
ГЛАВА 12.

ЖИДКИЕ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА, КРОВООБРАЩЕНИЕ В
КАПИЛЛЯРАХ, ЛИМФООБРАЩЕНИЕ



ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА ЖИДКОСТНЫХ ПРОСТРАНСТВ ОРГАНИЗМА

$$V = \frac{\text{Количество введенного индикатора} - \text{Количество выделившегося индикатора}}{\text{Концентрация индикатора в исследуемой жидкости}}$$

Количество внутриклеточной жидкости вычисляется путем вычитания объема внеклеточной жидкости из общего объема воды в организме.

Таблица 12.1. Внутриклеточные и внеклеточные жидкостные пространства^{а)}

Пространство	Объем, л
Общее количество жидкости в организме	40
Внеклеточное ^{б)}	15
Плазма	3
Внутриклеточное	25

а) Приведены цифры для взрослого человека весом 70 кг.

б) В состав внеклеточного пространства входит также лимфа, количество которой составляет около 2 л.

Таблица 12.2. Внеклеточная и внутриклеточная жидкости в организме человека

Пространство	Доля общего веса тела, %	Доля общего количества воды, %
Внеклеточное		
Вода плазмы	4,3	7,3
Межклеточная вода	13,2	22,7
Внутриклеточное	40,6	70,0
Всего	58,1	100,0

Внутриклеточная жидкость – высокое содержание K^+ , низкое – Na^+ .

Внеклеточная – высокая концентрация Na^+ , низкая – K^+ .

ОБРАЗОВАНИЕ ТКАНЕВОЙ ЖИДКОСТИ

Тканевая жидкость образуется благодаря переходу жидкой части крови из капилляров в ткани. На уровне венозного конца капилляра происходит обратное всасывание жидкости.

Таблица 12.3. Главные компоненты жидких сред организма, мэкв/л

Компонент	Плазма крови	Внеклеточная жидкость	Внутриклеточная жидкость
Na^+	152	143	12
K^+	5	4	157
Ca^{2+}	5	5	—
Cl^-	113	117	15
PO_4^{3-}	2	2	113
HCO_3^-	27	27	10
Mg^{2+}	13	3	26
Белки	16	2	74

Микроциркуляторное русло



Рис. 12.1. Схема капилляров мышцы, иллюстрирующая строение микроциркуляторной единицы; АВА — артерио-венозный анастомоз. (Zweifach B. W. Report from the Josiah Macy jr. Foundation Conference, 1950.)



Рис. 12.2. Две эндотелиальные клетки стенки капилляра. Через щели осуществляется ток жидкости из просвета капилляра и обратно.

Истинный капилляр – тонкостенная выстланная эндотелием трубка, относительно проницаемая для воды, низкомолекулярных солей, не пропускающая белки и некоторые крупные молекулы.

ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ ЧЕРЕЗ КАПИЛЛЯРЫ

Если прекапиллярные сфинктеры открыты, то кровь поступает в истинные капилляры. Если закрыты, то кровь может течь через главный канал в венулу. Из артериолы кровь может поступать в венулу через артериоло-венозный анастомоз - шунт (АВА) Переход жидкости в ткани осуществляется путем транскапиллярного обмена в истинном капилляре.

ФИЛЬТРАЦИЯ И ГИПОТЕЗА СТАРЛИНГА

Гипотеза Старлинга: Переход жидкости в ткани зависит от разницы между гидравлическим давлением в капилляре (ГДК) и онкотическим давлением крови (ОДК). Силам ГДК и ОДК противодействуют силы гидростатического (ГДТ) и онкотического (ОДТ) давления в тканях. Фильтрационное давление (ФД) равно:

$$\text{ФД} = (\text{ГДК} + \text{ОДТ}) - (\text{ГДТ} + \text{ОДК}).$$

Главную роль в процессе всасывания играет онкотическое давление белков плазмы, превышающее ГДК, поэтому и способствует перемещению жидкости в кровеносное русло.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Проницаемость зависит от природы вещества, от эффективного фильтрационного давления, размеров пор, наличия пузырьков в эндотелии капилляров. Чем меньше молекула вещества, тем выше проницаемость для него.

ФИЛЬТРАЦИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ ТКАНЕВОЙ ЖИДКОСТИ

На фильтрацию и образование тканевой жидкости влияют любые факторы, изменяющие давление в капиллярах (артериальное (P_a) и венозное (P_v) давление, сопротивление пре- (R_a) и посткапилляров (R_v), давление в капилляре (P_k)).

$$P_k = \frac{(R_v/R_a) P_a + P_v}{1 + (R_v/R_a)} \cdot$$

ВОДНЫЙ ОБМЕН

Отеки возникают в случае, если скорость перехода жидкости в ткани выше, чем скорость всасывания. Причины:

- 1) онкотическое давление в капиллярах падает из-за снижения уровня белков в крови (уменьшение интенсивности всасывания);
- 2) венозное давление превышает онкотическое давление плазмы (снижение всасывания, уменьшение оттока лимфы, отек).

Причины увеличения фильтрации и объема тканевой жидкости:

- 1) расширение прекапилляров;
- 2) снижение уровня белков в крови.

Причины снижения фильтрации:

- 1) обезвоживание;
- 2) сужение прекапилляров.

ПОСТУПЛЕНИЕ И ПОТЕРЯ ЖИДКОСТИ

Соотношение между поступлением и потерей жидкости направлено на поддержание равновесия между различными жидкостными пространствами. При избыточном поступлении воды выделение ее почками возрастает, при жажде и обезвоживании – падает.

