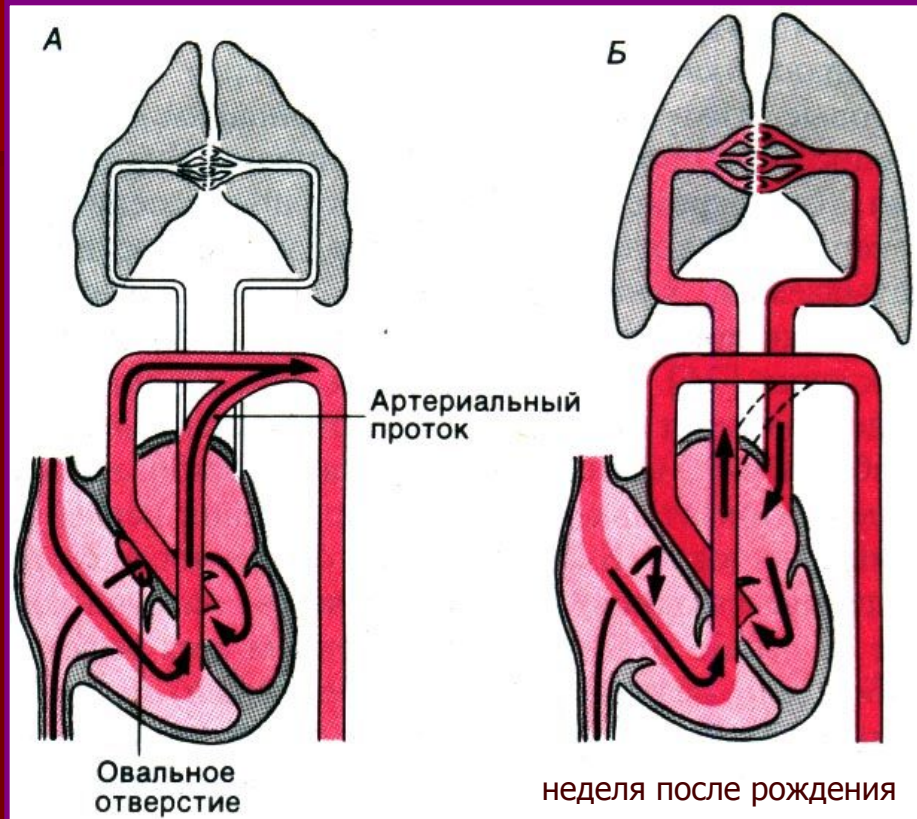


# Физиология человека

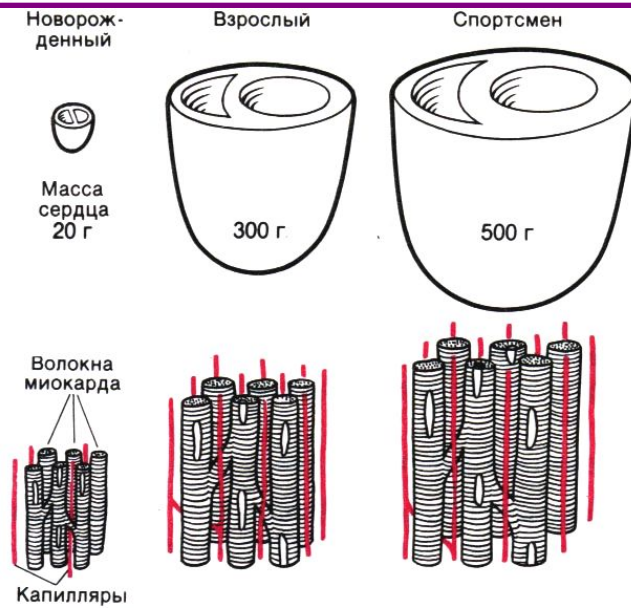
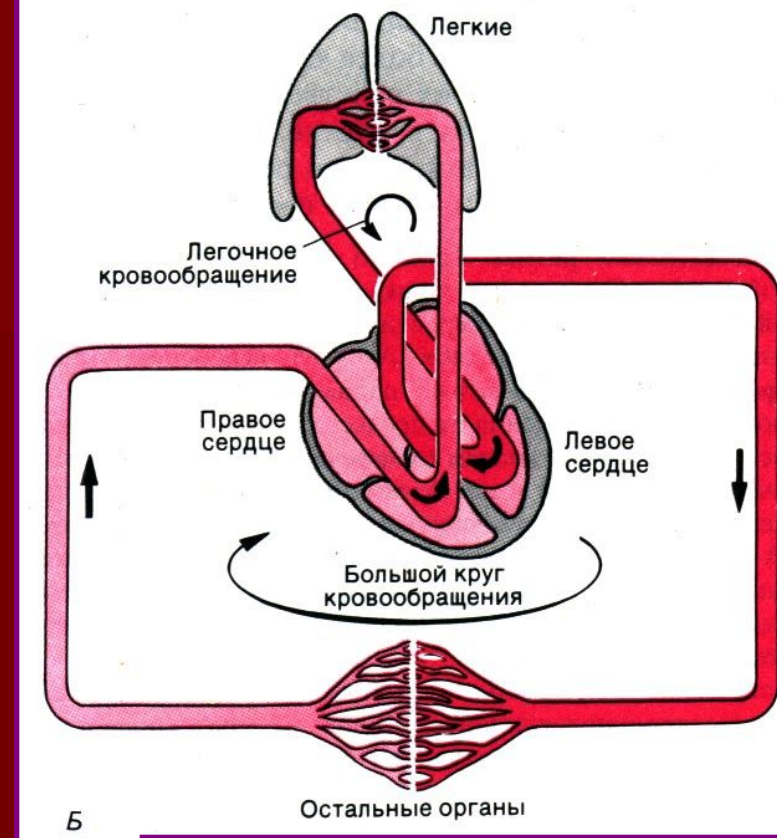
Кровообращение.  
гемодинамика.

# Строение и развитие сердечно-сосудистой системы

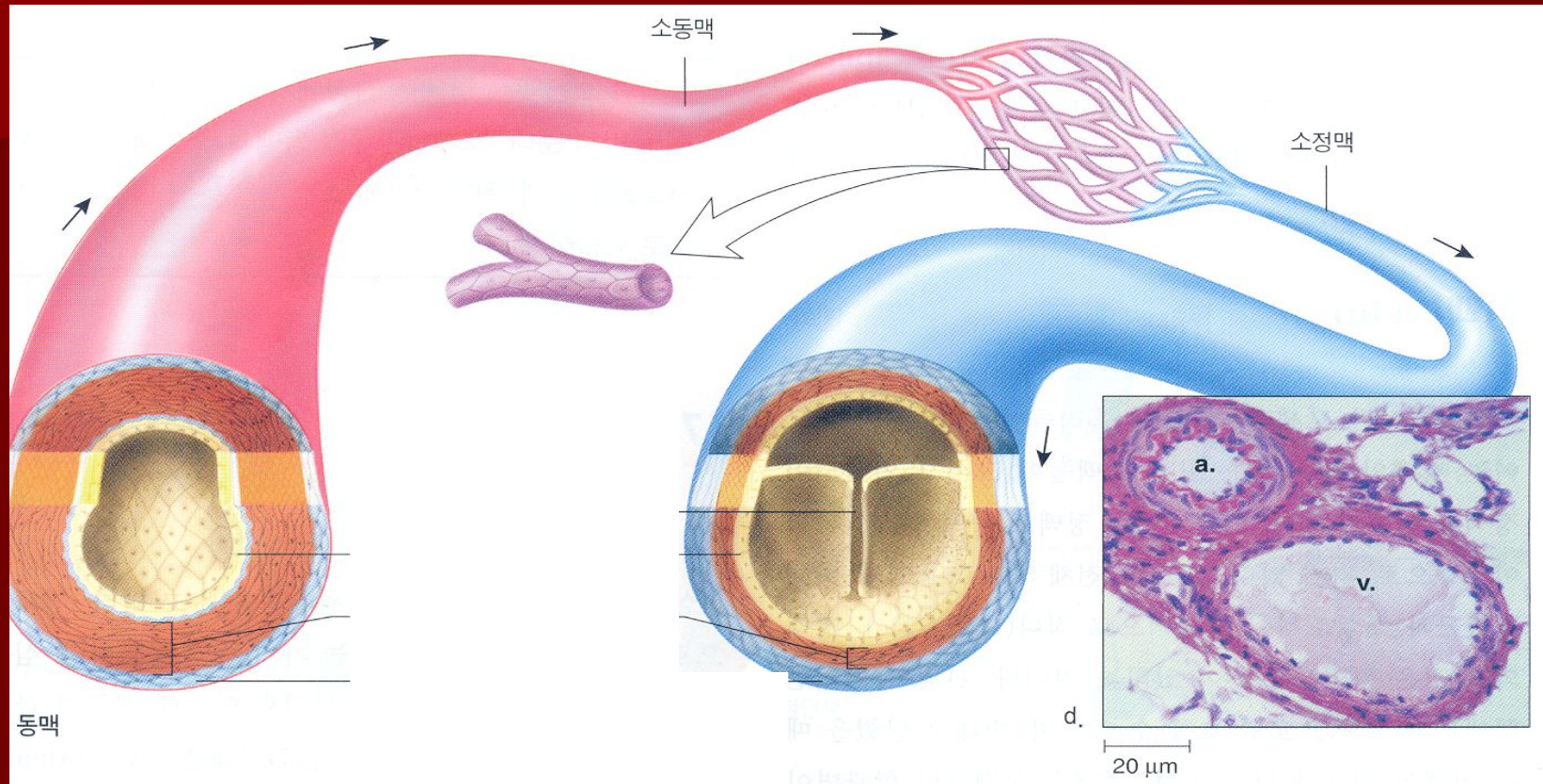


сердце плода:  
обе половины соединены  
параллельно (овальное  
отверстие и артериальный  
(боталлов) проток)

соотношение массы  
л/п желудочков – 3/1  
у взрослого: одна  
мышечная клетка –  
один капилляр



# Типы кровеносных сосудов



АРТЕРИИ    АРТЕРИОЛЫ    КАПИЛЛЯРЫ    ВЕНУЛЫ    ВЕНЫ

**вместе с нервами и лимфатическими сосудами образуют единые тяжи**

Для стационарного ламинарного потока однородной несжимаемой жидкости, текущей по жесткой горизонтальной цилиндрической трубке:

$$Q = \Delta P \pi r^4 / 8 \eta l$$

*(уравнение Пуазейля)*

$Q$  - объемная скорость потока

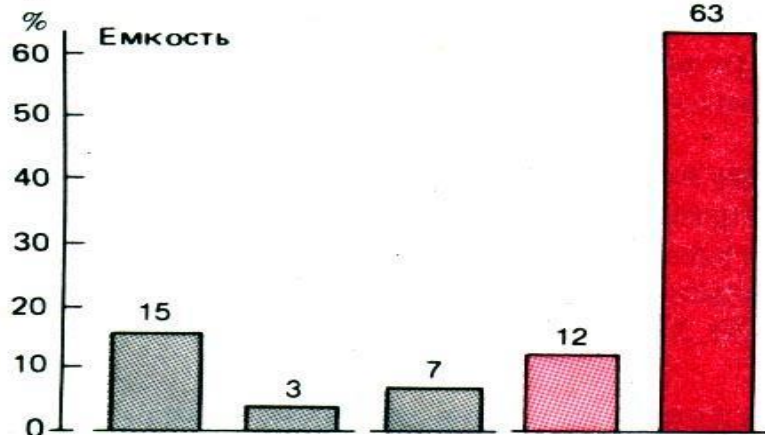
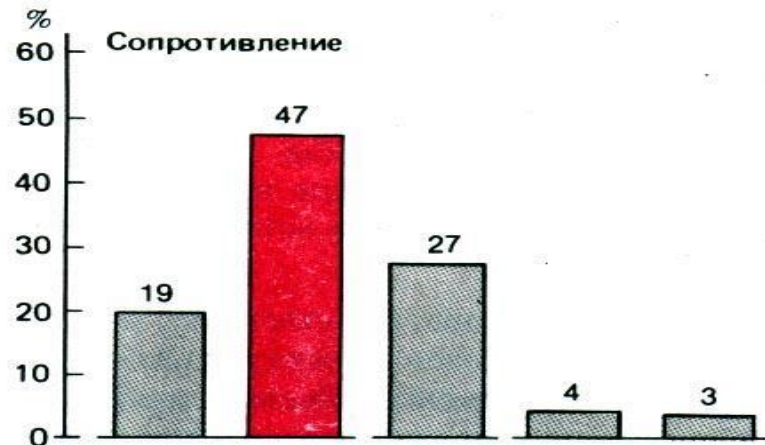
$\Delta P$  - перепад давления

$\eta$  - коэффициент вязкости жидкости

$r$  - радиус трубки

$l$  - длина трубки

измеряют окклюзионной плетизмографией



## Процентное соотношение основных параметров в различных отделах сосудистого русла

гидродинамическое сопротивление

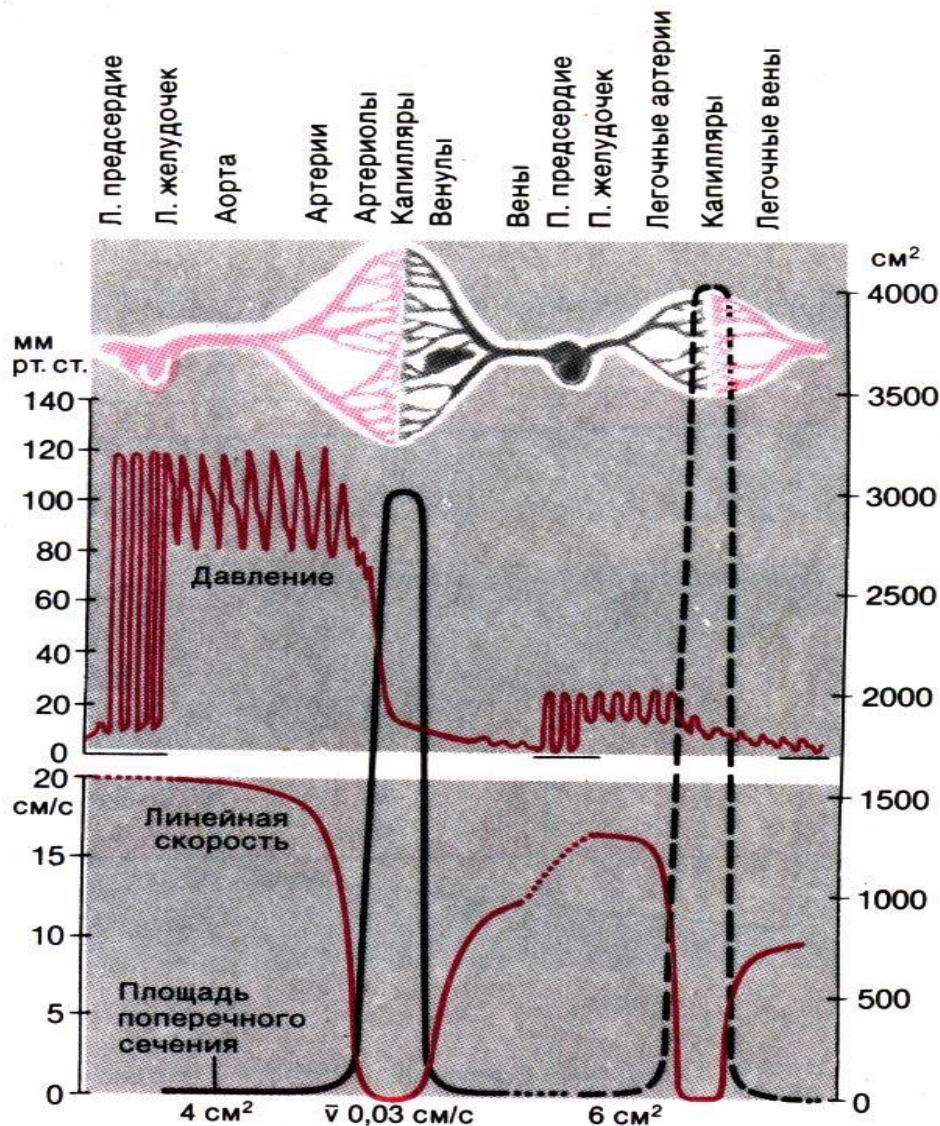
емкость

площадь поверхности

Три типа сосудов:

- резистивные
- обменные
- емкостные

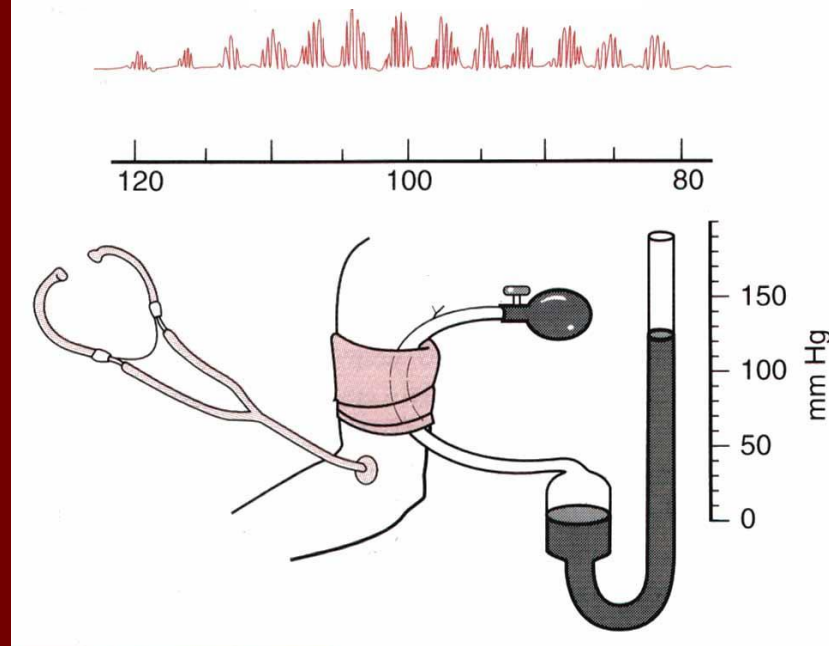
# Давление и скорость кровотока



## Измерение давления

Аускультативный метод (стетоскопом)

### тоны Короткова

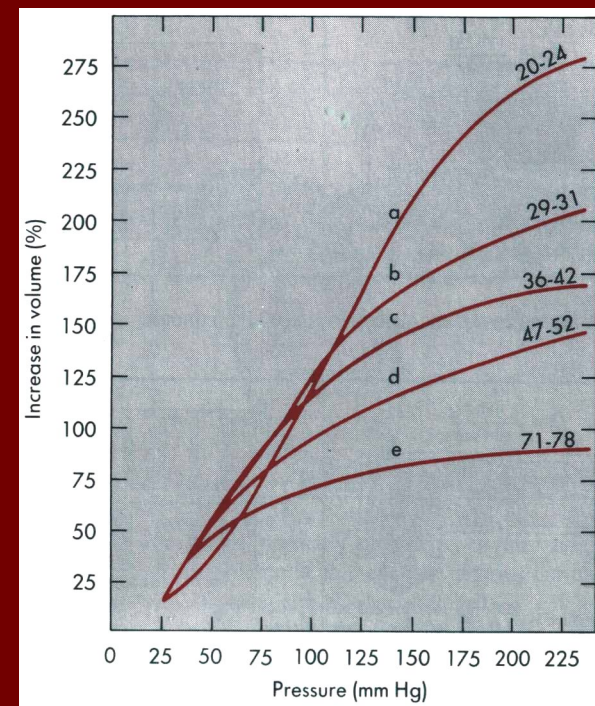
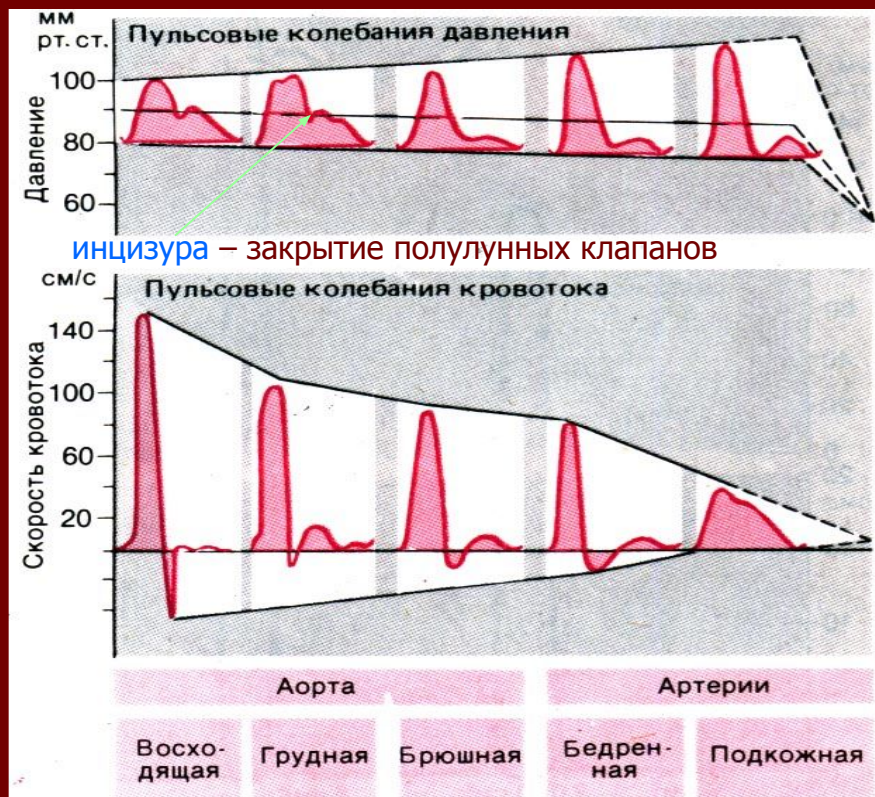


# Ток крови в артериях

Аорта – «компрессионная камера» (накапливает до 50% ударного объема)

Крупные артерии – основные рефлексогенные зоны (дуга аорты, каротидный синус)

Мелкие артерии и артериолы – основные регуляторы давления (в т.ч. сфинктеры)

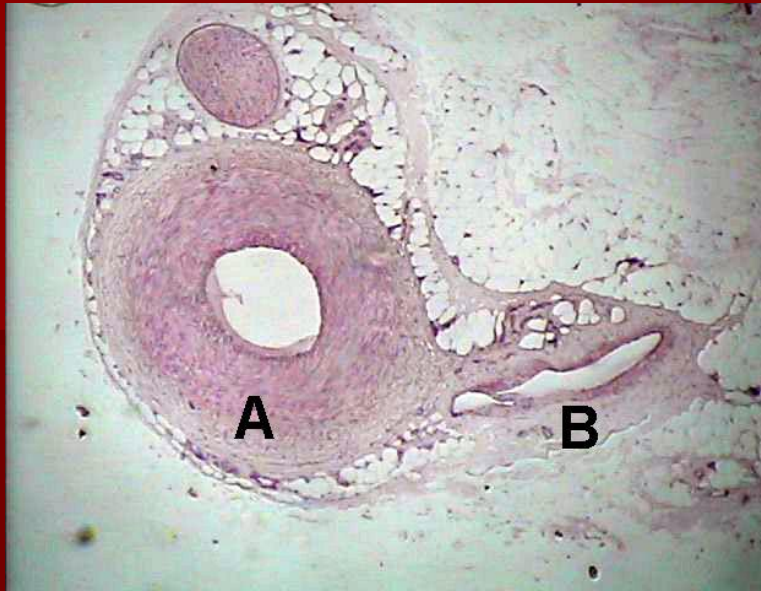


зависимость эластичности от возраста

мелкие артерии более жесткие  
– увеличение амплитуды колебаний давления

диагностика – по скорости распространения  
пульсовой волны

# Строение стенки артерии



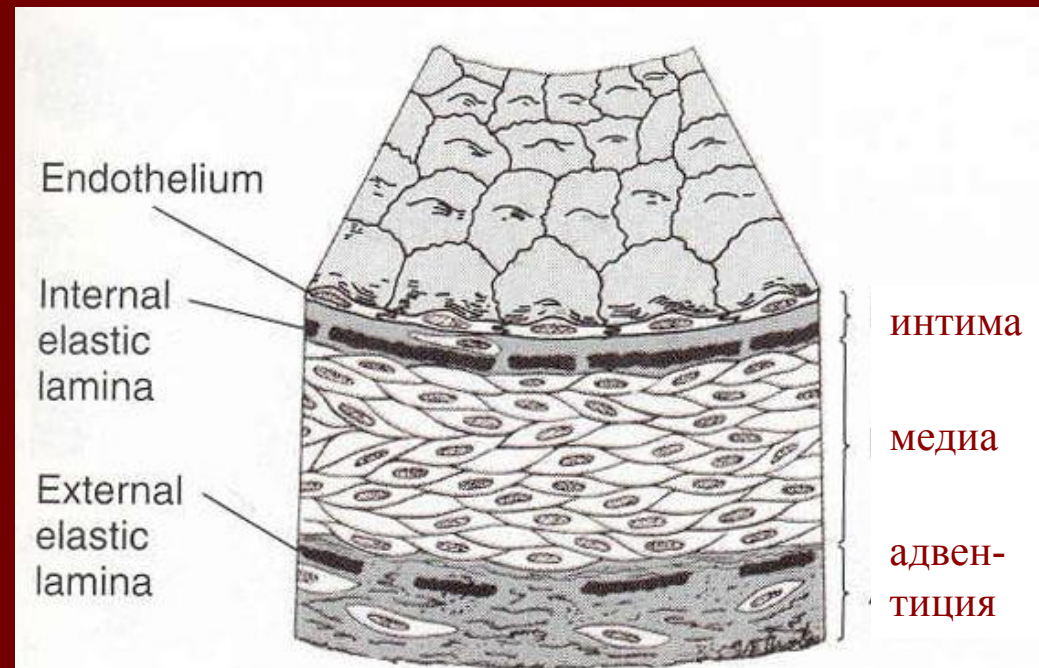
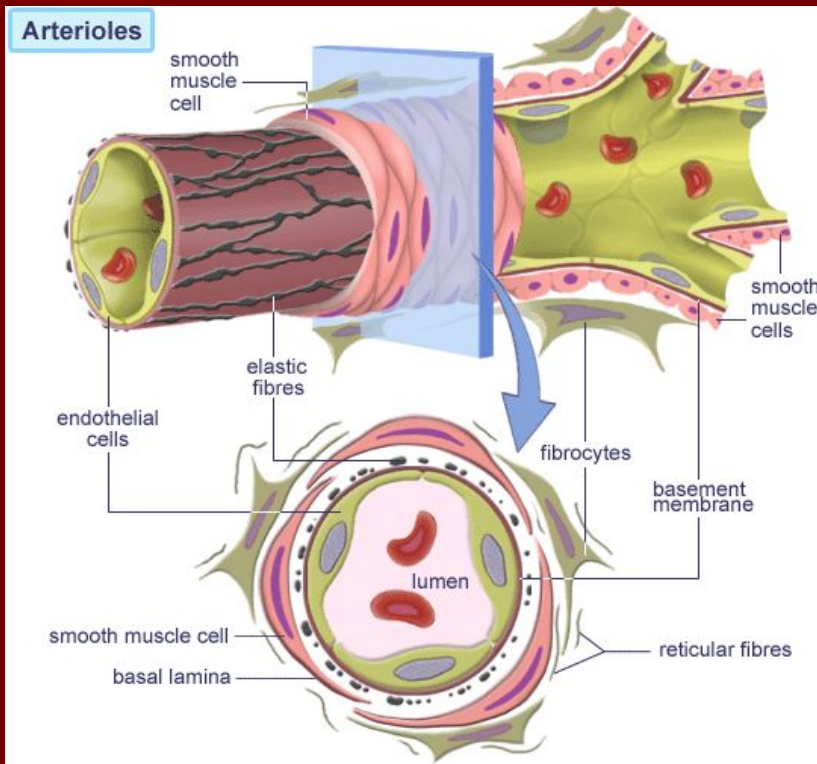
**эндотелий** (обычно однослойный);

**гладкомышечные клетки;**

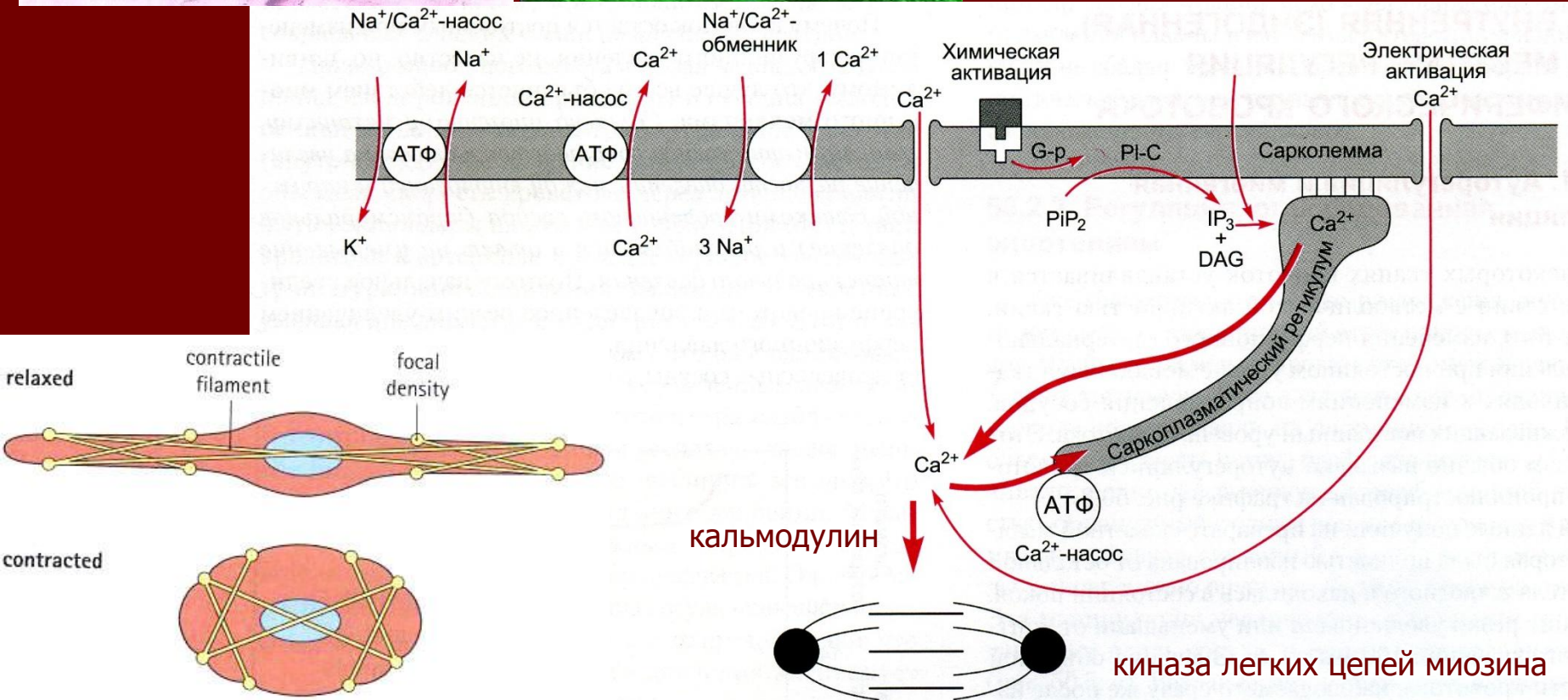
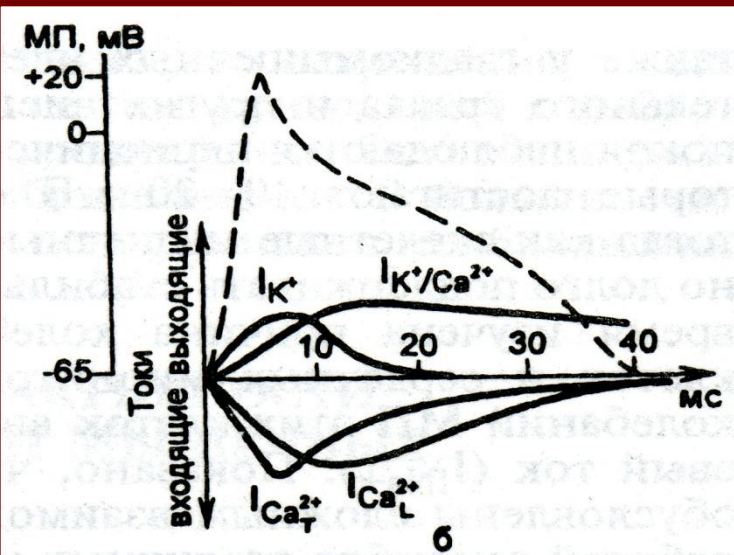
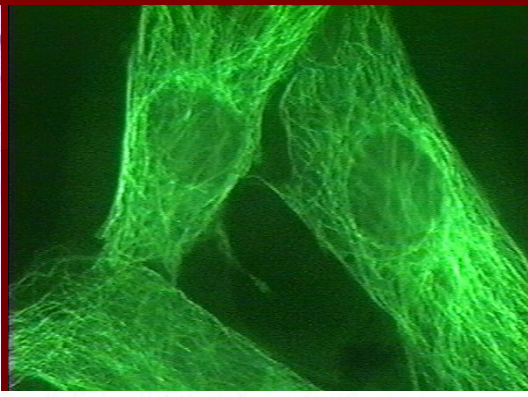
**наружная оболочка (адвентиция):**

