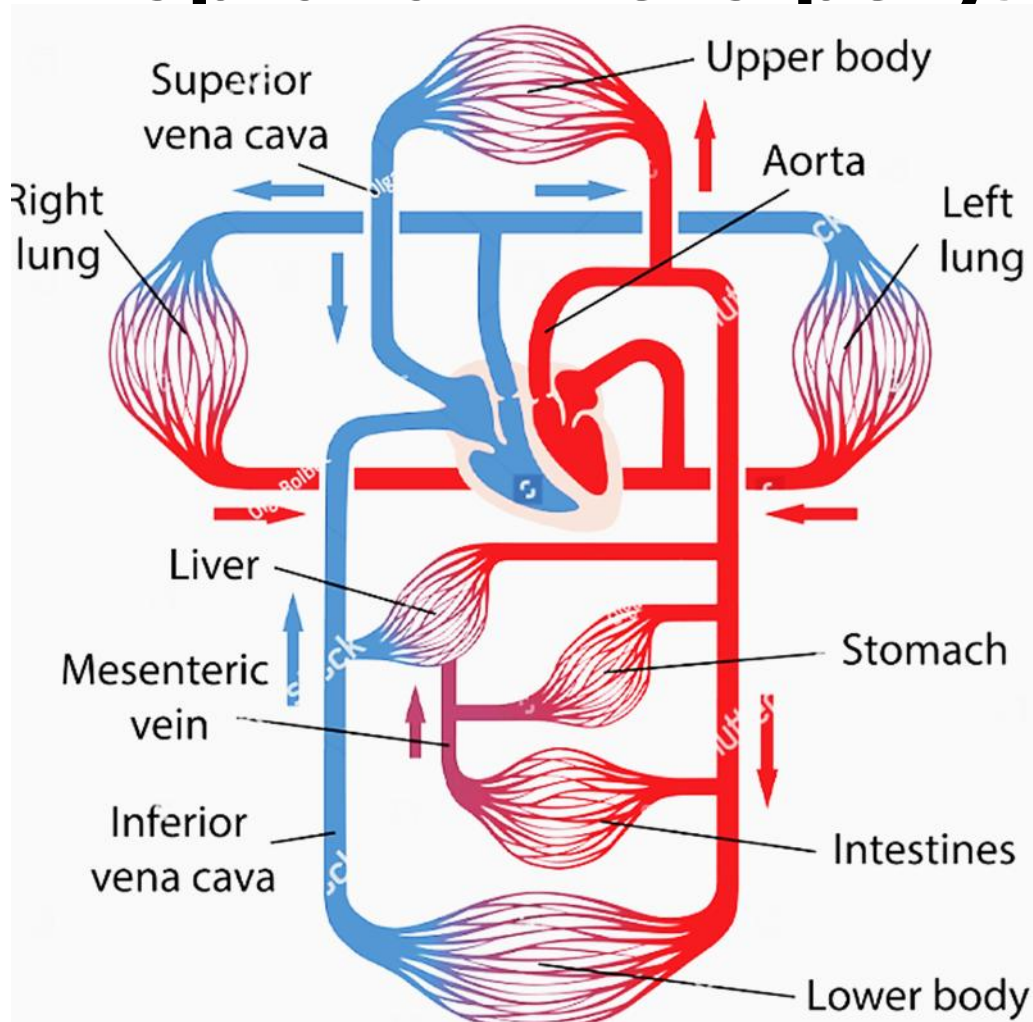


Кровообращение в отдельных органах и его регуляция



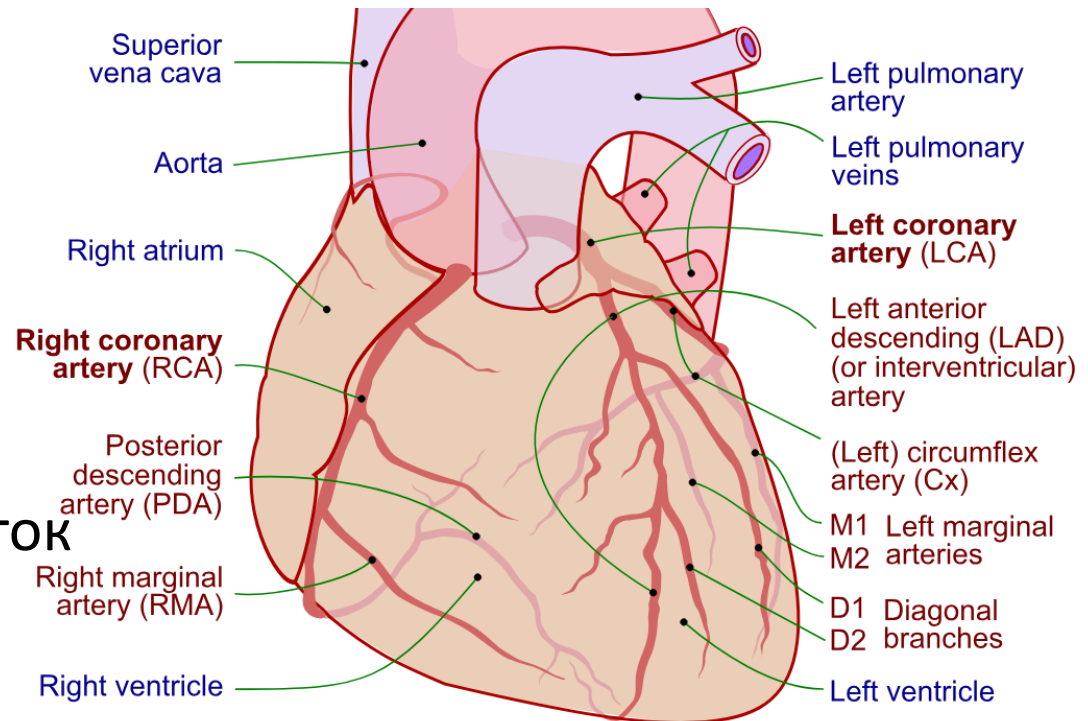
Проф. Г.И. Лобов
LobovGI@infran.ru

Коронарное кровообращение

Две основные артерии:
левая и правая.

Метаболизм миокарда
высокий и кровоток
составляет 0,8 – 0,9
мл/г/мин, в коже – 0,03
мл/г/мин.

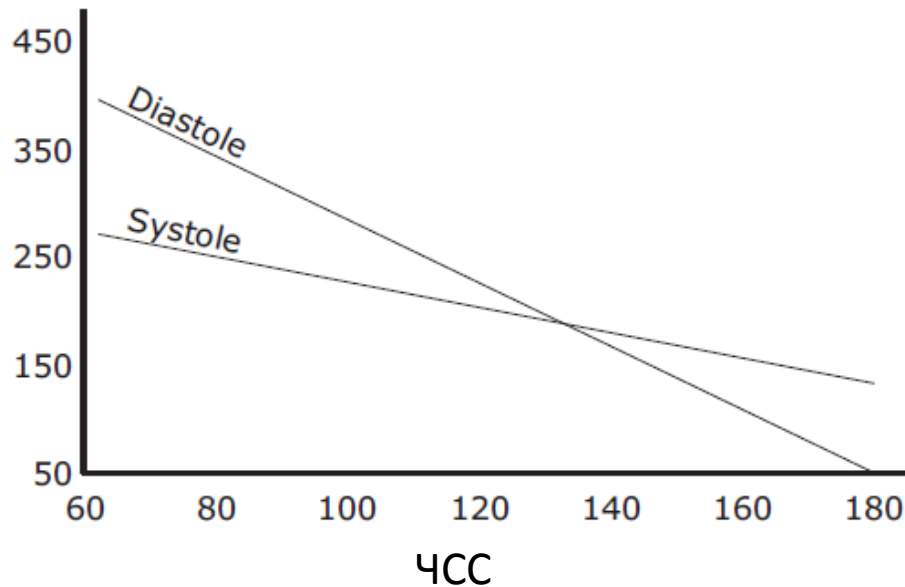
При интенсивной
мышечной работе кровоток
увеличивается в 4 раза.



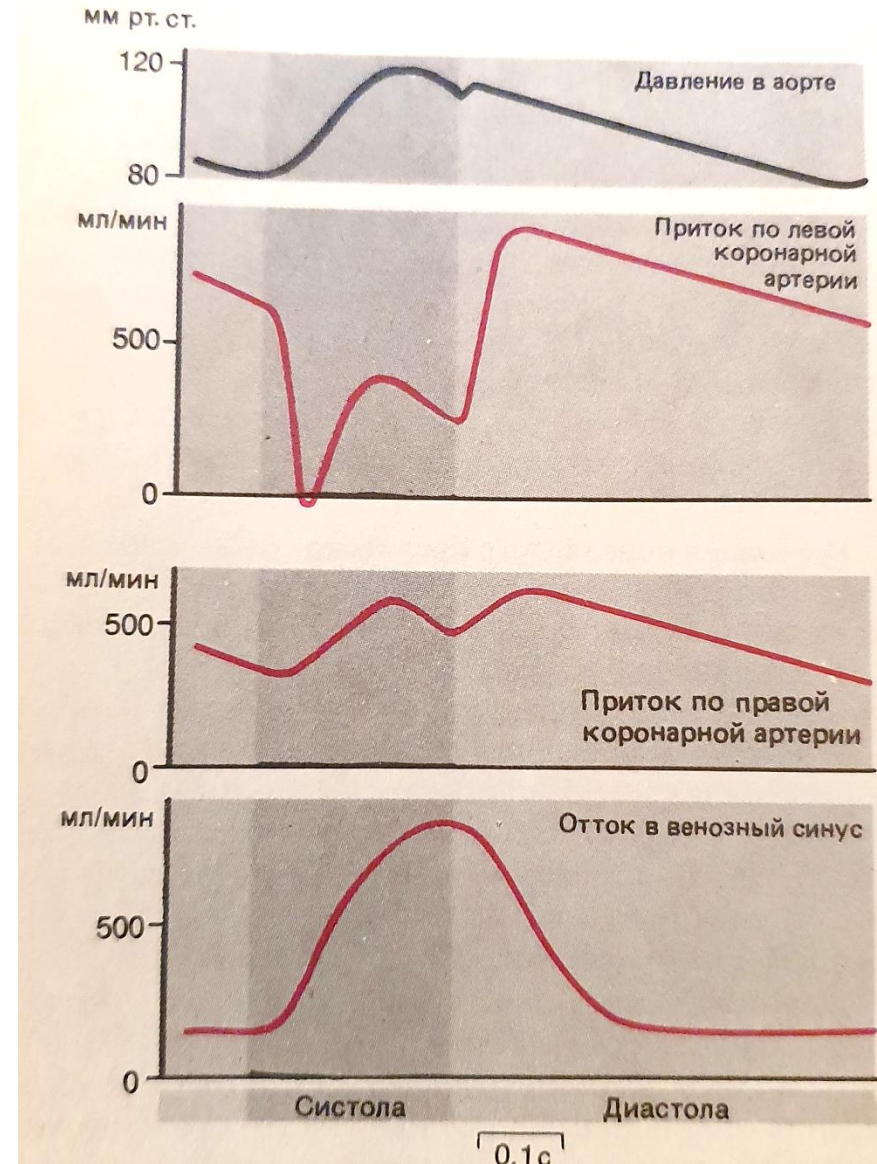
Коронарный кровоток в систолу и диастолу

Кровоток по коронарным сосудам сильно меняется в зависимости от фаз сердечного цикла.

В левой коронарной артерии в начале систолы кровоток практически прекращается.



