

# **НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

## ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

# **ЖИДКИЕ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА**

## **КРОВЬ**



# ПЛАН

1. Жидкие среды организма.
2. Понятие о гомеостазе и гомеокинезе.
3. Понятие о системе крови.
3. Функциональная система поддержания постоянства осмотического, онкотического давлений крови.
4. Кислотно-основное состояние крови.
5. Общая характеристика эритроцитов. Гемоглобин.
6. Гемолиз эритроцитов. Осмотическая резистентность эритроцитов.
7. Коллоидные и суспензионные свойства крови. Скорость оседания эритроцитов.
8. Общая характеристика лейкоцитов. Лейкоцитарная формула.
9. Тромбоциты: количество, строение, функции.
10. Основные показатели общего анализа крови.

**Внутренняя среда организма – совокупность жидкостей организма, принимающих непосредственное участие в процессах обмена веществ и поддержания гомеостаза в организме.**

**Значение: из нее клетки многоклеточного организма получают все необходимое для своей жизнедеятельности и затем в нее выводят продукты обмена.**

## **Понятие системы крови введено в 1939 г. советским клиницистом Г.Ф. Лангом.**

- В систему крови входят:

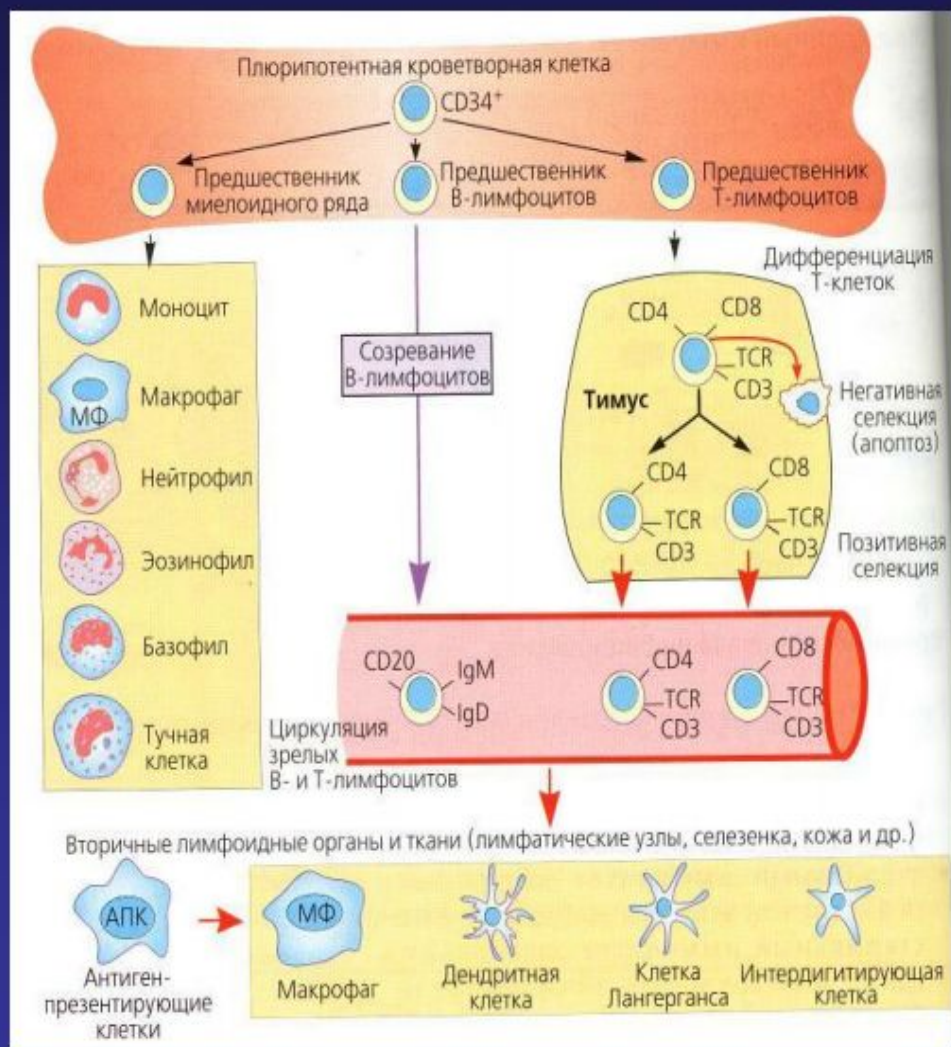
- 1. Периферическая кровь, циркулирующая по сосудам.
- 2. Органы кроветворения – красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка.
- 3. Органы кроверазрушения – селезенка, печень, легкие, красный костный мозг, кожа.
- 4. Регулирующий нейро-регуляторный аппарат.