эластические и коллагеновые волокна;

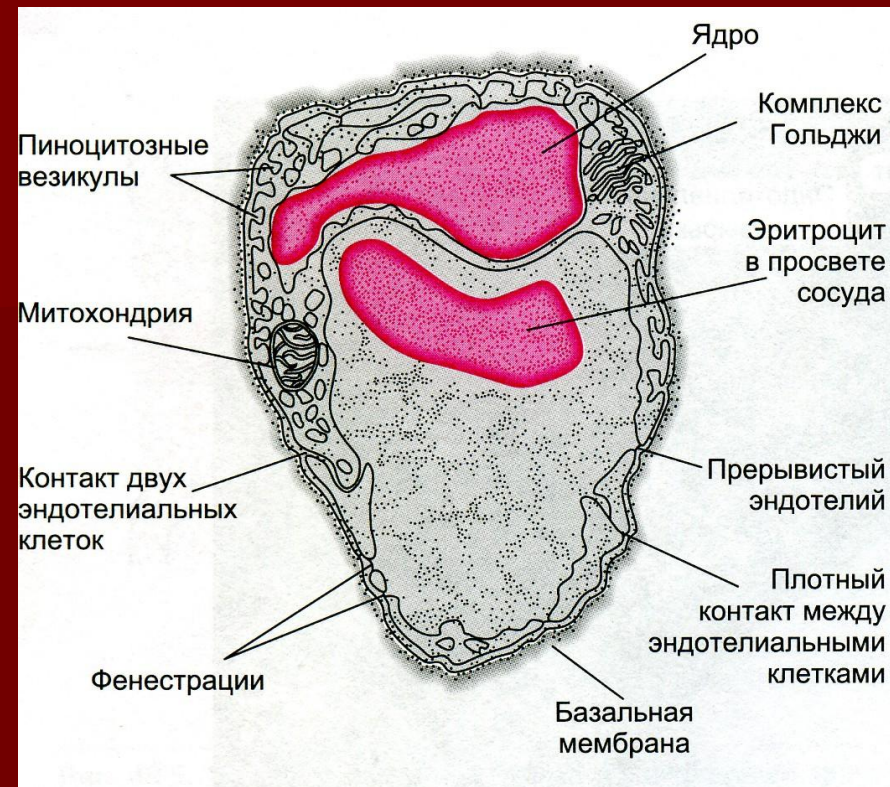
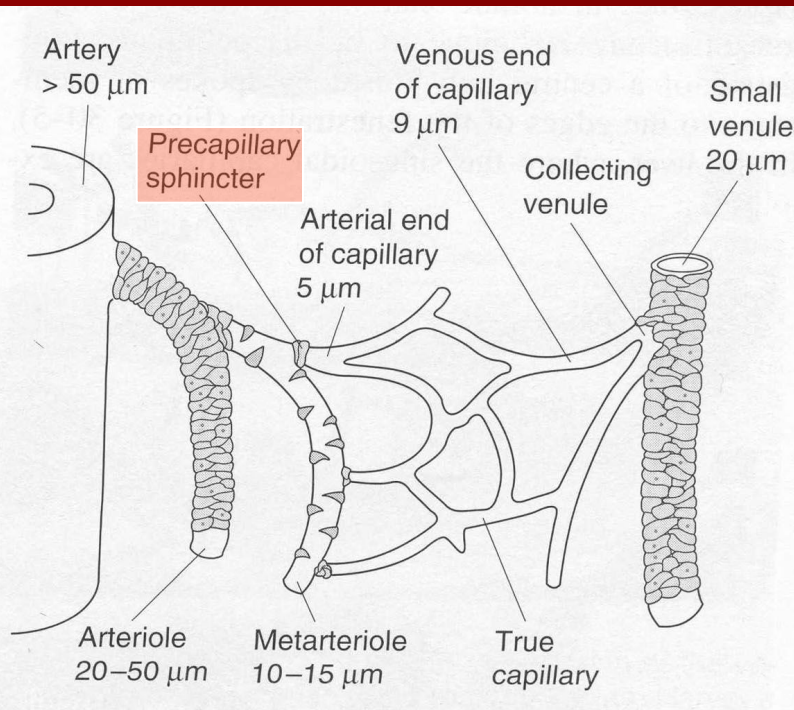
*вязко-упругие свойства*



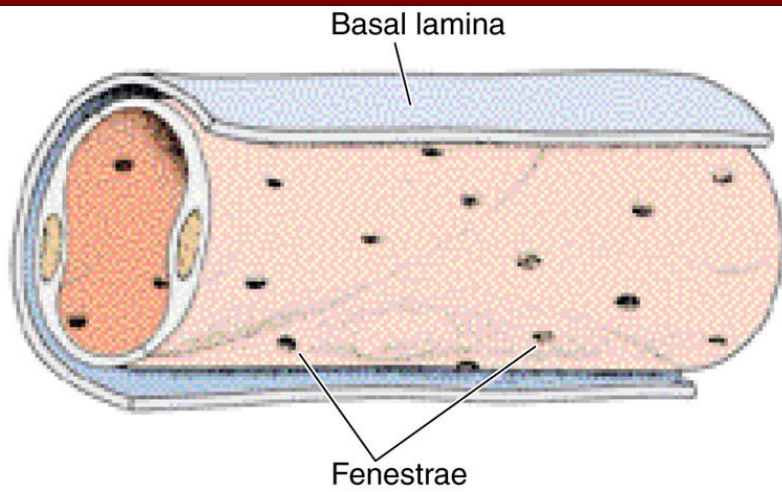
## A histological micrograph showing a cross-section of a blood vessel. The vessel lumen is the clear, circular space in the center. The vessel wall is composed of a thick layer of smooth muscle, which appears as a dense, pink-stained ring. A black line with the text "smooth muscle" points to this layer. The surrounding tissue is also stained pink and shows some cellular detail.



# Строение капилляра

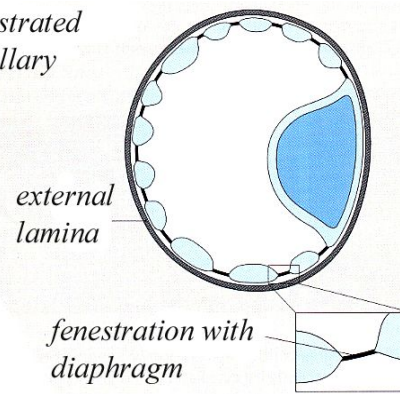


## Виды контактов между эндотелиальными клетками



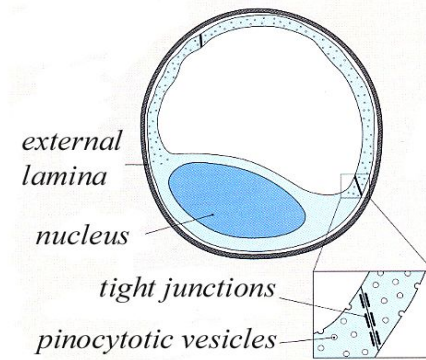
### Фенестрированный

*fenestrated capillary*



### непрерывный

*continuous capillary*



# Силы, движущие жидкость в капилляре

## 1. Силы осмоса:

$P_{ок}$ ,  $P_{от}$ ,  $P_o$  – онкотическое давление в капилляре (25 мм рт.ст.),  
тканевой жидкости (5 мм рт.ст.),  
и суммарное онкотическое (20 мм рт.ст.)

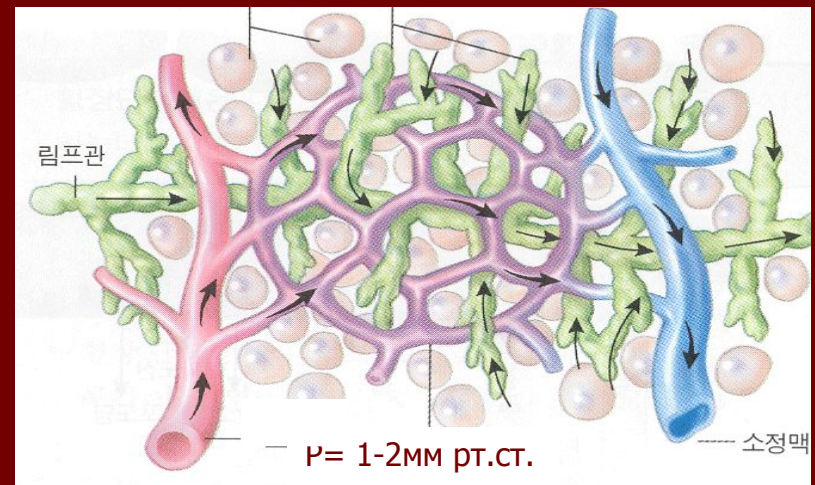
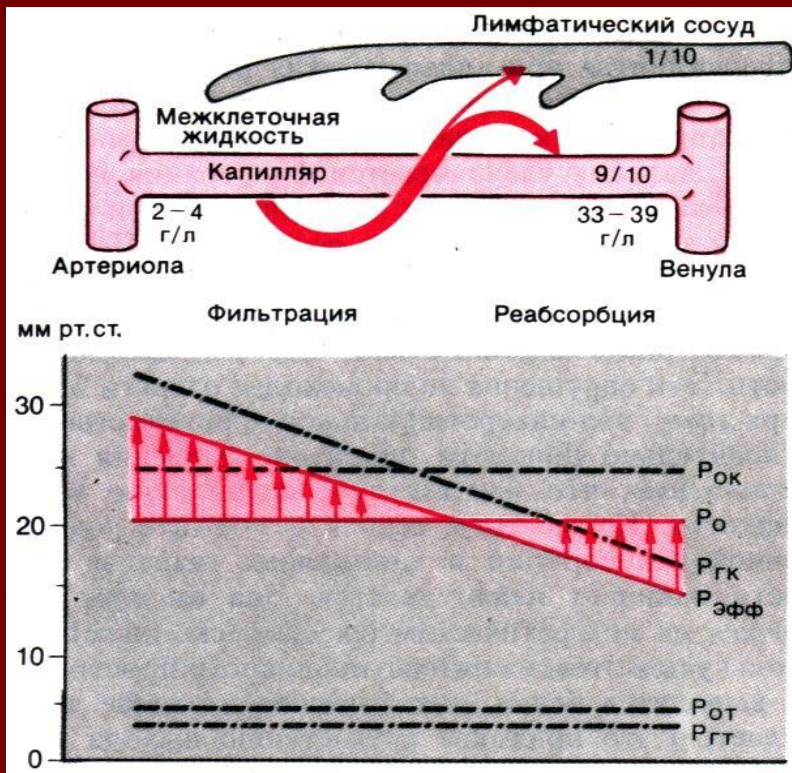
$$P_{ф} = P_{гк} - P_{ок} + P_{от} - P_{гт}$$

## 2. Гидростатические силы (т.е., нагнетаемые сердцем):

$P_{гк}$ ,  $P_{гт}$ ,  $P_{эфф}$  – гидростатическое давление в капилляре (падение от 30-35 мм рт.ст. до 13-17 мм рт.ст.), тканевой жидкости (в среднем 3 мм рт.ст.) и суммарное (эффективное)

т.о. в капиллярах идет обмен веществ  
(но есть и артериально- венозные анастомозы)

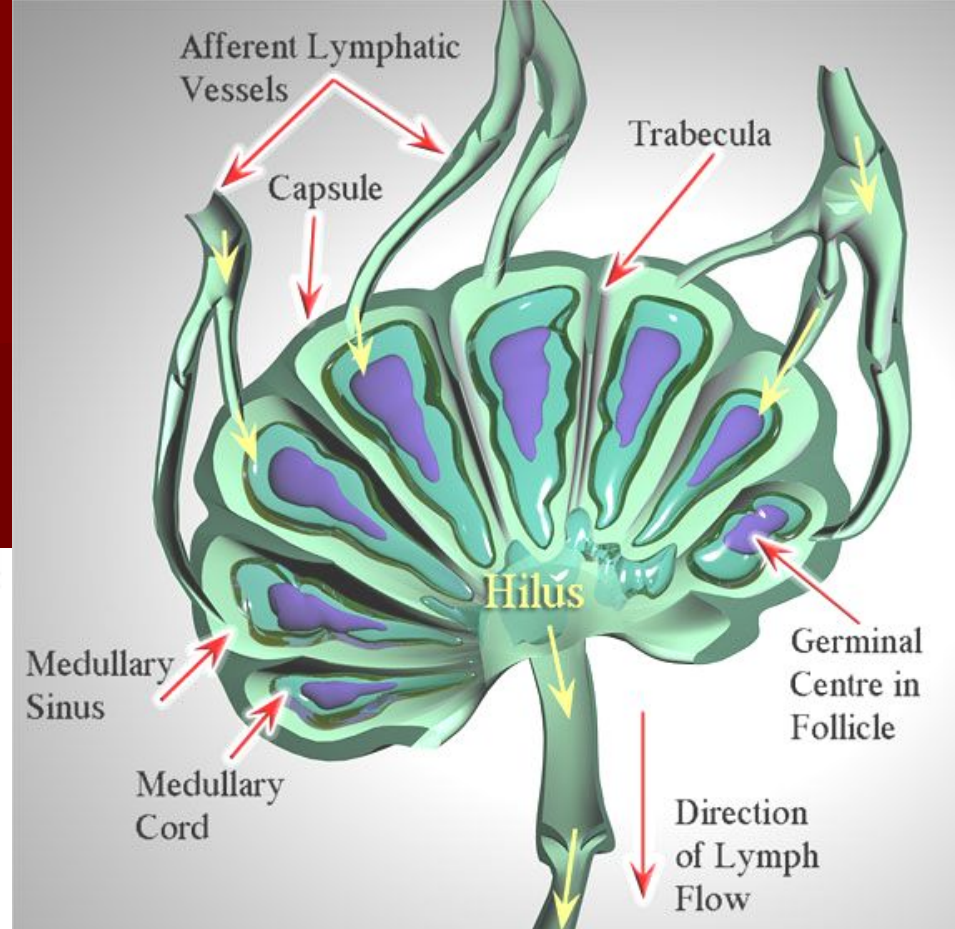
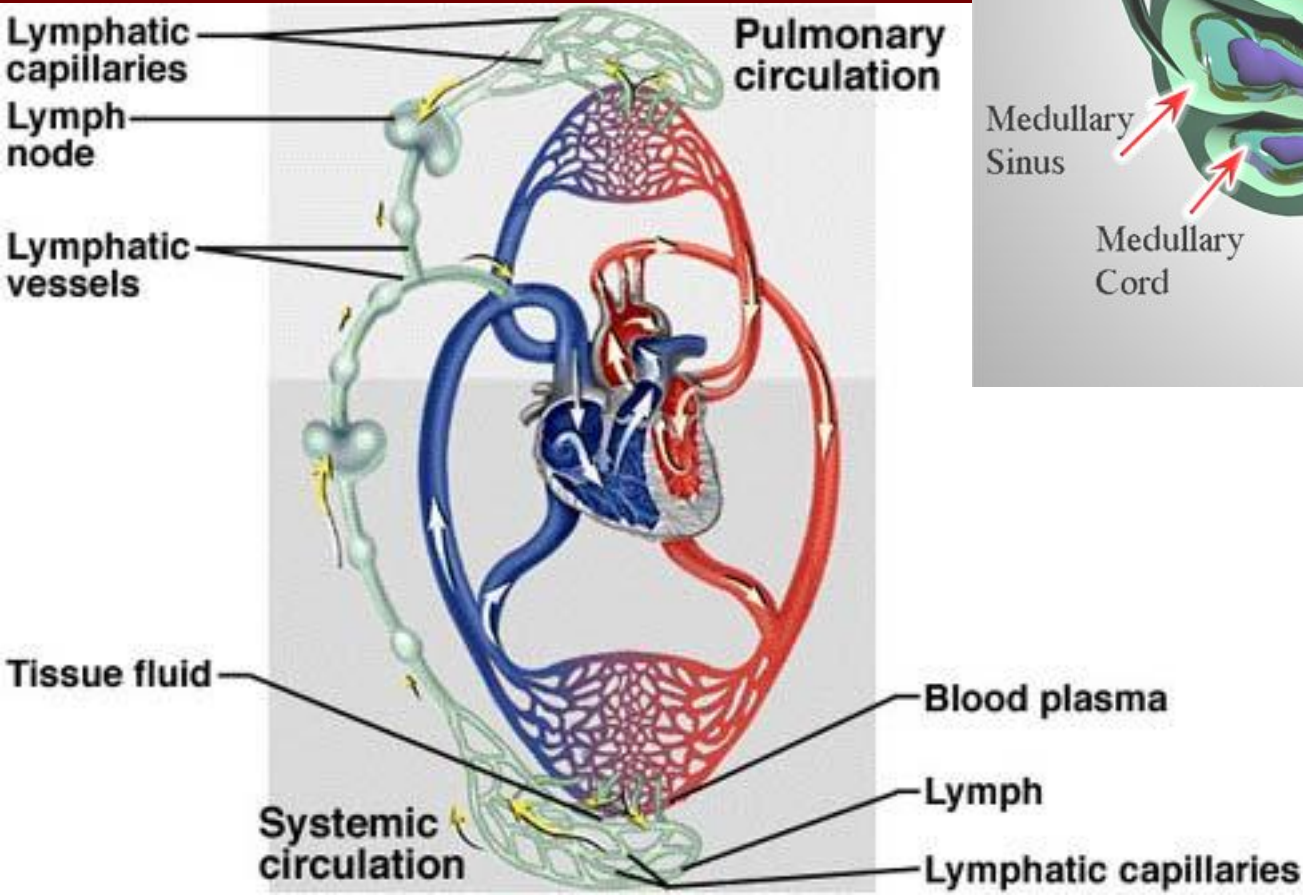
скорость фильтрации - около 20 л/сутки  
эритроциты = поршни  
1/10 жидкости уходит в лимфатические протоки (2 л/сут)



# лимфатическая система

**ФУНКЦИИ:  
ДРЕНАЖНАЯ, ЗАЩИТНАЯ, ТРАНСПОРТНАЯ**

В сутки вырабатывается около 2 л лимфы, что соответствует 10 % жидкости, не адсорбируемой после фильтрации в капиллярах.