Длительность систолы и диастолы



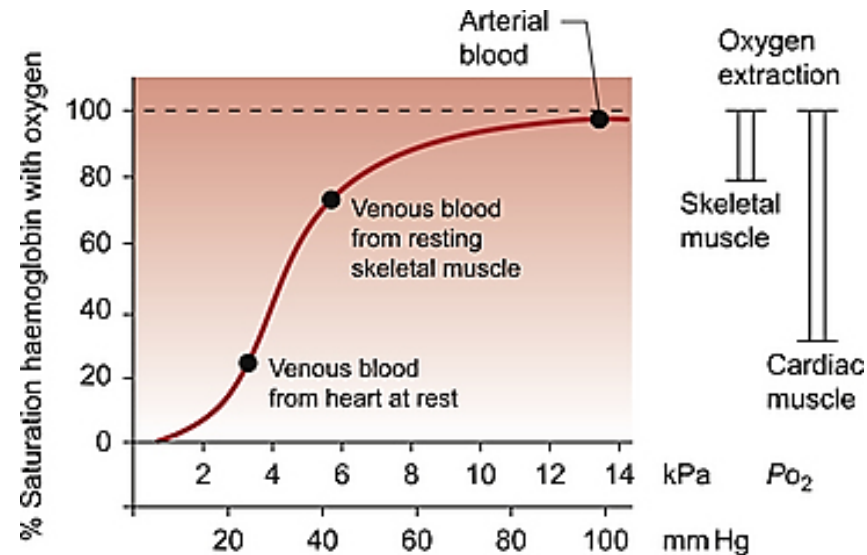
Регуляция коронарного кровотока

В состоянии покоя миокард извлекает из крови кислорода - 14мл/дл (в артериальной крови – 20 мл/дл O_2).

Поэтому повышение потребности миокарда в кислороде может быть удовлетворено **только за счет увеличения кровотока**.

При полноценной способности к адаптации коронарный кровоток может увеличиваться в 4-5 раз

- Важнейший стимул для увеличения кровотока – **гипоксия**.
- На втором месте по значению **аденозин**.
- Факторы эндотелиального происхождения:
NO, ENRF, PGI₂
- **Роль вегетативных нервов!?**

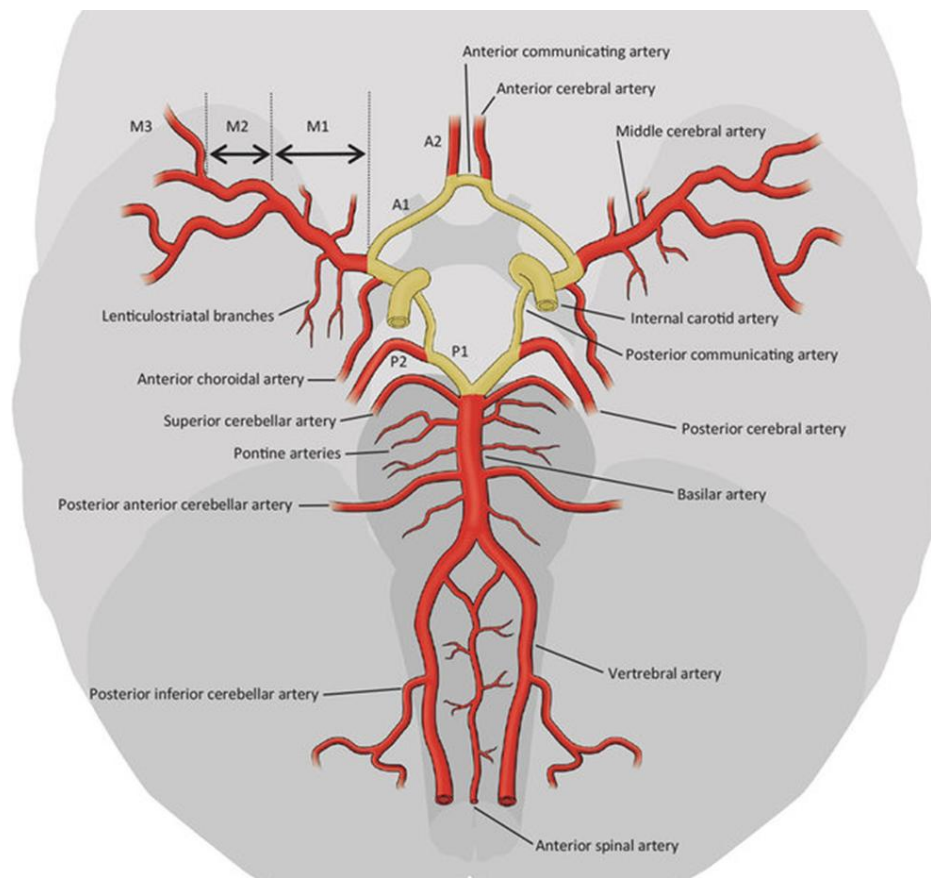
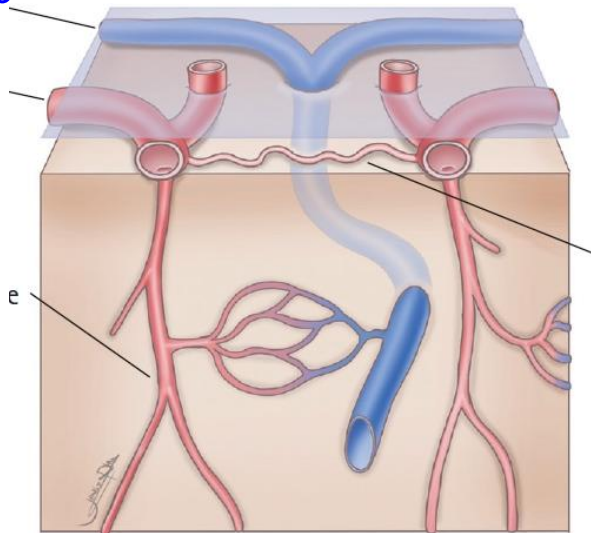


Особенности церебрального кровотока

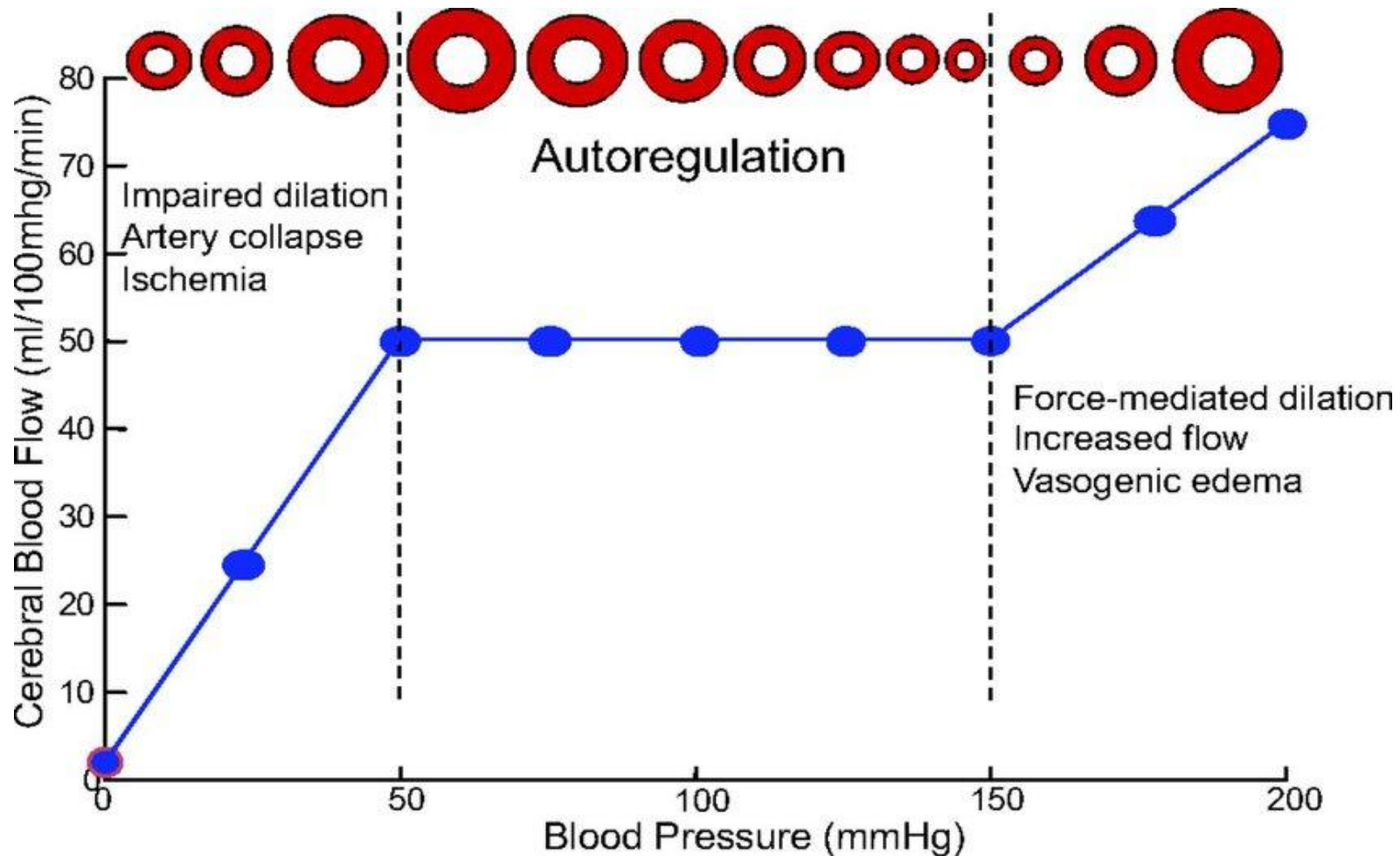
Виллизиев круг и другие анастомозы

Мозговой кровоток составляет 13% от общего сердечного выброса. Типичное значение для человеческого мозга составляет **0,6 мл/г/мин** (в коже – 0,03 мл/г/мин). В сером веществе больше, в белом – меньше.