- Особенности как вида ткани:

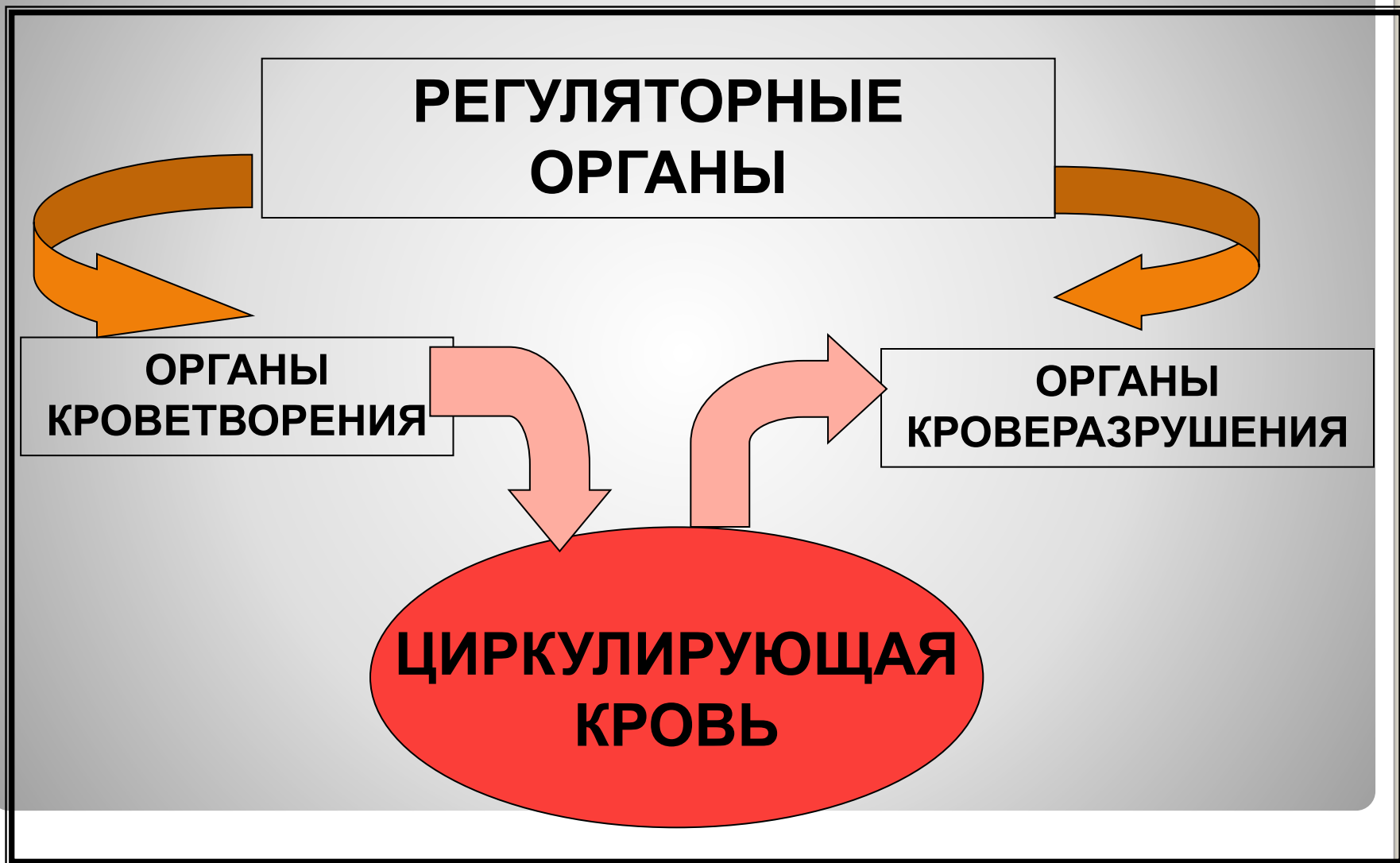
- 1. Постоянное движение.
- 2. Состоит из двух частей.
- 3. Составные части образуются вне циркулирующей крови.

