

Кафедра Медико-биологических
дисциплин
Дисциплина «Нормальная
физиология»

Модуль

Системы жизнеобеспечения

Тема

Внутренняя среда. Гомеостаз

Среда обитания

Живой организм обитает в среде.

- **Среда** – совокупность условий обитания живой системы.
- *Внешняя среда* – комплекс факторов **вне** организма. Организм черпает из внешней среды необходимые вещества (энергию). Организм выделяет во внешнюю среду продукты жизнедеятельности. Главная характеристика внешней среды – **нестабильность** условий обитания: температурных, трофических, биосоциальных (агрессия других организмов, в том числе, микроорганизмов,

- У многоклеточных организмов большинство клеток не имеет непосредственного контакта с внешней средой, они существуют, окруженные внутренней средой – межклеточной жидкостью.
- *Внутренняя среда* – **внутреннее** окружение структурных элементов организма. Представление о внутренней среде (как научной мысли) зародилось к середине 19 века в кругу ученых-гистологов (Шарль Робен первым употребил термин «внутренняя среда»).

История медицины

- Учение о «внутренней среде организма» создал французский физиолог Клод Бернар (1813-1878 гг.).
- «...Тканевая жидкость — это «внутреннее море», в котором активно живут клетки...».



Клод Бернар во время острого эксперимента. Картина Луиса Лермитте. 1889 г. Париж. Palais Decouverte

Внутренняя среда. Гомеостаз

- Внутренняя среда – *совокупность жидкостей*: кровь, лимфа, тканевая жидкость.
- Важнейший компонент внутренней среды, источник формирования других сред, универсальная внутренняя среда – *кровь*.
- По К. Бернару «...поддержание постоянства условий жизни в нашей внутренней среде – необходимый элемент свободной и независимой жизни...»

Это положение легло в основу учения о гомеостазисе (1929), созданное американским физиологом Уолтером Б. Кенноном (1871-1945).

Гомеостаз (homeostasis; греч. homoios подобный, сходный + греч. Stasis стояние, неподвижность) – относительное, динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды организма (совокупность скоординированных реакций, обеспечивающих поддержание или восстановление постоянства внутренней среды организма).

П.К.Анохин: жесткие и пластичные константы (биологические показатели).

Жидкие среды организма.

Вода в живых системах. Общие свойства воды

Вода – наиболее распространенная в природе жидкость;

- Вода – компонент живых клеток;
- Вода – среда обитания (3/4 поверхности земного шара);
- Вода имеет *большую теплоемкость* (значительная часть энергии расходуется на разрыв водородных связей, ограничивающих подвижность молекул воды). По этой причине биохимические процессы в водной среде протекают в меньшем интервале температур и с более постоянной скоростью;
- Вода имеет *большую теплоту испарения* (водородные связи). Энергия, необходимая молекулам для испарения, черпается из окружения. Испарение сопровождается охлаждением (потоотделение, тепловая одышка и т.п.).

Общие свойства воды (2)

- Вода имеет большую теплоту плавления. Это уменьшает вероятность замерзания цитоплазмы и окружающей их жидкости.
- Вода имеет самое большое поверхностное натяжение из всех жидкостей: вода стремится принять форму с минимальной площадью поверхности (капля, шар). Значительные силы сцепления молекул воды играют важную роль в живых клетках: в сохранении формы и плотности).

Химические и физические свойства воды (малые размеры молекул, полярность и способность соединяться друг с другом водородными связями):

- Модели структуры воды:
 - *микросталлическая модель:*
пустоты – свободные молекулы, воды способность менять ориентацию;
Кластеры – десятки и сотни прочно связанных между собой молекул, ориентированы – «связанная» вода.

Свойства воды

- Вода обладает способностью к *диссоциации (ионизации)*. Степень мала, а диссоциация равновесна.

Сёренсен, 1907 г. (датский биолог) - удобная шкала концентрации ионов H^+ – величину **pH** (для **чистой** воды = **7,0**).

- Вода - *универсальный растворитель*: для полярных молекул!

(Уникальное свойство разрывать все виды молекулярных и межмолекулярных связей и образовывать растворы).

- Жидкие среды организмов – сложные растворы: полиэлектролиты.

Неполярные вещества – гидрофобны.

Гидрофобные взаимодействия играют важную роль в обеспечении стабильности биологических мембран и других субклеточных структур.

Биологические функции воды

- Основу всех жидких сред организма составляет **вода**.
- Вода входит в состав всех тканей организма: вода в организме связана в основном с *соединительными тканями*.
- Вода – универсальный растворитель органических и н/о веществ, поступающих с пищей и синтезируемых в организме и среда для химических реакций, протекающих в процессе метаболизма. В жидкой среде происходит переваривание пищи и всасывание в кровь питательных веществ.
- Вода как фактор, обеспечивающий относительное постоянство внутренней среды организма. Участие в терморегуляции (высокая теплоемкость и теплопроводность) – потоотделение, испарение, тепловая одышка, мочеотделение.

Биологические функции воды (2)

- Вода – участник множества *метаболических реакций*: Гидролиз.
- Вода – *стабилизатор структуры* многих высокомолекулярных соединений, внутриклеточных образований, клеток, тканей и органов, опорные функции тканей и органов, сохраняет их тургор, форму и положение: гидростатический скелет.

Вода участвует в транспорте веществ:

- через клеточные мембраны,
- носитель гормонов, метаболитов, электролитов,
- выведение токсических веществ.