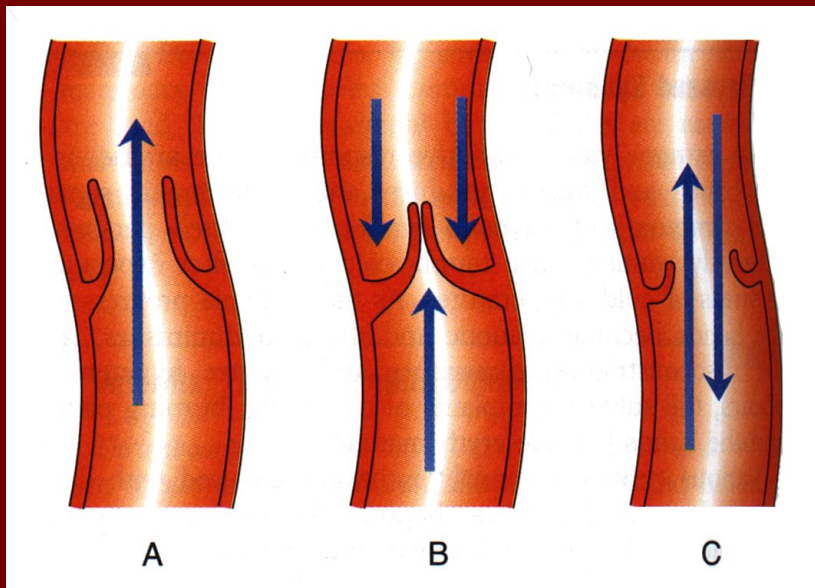
Среднее содержание белка – 20 г/л  
(печень – 60 г/л;  
мышцы – 20 г/л;  
кожа – 10 г/л).

# Ток крови в венах

**Вены – депо крови**

Силы, движущие кровь к сердцу:

- Нагнетательная работа сердца (недостаточно)
- Мышечный насос (ходьба)
- клапаны
- дыхательный насос



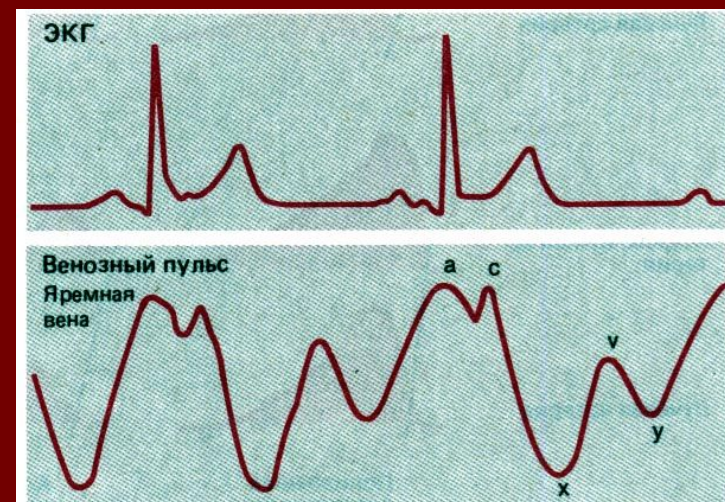
**А – открытые клапаны**

**В – закрытые клапаны**

**С – недостаточность клапанов**

Пульсация яремной вены:

- а – сокращение правого предсердия
- а-х – расслабление предсердия
- с – выпячивание AV клапана в предсердие во время сокращения желудочка
- х-в – наполнение правого предсердия
- v-y – падение давления сразу после открытия AV клапана
- у-а – продолжение наполнения предсердия



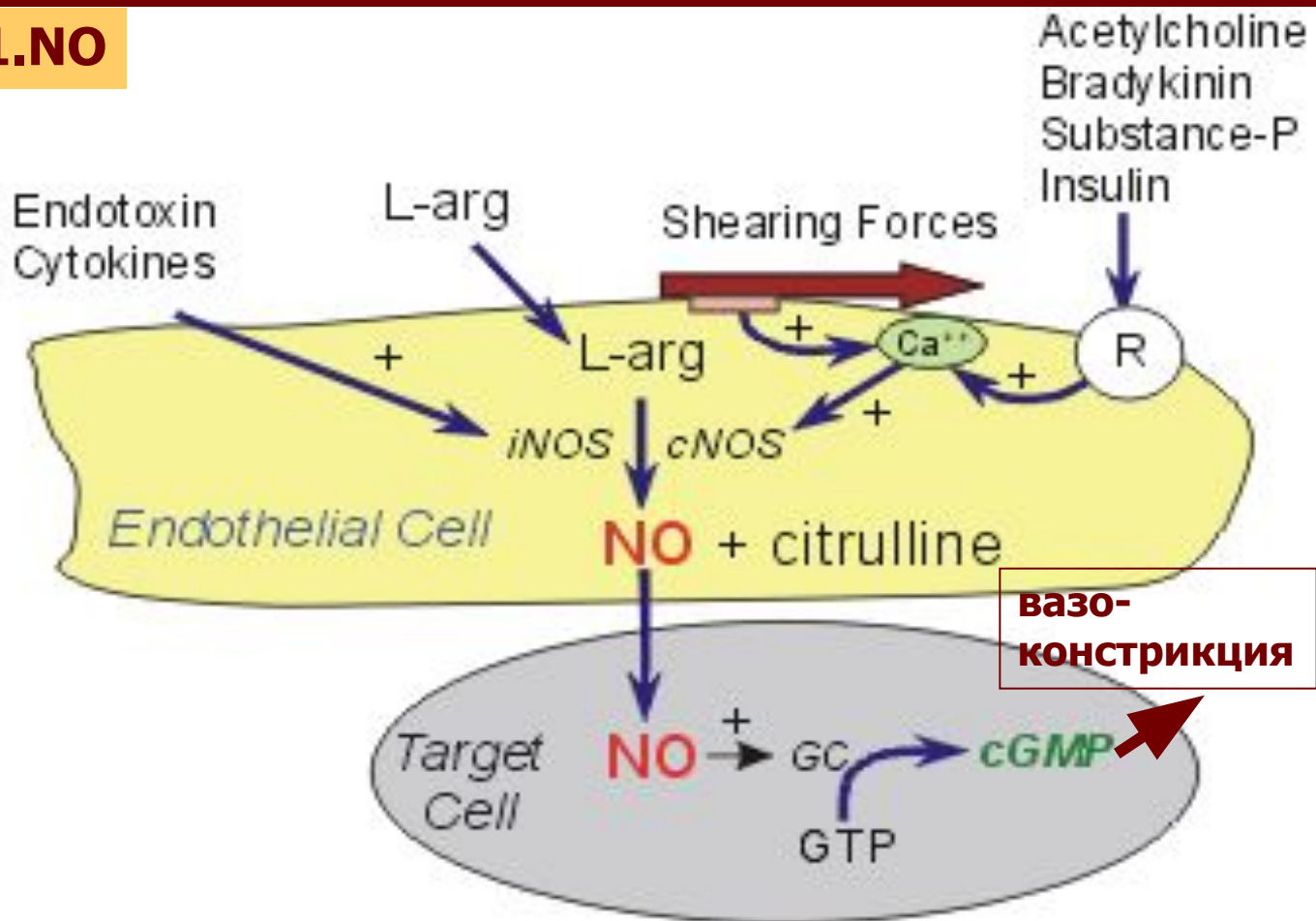
# Уровни регуляции просвета сосуда:

- Местный (тканевой)
- Нервный (вегетативные рефлексy)
- Гуморальный: гормональный (адреналин, брадикинин, эндотелин, ангиотензин II и др.)  
и метаболический ( $O_2$ ,  $CO_2$ , pH и др.)

# Тканевые факторы вазодилатации (расширения сосуда)

Активация NO-синтазы при сдвиге мембраны эндотелия:

## 1.NO

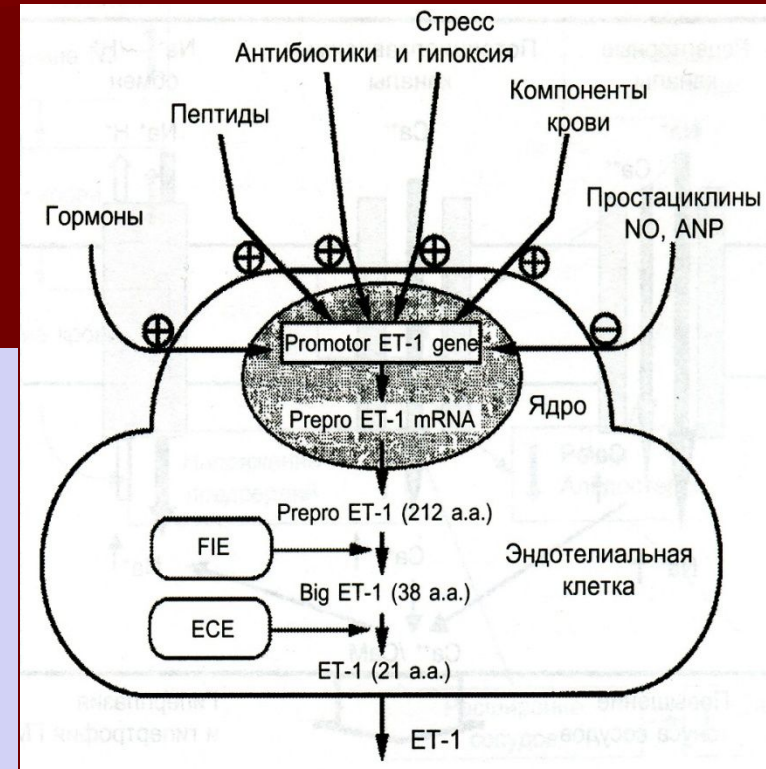
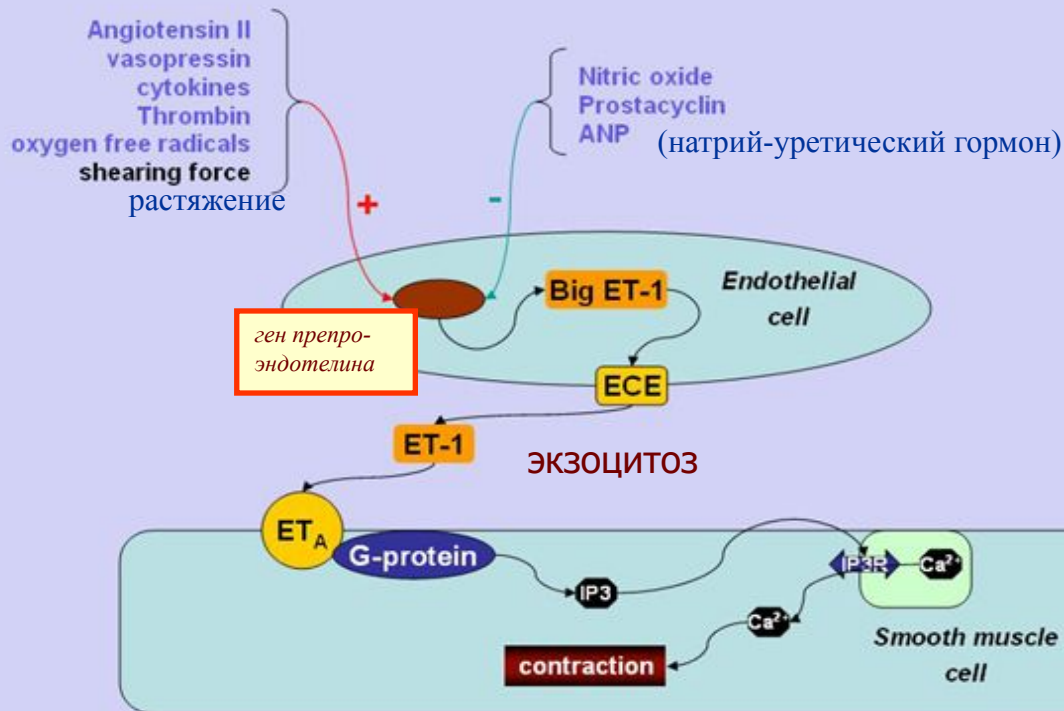


# Тканевые факторы вазоконстрикции (сужения сосуда)

Эндотелин (ЕТ) – пептид (21 а.к.)

Факторы, повышающие выброс ЕТ

Механизм вазоконстрикции и  
разрастания  
гладкомышечных волокон

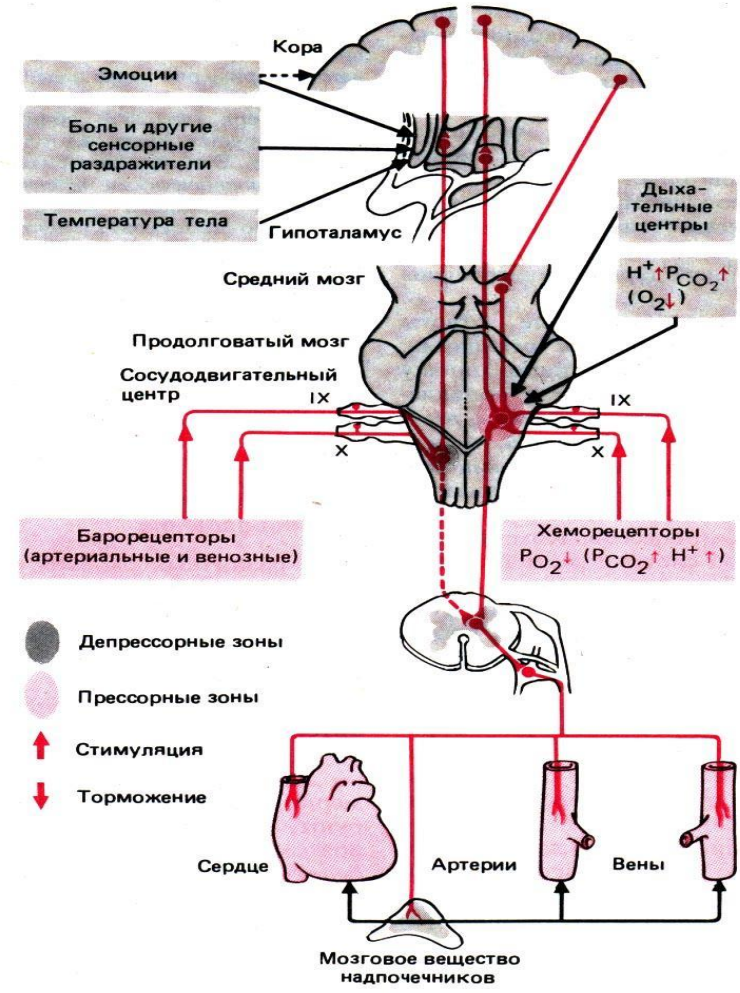
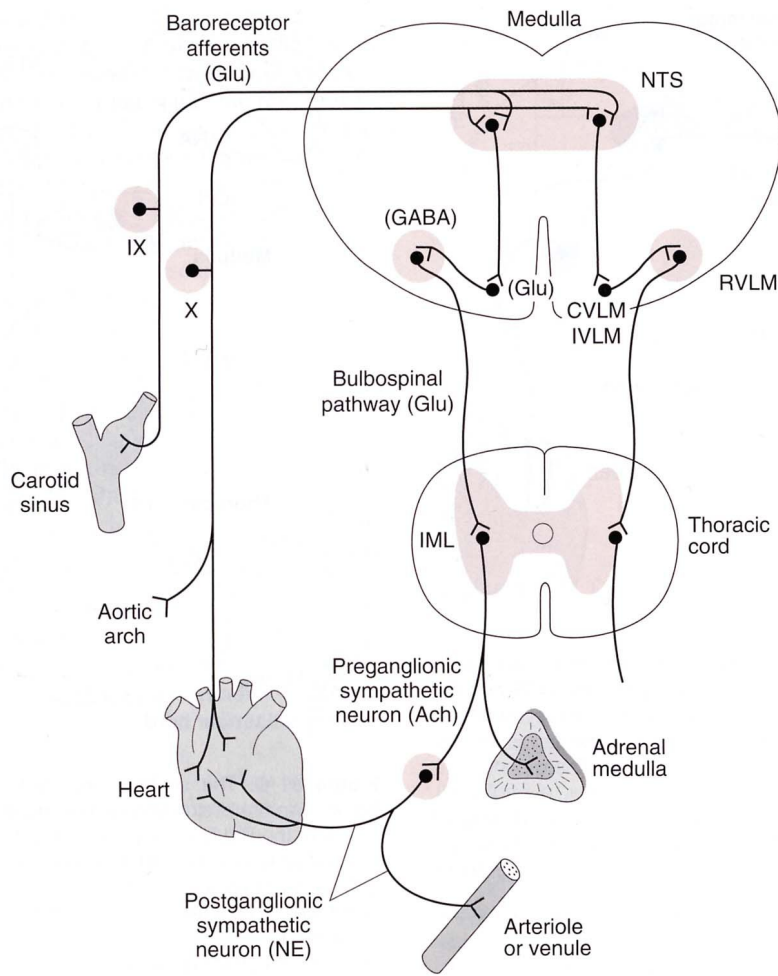


