

# ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ-1



- Состав крови

- Плазма крови

- Функции эритроцитов

# Вода организма человека

- В различных органах и тканях взрослого человека относительное содержание воды от 68% (печень) до 83% (кровь). Исключение составляет скелет (22%) и жировая ткань (10%). Среднее содержание воды около 73% массы тела.
- Так как в организме женщин, как правило, жира больше, то поэтому в их теле воды примерно на 6-10% меньше.
- У новорожденных процентное содержание воды выше примерно на 10%.

# Водные среды

- В организме вода находится в пяти основных формах (разновидностях):
  - а) внутриклеточная,
  - б) интестициальная (межклеточная),
  - в) внутрисосудистая (в системе крово- и лимфообращения),
  - г) жидкость закрытых полостей (внутри суставов, в сердечной сумке, плевральной и др.),
  - д) "открытых" органах (желудочно-кишечном тракте, мочевых путях, потовых железах).

**Между всеми этими водными средами идет активный обмен жидкости, что происходит путем диффузии и транспорта при активном участии крови.**

## Состав крови

- Кровь является одной из разновидностей соединительных тканей.
- Межклеточное вещество ее находится в жидком состоянии и называется плазмой (около 55%).
- В воде плазмы во взвешенном состоянии “плавают” огромное количество веществ и соединений, а также форменных элементов крови - *эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов*
- Форменных элементов около 45% - этот показатель называется гематокритом.

# Объем циркулирующей крови (ОЦК)

- *Объем циркулирующей в сосудах крови (ОЦК)* является одной из констант организма. Однако ОЦК не является строго постоянной величиной для всех людей, он зависит от возраста, пола, функциональных кондиций конкретного человека.
- Так, у взрослого молодого мужчины ОЦК около 7% массы тела. У женщин в сосудистом русле в связи с меньшим процентов мышц крови несколько меньше, чем у мужчин (около 6% массы тела).

# Функции крови

- 1. Дыхательная функция.
- 2. Трофическая функция.
- 3. Обеспечение водно-солевого обмена.
- 4. Экскреторная функция.
- 5. Гуморальная регуляция.
- 6. Защитная функция.
- 7. Гемостатическая функция.
- 8. Терморегуляторная функция.