# Система крови (Ланг, Россия)

- Органы кроветворения-иммунитета (костный мозг, селезенка, лимфоузлы, тимус) – кроветворная ткань
- Жидкая кровь
- Органы кроверазрушения (селезенка, печень, капилляры легких, капилляры мышц)
- Система локальной и дистантной регуляции (нервная система, эндокринная система, гуморальные факторы, клеточные контакты).

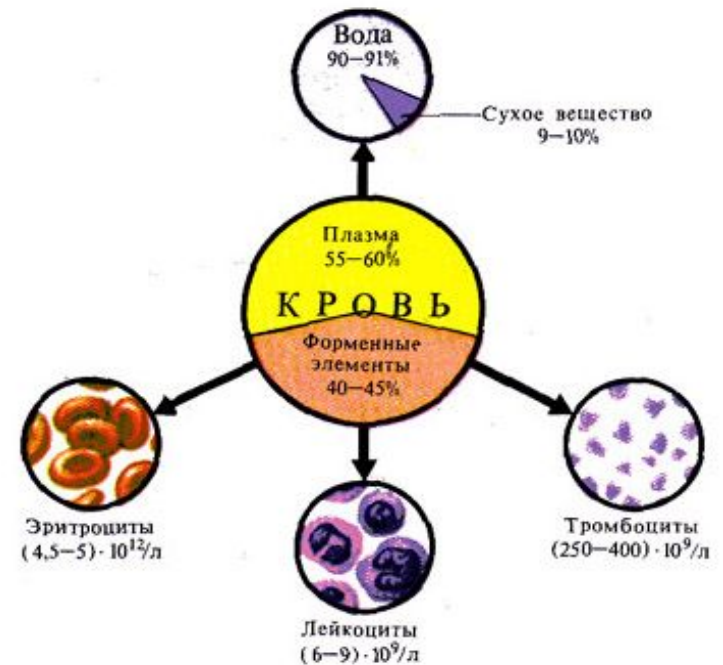


# СИСТЕМА КРОВИ

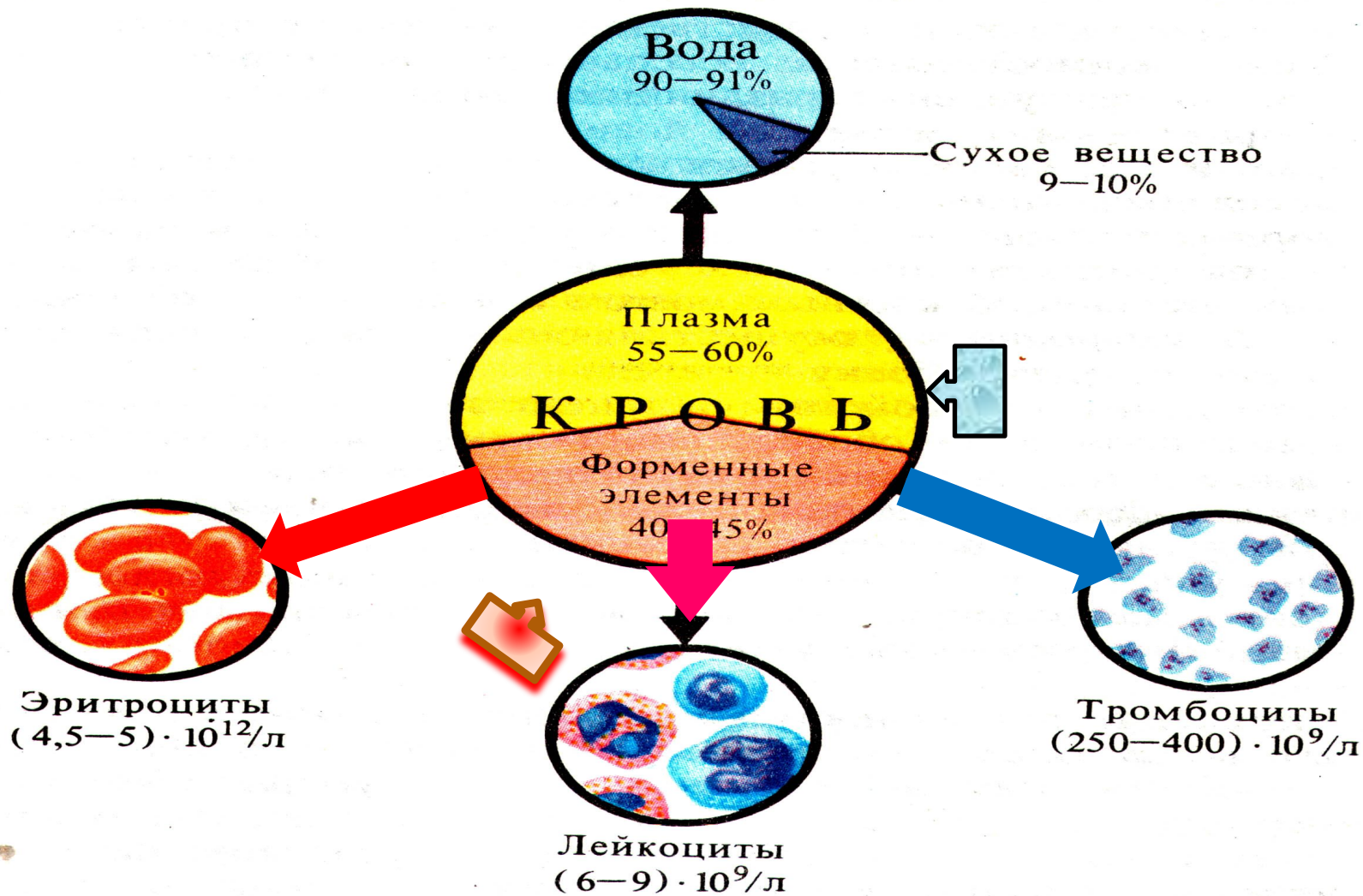


# Состав крови:

Плазма и  
форменные элементы  
имеют различные  
источники  
регенерации.  
Поэтому кровь  
выделяют в  
самостоятельный вид  
ткани.







# Функции крови:

1. Транспортная
2. Дыхательная
3. Трофическая
4. Экскреторная
5. Регуляторная
6. Защитная
7. Гемокоагуляционная
8. Терморегуляторная
9. Осуществление креаторных связей
10. Гомеостатическая

# КОНСТАНТЫ КРОВИ:

- Пластичные константы КРОВИ могут варьировать в относительно широком диапазоне, без существенных последствий.
- Жесткие константы крови могут отклоняться в небольшом интервале.

# Жесткие константы крови:

1. ионный состав крови,
2. осмотическое давление крови,
3. количество белков в плазме,
4. онкотическое давление,
5. рН крови.

## Пластичные константы крови:

1. уровень глюкозы,
2. уровень липидов,
3. уровень остаточного азота,
4. уровень витаминов,
5. уровень некоторых гормонов,
6. объём циркулирующей крови.

Концепция ГОМЕОСТАЗА разработана  
Клодом Бернардом в 70-х г.г. 19 в.

“поддержание постоянства условий жизни  
в нашей внутренней среде —  
необходимый элемент свободной и  
независимой жизни”,

Значение – обеспечивает стабильные  
условия функционирования клеток даже  
при значительных изменениях внешней  
среды.