Виды воды в организме

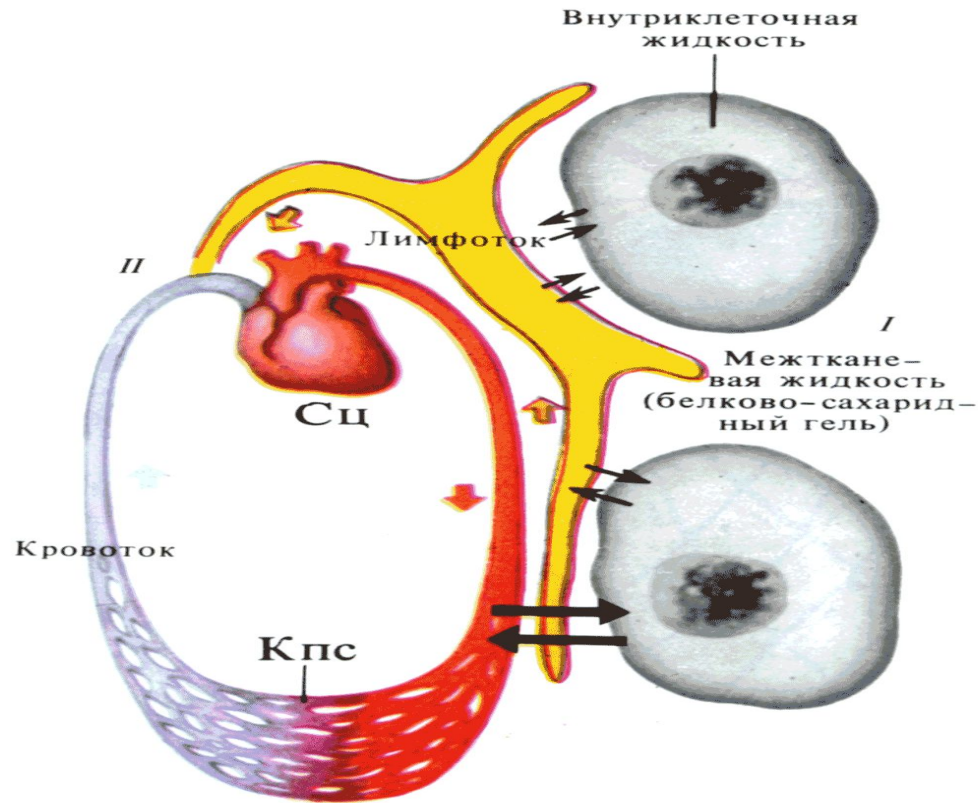
Свободная, или мобильная, вода – основа внеклеточной, внутриклеточной и трансцеллюлярной жидкостей. В свободной воде растворено основное количество неорганических и органических молекул.

Связанная вода – удерживается ионами в виде гидратной оболочки и гидрофильными коллоидами (белками) крови и белками тканей в виде воды «набухания».

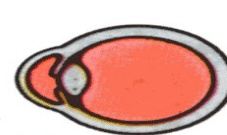
- Конституционная (внутримолекулярная) вода входит в состав молекул белков, жиров и углеводов и освобождается при их окислении.

Вода перемещается между различными отделами жидких сред организма вследствие сил гидростатического и осмотического давления.

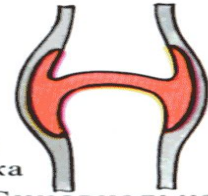
Классификация жидких сред



Ликвор (желудочки мозга)



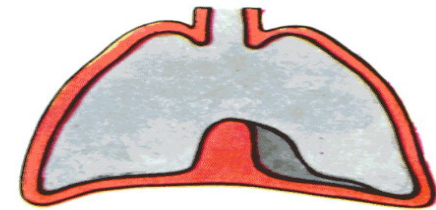
Жидкие среды
глазного яблока



Синовиальная
жидкость (смазка)



Жидкие среды внутрен-
него уха



Внутриплевральная
жидкость (смазка)

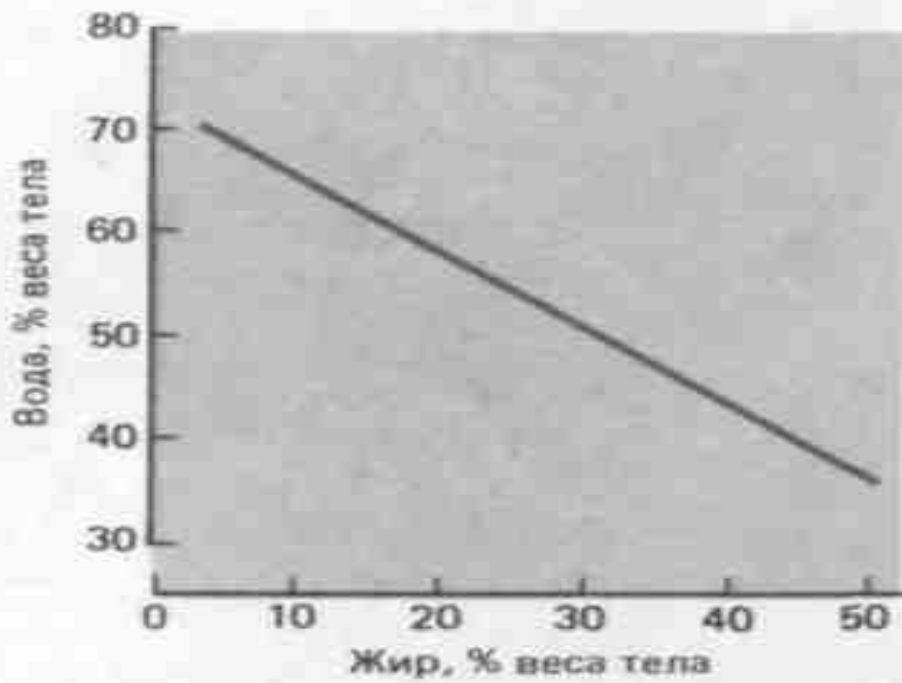
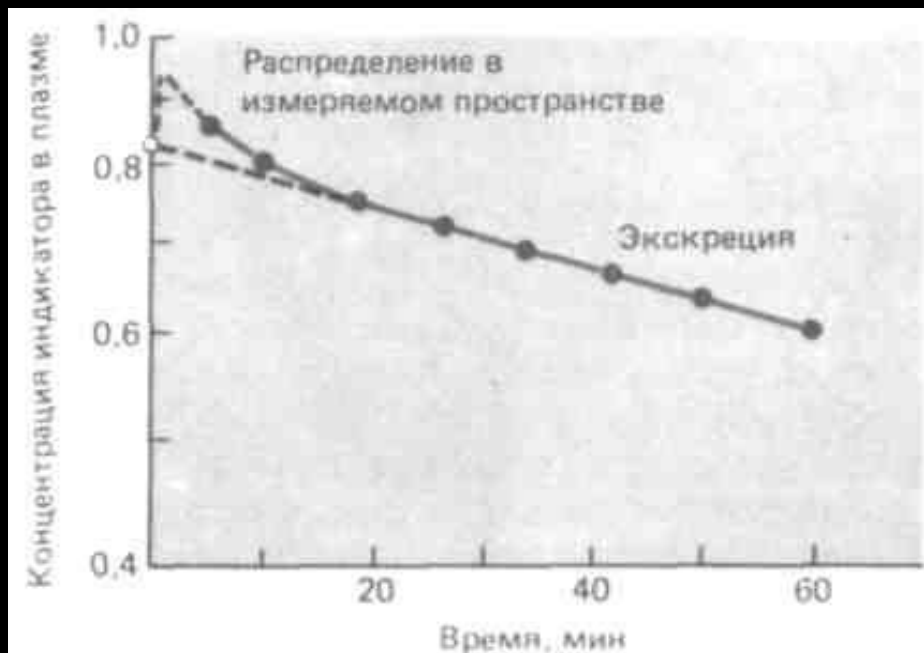
А – общие (общего назначения) среды; I – экстравазарные (внутриклеточная и межтканевая); II – интравазарные (кровь и лимфа);
Б – некоторые специализированные среды.
Обозначения: Сц – сердце, Кпс – капиллярная периферическая сеть.

