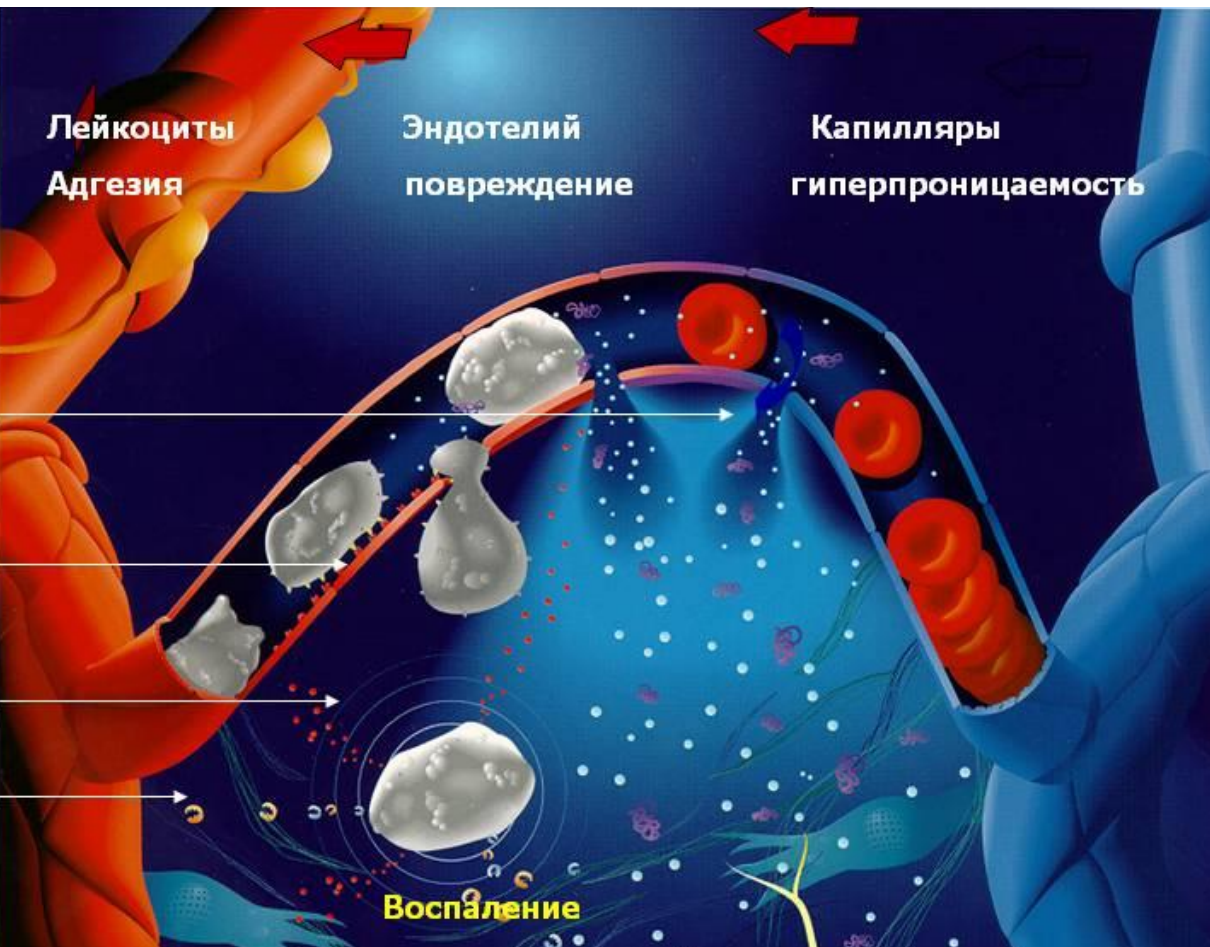


Гемодинамика. Микроциркуляция. Шок.



Лекция для
студентов 5 курса
ОП «Медицинская
биофизика»

Д.м.н. профессор
Усов В.В.

Цель лекции: Изучить анатомические и физиологические основы гемодинамики

Задачи лекции:

1. Анатомические и физиологические характеристики различных отделов системы циркуляции крови.
2. Микроциркуляторное русло и микроциркуляция
3. Физиологические основы поддержания гемодинамики и микроциркуляции
4. Шок, его виды. Патофизиологические изменения при шоке.



- **Кровообращение** –поступательный ток крови через сердце и кровеносные сосуды, создаваемый разностью её давления в различных участках кровеносного русла.
- **Структурная организация:**
 - сердце (центральный орган)
 - кровеносные сосуды
 - два замкнутых круга (большой и малый)
- **Значение:**
 - участвует:
 - в газообмене
 - в обмене веществ между кровью и тканями
 - в выравнивании обмена веществ между кровью и тканями (гомеостазе)
 - в обеспечении единства внутренней среды
 - в гуморальной регуляции
 - в защитных реакциях
 - в переносе тепла
 - в обеспечении беременности (увеличение массы беременной, развитие плода, высокое стояние диафрагмы, увеличение МОК на 25 %)

- **Гемодинамика – это**
- учение о движении крови по кровеносным сосудам
- Процессы, обеспечивающие непрерывность кровообращения



Системная и региональная гемодинамика

- **Системная гемодинамика** - процессы, обеспечивающие непрерывность циркуляции (кругооборот) крови по системе последовательно соединенных сосудов.
- **Регионарная, или органная гемодинамика** - процессы, протекающие в параллельно подключенных к аорте и полым венам сосудистых руслах, обеспечивающие кровоснабжение органов.