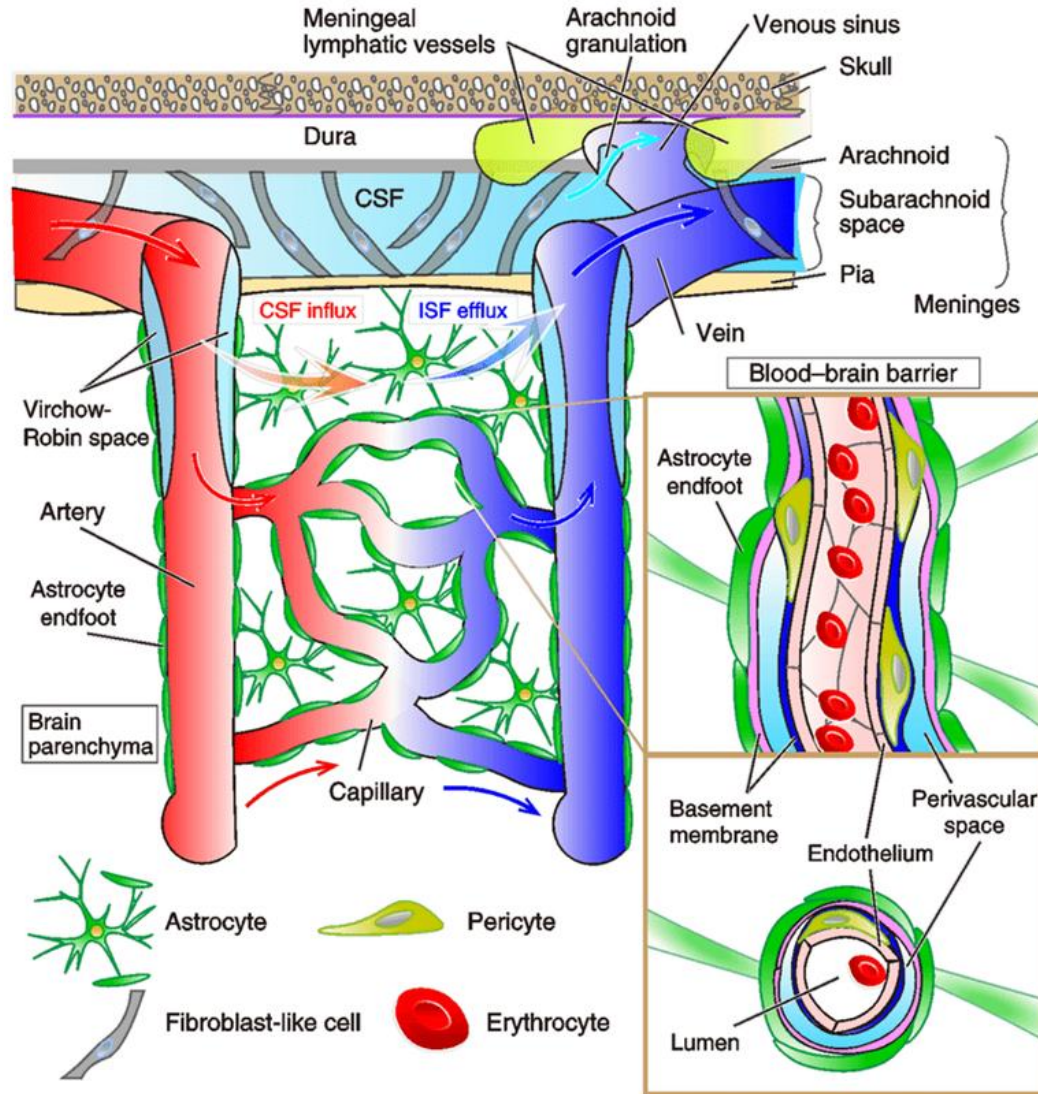
При очень сильном возбуждении (генерализованные судороги) мозговой кровоток возрастает на 50%