Методы определения объема жидких фаз организма.

- Общее количество воды в организме измеряют по расщеплению тяжелой воды, трития.
- Для определения объема отдельных жидких фаз тела - метод разведения (в кровь вводят вещество, свободно распределяющееся только в одной или нескольких жидких фазах).
- Плазма – краски или некоторые «тест-вещества»:
 - изотопы, связанные с белками.
- Внеклеточной – инулин, сахароза, маннит.

Методы определения воды в организме

Содержание воды в организме можно измерить методом разведения соответствующего индикатора. Каждая точка графика соответствует концентрации индикатора в образце крови, взятом в указанное время



Содержание воды меньше всего в жировой ткани – только 10%.

У молодых людей при общем содержании воды в организме, равном 65% массы тела, в норме около 10% его приходится на жировые отложения

Распределение воды в % массы тела

Всего – **60%** от массы тела (у человека с массой тела 70 кг – 42 л).

Внутриклеточная жидкость (жидкая фаза цитоплазмы и ядра), вода которой – **30–40%** массы тела, pH – 7,0.

Состав жидкости: от типа клетки, стадии ее развития, физиологического состояния, меняется при патологических состояниях.

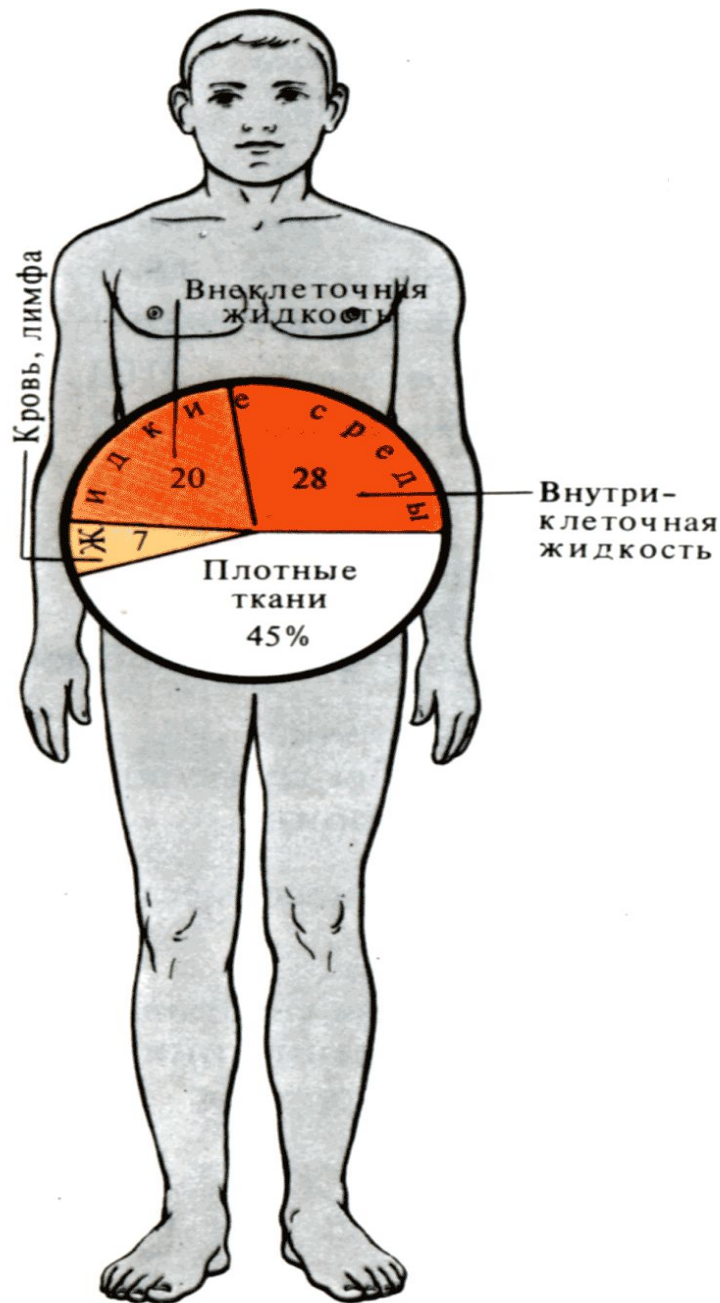
Внеклеточная – **20%:**

1. **Плазма крови – 5-8%;**
2. **Интерстициальная (тканевая, межклеточная) – 15% (микросреда – 1,5% – непосредственная питательная среда органа).**