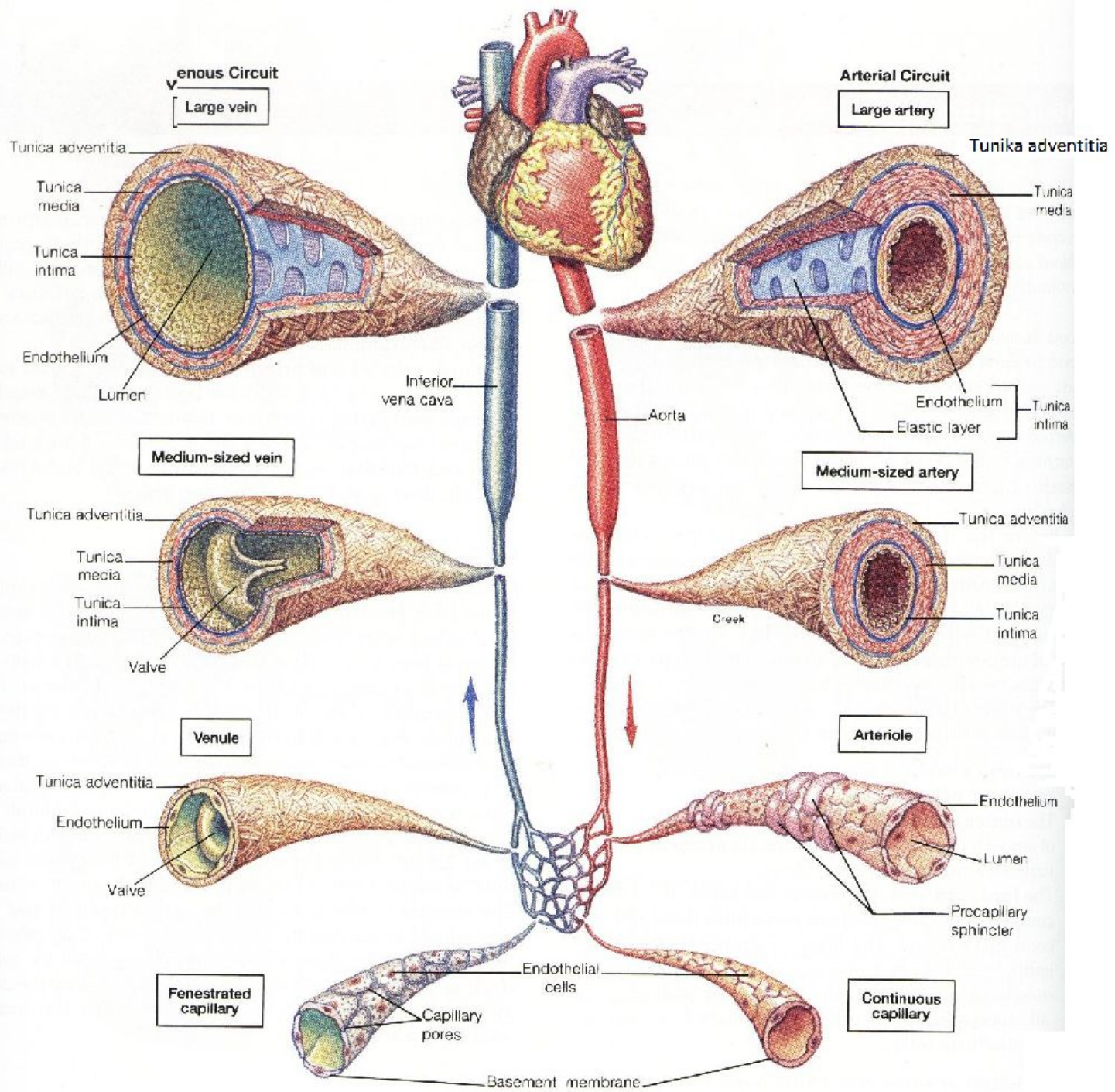
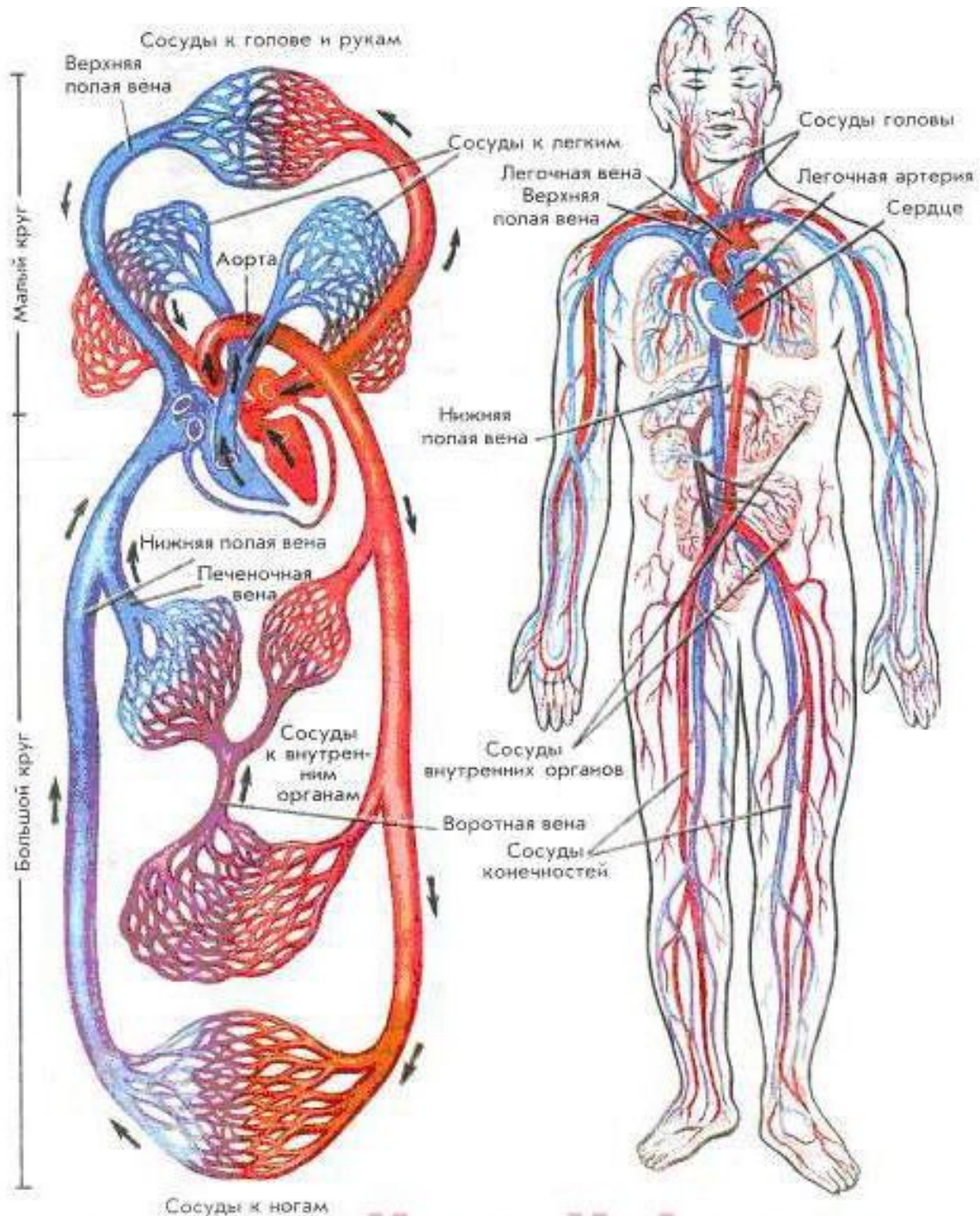


FIGURE 15.9





Основные законы гидродинамики и физиологические закономерности движения крови по сосудам

В основе гемодинамики, лежат законы гидродинамики, изучающие факторы, определяющие ток жидкости по трубкам.

К этим факторам относятся:

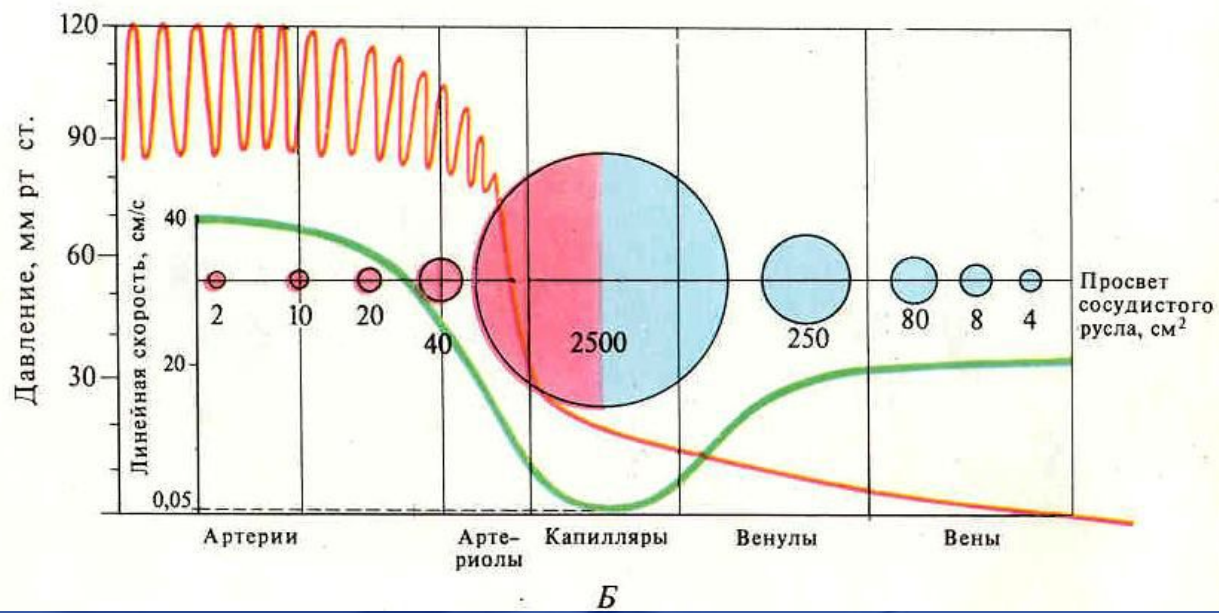
- разность давлений в начале и в конце трубы;
- диаметр трубы;
- сопротивление, которое создается текущей жидкостью, благодаря наличию внутреннего трения между различными слоями жидкости, а также трению части жидкости о стенки сосуда;
- вязкость, которая увеличивает сопротивление движению крови в сосудистой системе.



Гидродинамические характеристики сосудистого русла

- Внутрисосудистое давление от аорты до полых вен резко снижается
- Артериальное русло характеризуется высоким давлением и сравнительно небольшим V (объемом) крови
- Венозное русло – большой V (объем) крови и низкое давление.
- •Считается, что в венозном русле содержится 75-80% крови, в артериальном –15-17%, и в капиллярах 5%.