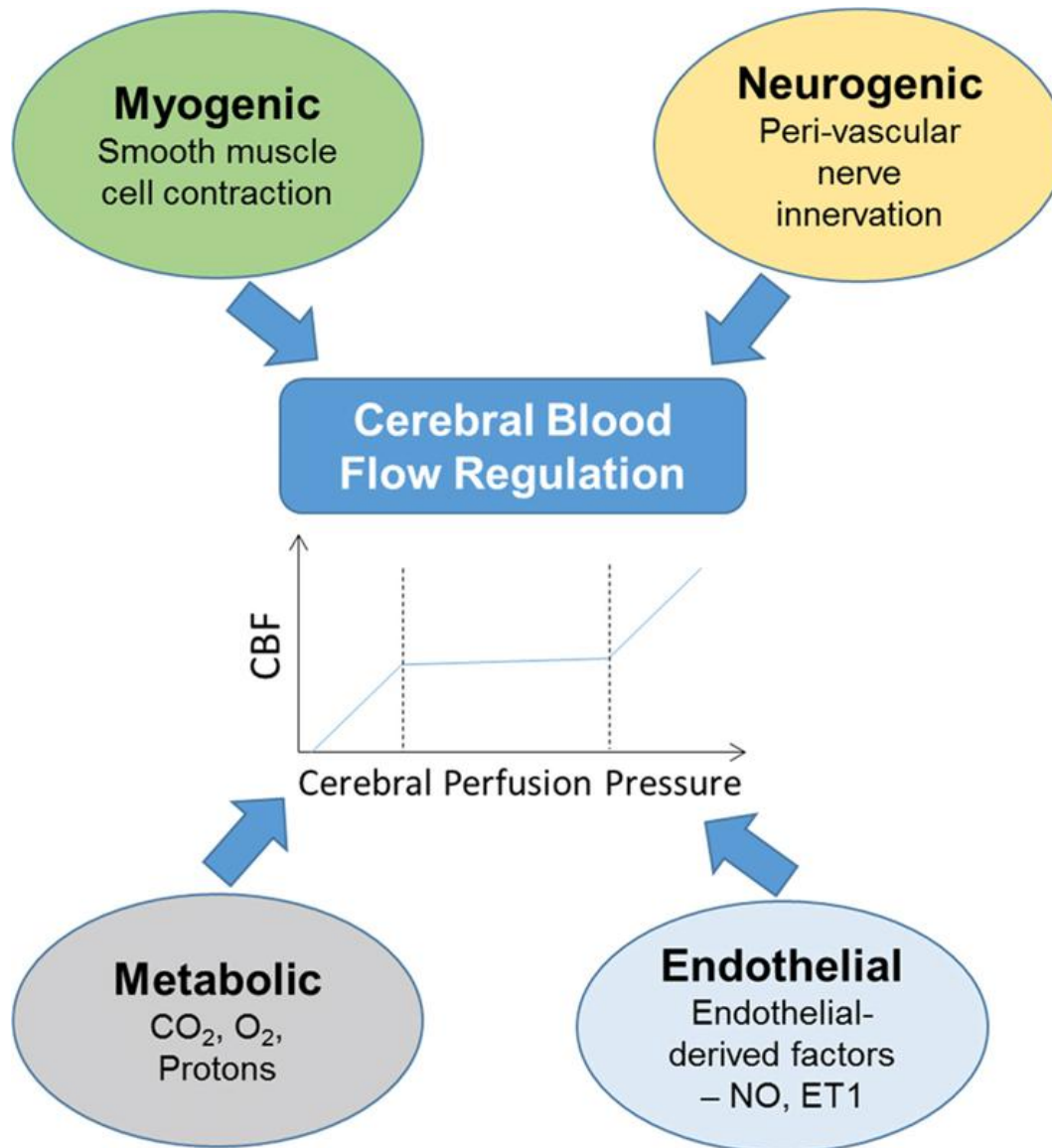
Ауторегуляция церебрального кровотока

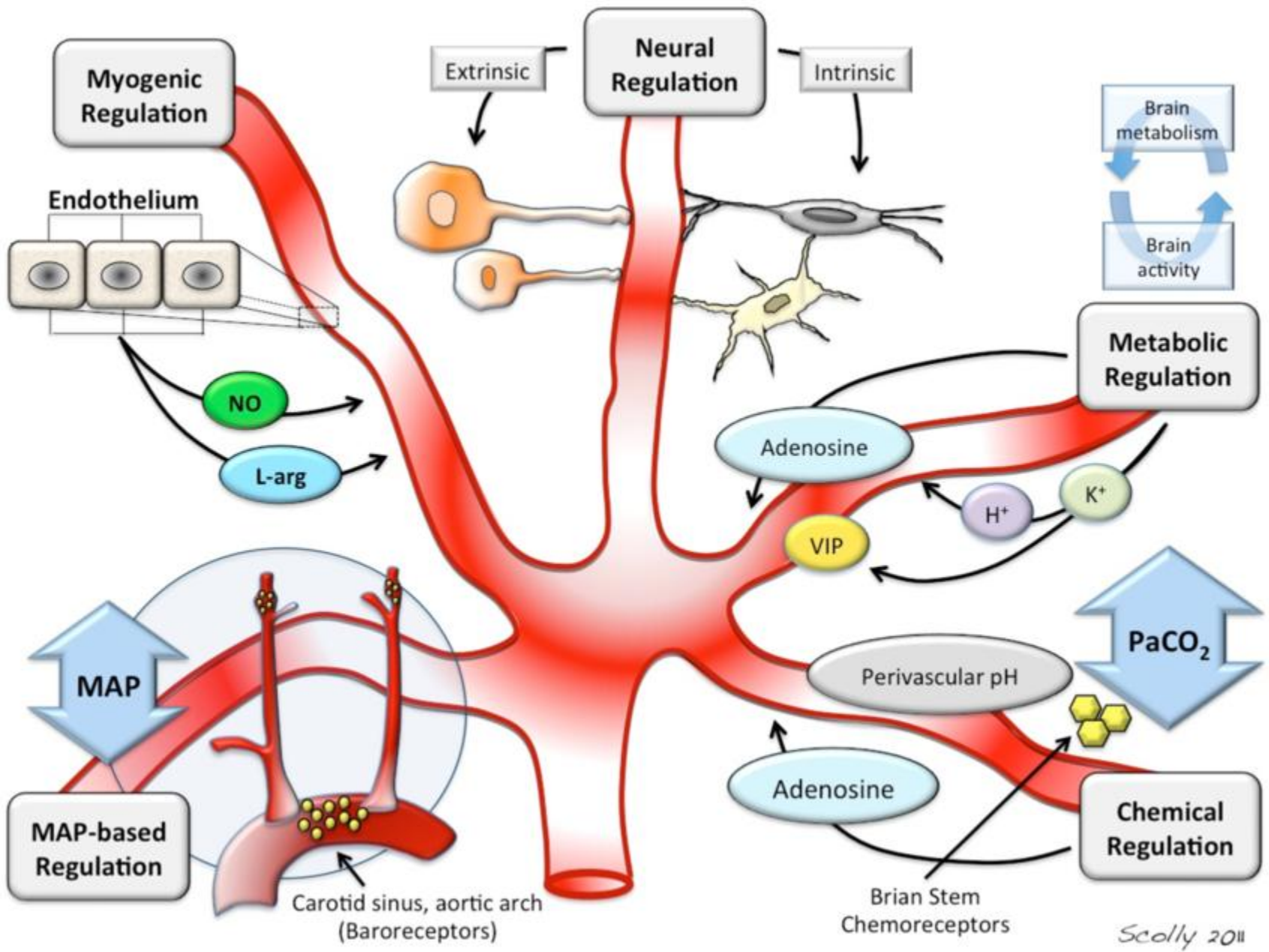


Особенности церебрального кровотока



Регуляция церебрального кровотока

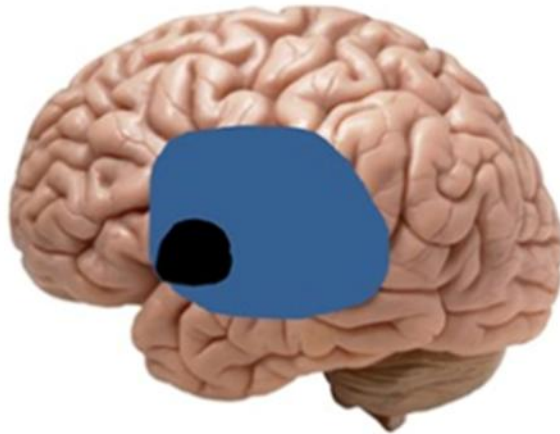




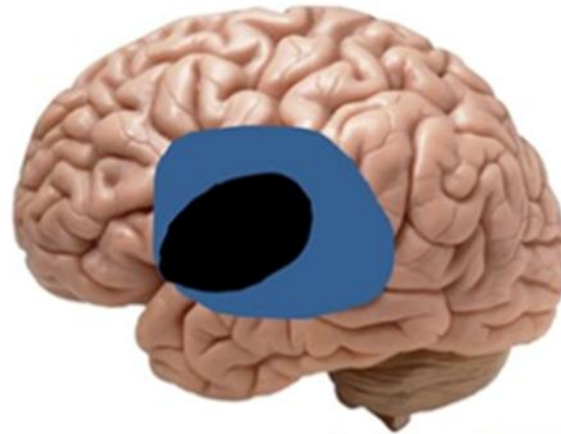
Scollly 2011

Ишемический инсульт

30 min



2 hrs



12 hrs



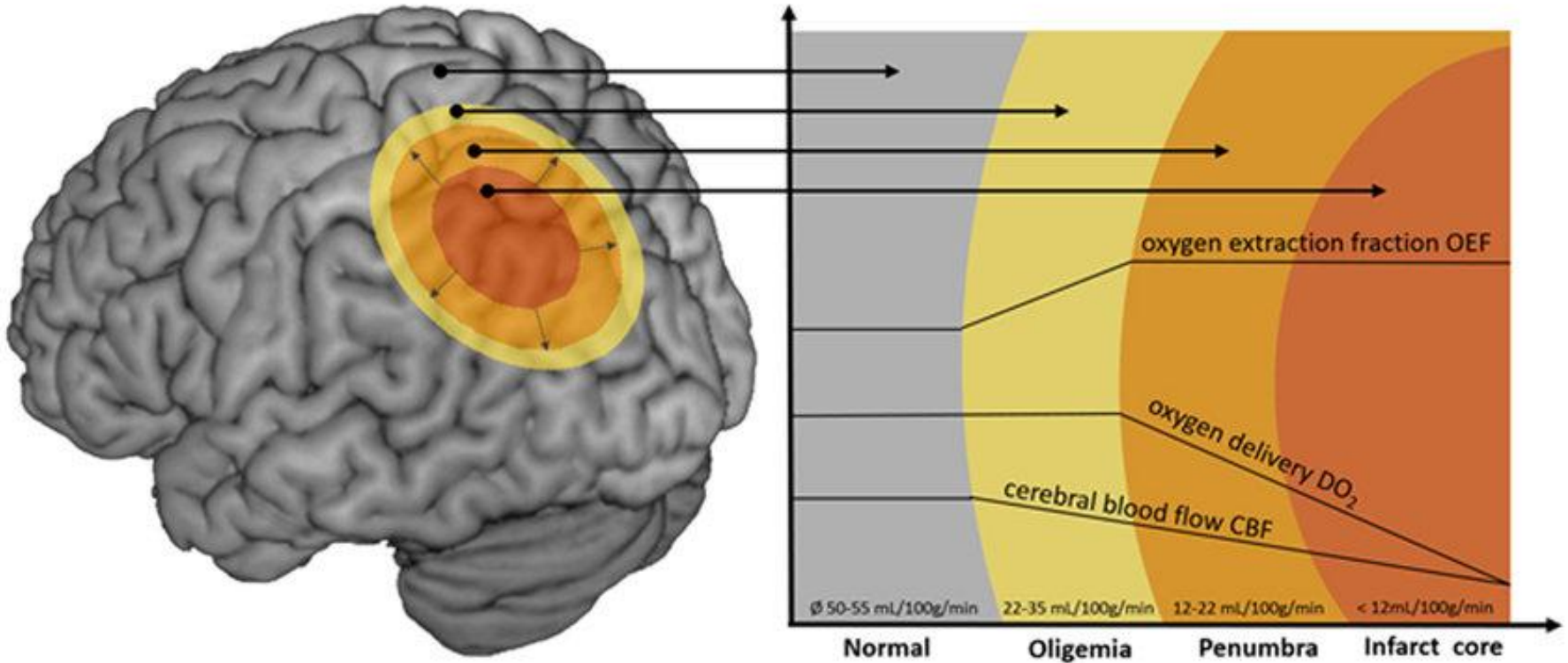
Myheart.net

Infarct core

Penumbra

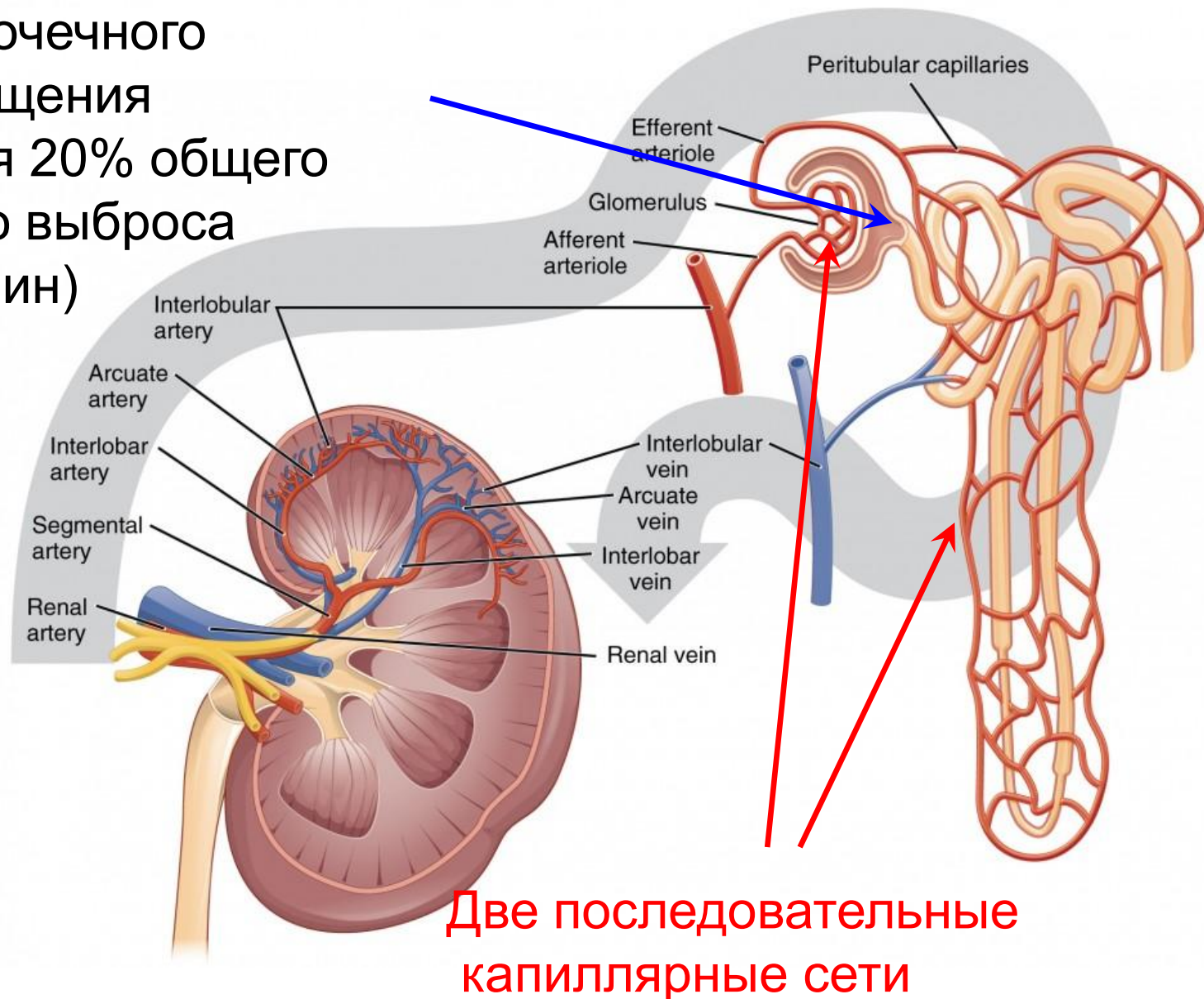
- В России регистрируется примерно **450 тысяч инсультов** в год. Инсульт является лидирующей причиной инвалидизации населения: треть перенесших его больных нуждаются в посторонней помощи, еще 20% не могут самостоятельно ходить, лишь каждый пятый может вернуться к трудовой деятельности.
- Системный тромболизис — внутривенное введение препарата rt-PA. Проводится в 0-4,5-часовом «терапевтическом окне» — при отсутствии противопоказаний.

Инфаркт ткани мозга и пенумбра



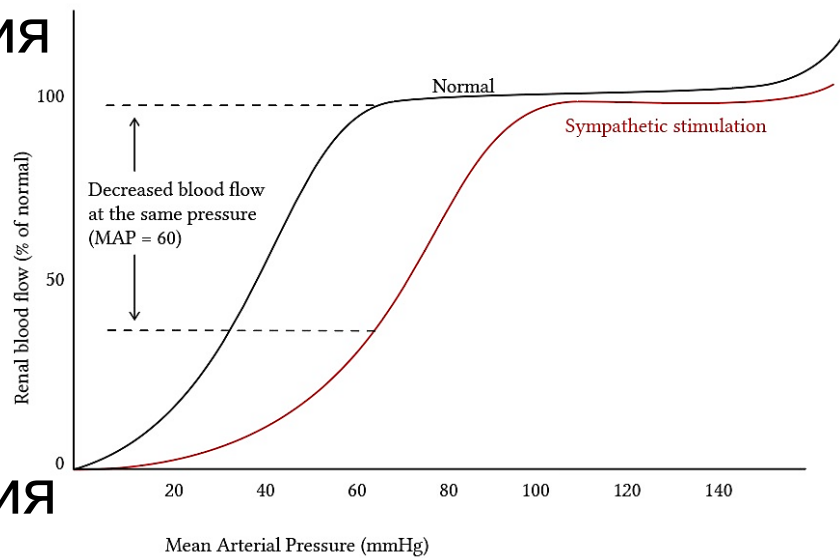
Кровообращение в почках

На долю почечного кровообращения приходится 20% общего сердечного выброса (1200 мл/мин)