Состав и свойства специфичны для отдельных органов, соответствуют структурно-функциональным особенностям ГГБ. Близка к плазме крови (но меньше: белка – 10-30 г/л, метаболитов, ферментов, иное содержание ионов и витаминов). Интерстициальная жидкость. – не свободно перемещающаяся вода, а гель, удерживающий её в фиксированном состоянии. Основа геля – гликозаминогликаны (в частности, гиалуроновая кислота). – относительная статичность - концентрация транспортируемых веществ в пунктах их «назначения».

2. **Лимфа – 6% – составная часть и производная тканевой жидкости.** Переносит: крупномолекулярные белки, частично жиры и углеводы из тканевой жидкости (попадают из клеток) в кровь.

Лимфатические капилляры обеспечивают концентрационную функцию: **реабсорбируют воду** в области венозного конца капилляра.



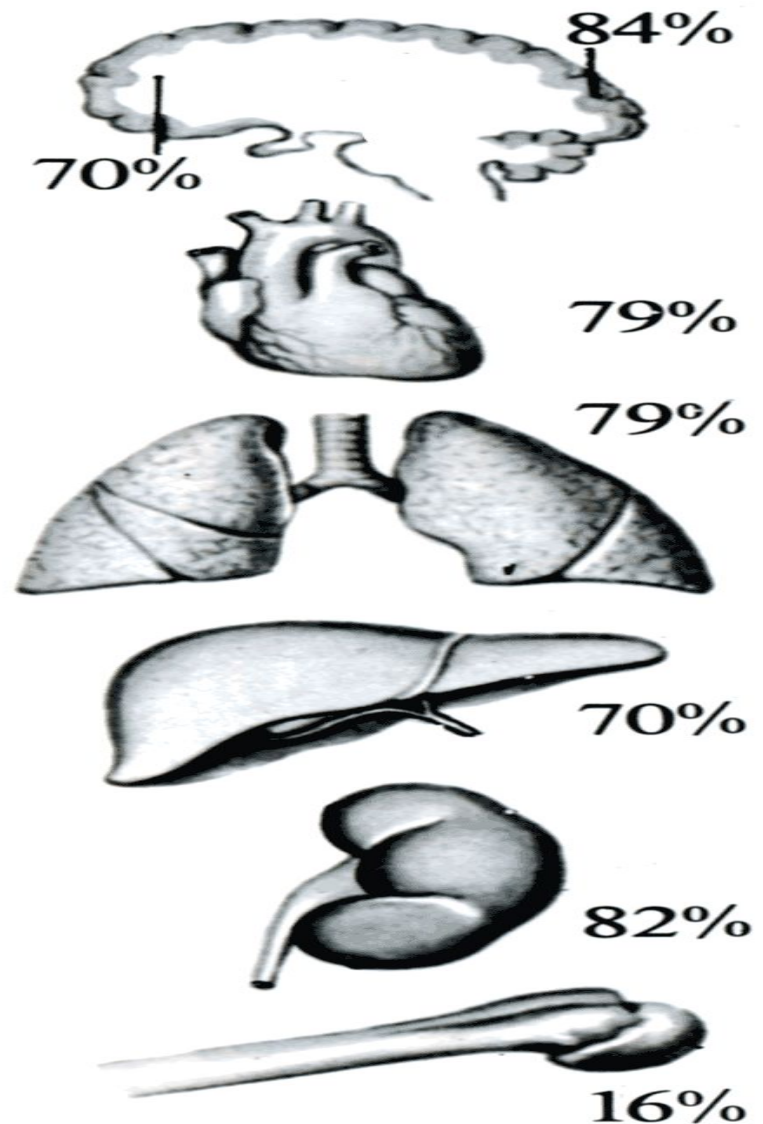
- Распределение жидких сред в организме человека (% от массы тела)