Показатели гемодинамики в разных отделах сосудистого русла



Функциональная структура разных отделов сосудистого русла

- 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**
- **Емкостные сосуды**
- **Шунтирующие сосуды (артерио–венозные анастомозы)**

Функциональная классификация кровеносных сосудов

Упруго-растяжимые
аорта
легочная
артерия
(эластического типа)

Резистивные
артерии
мышечного
типа
артериолы,
прекапилляры

Обменные:
капилляры.
обеспечивают
обмен между
кровью и
тканевой
жидкостью

Артериовенозные анастомозы сброса
крови из артерий в вены,
минуя
капилляры

Емкостные:
вены, облада-
ют высокой
растяжимо-
стью, содержат
75—80% крови



Направление движения крови по кровеносным сосудам

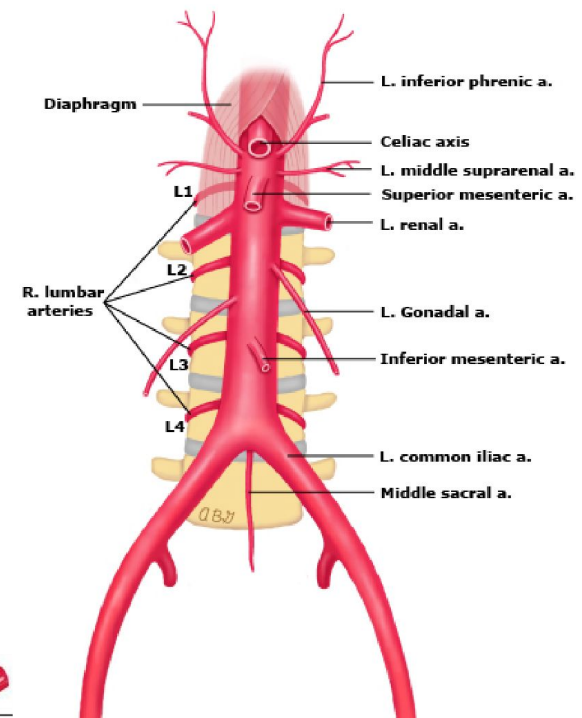
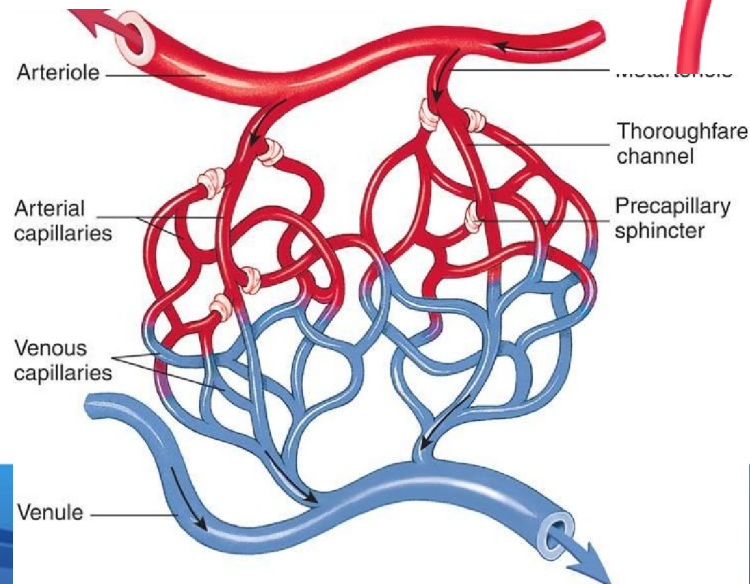
Классификация артерий

Эластичные (амортизирующие).

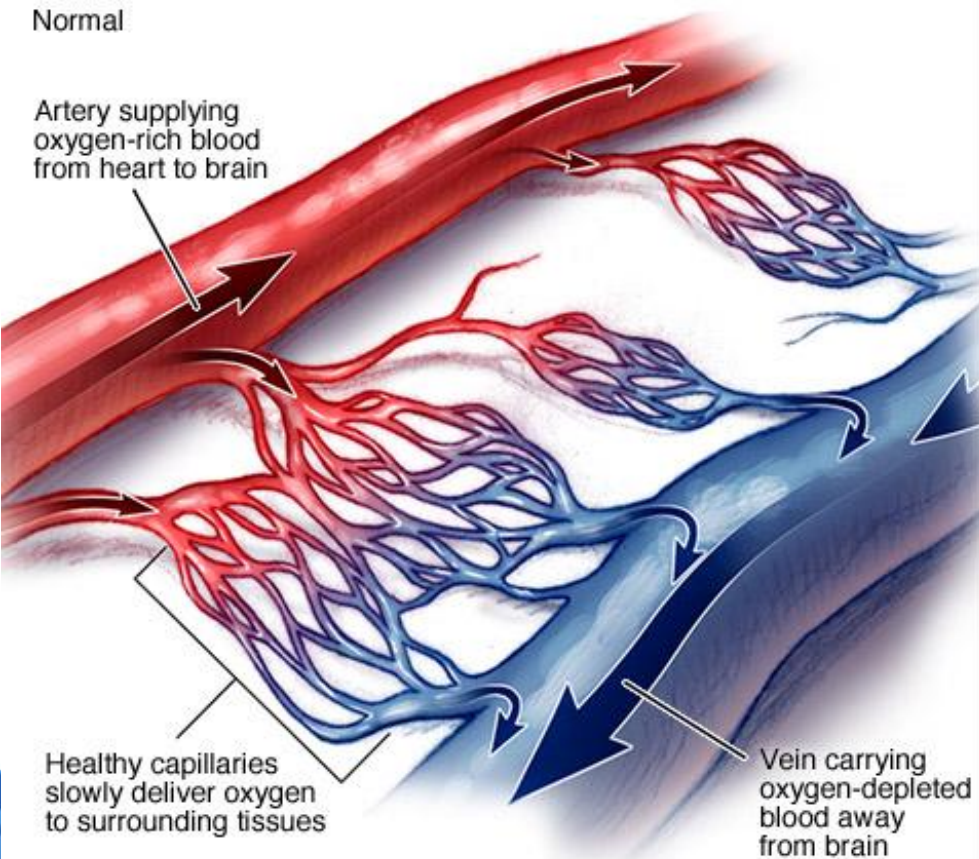
(Аорта и ее крупные ветви)

Резистивные (мышечные).

- Артерии (почечная, тестикулярная, лучевая, большеберцовая итд.)
- Артериолы (<0.1 mm):
 - Терминальные артериолы
 - Мета артериолы
 - Прекапилляры

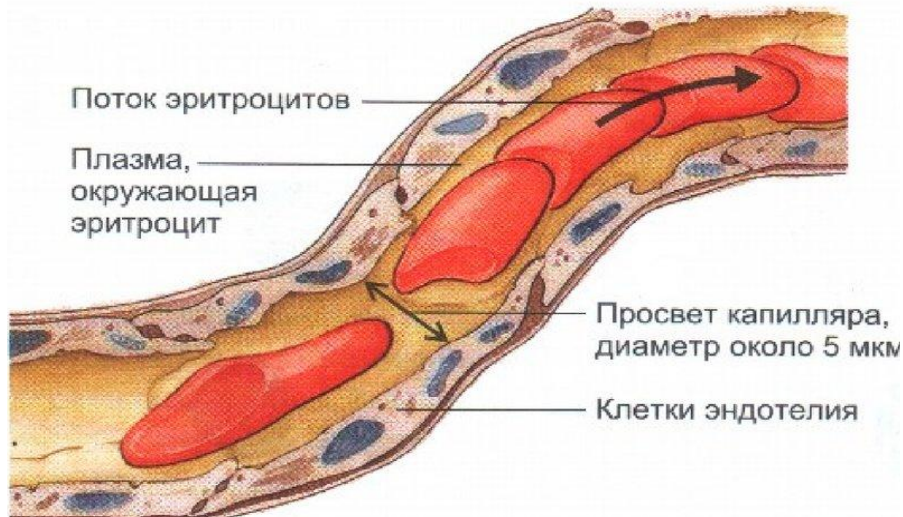


Капилляры (обменные)



Капилляры — тончайшие кровеносные сосуды, соединяющие венозную и артериальную системы. Длина капилляра около миллиметра, диаметр настолько мал, что сквозь него может пройти только один форменный элемент крови. Все внутренние органы и кожа пронизаны сетью капилляров. Через капилляры происходит газообмен и обмен веществ между кровью и тканями. Общая площадь поверхности сети капилляров составляет около 300 м². Давление крови в них составляет 12-20 мм рт. ст.