# Константы крови зависят:

1. от пола,
2. от возраста,
3. от условий проживания,
4. от профессии,
5. от социальных условий,
6. от времени года и суток.

Термин ГОМЕОСТАЗ предложен в 1929 г. канадским физиологом Уолтером Кэнноном.

**ГОМЕОСТАЗ** (*homoios* (греч.) - *подобный*, + *stasis* (греч.) - *состояние*) – относительное динамическое наследственно закрепленное постоянство состава и физико-химических свойств внутренней среды организма И механизмы, которые обеспечивают это состояние .



# Жидкостное пространство организма

## внутрисосудистая

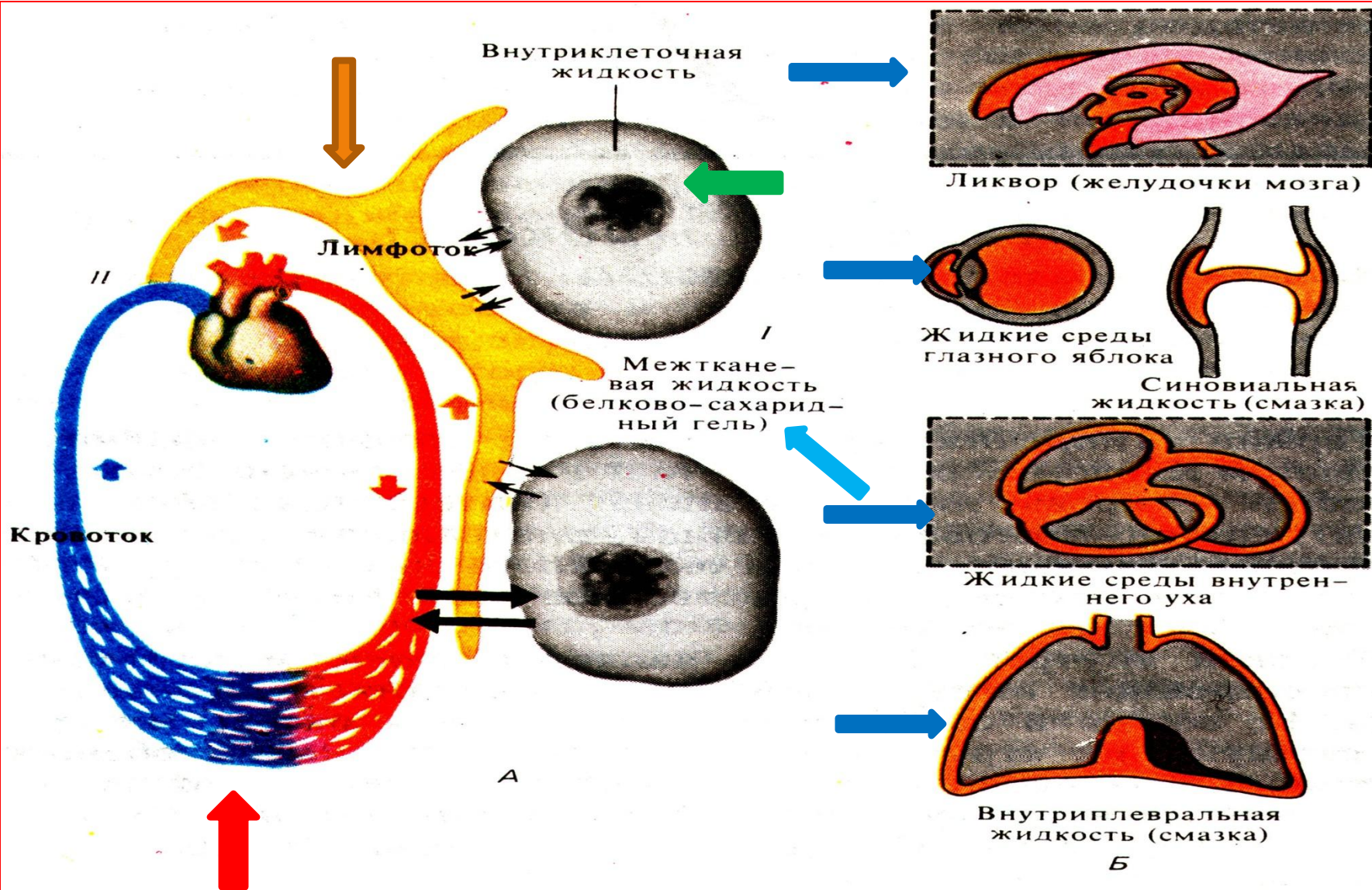
**(7,5% всей воды  
организма)**

**Кровь,  
лимфа**

## Внесосудистая

**(92,5% всей воды организма).**

- *внутриклеточной (65%)*
- *интерстициальной (20%)*