Вода в организме

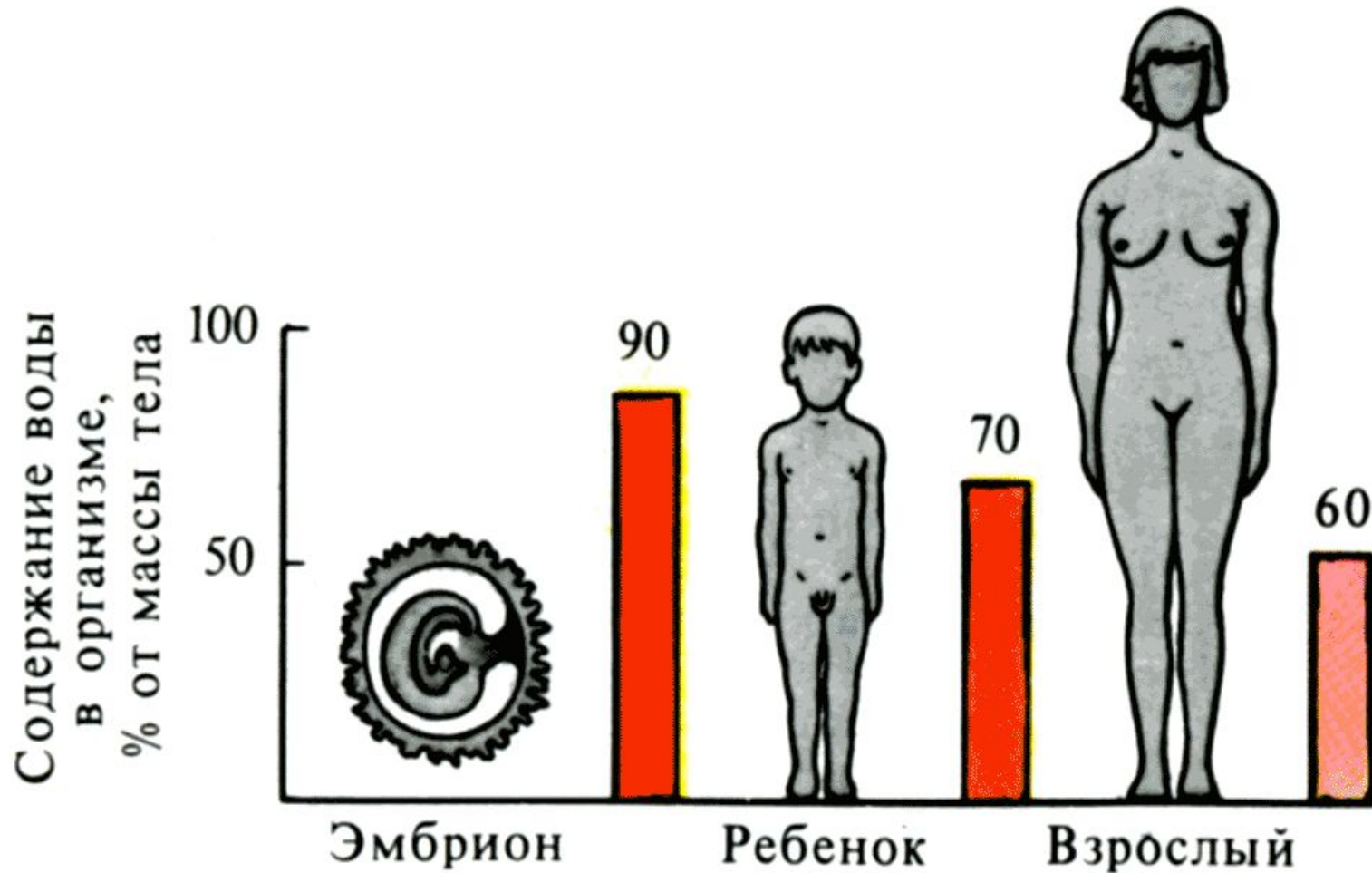
Вода в организме
распределена неравномерно.

Потеря воды в размере:

- 6-8% массы тела вызывает у человека полубморочное состояние,
- 10% - галлюцинации и нарушение глотания.
- 12% воды - может привести к остановке сердца.



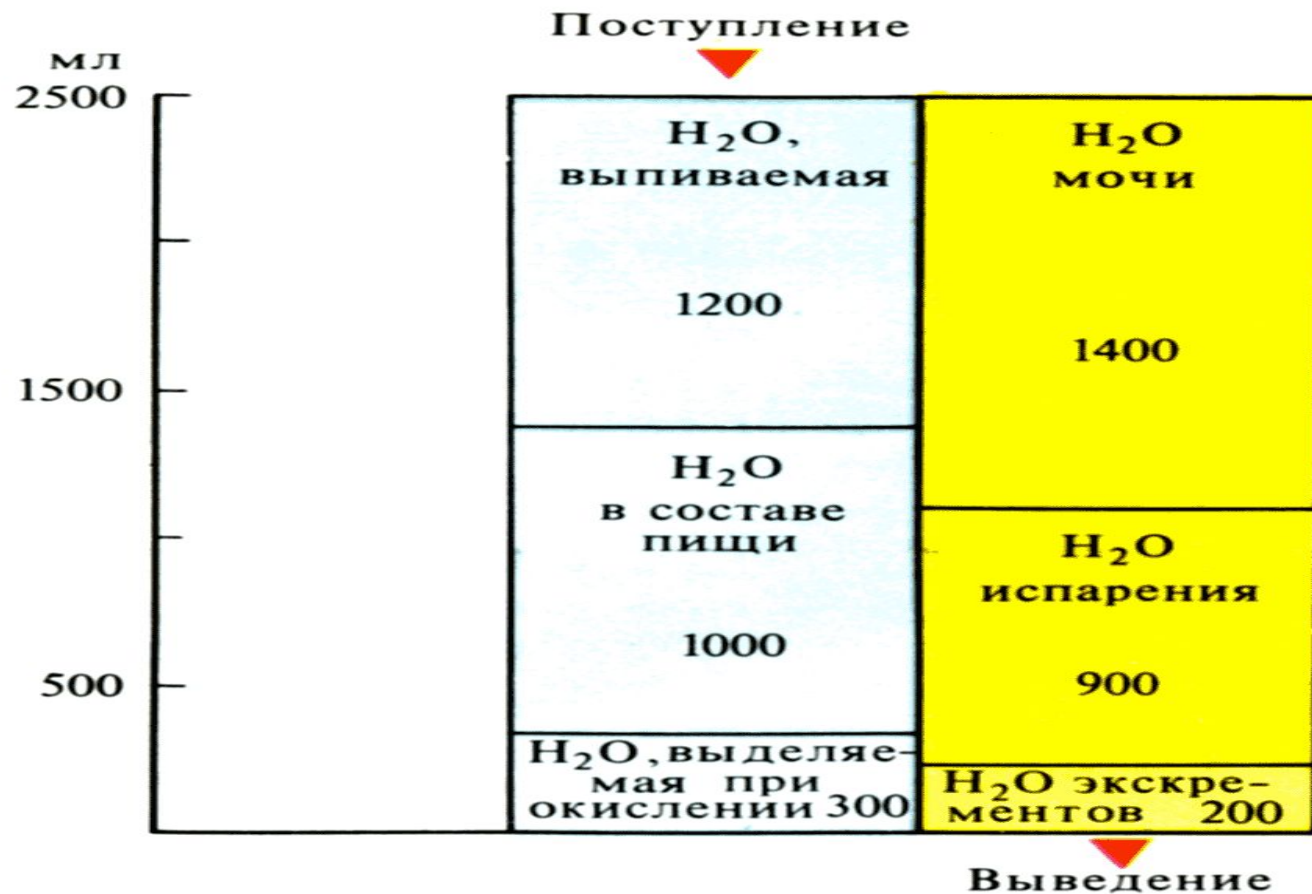
Возрастные изменения содержания воды в организме