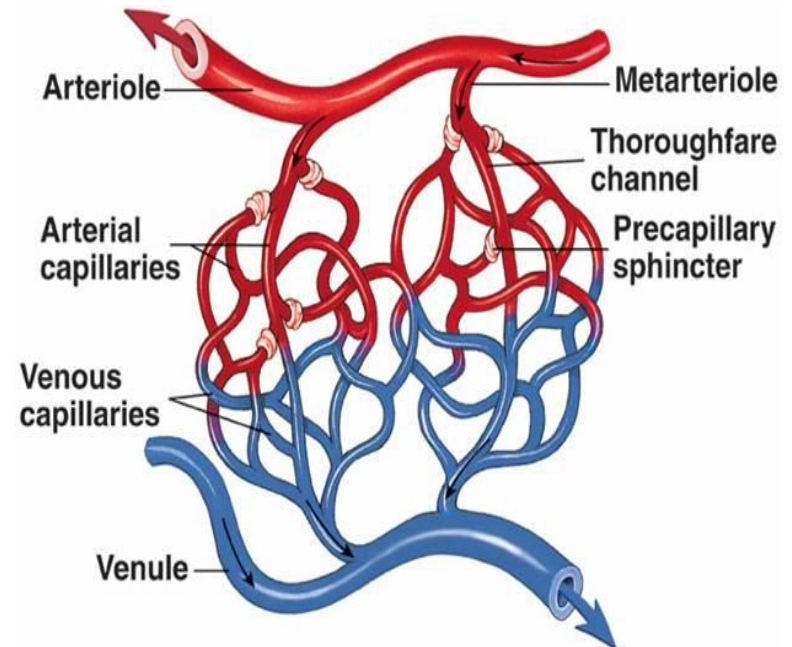
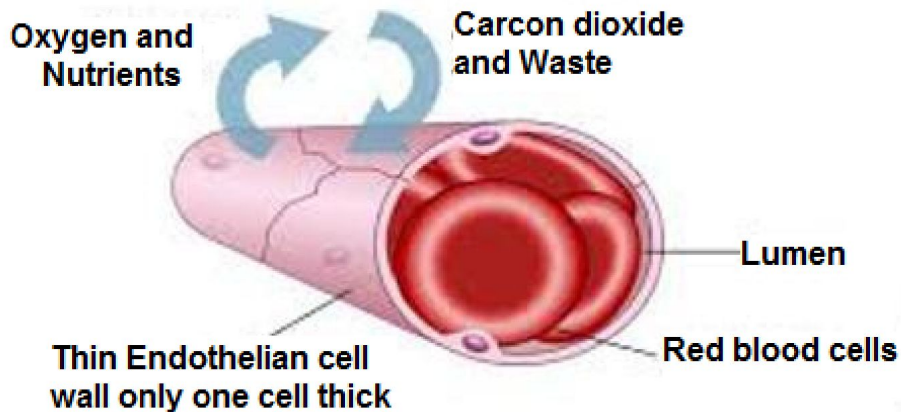
Движение эритроцитов через капилляры



Эритроцит, проходя по капиллярам, приобретает спиралевидную форму для лучше отдачи растворенного в нем газа O_2 или CO_2 .
Медленный кровоток в венах способствует насыщению эритроцитов газами O_2 или CO_2

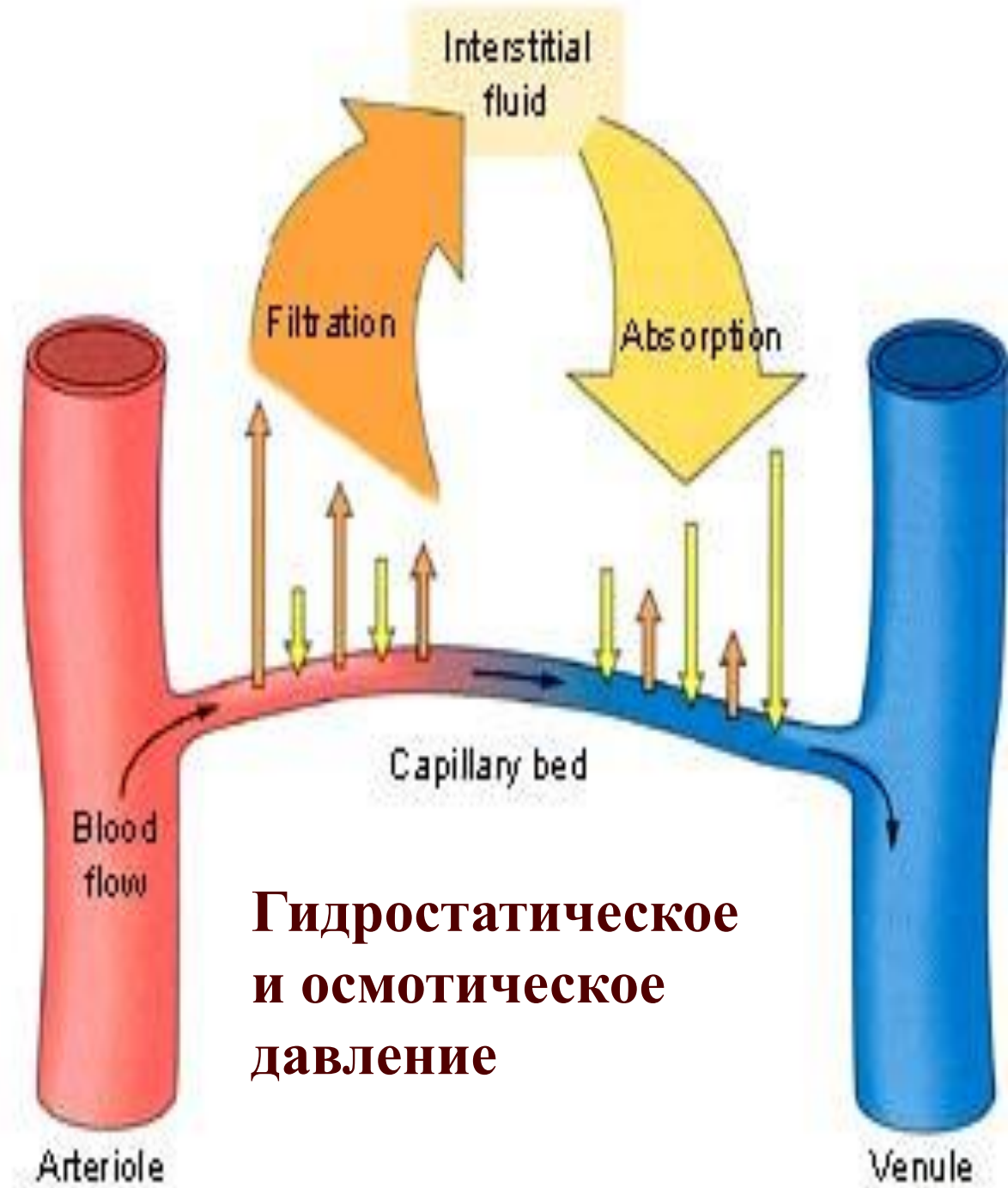
Обменные (капилляры)(5-8 микрон)

- Самые маленькие кровеносные сосуды – капилляры, соединяют артерии и вены.
- В них происходит обмен нутриентов и газов