- *трансклеточной (2,5%) в  
пищеварительном тракте, жёлчи,  
мочевыделительной системе,  
внутриглазной и цереброспинальной  
жидкостях, в жидкости серозных  
полостей*
- *и кристаллизационной воды  
кости и хряща (15%).*



# Жидкостное пространство организма

# Метод определения гематокрита

гематокритный капилляр

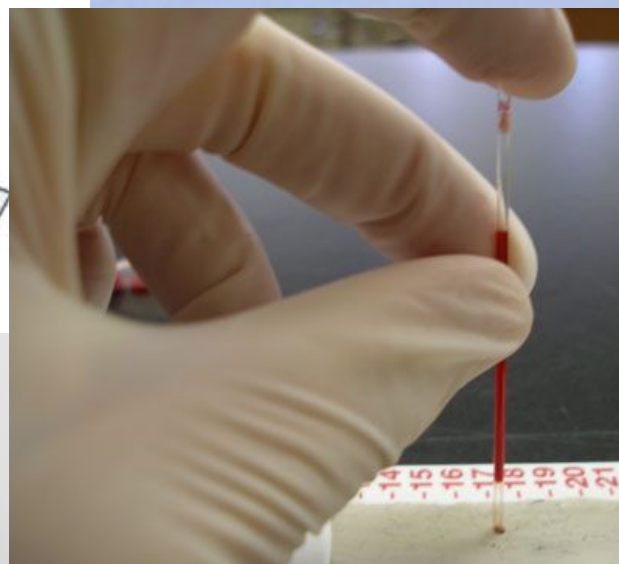
58%

42%



18%

72%



(указанный показатель в медицине обозначается как «Ht» или «HCT»)

## Гематокрит («гематокритное число»)

– это отношение объема форменных элементов крови к общему объему крови.

Гематокрит зависит:

- 1) **от пола** - у мужчин 44-46 об.%,  
у женщин 41-43 об.%;
- 2) **от возраста** - у новорожденных на 10% выше, у маленьких детей на столько же ниже.

