой массе (2% от веса тела) мозг потребляет до 20% всего кислорода и 17% глюкозы, которые поступают в организм человека. Интенсивность потребления кислорода мозгом составляет в среднем 3-4 мл/100 г/мин. Критическая величина интенсивности суммарного мозгового кровотока, при которой начинают проявляться признаки необратимых изменений мозгового вещества в связи с недостатком кислорода, составляет около 15 мл/100 г/мин. Уже через 5- 7 с после прекращения кровообращения в мозге человек теряет сознание. При ишемии мозга, продолжающейся более 5 мин, отмечается феномен невосстановления кровотока, вследствие перекрытия микроциркуляторного русла из-за изменений эндотелия капилляров и отека глиальных клеток. В отличие от других органов мозг практически не располагает запасами кислорода.
- Сосуды мозга способны путем ауторегуляторных механизмов поддерживать кровоток на относительно стабильном уровне при изменениях системного АД в пределах 60- 180 мм рт.ст. При подъеме АД выше 180 мм рт.ст. возможно резкое расширение артерий мозга, сопровождающееся нарушением функций гематоэнцефалического барьера, возникновением отека и возрастанием интенсивности мозгового кровотока. При относительном постоянстве общего мозгового кровотока локальный кровоток в различных отделах мозга не постоянен и зависит от интенсивности их функционирования. Так, при напряженной умственной работе локальный кровоток в коре головного мозга человека может возрасти в 2- 3 раза по сравнению с состоянием покоя.
- В условиях герметичности и жесткости черепа общее сопротивление сосудистой системы головного мозга мало зависит от изменений давления в его артериях. Так, при повышении АД происходит расширение мозговых артерий, что ведет к повышению давления ликвора, сжатию вен мозга и оттоку ликвора в спинальную полость. При этом сопротивление артерий падает, а вен возрастает, тем же

# Схема кровообращения в мозге



# Схема кровообращения в легких

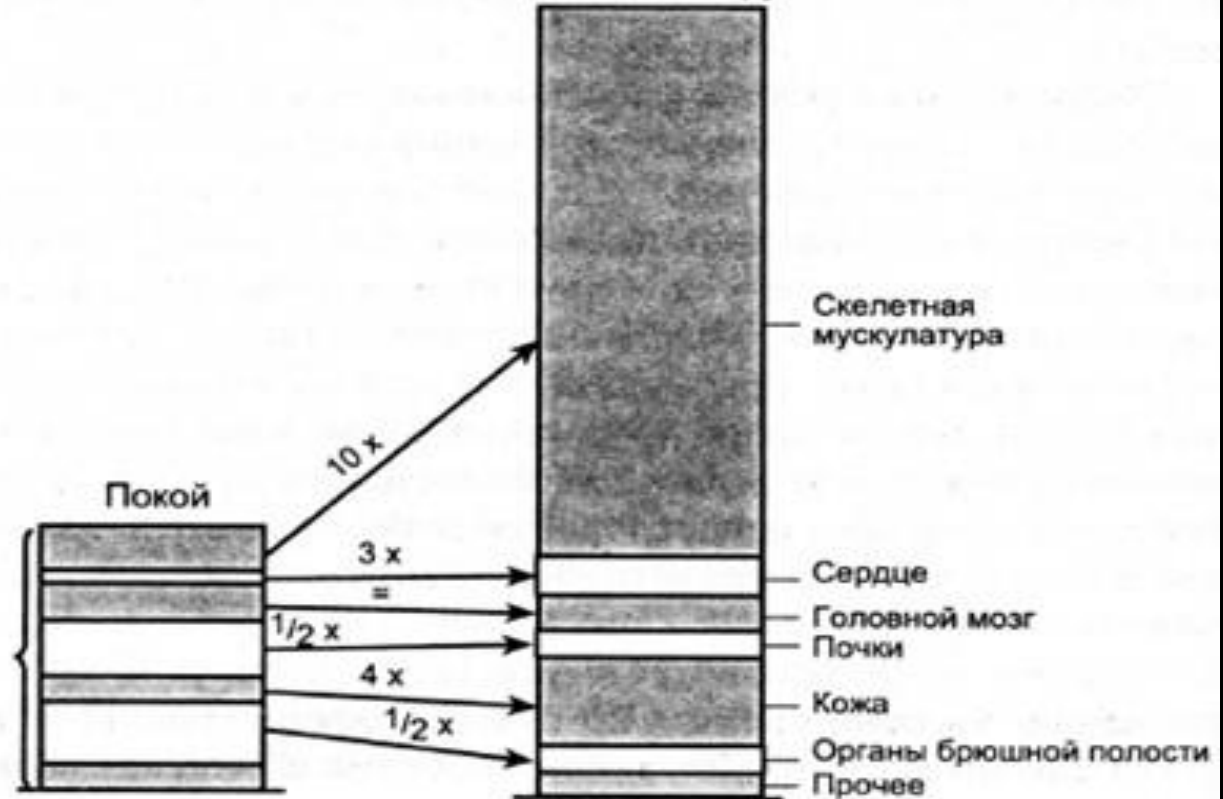


5. Адаптация сердечно-сосудистой системы(ССС) к физическим нагрузкам.  
Нейро-гуморальная регуляция ССС.