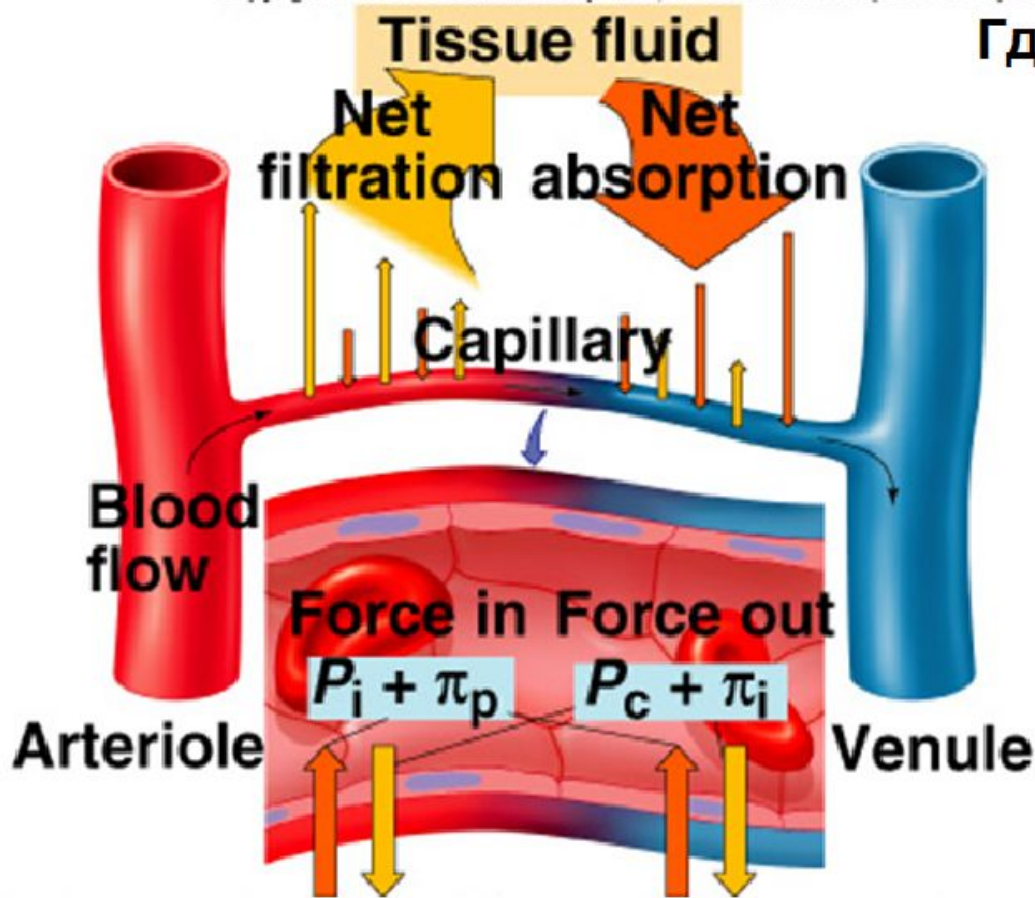


**Кислород,
углекислый газ,
небольшие
молекулы,
нутриенты
проходят сквозь
стенку капилляров
преимущественно
путем диффузии:**

- Градиент концентрации
- Электрохимические силы



**Гидростатическое
и осмотическое
давление**



Где P_c = Гидростатическое давление в капилляре

π_i = Коллоидное осмотическое давление в интерстициальной жидкости

P_i = Гидростатическое давление в интерстициальной жидкости

π_p = Коллоидное осмотическое давление в плазме крови

Arterial end of capillary Venous end of capillary

$$(P_c + \pi_i) - (P_i + \pi_p)$$

(Fluid out) (Fluid in)

$$(37 + 0) - (1 + 25) = 11 \text{ mmHg}$$

Net filtration

$$(17 + 0) - (1 + 25) = -9 \text{ mmHg}$$

Net absorption

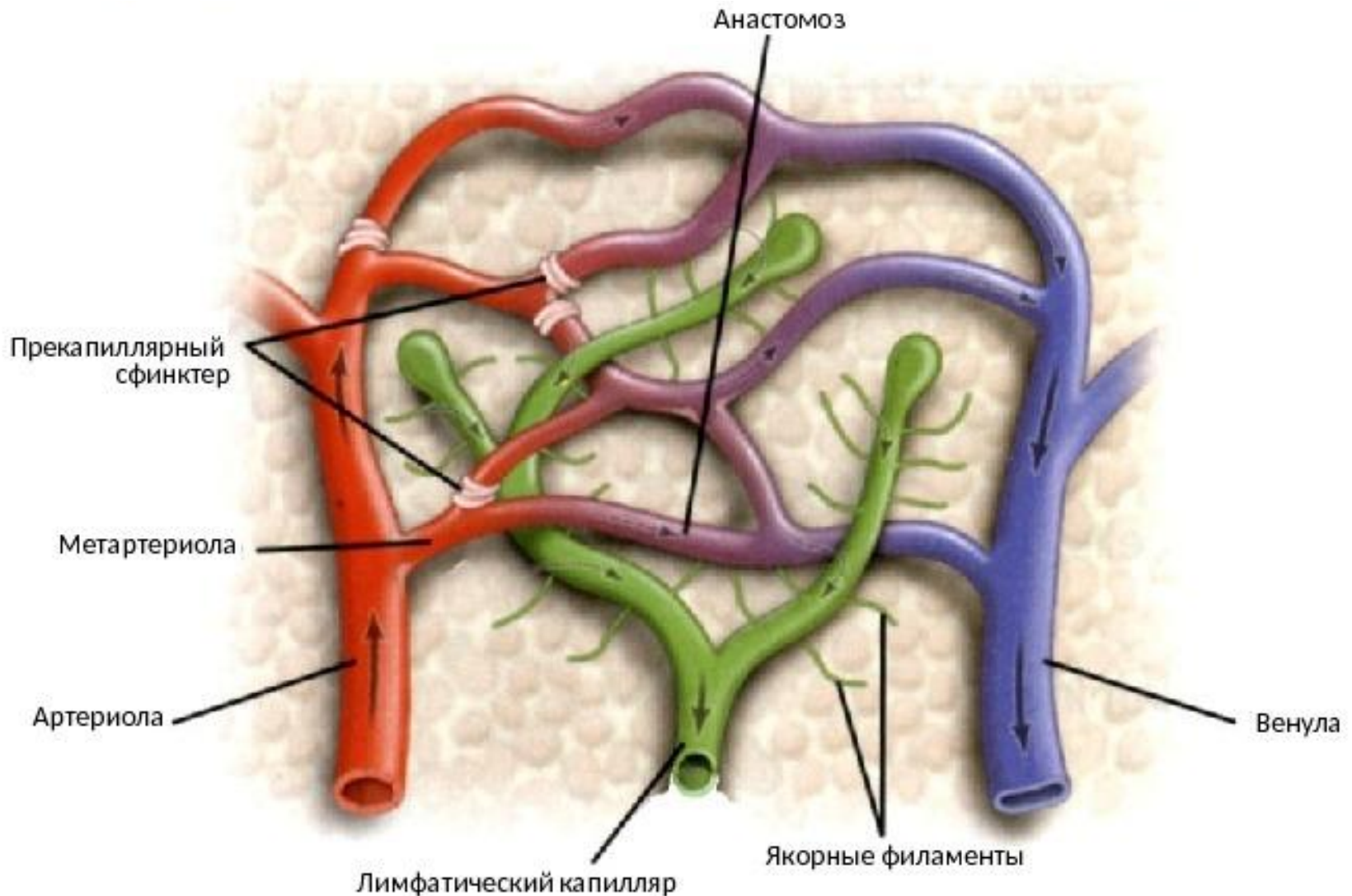


Прекапиллярные сфинктеры располагаются в конечных отделах прекапиллярных артериол,

- От функционального состояния прекапиллярных сфинктеров зависит ток крови через капилляры.
- Кровоток может быть перекрыт так, что
 - через капилляры не проходят форменные элементы, движется только плазма («плазменные капилляры»).
 - через капилляр полностью перекрывается, то капилляр перестает функционировать, выключается из кровообращения.
- Т.о. прекапиллярные сфинктеры, изменяя число функционирующих капилляров, изменяют S обменной поверхности.