## **Гематокрит повышен из-за следующих факторов:**

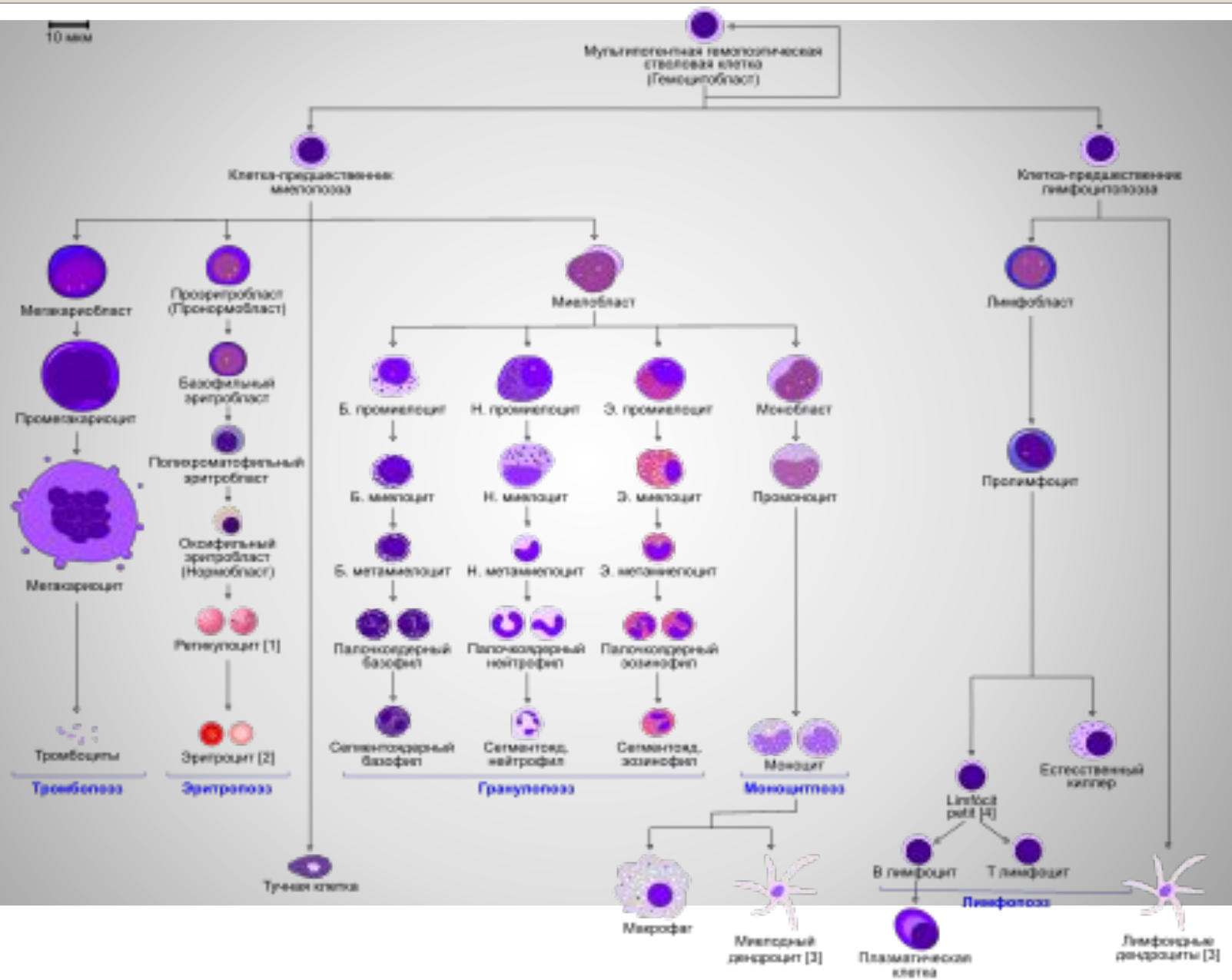
- наличие первичных и вторичных эритроцитоз;
- имеются дегидратации, как следствие заболеваний желудочно-кишечного тракта, что сопровождается профузным поносом и рвотой;
- наличие диабета;
- существенное уменьшение объема циркулирующей в организме крови из-за перитонита или же ожоговой болезни.

## **Гематокрит понижен из-за воздействия факторов:**

- наличие анемии;
- присутствие сердечной и почечной недостаточности;
- наличие гиперпротеинемии;
- присутствие хронических и воспалительных процессов, травм, голодания, онкологических заболеваний;
- из-за внутривенного введения жидкостей, особенно в случае снижения функциональной способности почек.

- 1. Класс стволовых клеток (СК)** состоит из наиболее ранних кроветворных клеток, дающих начало всем клеткам системы крови. особенности:
- способностью к пролиферации и продукции новых СК, т.е. самоподдержанию
  - способностью ко всем видам дифференцировок, т. е. к образованию всех видов клеток крови.
- 2. Класс полипотентных (коммитированные) клеток,** дифференцировочный потенциал ниже СК. Эти клетки образуют колонии в различных средах-колониеобразующими единицами (КОЕ, CFU ).
- 3. Класс унипотентных клеток,** могут дифференци-роваться только в направлении определенного ростка.