Водно-солевой обмен как важнейшая функция

- Совокупность процессов поступления воды и солей в организм, распределения их во внутренних средах и выведения - **водно-солевой обмен.**
- Вода, поступившая в организм, распределяется между различными жидкими фазами в зависимости от концентрации в них *осмотически активных веществ* — **ионов и коллоидов.**
- Направление движения воды зависит от осмотического градиента и состояния цитоплазматических мембран.

Водный баланс



Барьеры организма

- В поддержании гомеостаза жидких сред организма решающую роль играют **барьеры**.
- Условно барьеры делят на внешние и внутренние.
- Внешние барьеры – **от**деляют организм от окружающей среды, внутренние барьеры – **раз**деляют клетки, органы и ткани, и собственно кровь.
- **Внешние барьеры**: кожа, органы дыхания, органы пищеварения, печень, почки.

Функции внешних барьеров:

- регулируют обмен веществ между организмом и окружающей средой;
- Предохраняют от повреждающих физических и химических воздействий;
- Препятствуют проникновению токсинов, бактерий, ядов;
- Способствуют выведению из организма конечных продуктов метаболизма.

Барьеры организма

Внутренние, или гистогематические, барьеры.

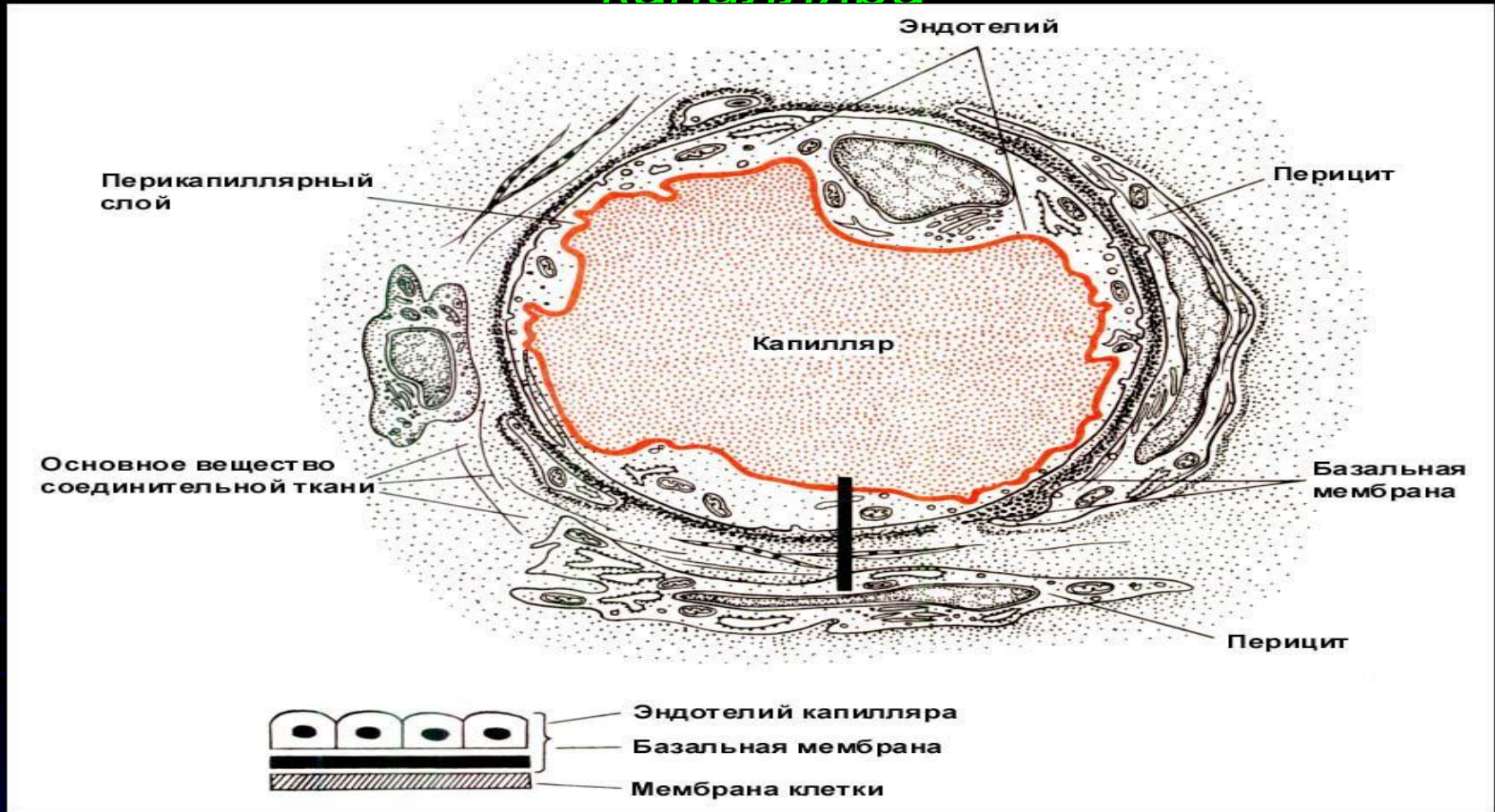
- *Гистогематический барьер (ГГБ*, греч. histos ткань + греч. haíma кровь) – физиологический механизм, который определяет относительное постоянство состава и свойств внутренней, непосредственной среды органа и клетки. Основоположницей учения о ГГБ является академик **Л.С. Штерн** в 1929 г.
- ГГБ обеспечивает две функции: регуляторную и защитную.
- Важнейшая функциональная особенность ГГБ – избирательная проницаемость:
 - 1) Задерживают, не пропускают из крови в ткань те или иные вещества (токсины, антитела, лекарственные препараты);
 - 2) Способны пропускать вещества в обратном направлении, если их содержание в клетках достигает порогового значения.
- Транспорт через барьеры осуществляется через клетки эндотелия и по межклеточному пространству.