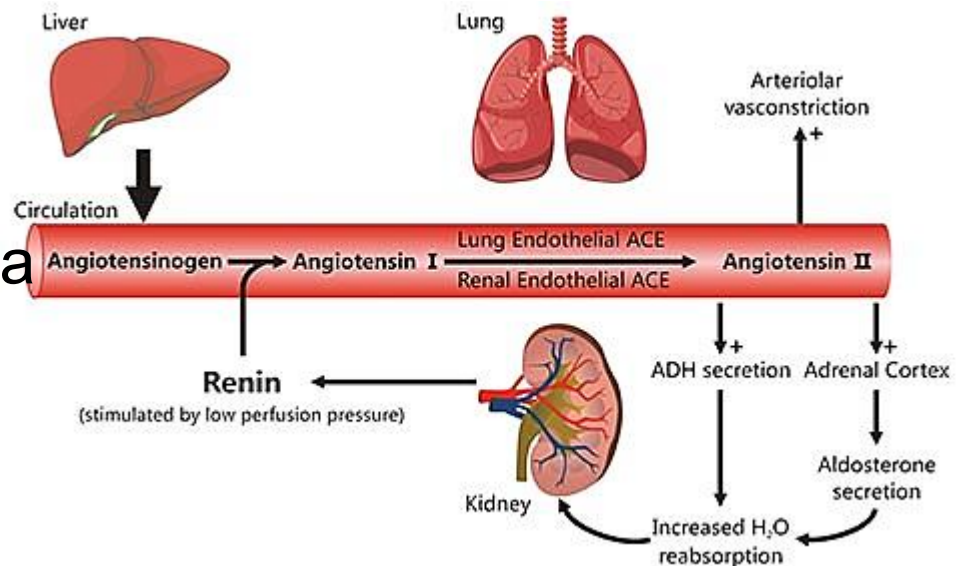
Регуляция почечного кровотока

- Миогенная ауторегуляция



- Симпатическая регуляция

- Ренин-ангиотензин-альдостероновая система

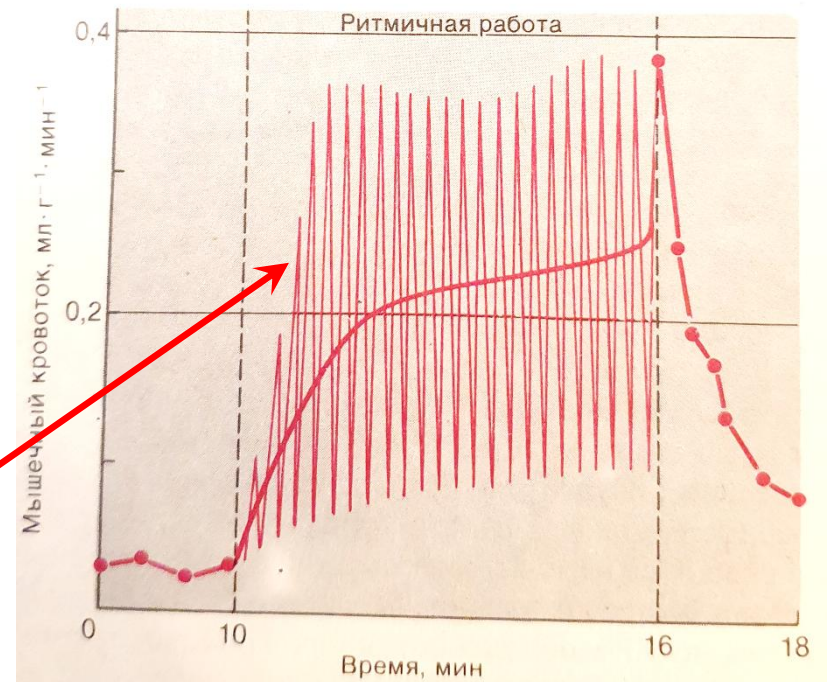


Кровообращение в скелетных мышцах

- Кровоток в скелетных мышцах в покое составляет 0,03 – 0,04 мл/г/мин
- Общий кровоток в мышцах – 1000-1200 мл/мин
- При максимальной мышечной работе кровоток достигает 1,0 мл/г/мин

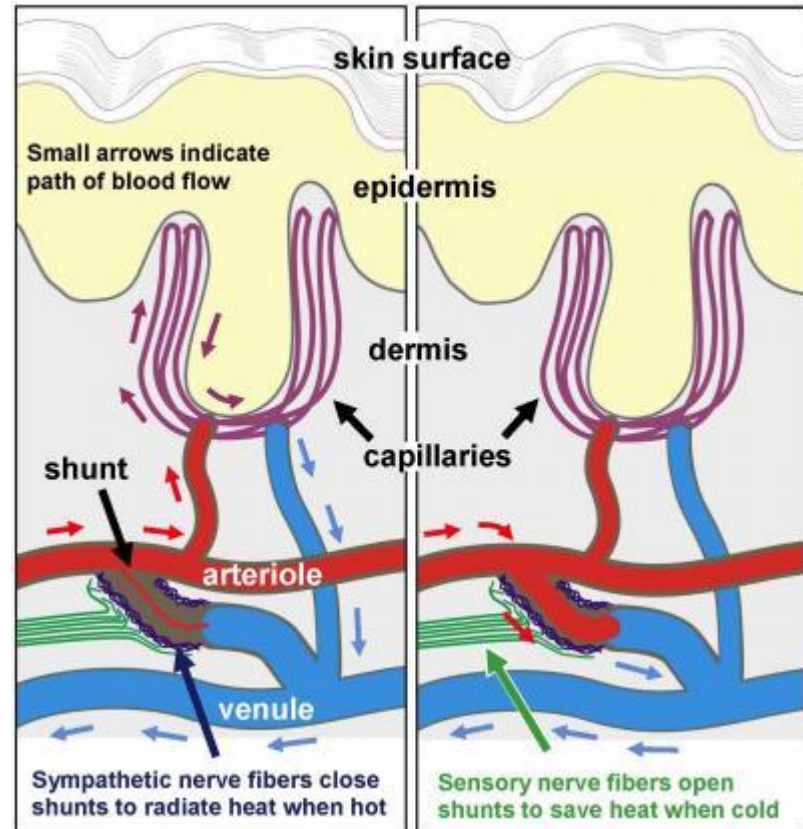
Регуляция кровотока в скелетных мышцах

- Симпатическая иннервация сосудов хорошо выражена, При стимуляции кровотоков падает на 25%.
- Опережающие реакции (предстартовое состояние). Сопровождается увеличением кровотока в 4 раза.
- **Преобладает метаболическая регуляция ($\uparrow\text{CO}_2$, $\downarrow\text{O}_2$)**
- Ритмические мышечные сокращения сопровождаются выраженным увеличением кровотока, при сильных статических сокращениях кровотоков уменьшается.



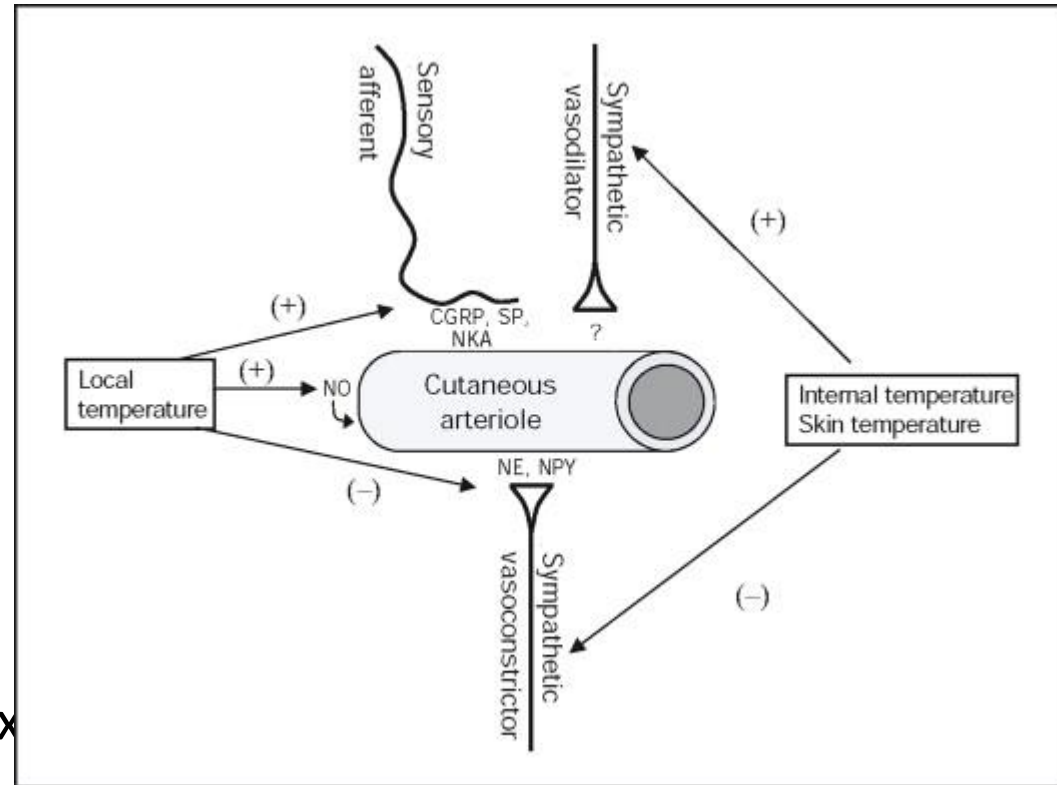
Кровообращение в коже

- Кровоток в скелетных мышцах в покое составляет от 0,03 до 0,1 мл/г/мин
- Общий кровоток в коже в покое – 150-500 мл/мин



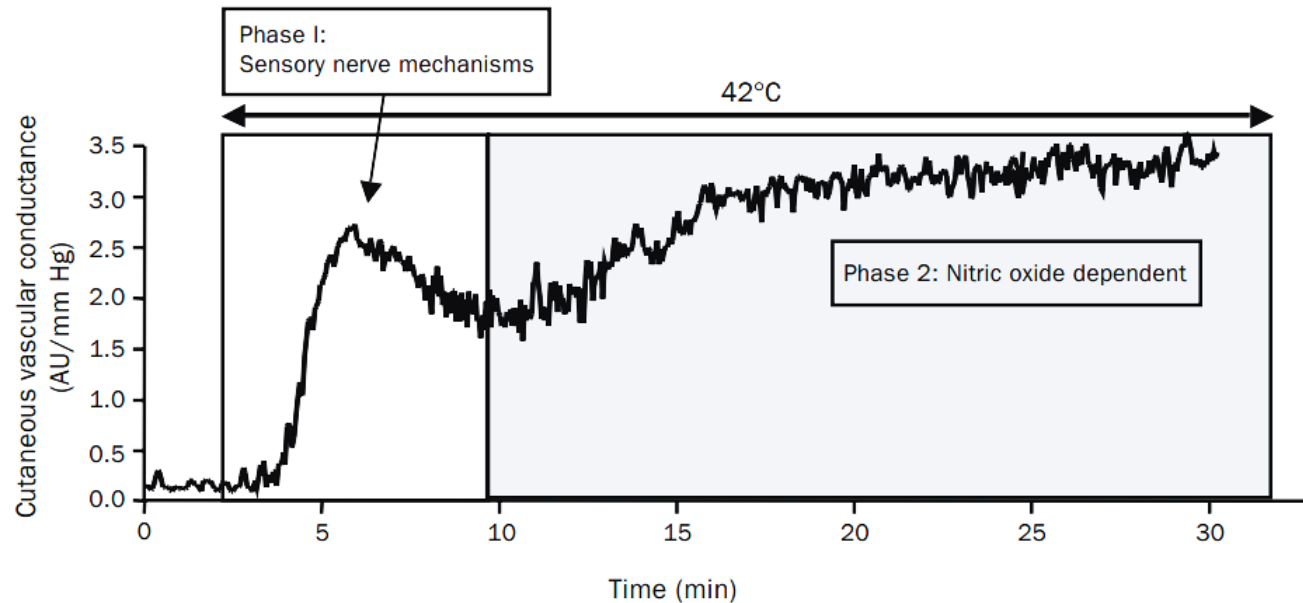
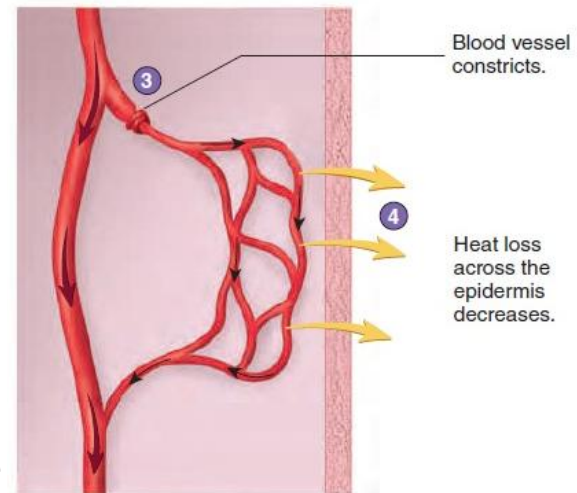
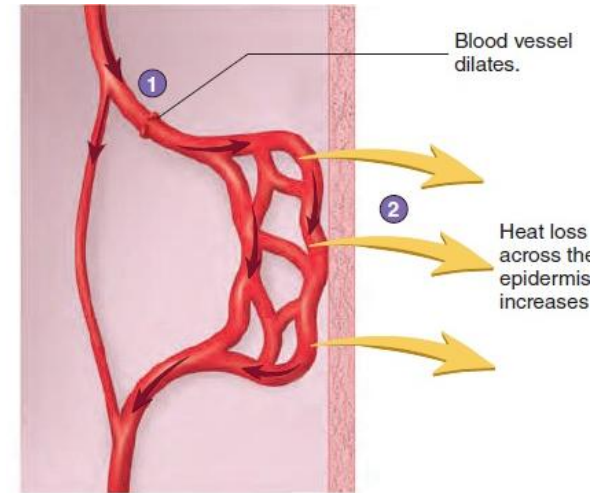
Регуляция кожного кровотока

- Сосуды рук, стоп богато иннервированы симпатическими сосудосуживающими волокнами (тонус в покое высокий).
- Ослабление тонуса СНС приводит к расширению сосудов.
- В проксимальных участках конечностей представлены симпатические холинэргические волокна (их активация сопровождается расширением сосудов и потоотделением).