(с возрастом синтез  
выходит из-под контроля)-  
одна из причин возрастной  
гипертонии

# Нервная регуляция тонуса сосудов:

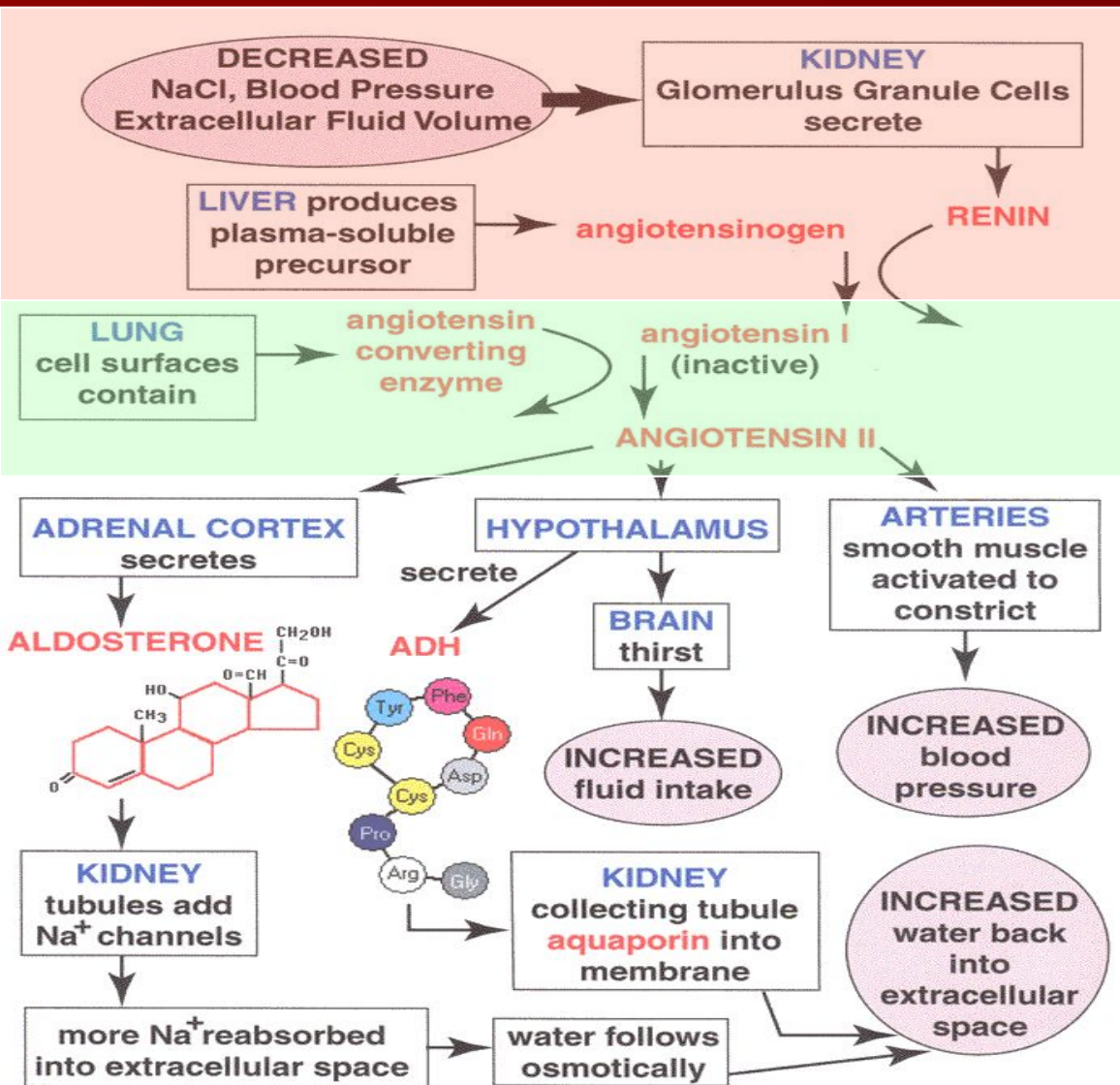
рефлекторная

(барорецепторы, хеморецепторы, прямые воздействия на ЦНС)



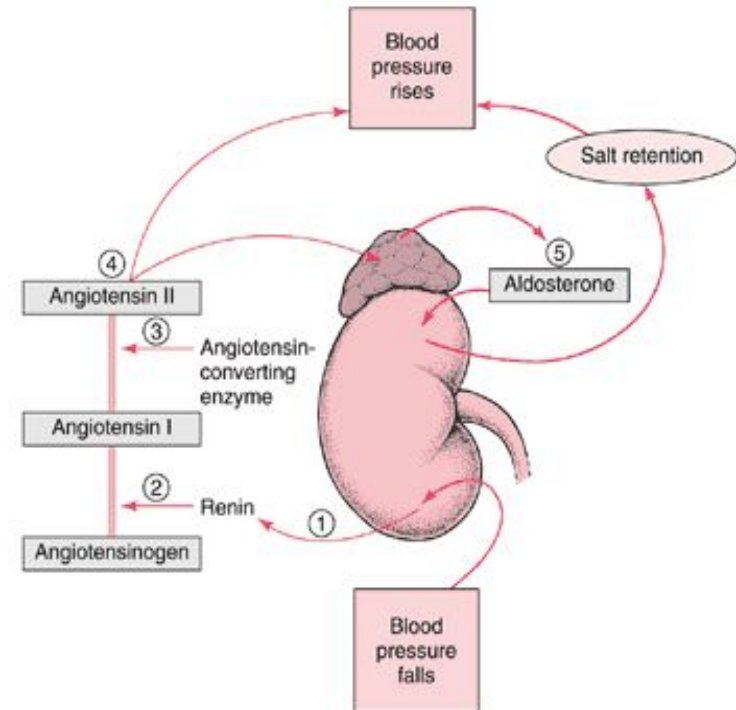
# Ренин Ангиотензин Альдостероновая Система

## В гормональной регуляции давления

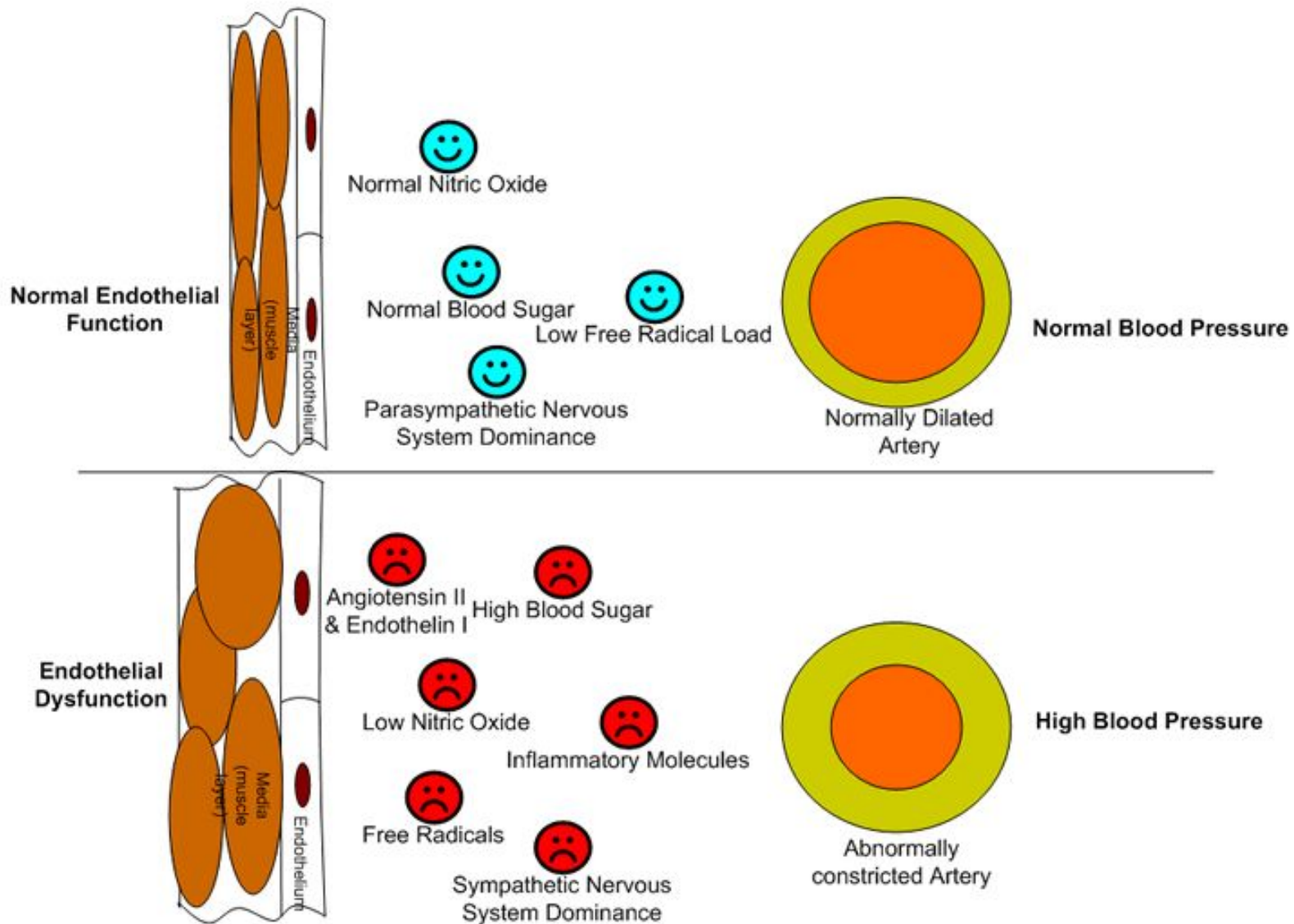


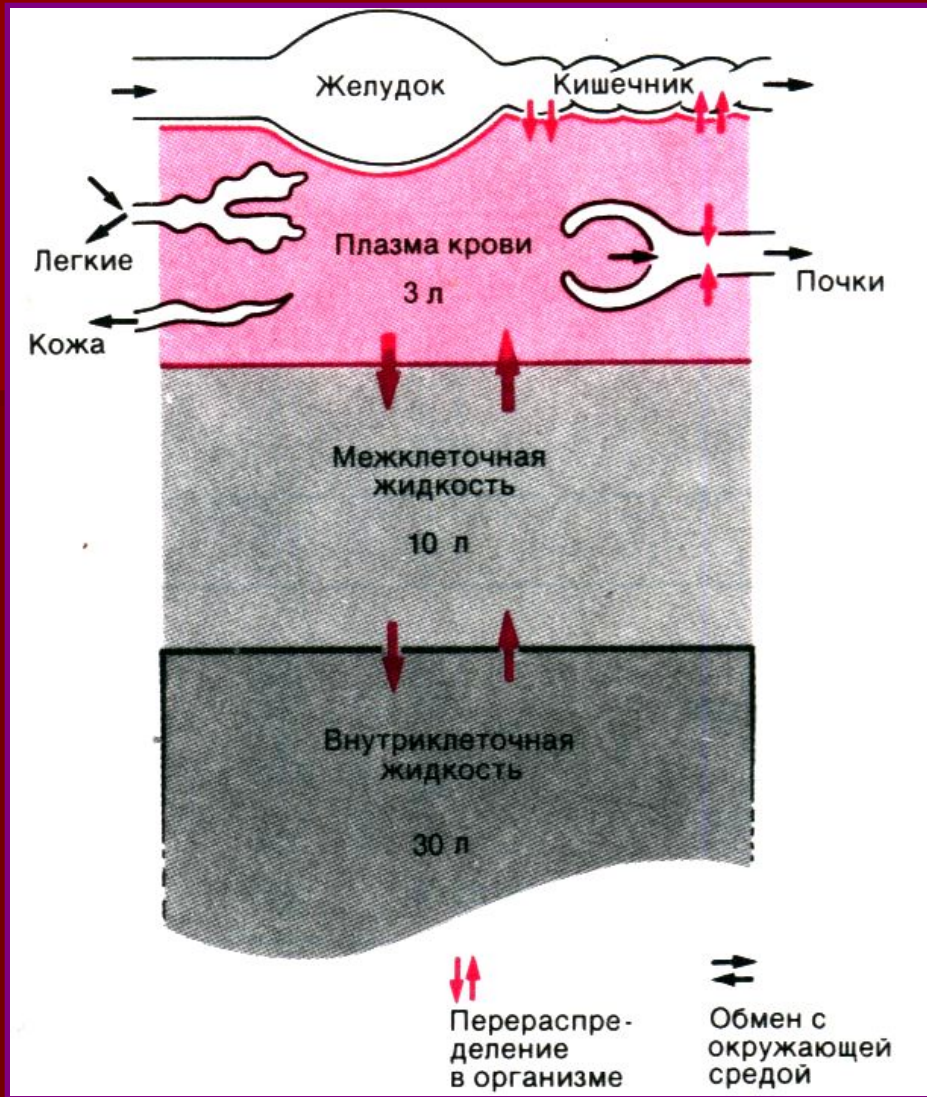
Ренин – фермент, из юкста-гломерулярных клеток почек  
Ангитензиноген – фрагмент альфа<sub>2</sub>-глобулина  
Ангиотензин I (10 а/к)  
Ангиотензин II (8 а/к) – активация AT<sub>1</sub>-рецепторов, рост внутриклет. кальция и вазоконстрикция + выброс *вазопрессина* и альдостерона (обратное всасывание воды и Na<sup>+</sup> в почках)