Значительная физическая нагрузка

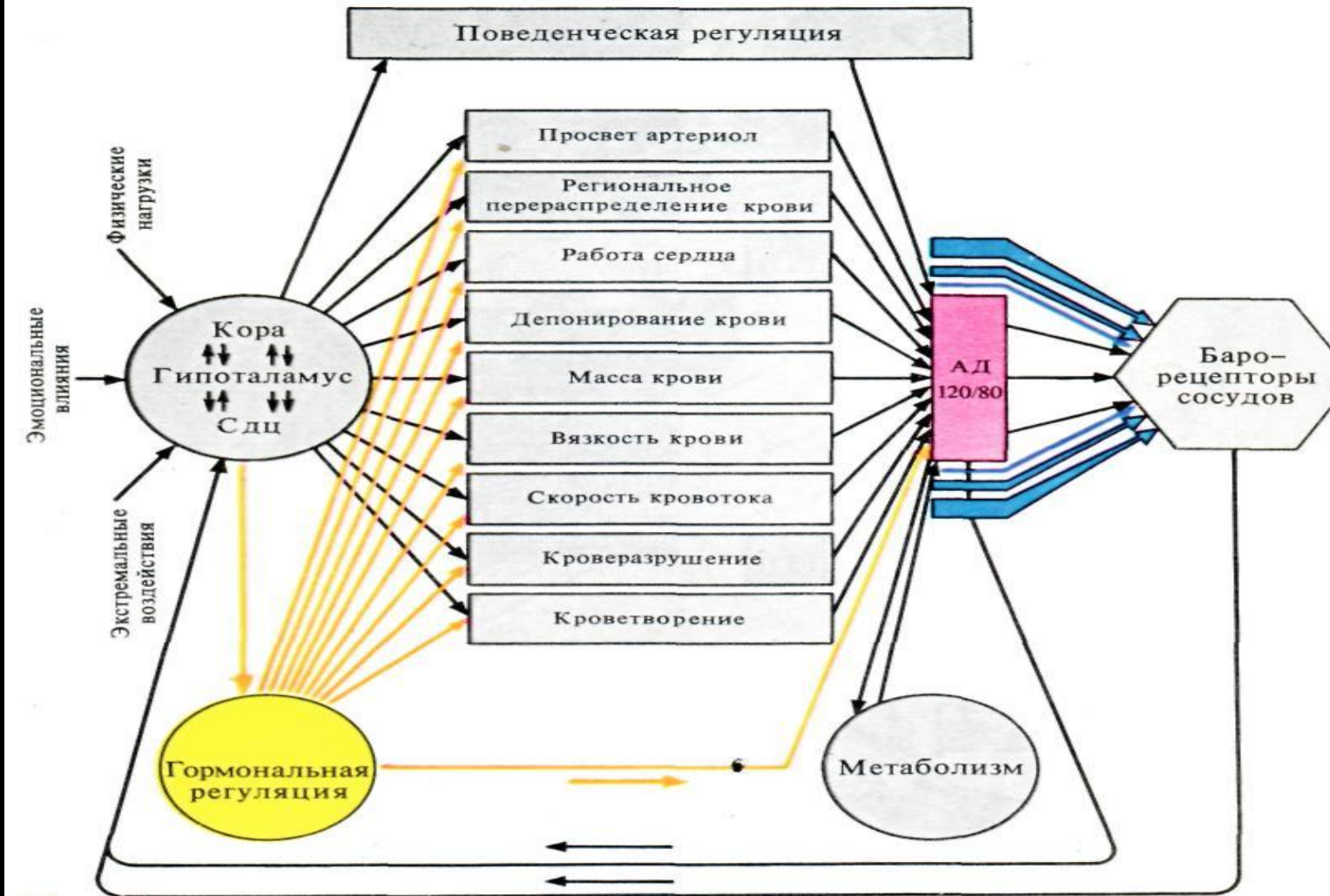
ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ КРОВОТОК ЧЕРЕЗ ОТДЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ



Минутный объем  
Частота  
сердечных сокращений  
Фракция изгнания  
Артериальное давление  
Центральное  
венозное давление

6 л/мин  
70 уд./мин  
60%  
120/80 мм рт. ст.  
2 мм рт. ст.

18 л/мин  
160 уд./мин  
80%  
150/80 мм рт. ст.  
2 мм рт. ст.



Функциональная система поддержания кровяного давления (по П.К. Анохину)

Спасибо за внимание!