История науки

- Л.С.Штерн развила представления о постоянстве внутренней среды организма. Создала учение о гистогематических барьерах, особо значителен вклад: гематоэнцефалические барьеры



Поперечное сечение эндотелиальной стенки капилляра



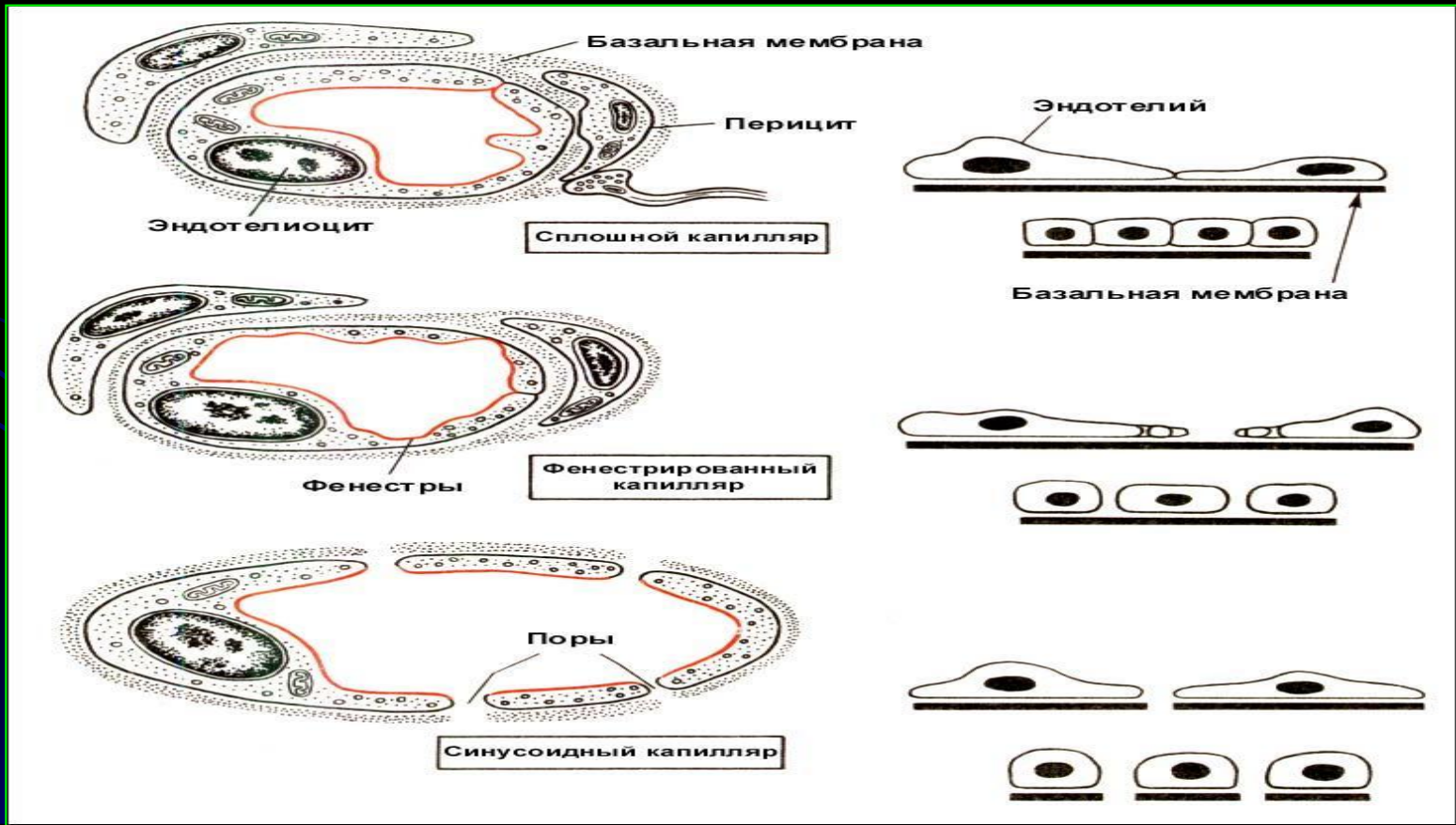
Благодаря особым свойствам эндотелиальной выстилки стенок сосудов они на несколько порядков более проницаемы для различных веществ, чем слой эпителиальных клеток

Гистогематические барьеры

- В некоторых тканях (**мозге**) стенки капилляров наименее проницаемы. Толщина стенок сосудов составляет 0,02 – 0,4 мкм. Между клетками щели около 4 нм.
- В капиллярах **почечных клубочков и кишечника** имеются участки, где внутренняя и наружная плазматические мембраны эндотелиальных клеток прилежат друг к другу, и в этих местах образуются поры – *фенестрированный* эндотелий (фенестры - окошечки). Капилляры с таким строением пропускают почти **все** вещества, за исключением крупных белковых молекул и эритроцитов.
- Капилляры, обладающие очень высокой проницаемостью (стенка капилляра с крупными межклеточными пространствами и прерывистой базальной мембраной) имеют место **в костной ткани и печени**.