конкуренция с ANP



# Факторы, связанные с риском артериальной гипертензии





# Состав крови

## Электролиты:

натрий - 3.28 г/л

калий - 0.18

кальций - 0.10

магний - 0.02

хлорид - 3.65

бикарбонат - 0.61

фосфат - 0.04

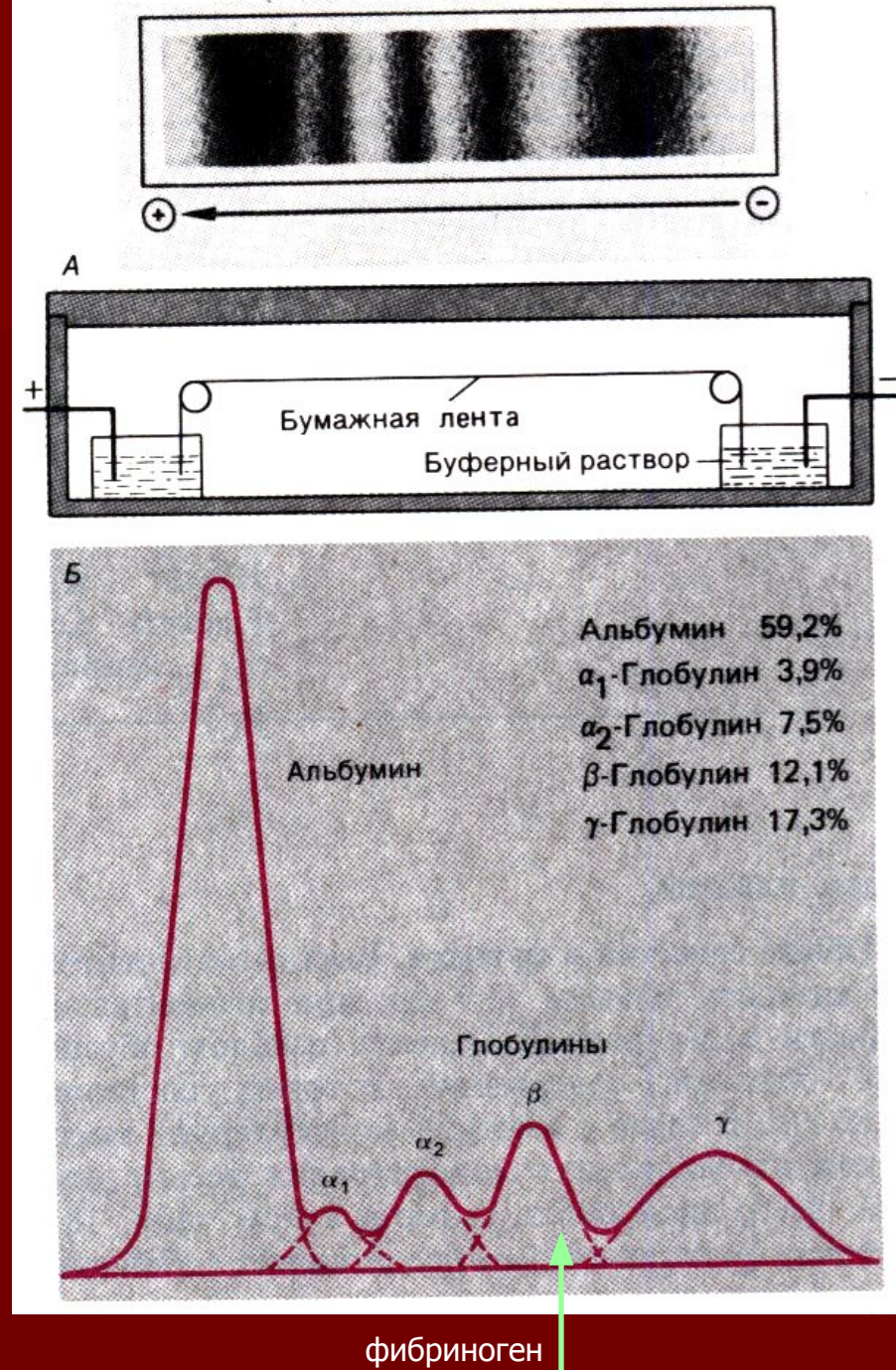
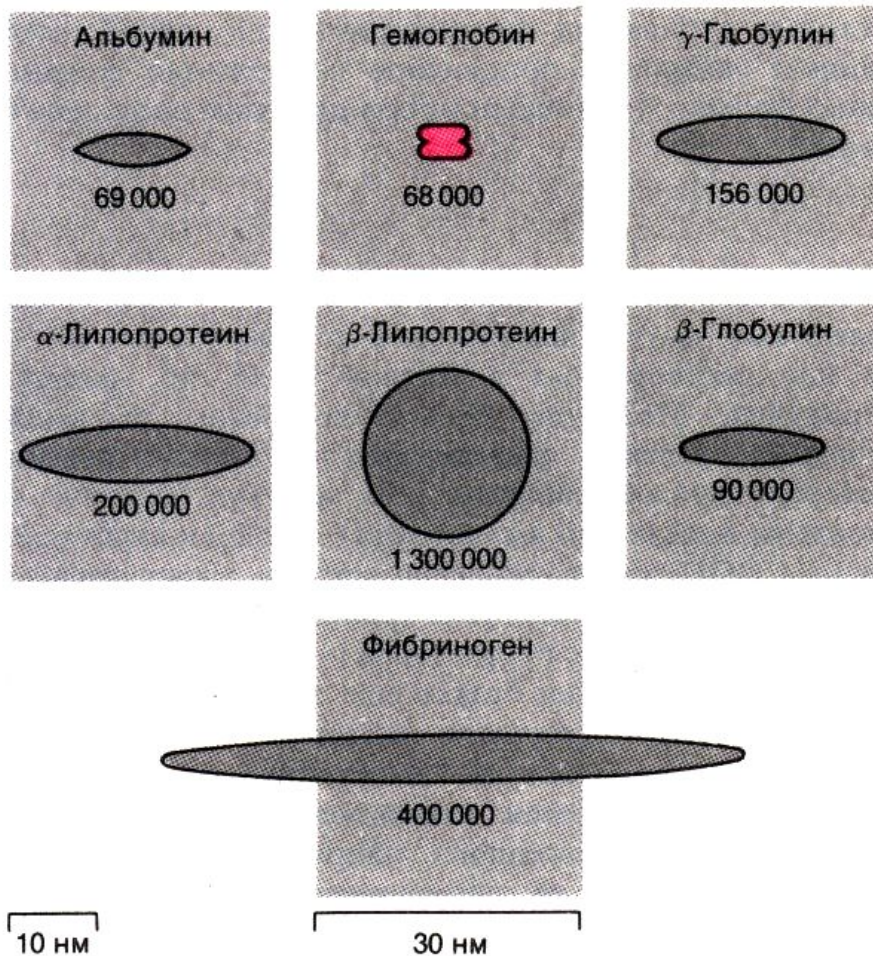
сульфат - 0.02

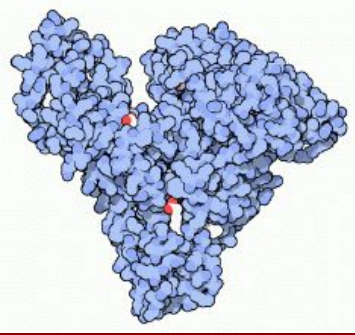
глюкоза - 0.9-1.0 г/л  
 мочевины - 0.14 г/л  
 аминокислоты - 0.05 г/л  
 жирн. к-ты - 3-4.5 г/л  
 холестерол - 1.2-3.5 г/л

*осмотическое  
 давление: 7.3 атм.  
 = 5600 мм рт.ст.*

рН плазмы = 7.4

# Электрофореграмма сыворотки крови человека





# Белки крови

## Альбумин (40,0 г/л)

онкотическое давление,  
транспортная функция  
(кальций, жирн. к-ты),  
связывание тироксина,  
белковый резерв  
(синтез – 15 г/сутки;  
время полужизни – 10-15 суток)

## β-глобулины (12 г/л)

транспорт липидов  
железа  
гемсвязывание  
**фибриноген**  
С-реактивный белок  
(фагоцитоз)

## α1-глобулины (8 г/л):

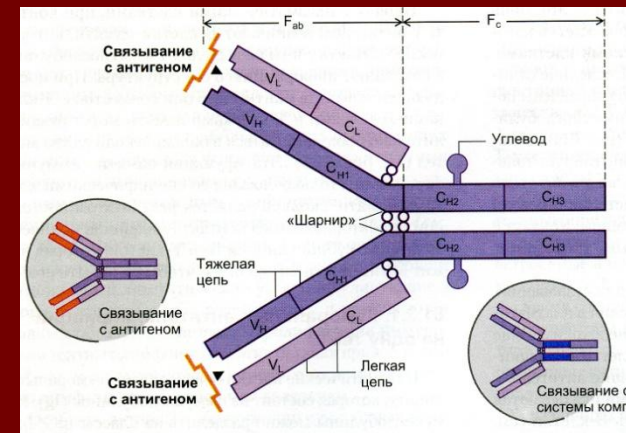
транспорт липидов  
α1-антитрипсин (ингибитор протеаз)  
протромбин

## α2-глобулины (4 г/л):

α2-макроглобулин (ингибитор протеаз)  
α2-антитромбин III (ингибитор тромбина)  
плазминоген  
α2-гаптоглобулин (связывает гемоглобин, препятствует его выделению с мочой).

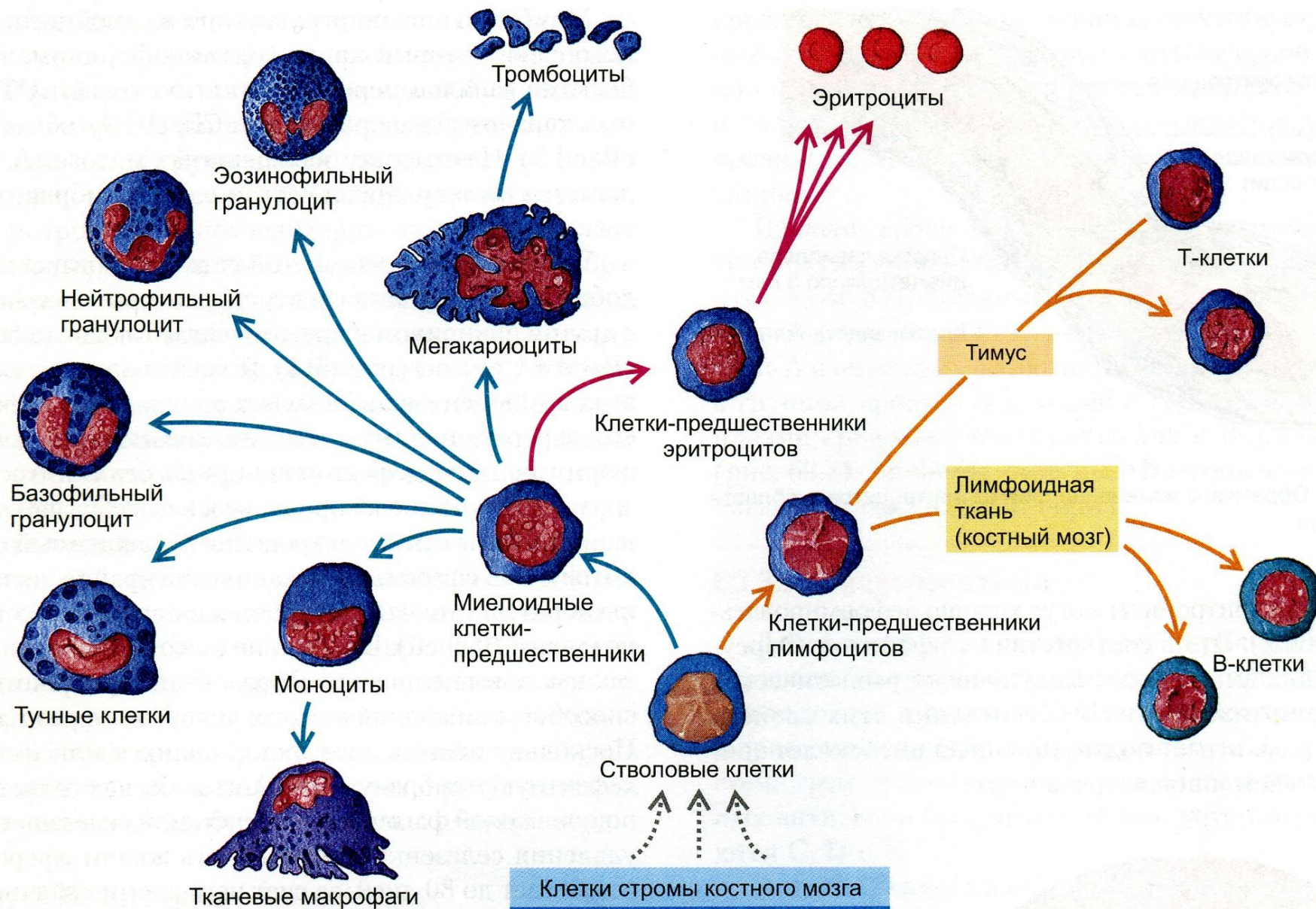
## **γ-глобулины** (12 г/л)

**Ig** (A, G, D, E, M)



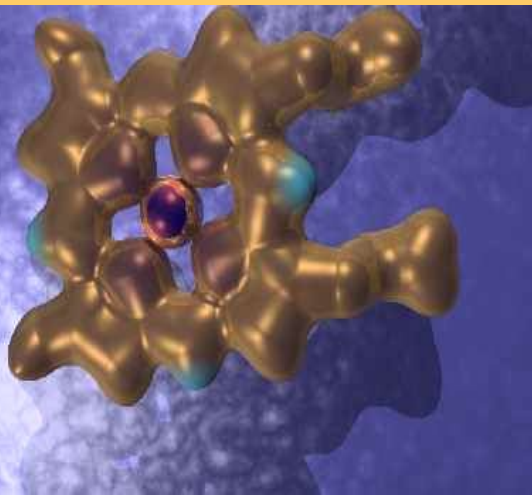
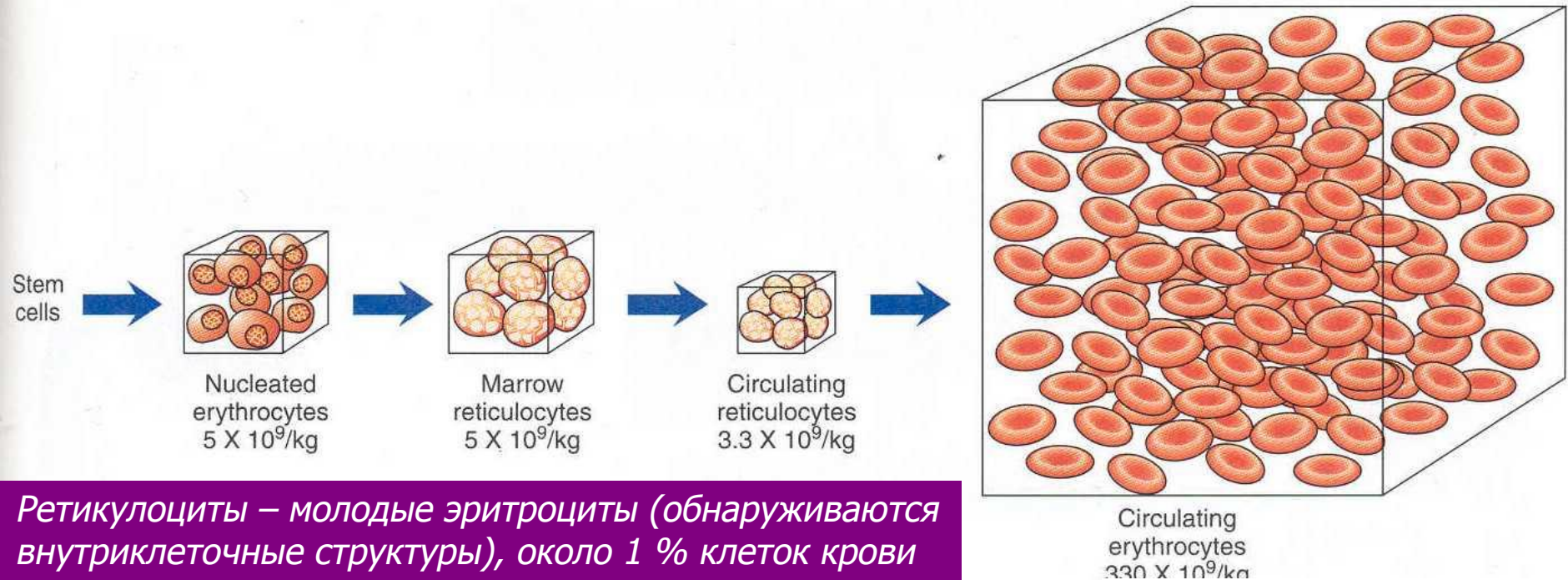
# Клетки крови

Тромбоциты, эритроциты, лейкоциты



# Эритроциты

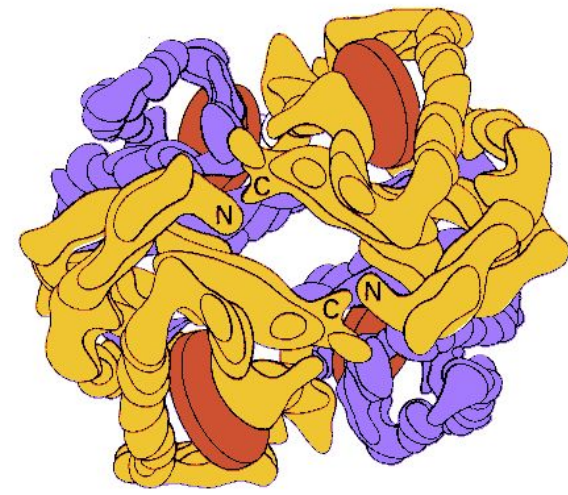
Стимулятор эритропоэза – эритропоэтин:  
гликопротеин, около 34 кД, синтез – почки (слабее – печень)