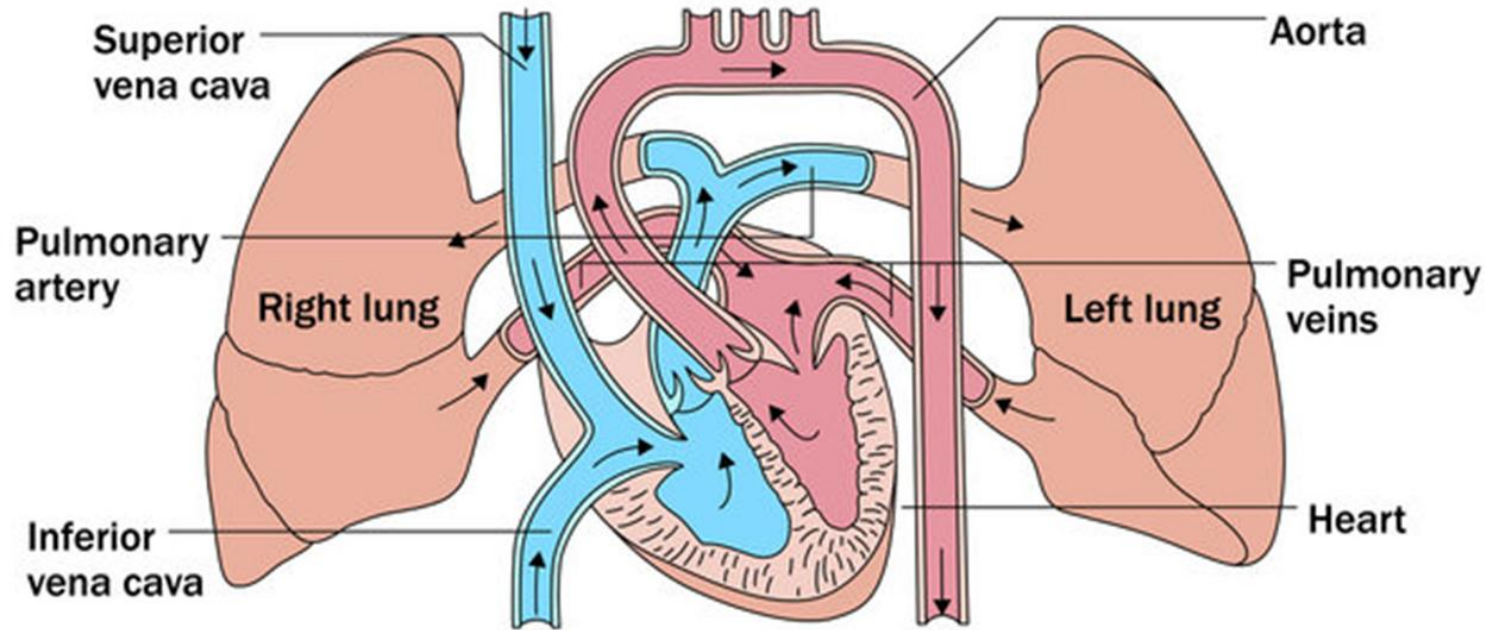


Кожный кровоток и терморегуляция

- Важнейшей функцией кожного кровотока является терморегуляция
- При тепловом стрессе кровоток в коже может достигать 3 л/мин.
Причина – открытие большого количества анастомозов.



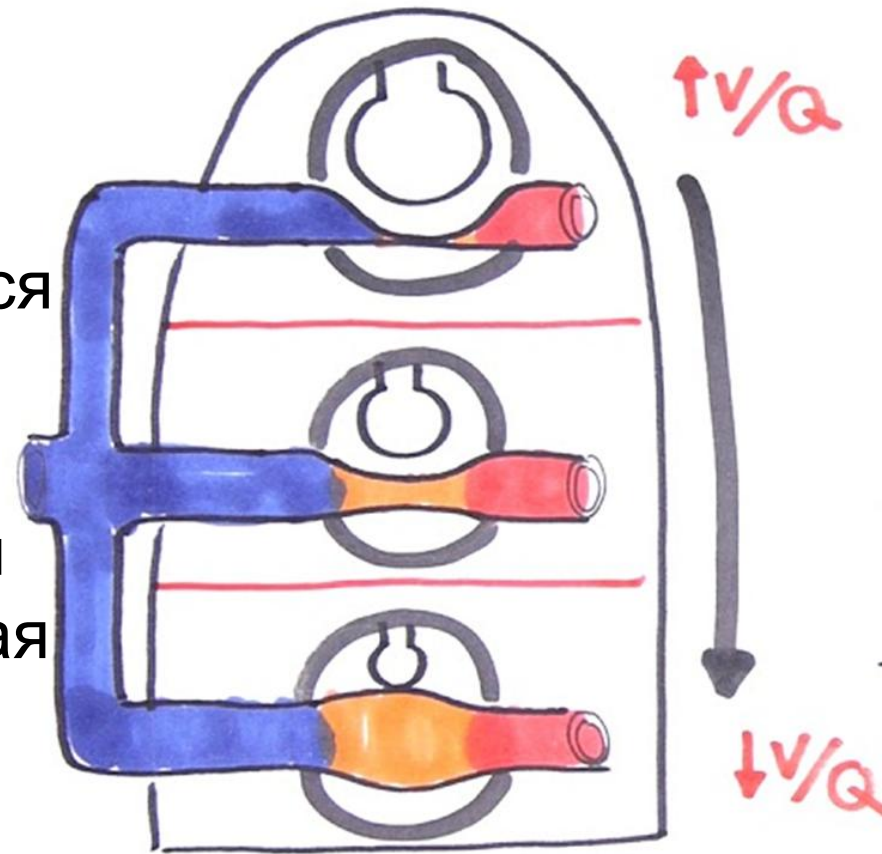
Особенности легочного кровообращения



- Артерии и вены короткие и широкие, стенки относительно тонкие (в мелких артериях – толстый мышечный слой)
- Систолическое давление в легочной артерии – 20 мм рт. ст., диастолическое – 9.
- Гидродинамическое сопротивление легочных сосудов в 10 раз меньше по сравнению с системным.

Перфузия легких

- Внутрисосудистое давление низкое, поэтому капилляры верхних долей перфузируются слабо, а вентилируются интенсивно (туберкулез).
- В основании легких ситуация противоположная: избыточная перфузия и недостаточная аэрация.
- В легочных сосудах 600 мл крови (центральный резерв крови достигает 300 мл)

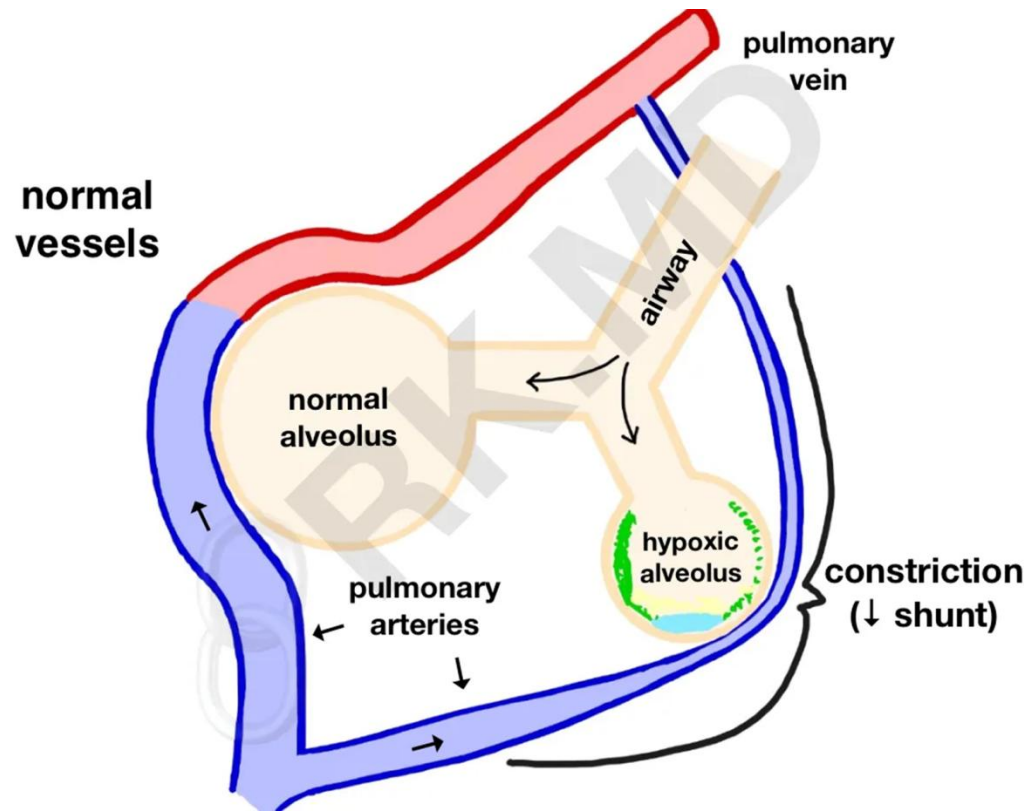


Регуляция легочного кровообращения

- Сосуды легких иннервируются симпатическими сосудосуживающими нервами.
- Имеются барорецепторы легочных артерий, запускающие соответствующие рефлексы (рефлекс сложные, вовлекаются сосуды большого круга кровообращения).