# Плазма крови



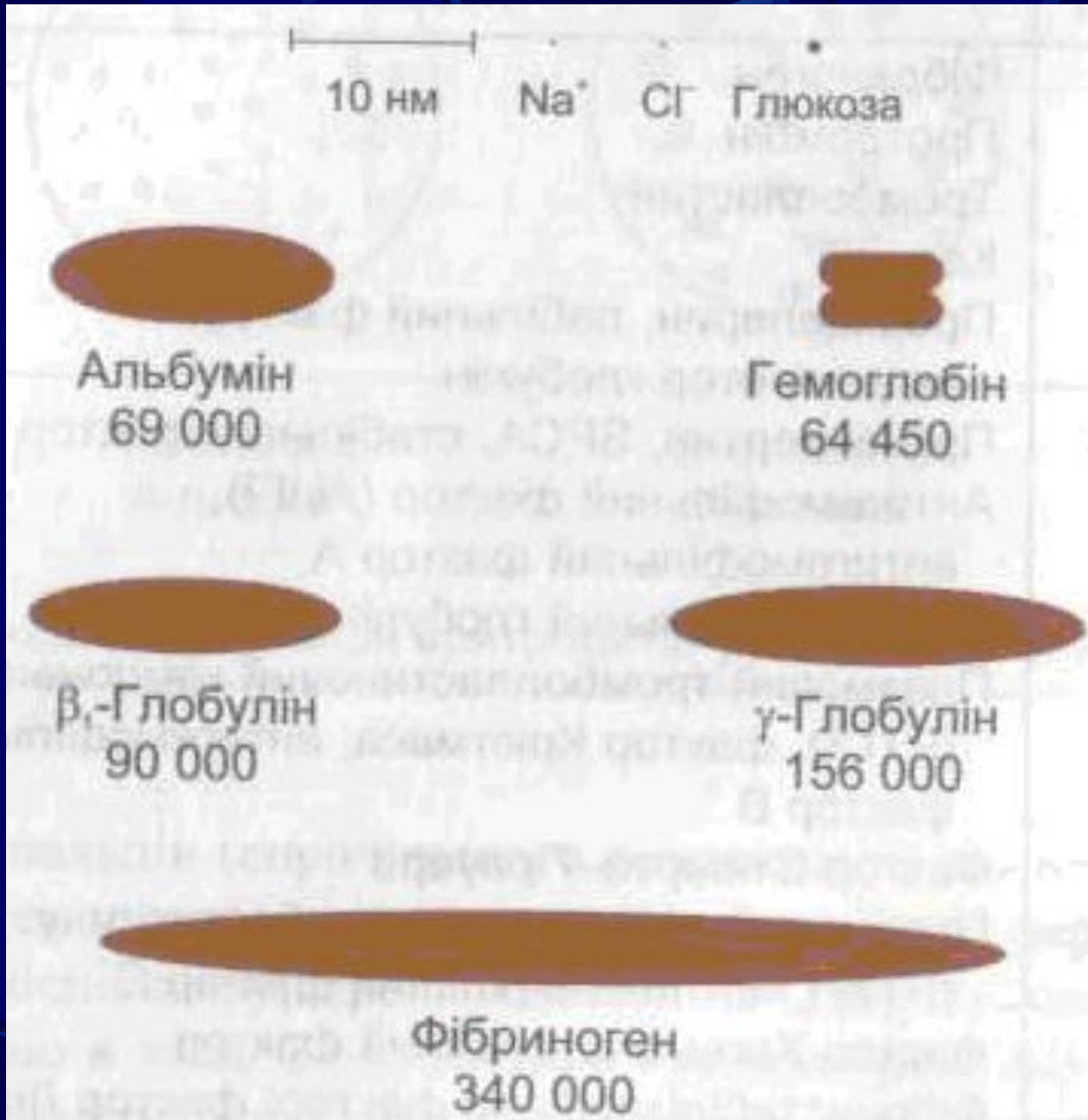
- 91% плазмы – вода
- 9% плазмы крови приходится на различные вещества, растворенные в ней.
- Часть из них находится на постоянном уровне, содержание других веществ колеблется в зависимости от состояния организма.

# Белки плазмы крови и их функции

- Белки составляют около 8% объема плазмы. Подавляющее большинство их поступает в сосудистое русло из печени.
- Альбумины, глобулины, фибриноген.
- Транспортная функция
- Трофическая функция
- Ферментативная функция
- Создание онкотического давления.

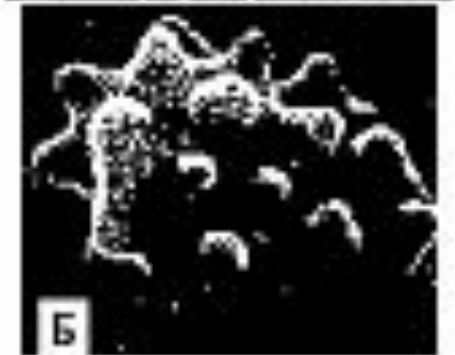


# Размер белков крови



# Осмотическое давление крови

Эритроциты крови



А - эритроциты,  
Б - эритроцит в гипертоническом растворе.

Различные соединения, растворенные в плазме создают осмотическое давление. Величина осмотического давления определяется количеством растворенных молекул, а не их размерами.

В норме осмотическое давление плазмы крови около 7,6 атм. (5700 мм рт.ст., 762 кПа, 282 мОсм/л).

Примерно 199/200 ионов плазмы - неорганические ионы.

Белки плазмы создают онкотическое давление, равное лишь 0,03 - 0,04 атм. (25-30 мм рт.ст.).