Сосуды микроциркуляторного русла и лимфатические капилляры



Емкостные сосуды

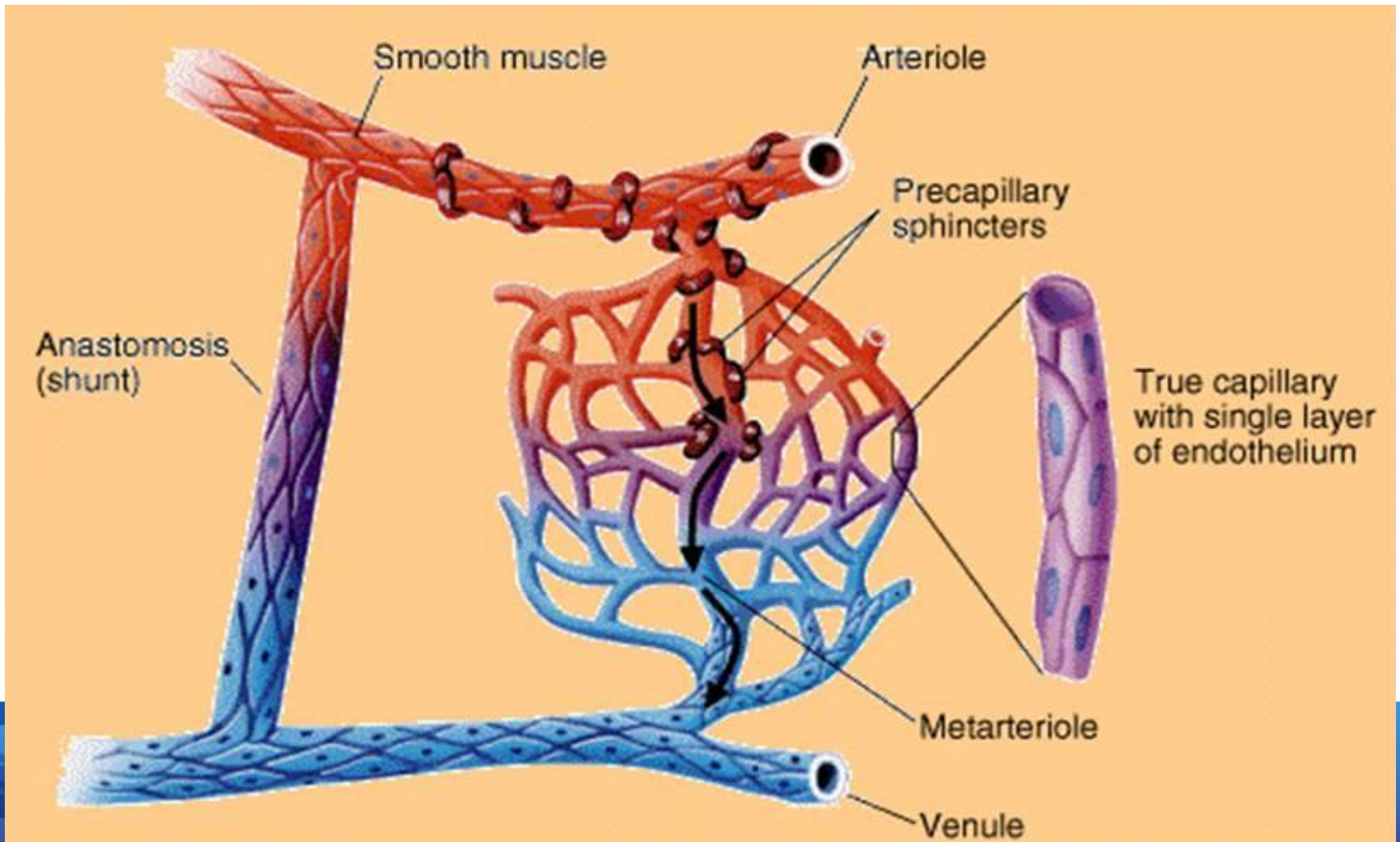


Представлены **венами**, которые благодаря своей высокой растяжимости способны вмещать большой V (объем) крови, играя роль депо крови.

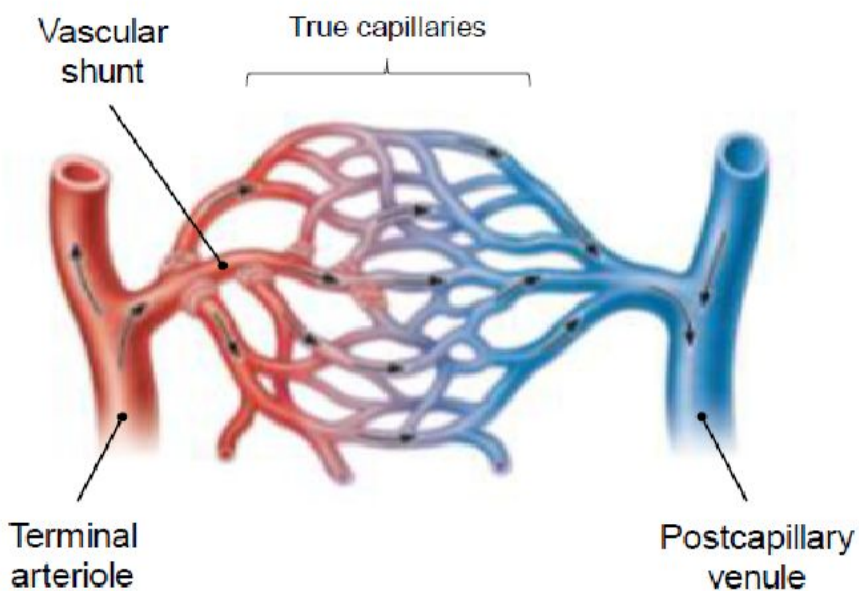
- Сопротивление капиллярному кровотоку со стороны емкостных сосудов влияет на его V (объем) и давление, а на интенсивность транссосудистого обмена.



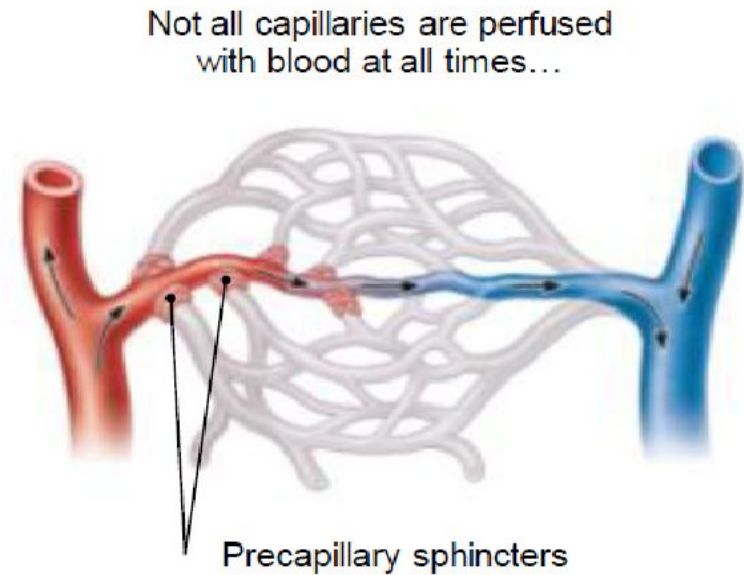
Артериовенозные анастомозы – это сосуды, соединяющие артериальную и венозную части сосудистого русла, минуя капилляры.



При открытых артерио-венозных анастомозов кровотоков через капилляры может полностью прекращаться.



- 10 - 100 capillaries / bed
- a) Vascular shunt
- b) True capillaries



- Sphincters control blood flow through capillary bed

Функции артерио-венозных анастомозов:

- Регулируют ток крови через орган;
- Участвуют в регуляции общего и местного давления крови;
- Регулируют кровенаполнение органа;
- Стимулируют венозный кровоток;
- Обеспечивают артериолизацию венозной крови;
- Обеспечивают мобилизацию депонированной крови;
- Регулируют ток межтканевой жидкости в венозном русле;
- Влияют на общий кровоток через изменение местного тока жидкости и крови;
- Участвуют в терморегуляции.

Определение:

Шок – остро развившаяся дисфункция кровообращения приводящая к снижению доставки кислорода в соответствии с метаболическими потребностями тканей.

При шоке сердечно-сосудистая система не способна обеспечить адекватный кровоток органов и тканей, что приводит к развитию синдрома полиорганной недостаточности (СПОН) и смерти.



Синдромы, характеризующие ШОК:

- - гиповолемия
- - централизация кровообращения
- - полиорганная недостаточность (ПОН)
- - нарушение реологических свойств крови
- - коагулопатия:
 - 1) ДВС-синдром;
 - 2) тромбогеморрагический синдром;
- - секвестрация крови в капиллярах;
- - генерализованный протеолиз

Патогенез:

Основной патогенетический элемент шока - генерализованная тканевая гипоперфузия,

нарушающая гомеостатические механизмы
и

приводящая к необратимым клеточным повреждениям.