В состав гемоглобина входит:

ГЕМ - комплекс железа с  
протопорфирином

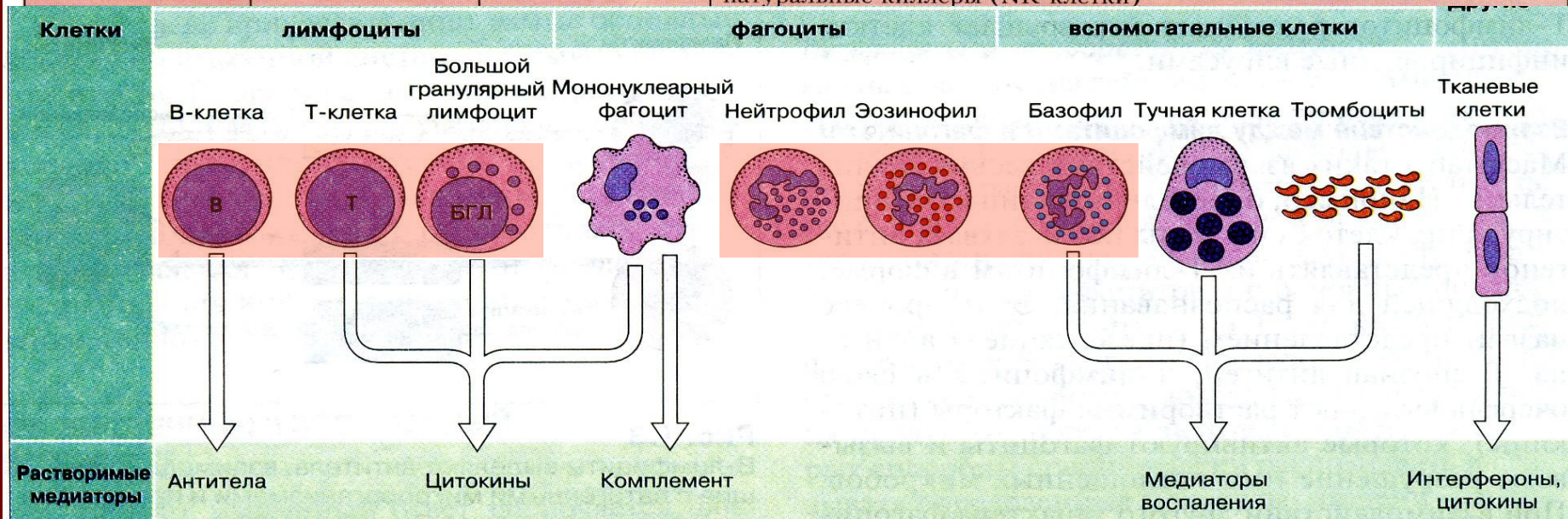
ГЛОБИН - 2 пары  
полипептидных цепей ( $\alpha$ ,  
 $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ )



# Лейкоциты: виды и функции

Число и функции лейкоцитов

|                    | Число в 1 мкл крови (нормальная область) | Лейкоциты, % | Функция                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Лейкоциты</b>   | 5000 — 10 000                            |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Гранулоциты</b> |                                          |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Нейтрофилы         |                                          | 40 — 60      | Фагоцитоз и лизис паразитов и бактерий; выделение лейкотоксически действующих веществ (лейкотриены); образование «антибиотиков» (лизоцим, лактоферрин, радикалы $O_2$ ); Защита от червей-паразитов, например, нитчатых червей нематоды; синергия с тучными клетками и базофилами в аллергическом воспалении |
| Эозинофилы         |                                          | 1 — 3        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Базофилы           |                                          | 0 — 1        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Моноциты</b>    |                                          | 4 — 8        | Выделение гистамина и гепарина; роль при защите от одноклеточных микроорганизмов (протозов) и червей (гельминтов); гистаминзависимые аллергические симптомы; выделение хемотаксических привлекающих веществ для эозинофилов                                                                                  |
| <b>Лимфоциты</b>   |                                          | 20 — 40      | Клетки-предшественники мононуклеарной системы фагоцитов (МСФ); МСФ-клетки: фагоцитоз, презентация антигена, высвобождение протеаз, радикалов $O_2$ , $NO$ , интерлейкинов<br>В- и Т-лимфоциты: гуморальный и клеточный иммунитет, натуральные киллеры (NK-клетки)                                            |



**ВОСПАЛЕНИЕ** — это сформировавшаяся в процессе эволюции компенсаторная реакция организма, характеризующаяся явлениями **альтерации** (повреждения), **экссудации** (выход жидкости в ткань) и **пролиферации** (размножения)

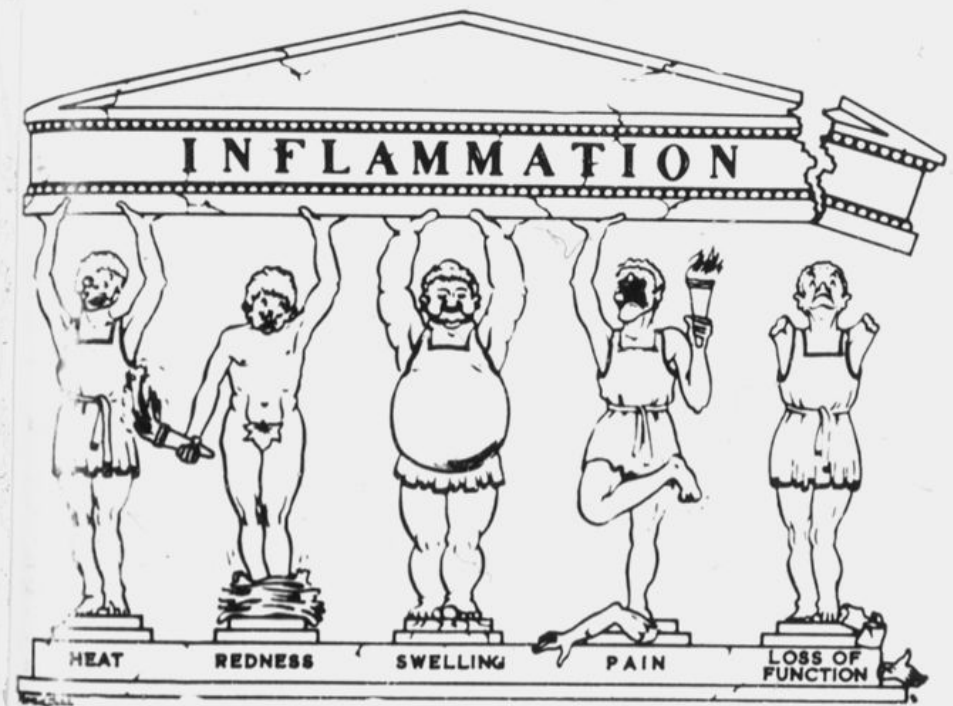
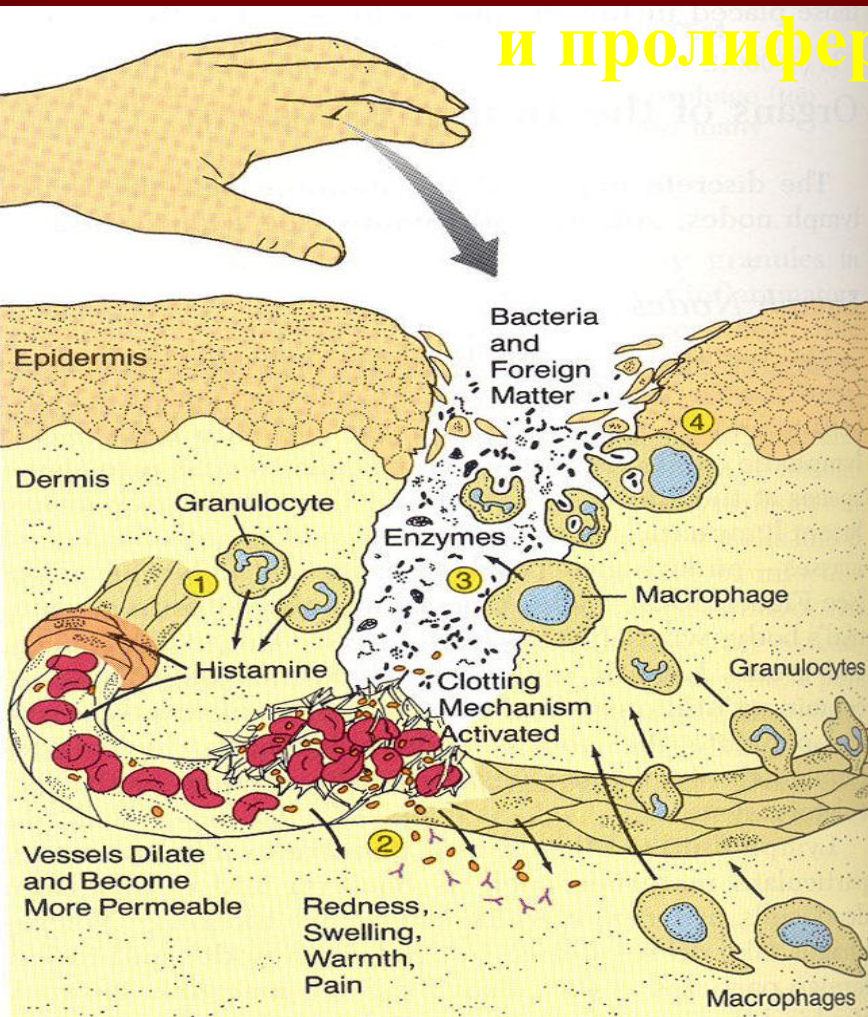


Рис. 1. Кардинальные признаки воспаления (жар, краснота, отек, боль и нарушение функции) в представлении W. G. Spektor и D. A. Willoughby (1968).

# Воспаление

активация  
комплемента

хемотаксис

капилляр

нейтрофил

2а. цитокины  
воспаления

лизис  
антигена

1. макрофаг

АНТИГЕН

FcR

секреция  
антител

2б. МНС II

ЦИТОКИНЫ  
«help»

3. Т-хелпер

4. В - клетка

BCR

TCR

МНС II

ЦИТОКИНЫ

«help»

Т-клетка  
«help»

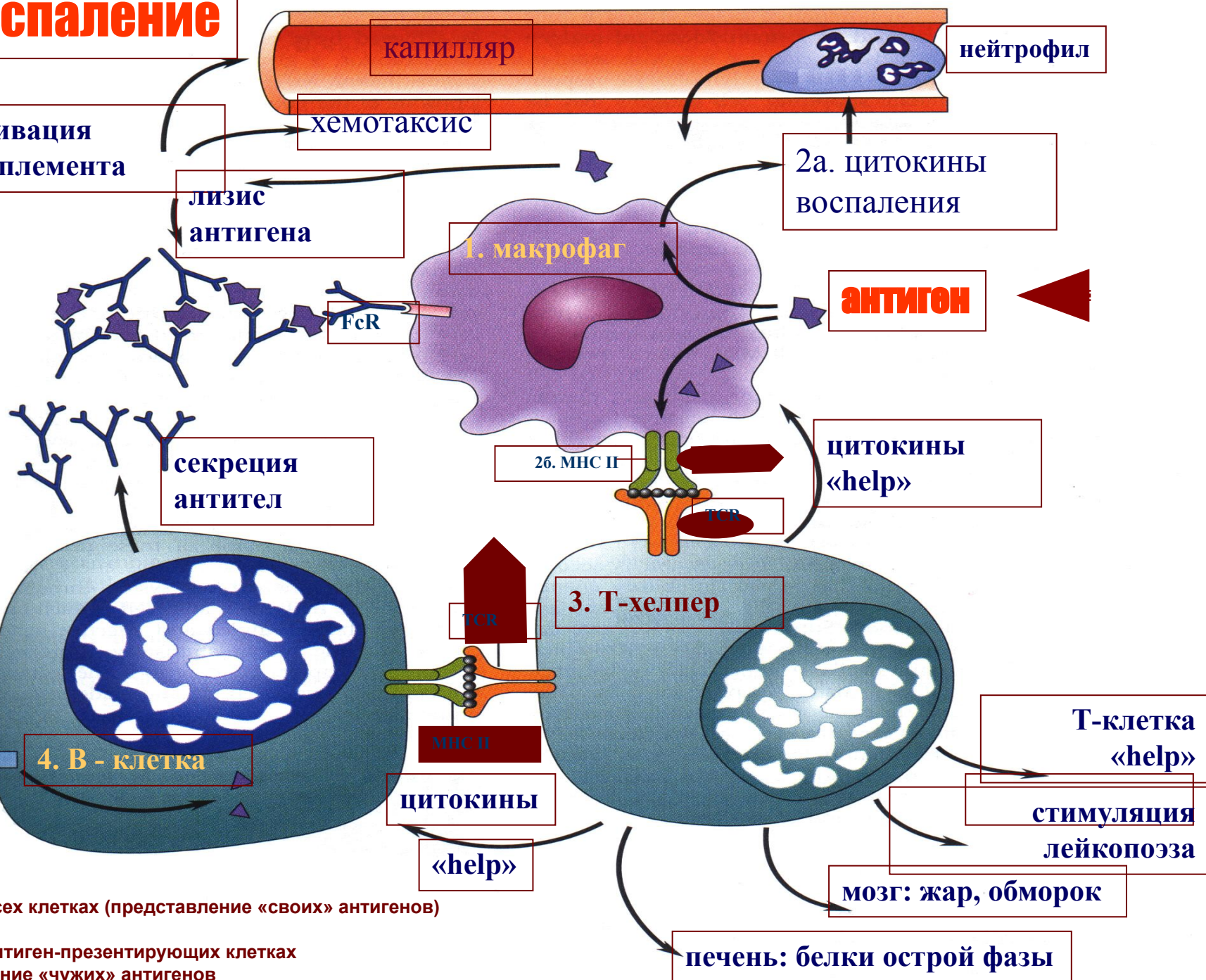
стимуляция  
лейкопоэза

мозг: жар, обморок

печень: белки острой фазы

МНС I – на всех клетках (представление «своих» антигенов)

МНС II – на антиген-презентирующих клетках  
(представление «чужих» антигенов)



# Система комплемента и связывание антител –

два основных пути опсонизации  
(мечения) антигенов и  
нейтрализации возбудителя

## Медиаторы воспаления:

Гистамин и серотонин

Брадикинин

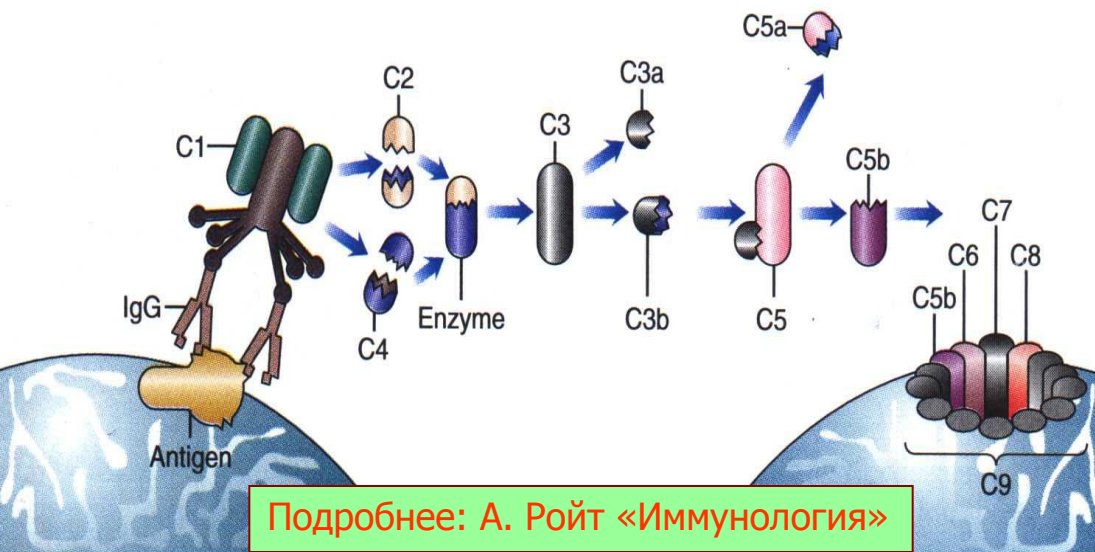
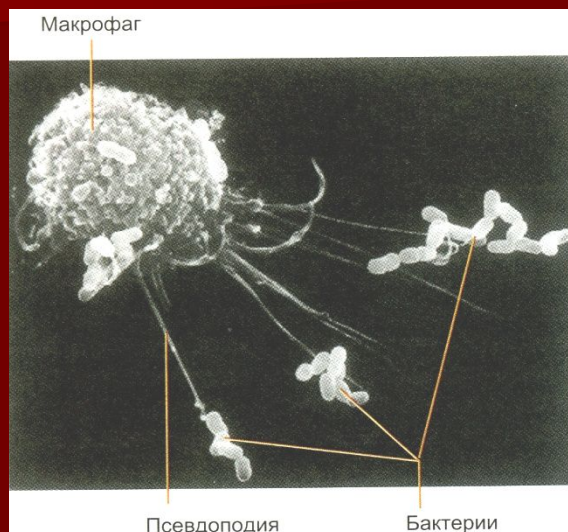
C3a, C5a