## Значение онкотического давления в обмене воды

- Участие онкотического давления в регуляции обмена воды обусловлено тем, что стенка обменных сосудов (капилляров) в большинстве органов непроницаема для белков. В тканевой жидкости свободных белков мало, поэтому имеется градиент их концентрации с кровью. В отличие от этого в крови и межклеточной жидкости содержание неорганических или небольших органических молекул, как правило, одинаково.
- Больше онкотическое давление крови служит основой удержания воды в ней.
- Осмотическое и онкотическое давления обеспечивают так же и обмен воды между плазмой крови и форменными элементами.

# Вязкость крови

- **Вязкость**, внутреннее трение, оказывает сопротивление кровотоку.
- Величину ее обычно определяют относительно воды, вязкость которой принимается за 1. Растворение различных соединений, особенно крупных белковых молекул, присутствие форменных элементов увеличивает вязкость крови. Раствор плазмы в 1,7-2,2 раза более вязкий, чем вода.
- Вязкость цельной крови выше воды примерно в 5 раз. Основную долю в увеличении вязкости крови приносят эритроциты. Поэтому рост концентрации их в крови повышает вязкость, а анемия - понижает.

## Реакция крови (рН)

- В артериальной крови рН плазмы крови - 7,4, а в венозной несколько ниже - 7,36.
- Внутри эритроцитов рН колеблется от 7,27 до 7,29.
- Постоянство рН крови необходимо для обеспечения нормальной функции большинства органов, их внутриклеточных ферментативных процессов.
- При ряде состояний (интенсивная физическая нагрузка, некоторые виды патологий) возможные колебания рН . Максимально возможные, но не продолжительные пределы колебания рН от 6,8 до 7,8.

# Регуляция постоянства рН крови

- Буферные системы крови снижают выраженность сдвига рН крови при поступлении в нее кислых или щелочных продуктов.
- Буферные системы:

*Бикарбонатный буфер* состоит из  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ , находящихся друг с другом в определенной пропорции (самая мобильная).





**Буферная система гемоглобина (Hb) является самой мощной. (HHb) - слабо диссоциирующая кислота и его калиевой соли (KHb).**

**Белки плазмы** благодаря свойствам аминокислот ионизироваться также выполняют буферную функцию (около 7% буферной емкости крови).

**Фосфатная буферная система** (около 5% емкости) образуется неорганическими фосфатами крови. Кислотные свойства проявляет одноосновной фосфат ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), а щелочные - двухосновной фосфат ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ).

# pH крови

- Буферные системы при отклонении pH включаются первыми, сдерживая изменение pH.
- К ним затем подключаются органы:  
легкие,  
почки,  
ЖКТ,  
сердце (утилизирует лактат),  
потовые железы и др.



# Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

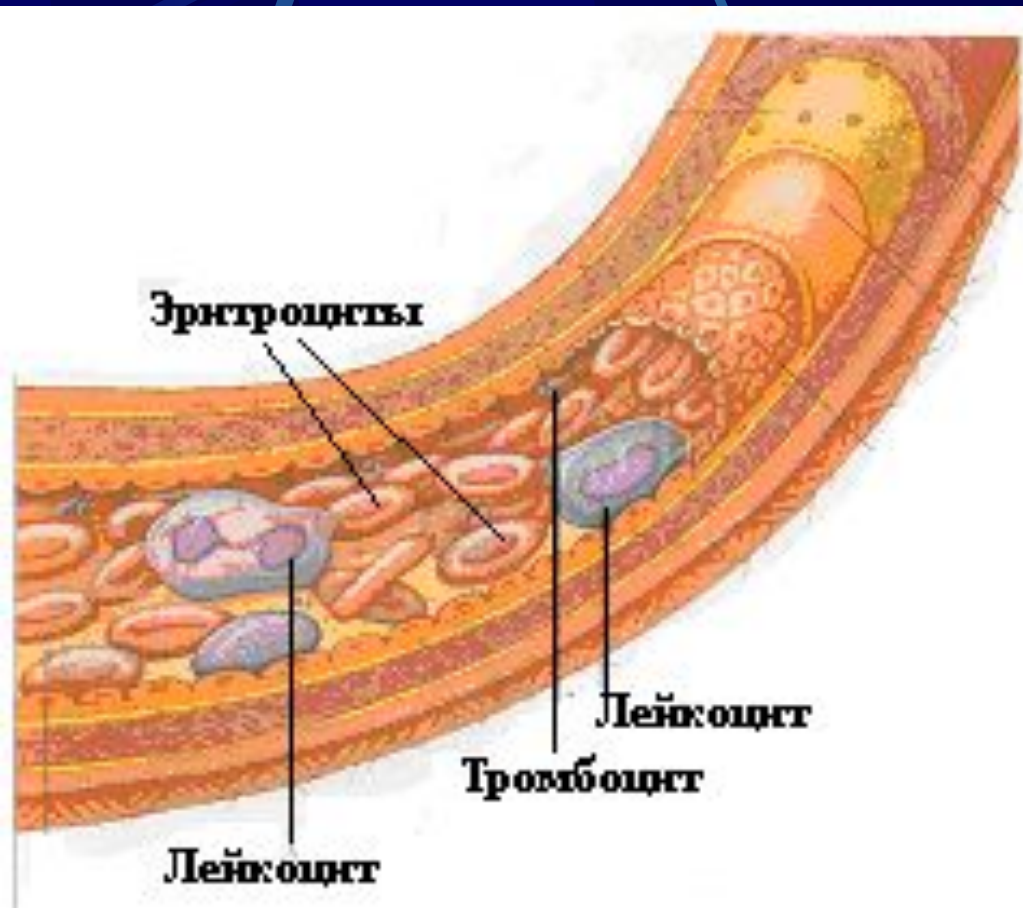
- Если в пробирке поставить кровь, взятую с применением противосвертывающих веществ, то эритроциты, как более тяжелые клетки, постепенно оседают.
- В норме СОЭ находится в пределах: до 10 мм в час у мужчин, у женщин - до 15 мм в час.
- Крупномолекулярные белки уменьшают электрический заряд эритроцитов, а это снижает их электроотталкивание друг от друга – СОЭ растет.

# ЭРИТРОЦИТЫ

В русле крови живут

**100-120** дней

- В крови у мужчин содержится  $4,5 - 5,0 \cdot 10^{12}/л$  эритроцитов, у женщин - примерно на  $0,5 \cdot 10^{12}/л$  меньше.
- Снижение концентрации эритроцитов ниже нормы называется *эритроцитопенией (анемией)*, увеличение - *полиглобулией (полицитемией)*.



## Эритроцит

- *Эритроцит* - яркий представитель узко специализированной клетки. Его округлая двояковогнутая форма, имеющая диаметр около 7,5 мкм, прекрасно способствует выполнению своей функции.
- Благодаря тому, что зрелый эритроцит лишен ядра, площадь его поверхности увеличилась, а расстояние от мембраны до самой отдаленной точки нахождения гемоглобина резко уменьшилось (максимум 1,2 - 1,5 мкм). Это обеспечивает хорошие условия газообмена.
- Кроме того, безъядерность при эластичной мембране позволяет эритроциту легко скручиваться и проходить через капилляры, имеющие диаметр порой почти в 2 раза меньший, чем клетка.

## *Газотранспортная функция эритроцитов*

- Данная функция обусловлена наличием в нем кислородтранспортного белка - *гемоглобина* (34% общего и 90% сухого веса эритроцита).
- В 1 л крови находится 140 - 160 г гемоглобина. В норме среднее содержание Hb в одном эритроците у женщин 32-33 пг, а у мужчин - 36-37 пг.
- Гемоглобин, присоединивший кислород, превращается в *оксигемоглобин* ( $\text{HbO}_2$ ) ярко алого цвета. Гемоглобин, отдавший в тканях кислород, именуется восстановленным или *дезоксигемоглобином* (Hb), имеющим более темный цвет. В венозной крови часть гемоглобина присоединяет  $\text{CO}_2$  *карбгемоглобин* ( $\text{HbCO}_2$ ).