Взрослый человек теряет в сутки 1 л воды в виде паров через легкие и с поверхности кожи, 1,5 л с мочой.

Поступает в организм 1,2 л воды при питье, 1,2 л при приеме пищи.

На потребление воды влияют жажда, обезвоживание, необходимость восполнить объем циркулирующей плазмы, объем других водных пространств организма.

ДИФФУЗИЯ

Диффузия – это равновесный процесс, при котором обмен жидкостью между кровью и тканями зависит от концентрации в нем солей.

ОСМОЛЯЛЬНОСТЬ ЖИДКОСТИ ВО ВНУТРИКЛЕТОЧНОМ И ВНЕКЛЕТОЧНОМ ПРОСТРАНСТВАХ

После потребления соли возрастает осмоляльность жидкости внеклеточного пространства. Вода поступает из внутриклеточного пространства, где осмоляльность ниже, во внеклеточное, что способствует уменьшению концентрации солей.

Объем воды растет во внеклеточном пространстве, снижается – во внутриклеточном.

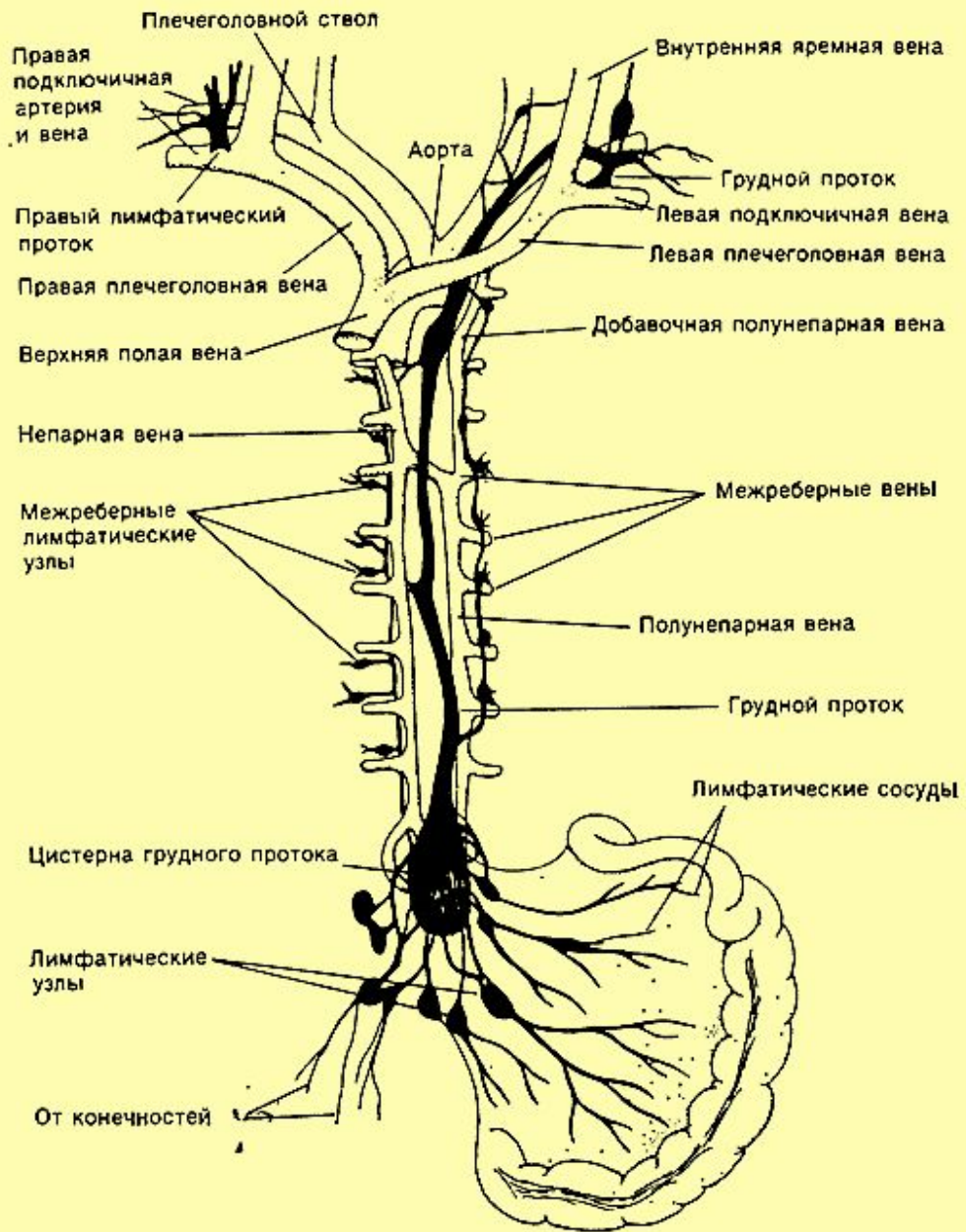


рис. 12.3. Схема лимфооттока и лимфатических сосудов.

ОБРАЗОВАНИЕ ЛИМФЫ

Лимфа – особая ткань, или тканевая жидкость, собираемая сосудами. За сутки образуется 2-4 л лимфы. Лимфатическая система образована преимущественно околососудными лимфатическими сосудами.

Бывают глубокие и поверхностные, имеют клапаны; пронизывают почти все органы, за исключением ногтей, кожи, волос, роговицы.

Лимфатические узлы – мелкие овальные образования размером от едва различимой крупинки до величины миндального ореха; они группируются вокруг лимфатических сосудов.

В лимфатических узлах содержатся лимфоциты (борются с инородными телами, инфекционными агентами).

Функции: фильтрат, защита от инфекции.