Простагландины

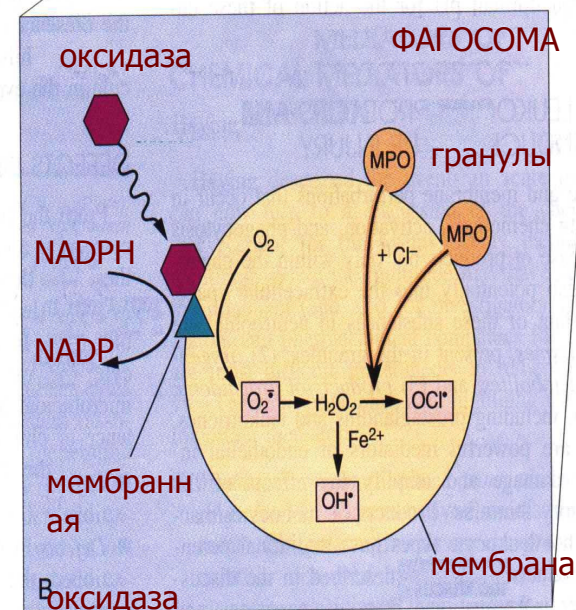
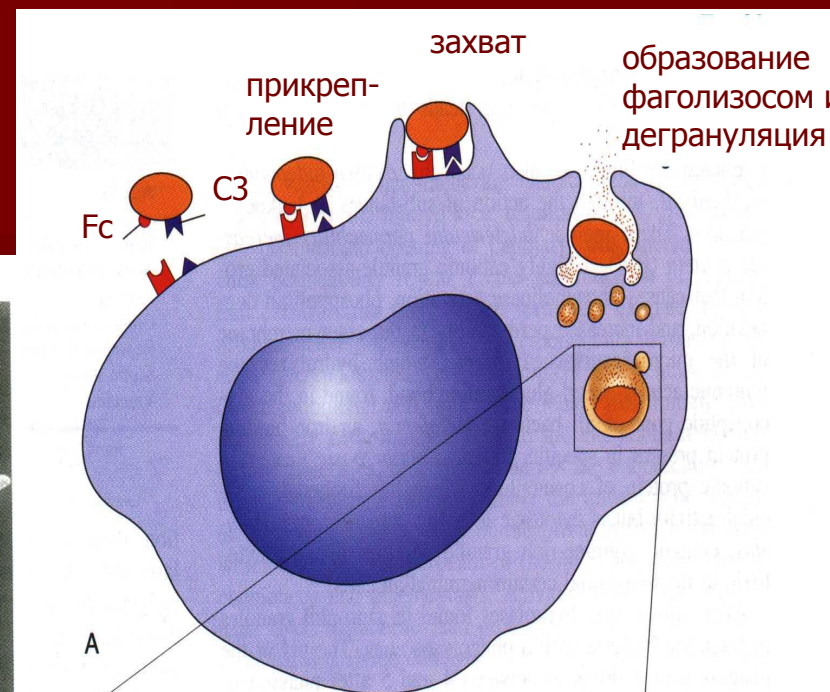
Лейкотриен B<sub>4</sub>, C<sub>4</sub>, D<sub>4</sub>, E<sub>4</sub>

Активные формы кислорода

Хемокины

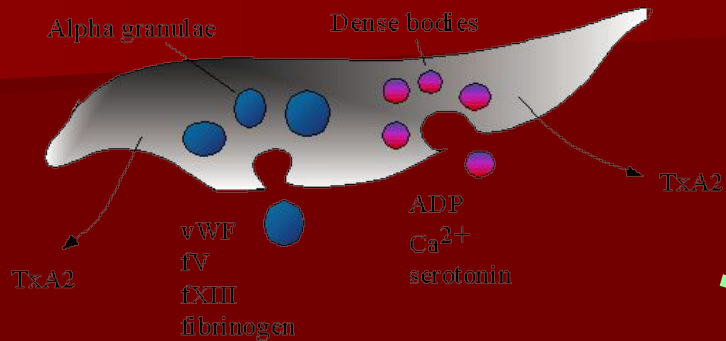


Подробнее: А. Ройт «Иммунология»

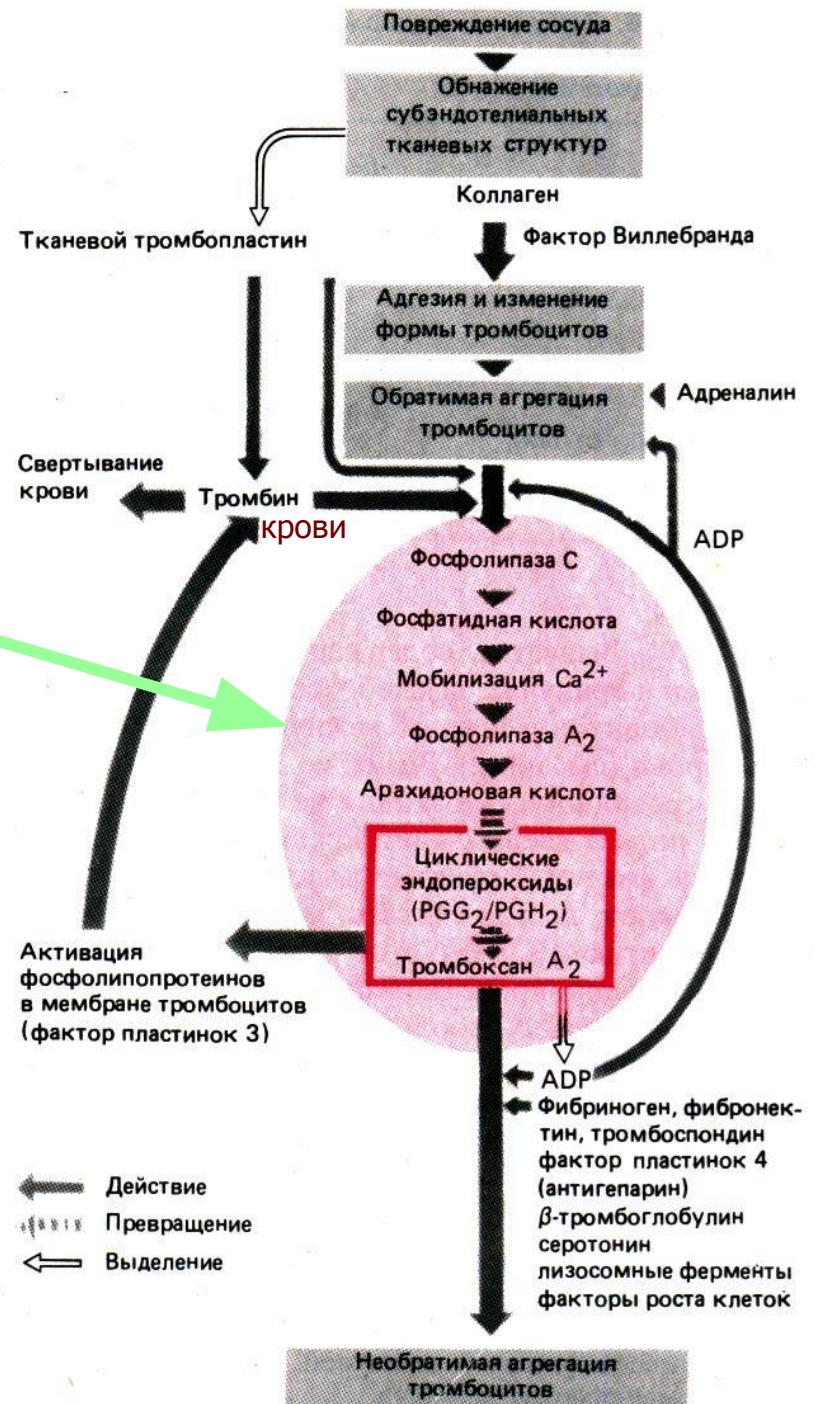


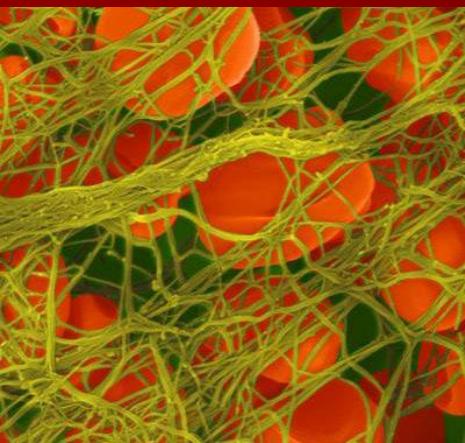
# ГЕМОСТАЗ

## ПЕРВИЧНЫЙ – белый тромб из тромбоцитов



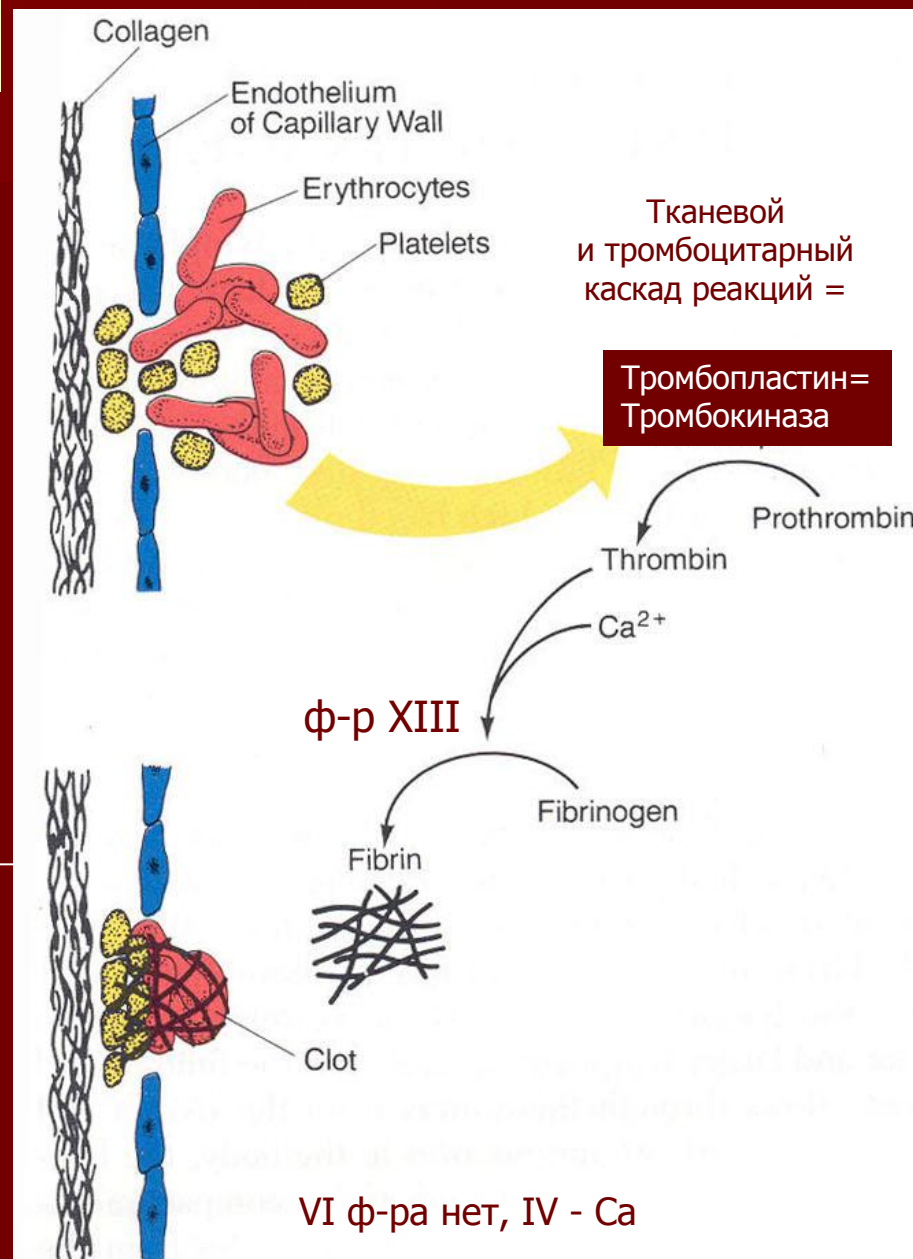
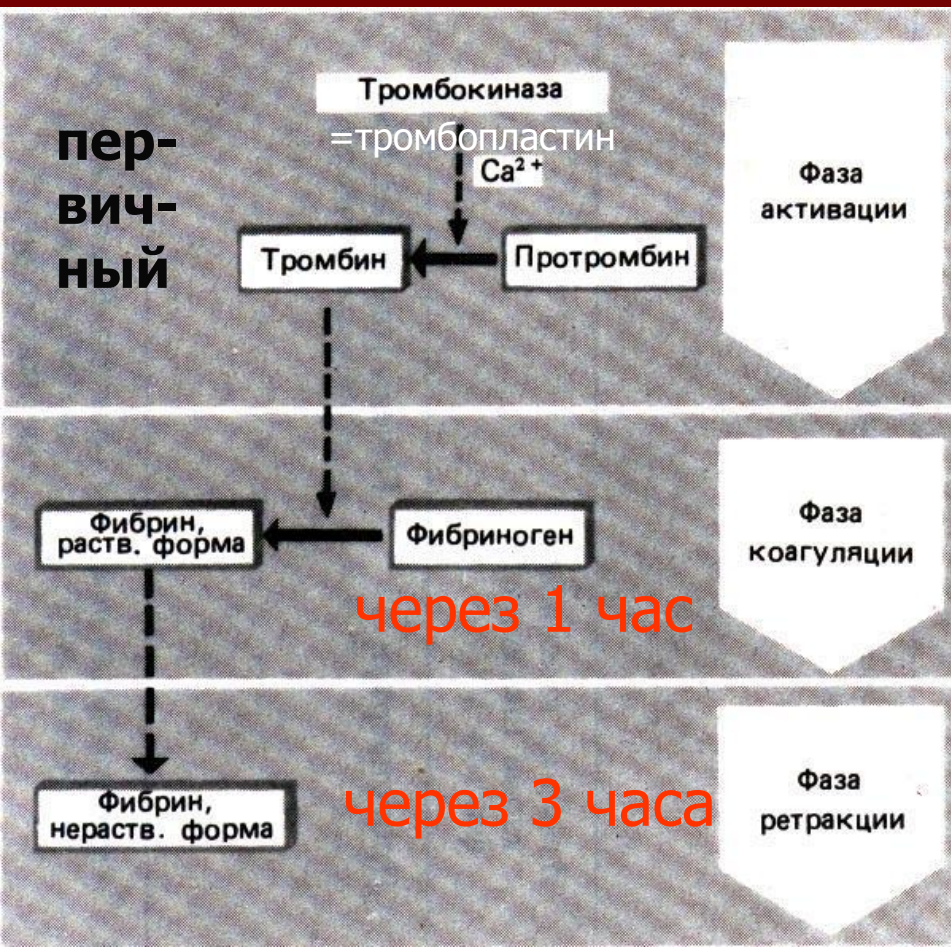
- повреждение сосуда
  - взаимодействие ТЦ (тромбоцита) с **коллагеном**, их активация и обратимая агрегация
  - активация тромбина, привлечение все новых ТЦ + привлечение фагоцитов, вазоконстрикция
  - взаимодействие ТЦ с **фибриногеном**, их необратимая агрегация (белый тромб)
- + vWF – фактор фон Виллебранда (VIII)– способствует склеиванию тромбоцитов





# ВТОРИЧНЫЙ ГЕМОСТАЗ (красный тромб)

- Сгустки фибрина (болячка)



# Итого: свертывание и фибринолиз

Внешний (VII) и  
внутренний (IX) пути

↓  
X – активация тромбина (первичный)

↓  
XIII – активация фибрина (вторичный  
гемостаз)

Витамин К (-коагуляция)  
- кофактор синтеза факторов  
II, VII, IX, X (кумарин – анти Вит К)

Гемофилия –  
недостаток факторов VIII (при А)  
и IX (при Б) - мутации X хромосомы