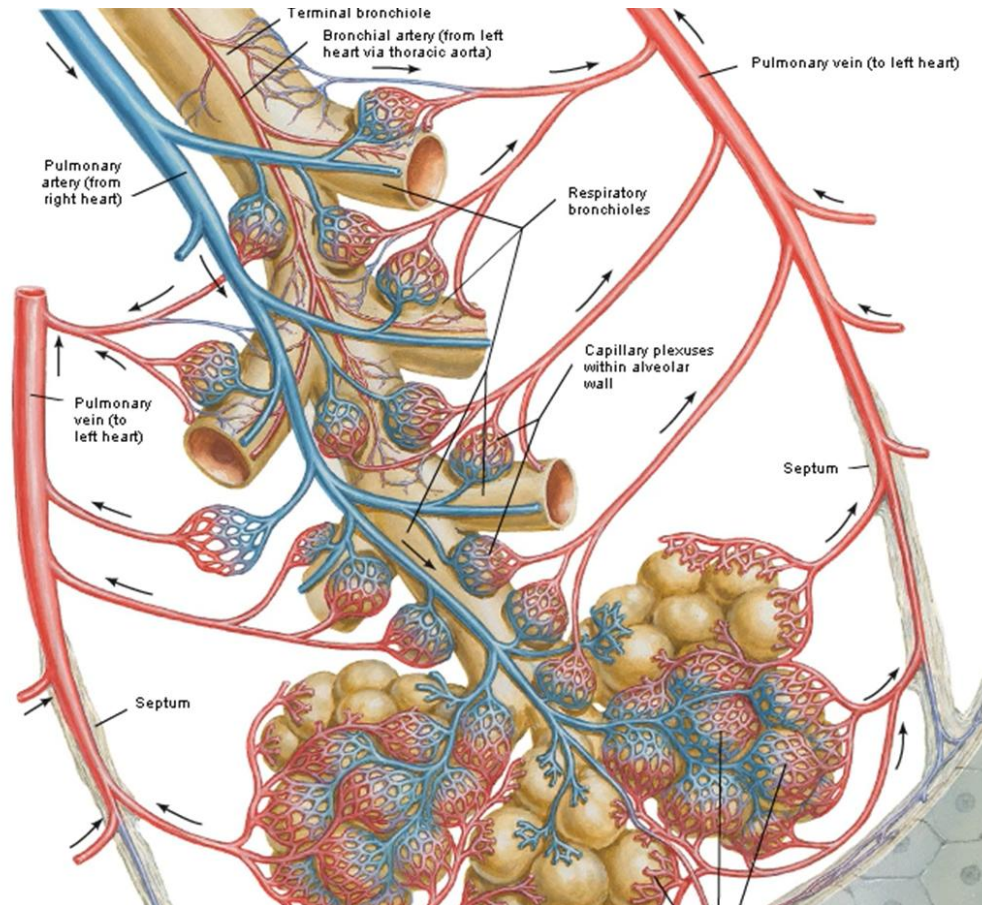
Местная регуляция легочного кровотока

- При снижении парциального давления кислорода или повышении $p\text{CO}_2$ сосуды легких суживаются (**гипоксическая вазоконстрикция!**) механизм начинает функционировать при падении $p\text{O}_2$ ниже 80%.
- Целый ряд веществ (адреналин, норадреналин, гистамин) вызывают сужение легочных сосудов.



Бронхиальный кровоток

- (оксигенированная кровь) – 2% от общего кровотока.



**Продолжение лекции:
Регуляция локального кровотока**

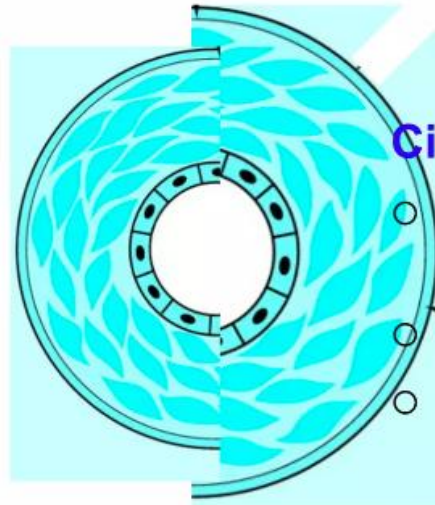
Сосудистый тонус

Systemic Control : Humoral

Circulating

Vasoconstrictors

- **Noradrenaline**
- **Angiotensin II**
- **Vasopressin**
- **Adrenaline (skin, splanchnic)**
- **Dopamine**
- **Neuropeptide Y**
- **Calcium ions**



Circulating Vasodilators

Adrenaline (liver, skeletal muscle)

Dopamine (kidney)

Atrial Natriuretic peptide (ANP)

VIP (Vasoactive Intestinal Peptide)

Kinins

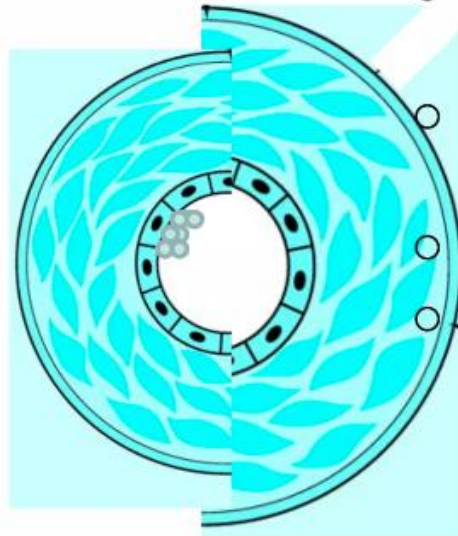
Substance P

Сосудистый тонус

Local Control : Humoral

Vasoconstrictors

- Serotonin (5-HT) (from platelets)
- Thromboxane A2 (from platelets)
- Endothelin (from endothelial cells)



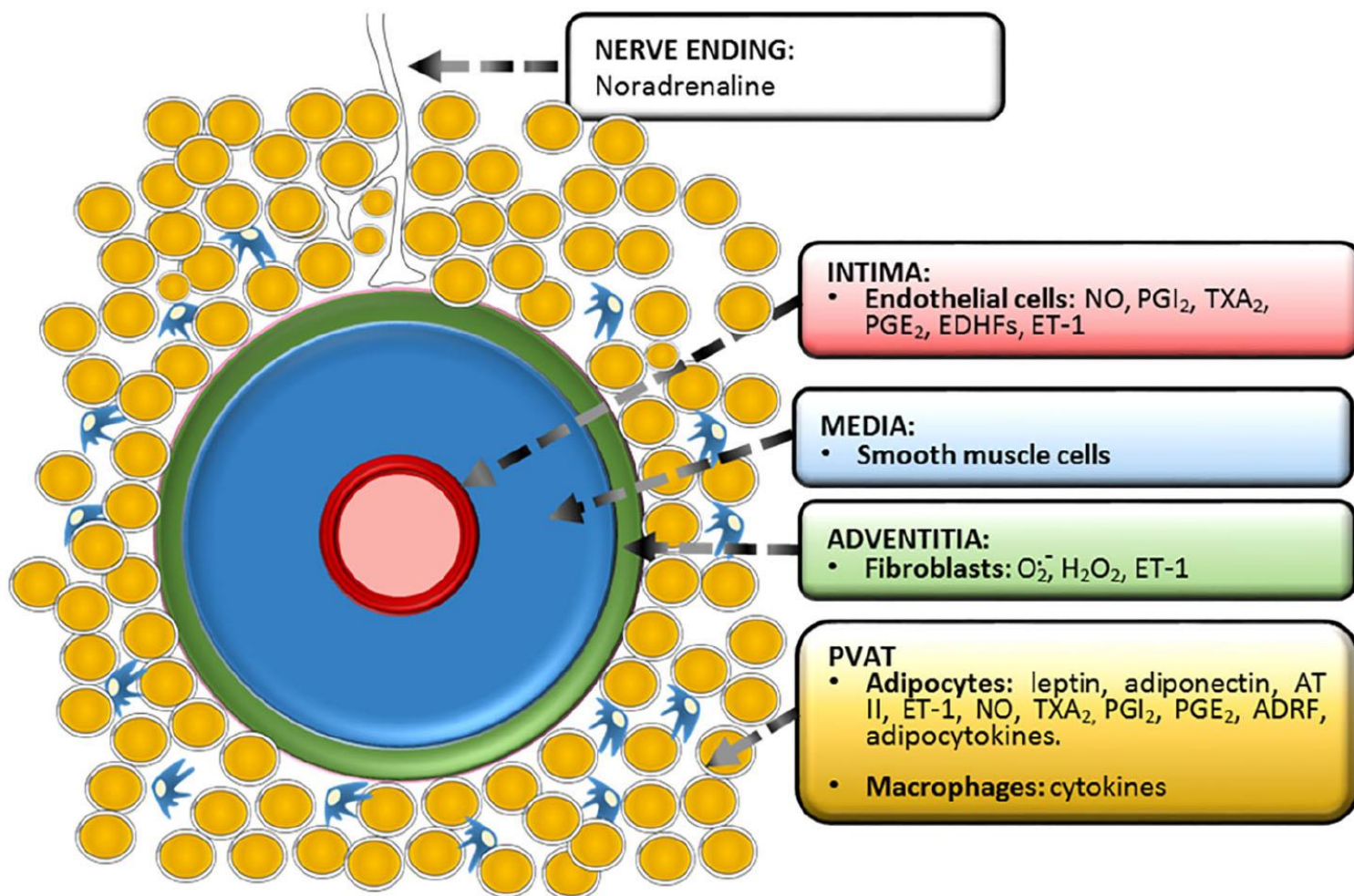
Vasodilators

- Nitric oxide (from endothelial cells)
- Prostacyclin (from endothelial cells)
- Histamine
- Vasodilator metabolites (VDMs) from tissue metabolism

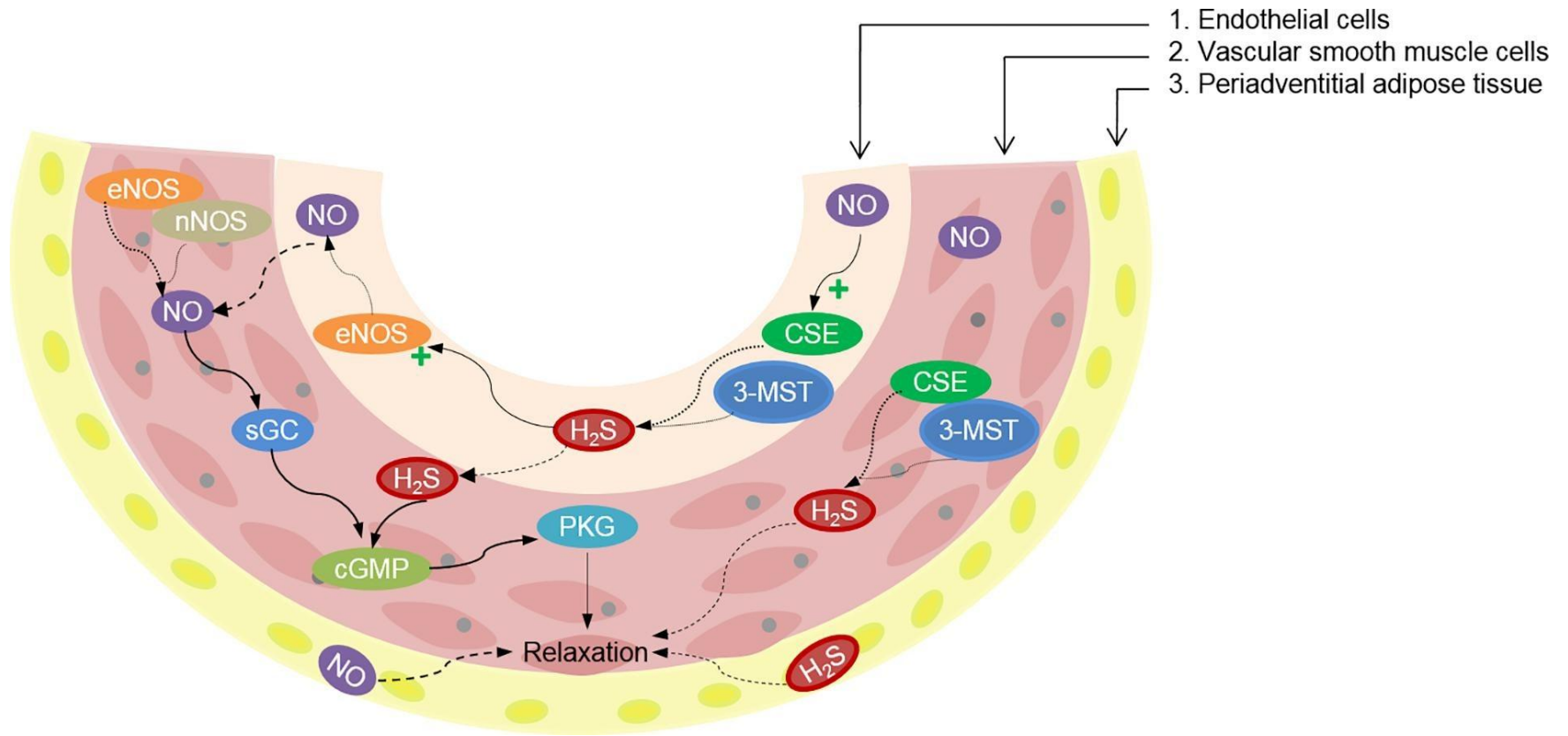
Локальные регуляторные механизмы

- **Недостаток кислорода.** Гипоксическая вазодилатация.
- **Продукты метаболизма:**
 - Местное повышение концентрации CO_2 или концентрации H^+ .
 - Молочная кислота, пируват, АДФ, АМФ, аденозин.
 - K^+ ?