Классификация кровеносных капилляров

- Стенка капилляров - полупроницаемая мембрана, тесно связана функционально и морфологически с окружающей соединительной тканью.
- Состоит из двух оболочек: внутренней - эндотелиальной, наружной - базальной.



Классификация кровеносных капилляров: капилляры соматического типа



Базальная мембрана

Стенка капилляров *соматического типа* характеризуется:

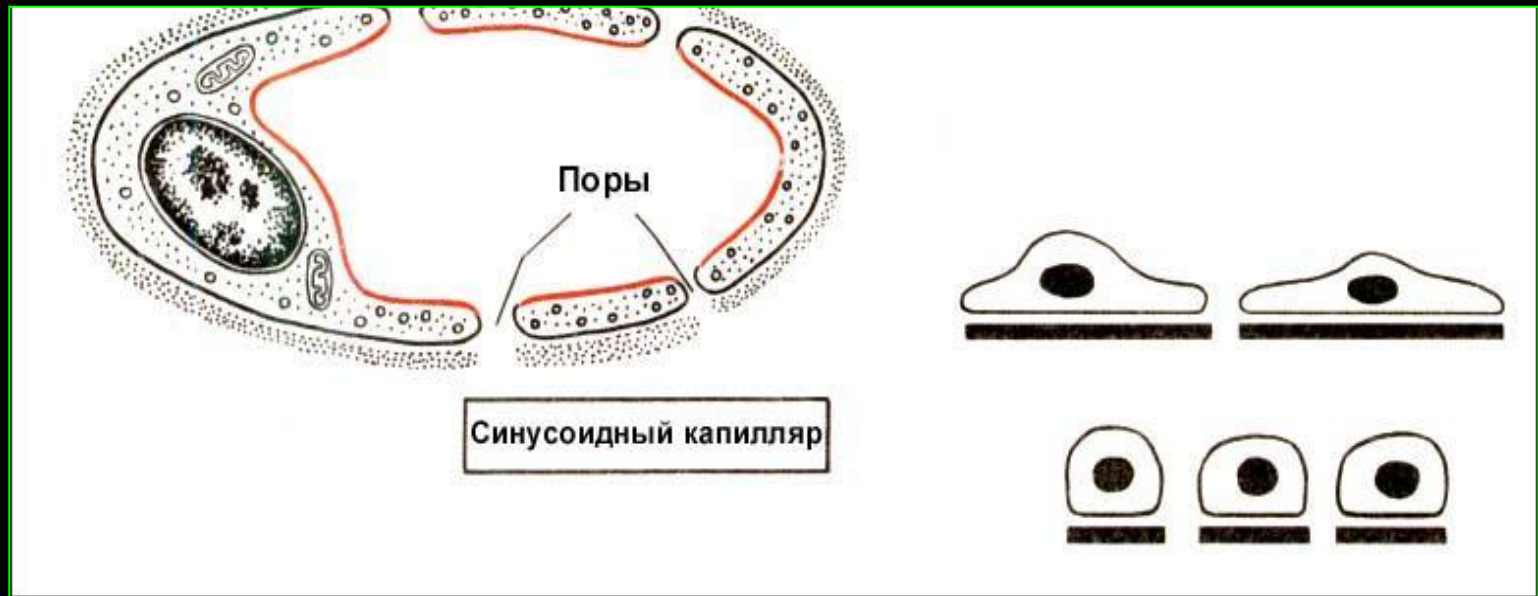
- непрерывностью эндотелиальной и базальной оболочек;
- малопроницаема для крупных молекул белка, но легко пропускает воду и растворенные в ней минеральные вещества;
- располагаются преимущественно в коже, скелетной и гладкой мускулатуре, в головном мозгу, что соответствует характеру метаболических процессов этих органов и тканей.

Классификация кровеносных капилляров: капилляры висцерального типа



- В стенках капилляров *висцерального типа* имеются **фенестры** (окошки).
- Такие капилляры характерны для органов, которые секретируют и всасывают большие количества воды и растворенных в ней веществ или участвуют в быстром транспорте макромолекул (почки, пищеварительный канал, эндокринные железы).

Классификация кровеносных капилляров: капилляры синусоидного типа



- Капилляры *синусоидного типа* характеризуются:
 - большим просветом,
 - эндотелиальная оболочка прерывиста, базальная мембрана частично отсутствует.
- Местом локализации таких капилляров являются костный мозг, печень, селезенка. Через их стенки легко проникают макромолекулы и форменные элементы крови.

Гистогематические барьеры

- Барьерные функции зависят от:
- Возраста;
- Пола;
- Нервных и гуморальных взаимоотношений в организме;
- Тонуса вегетативной нервной системы;
- Смена сна и бодрствования;
- Голодание;
- Степень утомления;
- Состояние барьеров подвергается регулированию рядом биологически активных веществ: гистамин, простагландины, рутин, гиалуронидаза, катехоламины, соли кальция.

Гистогематические барьеры

- Оценка функционального состояния ГГБ – различными методами, в том числе с расчетом *коэффициента проницаемости (распределения)* – отношения концентрации того или иного вещества в ткани органа к его отношению в сыворотке крови:
- $K_{пр.} = T_k / K_p$, где $K_{пр.}$ - коэффициент проницаемости; T_k – содержание вещества в клетке; K_p - содержание вещества в крови.
- При $K_{пр.} = 1$ говорят об отсутствии барьера для данного вещества (безбарьерная зона): гипоталамус.
- $K_{пр.} < 1$ указывает на высокую сопротивляемость ГГБ: мозг, сердце, коже, скелетная и гладкая мускулатура.