Сущность шока – гипоперфузия тканей, приводящая к ишемии клеток с переходом на анаэробный путь метаболизма с развитием лактатацидоза и полиорганной



Минимум патофизиологии:

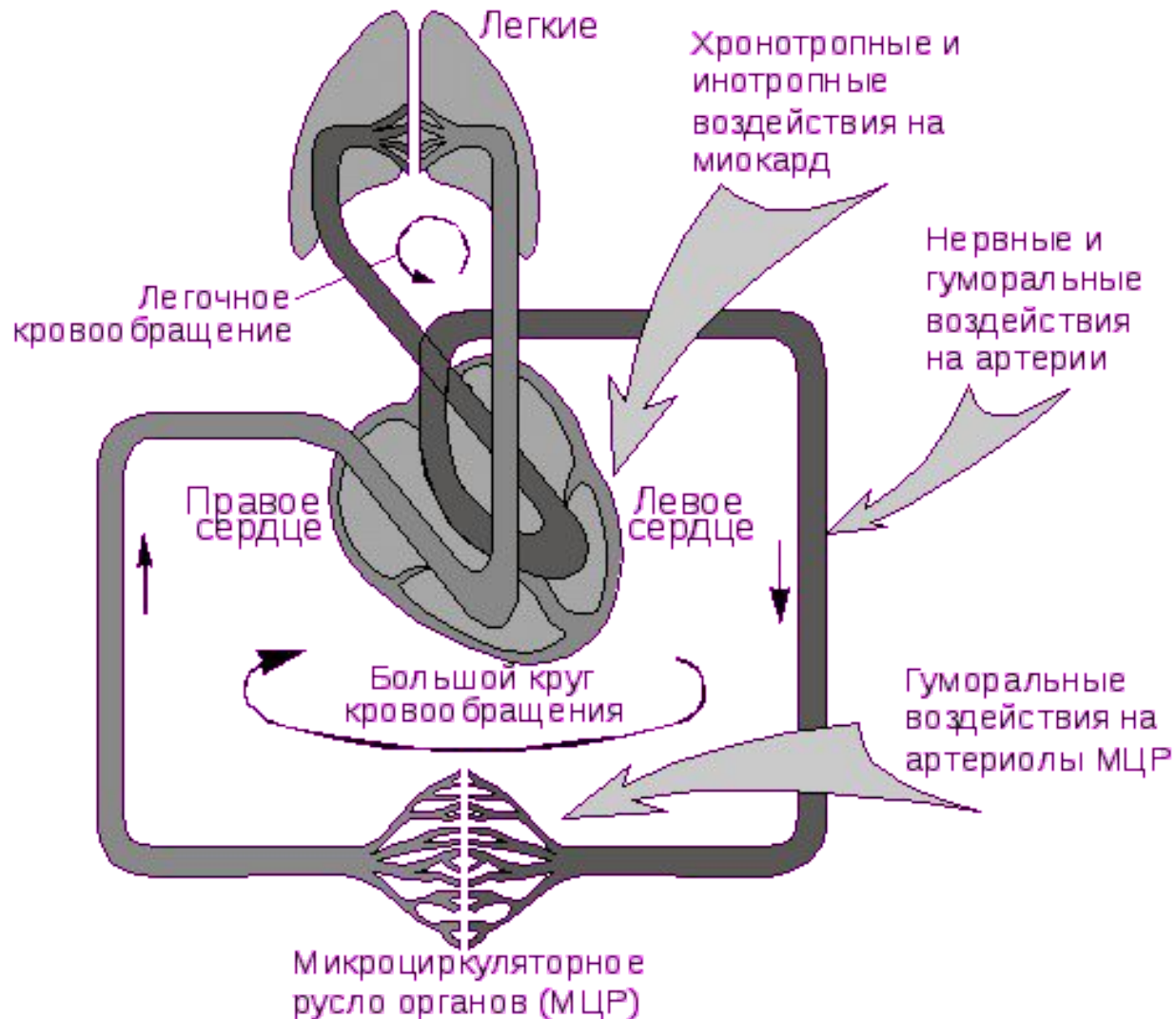
Кровоток определяется тремя основными факторами:

-ОЦК(объём циркулирующей крови)

-ОПСС(общее периферическое сосудистое сопротивление) – определяется объемом циркуляторного русла

-НФС(насосная функция сердца)

Механизмы, поддерживающие давление в сосудах и кровоток



- ОЦК – объем циркулирующей крови
- ОЦР – объем циркуляторного русла
- МОС – минутный объем сердца

Классификация шока:

1. Гиповолемический
 - а) Геморрагический
 - б) Негеморрагический
2. Кардиогенный
3. Обструктивный
4. Дистрибутивный
5. Смешанный



Этиологические факторы развития шока

Шок	Этиологический фактор
Гиповолемический	а) Геморрагический: травмы, желудочно-кишечные, носовые кровотечения б) Негеморрагический: дегидратация вследствие рвоты, диареи, полиурии, ожогов, секвестрации жидкости в третьем пространстве



Этиологические факторы развития шока

Шок	Этиологический фактор
Кардиогенный	а) Вызванный снижением сократительной способности миокарда: острый инфаркт миокарда, миокардит, кардиомиопатия, травма сердца б) Вызванный нарушениями сердечного ритма, анатомическими дефектами (пороки сердца)



Этиологические факторы развития шока

Шок	Этиологический фактор
Обструктивный	<p>а) Вследствие наружной компрессии сердца и сосудов средостения: тампонада перикарда кровью или экссудатом, слипчивый перикардит, опухоли средостения, напряженный пневмоторакс</p> <p>б) Вследствие обструкции легочной артерии (воздушная, венозная тромбоз эмболия), аорты (расслаивающаяся аневризма, тромбоз аорты, декомпенсация стеноза)</p>



Этиологические факторы развития шока

Шок	Этиологический фактор
Дистрибутивный	а) Вызванный падением сосудистого тонуса при сепсисе, анафилактических реакциях б) Вследствие высокой спинальной травмы



Этиологические факторы развития шока

Шок	Этиологический фактор
Смешанный	а) Основные причины: тиреотоксический криз, острая надпочечниковая недостаточность б) Отравления кардио-, нейро-, гепатотропными препаратами, остро развившиеся метаболические расстройства и др.

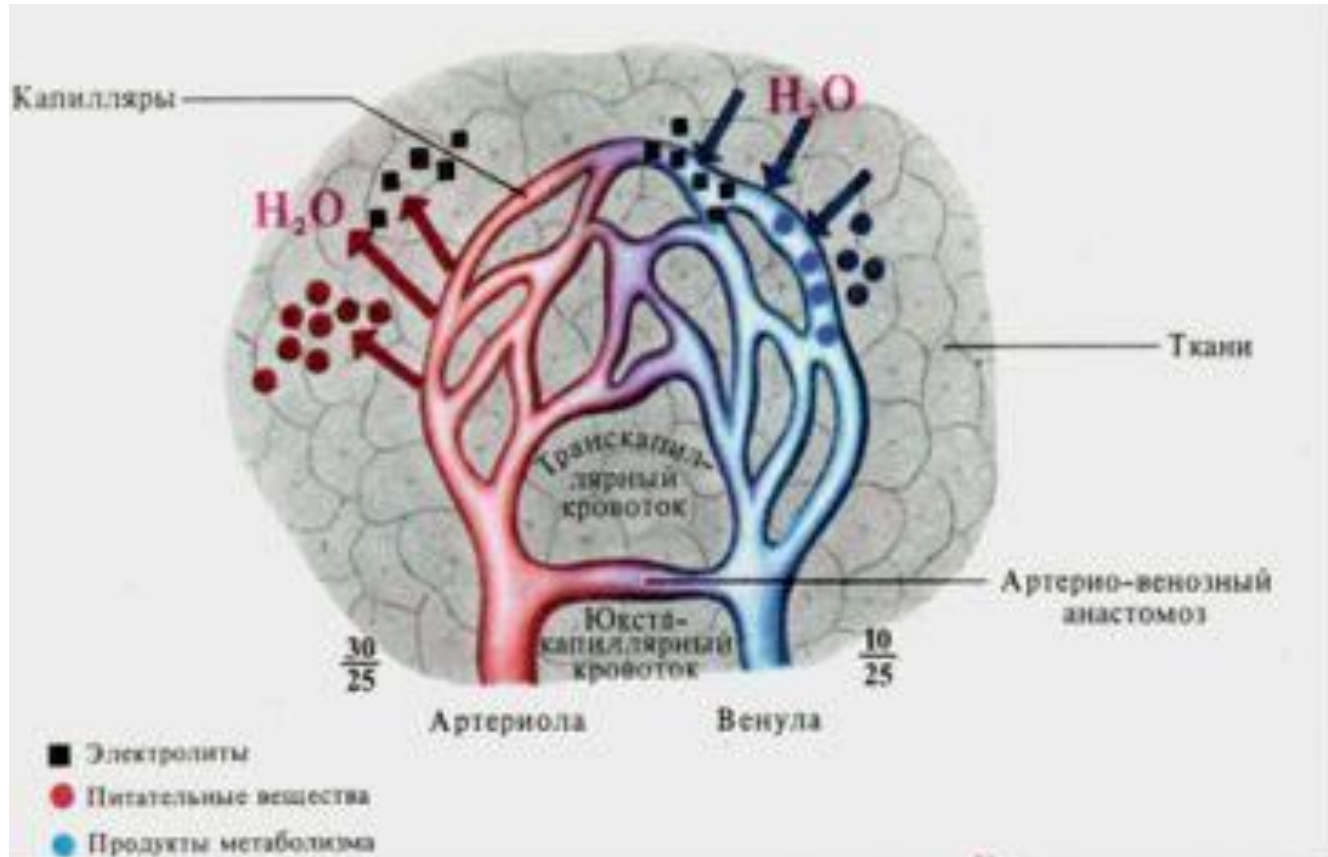
Тяжесть перфузионных нарушений оценивается по следующей градации:

- **I. степень (компенсированный шок).** Больные или пострадавшие могут быть несколько заторможены, кожа бледная и холодная (не всегда), симптом «белого пятна» положителен, дыхание учащено. Тахикардия с частотой до 100 ударов в 1 минуту. Систолическое АД в пределах 100-90 мм рт.ст.
- **II. степень (субкомпенсированный шок).** Больные и пострадавшие адинамичны. Бледные и холодные кожные покровы могут иметь мраморный рисунок. ЧСС возрастает до 110-120 в 1 минуту. Систолическое АД снижено до 80-75 мм рт.ст., диурез снижен.

Тяжесть перфузионных нарушений оценивается по следующей градации:

- **III. степень (декомпенсированный шок).** Больной заторможен и безразличен к окружающему, кожа его имеет землистый оттенок. ЧСС возрастает до 130-140 в минуту, систолическое АД снижается до 60 мм рт.ст. и ниже. Диастолическое давление чаще не определяется, развивается анурия.
- **IV степень (терминальный, необратимый шок).** Характеризуется развитием терминального состояния.

Централизация кровообращения



Децентрализация кровообращения

Нарушение реологических свойств крови

- Снижение кровотока по капиллярам
- Сладж эритроцитов и тромбоцитов
- Местное увеличение вязкости крови
- Нарушение обмена газов → ацидоз
- Прекапиллярные сфинктеры открываются, а посткапиллярные еще закрыты
- Местное увеличение давления
- Увеличение проницаемости капилляров, уход жидкости в интерстициальное пространство
- Увеличение вязкости крови
- Блокада капилляров → секвестрация кровотока, уменьшение ОЦК

Метаболические нарушения

- Нарушения капиллярного кровообращения
- Гипоксия
- Переход на анаэробный тип дыхания и получения энергии

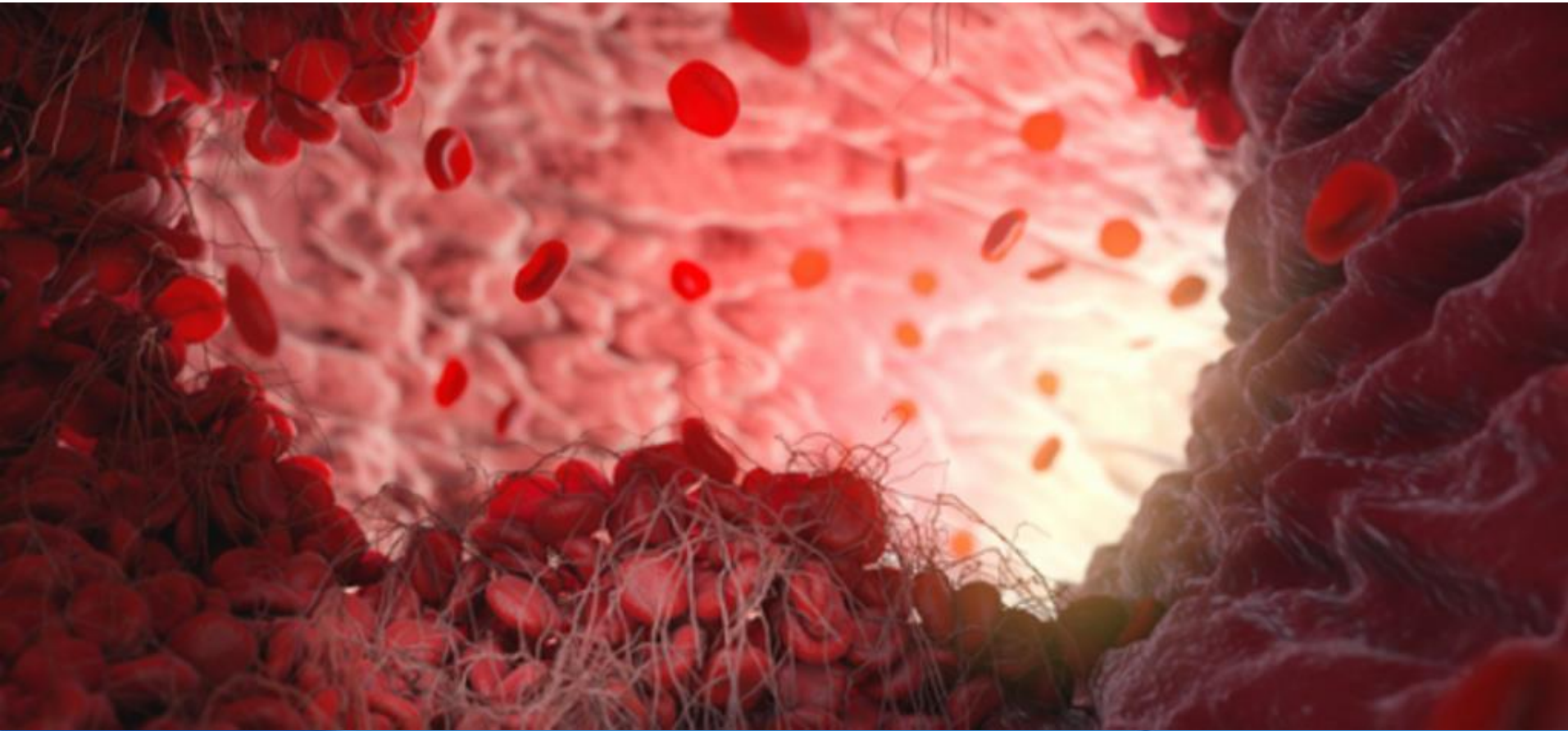
Дистрофические изменения в органах и СПОН

- Нарушение кровообращения
- Гипоксия
- Снижение запасов энергии
- Накопление токсических продуктов метаболизма
- Дистрофические и некротические изменения в тканях
- Явления шокового легкого, почечной, печеночной, сердечной недостаточности
- Синдром энтеральной недостаточности
- Нарушение перистальтики ЖКТ
- Гиперметаболический синдром
- ДВС-синдром
- Сепсис

Основные задачи:

- стабилизация гемодинамики,
- купирование болевого синдрома,
- коррекция нарушений газообмена.

ВОПРОСЫ!



Вопросы по материалам лекции

- Физиологические закономерности движения крови по сосудам.
- Какие сосуды выполняют обменную функцию?
- Какие сосуды выполняют ёмкостную функцию?
- Функции прекапиллярных сфинктеров.
- Функции артерио-венозных анастомозов.
- Основной патогенетический элемент шока.
- Патогенез обструктивного шока