Местные факторы регуляции кровотока



Роль NO и H₂S



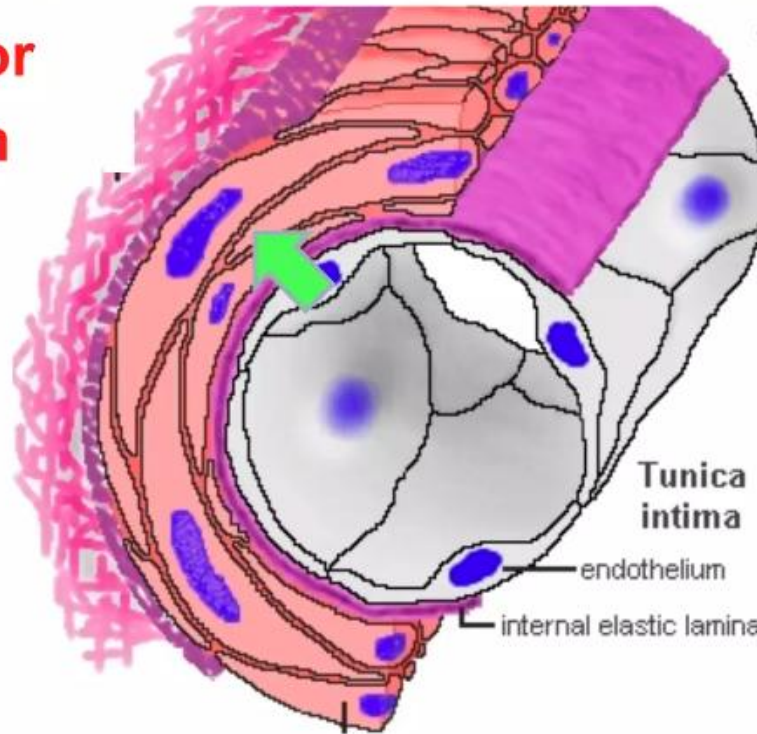
Сосудистый тонус

Endothelial control of vascular tone:
Endothelial cells secrete

Vasoactive substances:

Vasoconstrictor

- **Endothelin**
(peptide)

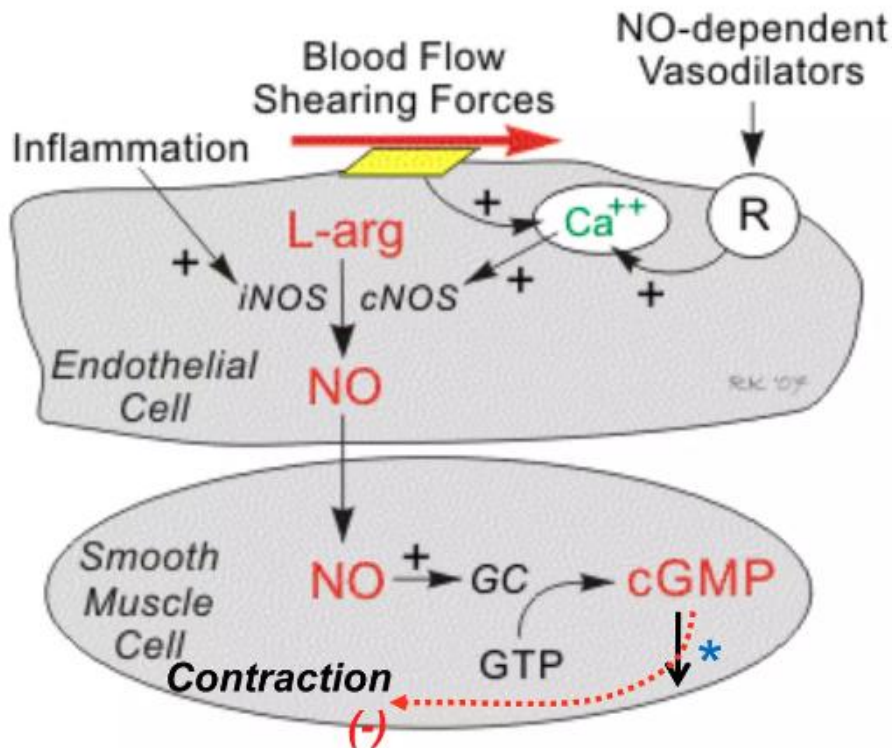


Vasodilators

- **NO**
(gas)
- **Prostacyclin**
(prostaglandin)
- **EHRF**

Сосудистый тонус

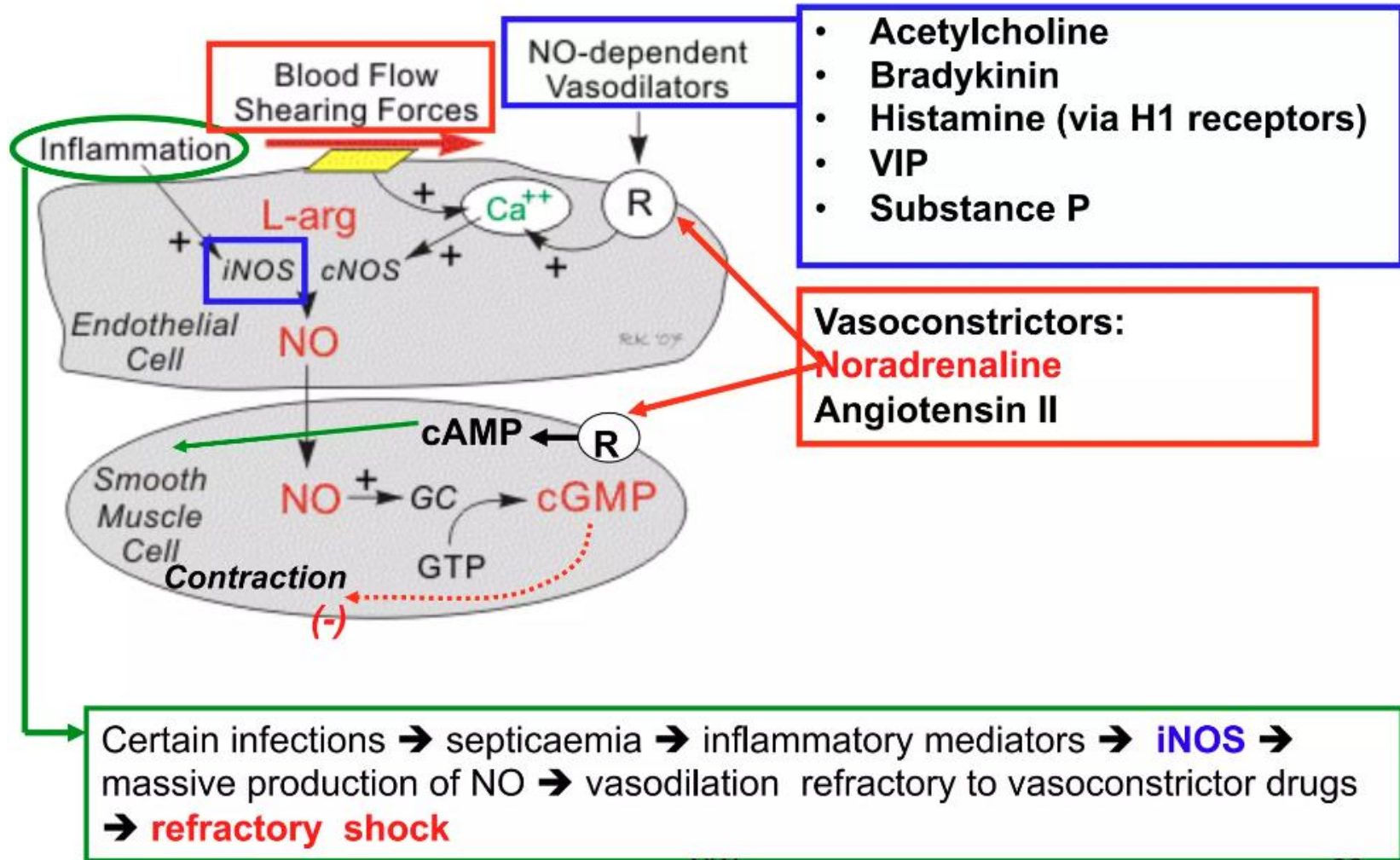
Nitric oxide production



- L-arginine
- NO synthase
 - Constitutive NOS (cNOS)
 - Inducible NOS (iNOS)
- Production of NO
- Diffuses into smooth muscle cell
- Activation of guanylyl cyclase (GC)
- Increased cGMP
- → decr. Ca²⁺ conc.
- → Relaxation of vascular smooth muscle

Сосудистый тонус

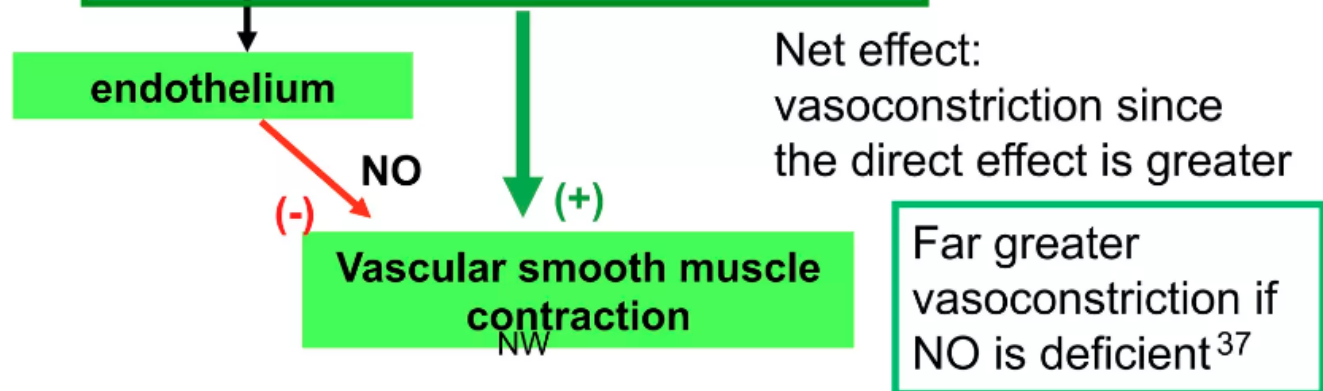
Stimuli for Nitric oxide production



Сосудистый тонус

Vascular actions of NO

- Directly causes vasodilation
- Mediates the action of some vasodilators
- Modulate the vasoconstrictor action of **noradrenaline and AGII**



Сосудистый тонус

Vascular actions of NO

- Modulates the vasoconstrictor action of endothelin (ET-1)
- **Anti-thrombotic** effect - inhibits platelet adhesion to the vascular endothelium
- **Anti-inflammatory** effect - inhibits leukocyte adhesion to vascular endothelium
- **Anti-proliferative** effect - inhibits smooth muscle hyperplasia

Effects of NO deficiency?

Механизм эндотелиальной гиперполяризации