## Химия гемоглобина

- В зрелом эритроците содержание гемоглобина постоянно. Оно может лишь уменьшаться при частичном гемолизе за счет выхода из эритроцита, что в норме практически не встречается.
- Существенную роль в биосинтезе гемоглобина играют витамины  $B_{12}$ , фолиевая кислота и микроэлемент  $Fe^{2+}$ , входящий в простетическую группу (*гем*).
- Белковая часть гемоглобина - *глобин* состоит из 4 цепей. Эритроциты взрослого человека содержат 2  $\alpha$ - и 2  $\beta$ -цепи. Такой гемоглобин именуется АНб. В крови плодов имеется FНб, имеющий 2  $\alpha$ - и 2  $\gamma$ -цепи. FНб отличается по способности транспортировать кислород. Он имеет более высокое сродство к кислороду.

# Кислородная емкость крови – количество кислорода, которое может переносить **100** мл крови

- КЕК определяется концентрацией в крови гемоглобина, так как в растворенном виде кислорода содержится очень мало: в 100 мл крови лишь 0,3 мл.
- 1 г гемоглобина может связать 1,34 мл кислорода
- Так, 15 г% (100 мл крови)  $Hb \times 1,34 = 21$  мл  $O_2$



# Жизненный цикл эритроцита

- Циркулирующий в крови зрелый эритроцит является дифференцированной тупиковой клеткой, неспособной к дальнейшей пролиферации.
- Эритроцит в кровотоке способен циркулировать в течение 100-120 дней.
- После этого он погибает. Таким образом, в сутки обновляется около 1% эритроцитов.
- О интенсивности эритропоэза свидетельствует содержание в крови молодых эритроцитов - *ретикулоцитов* (от лат. *rete* - *сеть*, которая появляется при окраске особыми красителями. Основой ее являются иРНК).
- После выхода из костного мозга в русле крови ретикулоциты сохраняются около суток. Поэтому их концентрация в крови около 0,8-1% всех эритроцитов.

## Энергетика эритроцита

- Побочным продуктом гликолиза (в эритроците нет аэробного окисления) является **2,3-дифосфо-глицерат** (2,3-ДФГ), участвующий в регуляции сродства гемоглобина к  $O_2$ .
- АТФ, синтезируемая в эритроците, расходуется на:
  - 1) поддержание эластичности мембраны,
  - 2) поддержание ионных градиентов,
  - 3) обеспечение некоторых биосинтетических процессов,
  - 4) восстановление метгемоглобина и т.п.



# Жизненный цикл эритроцитов



- Жизненный цикл эритроцитов заканчивается их разрушением (гемолизом).
- При старении эритроцитов активность метаболических процессов снижается. В результате мембрана клеток постепенно теряет эластичность и, когда эритроцит проходит некоторые наиболее узкие участки сосудистого русла, то он в них может застревать.
- Одним из таких участков является селезенка, где расстояние между трабекулами около 3 мкм.

# Кровопотеря и эритропоэз

- Существенных запасов (депо) эритроцитов в организме человека практически нет. Поэтому ликвидация анемии (после кровопотери) происходит лишь за счет усиления эритропоэза (показателем его интенсивности является концентрация ретикулоцитов).
- Но необходимо учитывать, что значительное увеличение образования эритроцитов в костном мозге начнется лишь спустя 3-5 дней. В периферической крови это станет заметным еще позднее.
- В результате после кровопотери или острого гемолиза для восстановления уровня эритроцитов до нормального требуется достаточно много времени (не менее 2-3 недель).