## **КЛАССЫ КЛЕТОК-ПРЕДШЕСТВЕННИЦ КРОВЕТВОРЕНИЯ.**

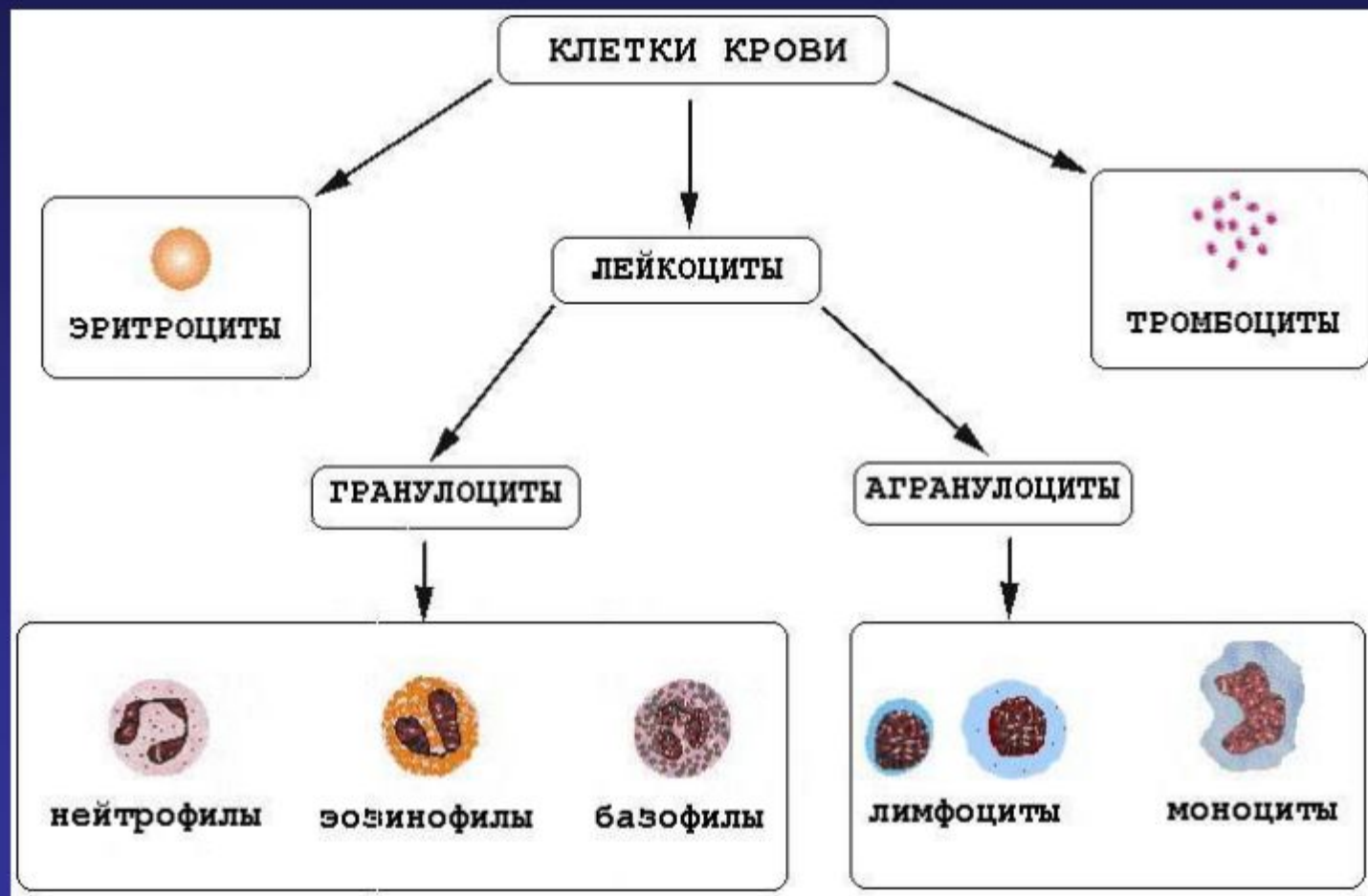


Стволовая клетка

Коммитированный предшественник

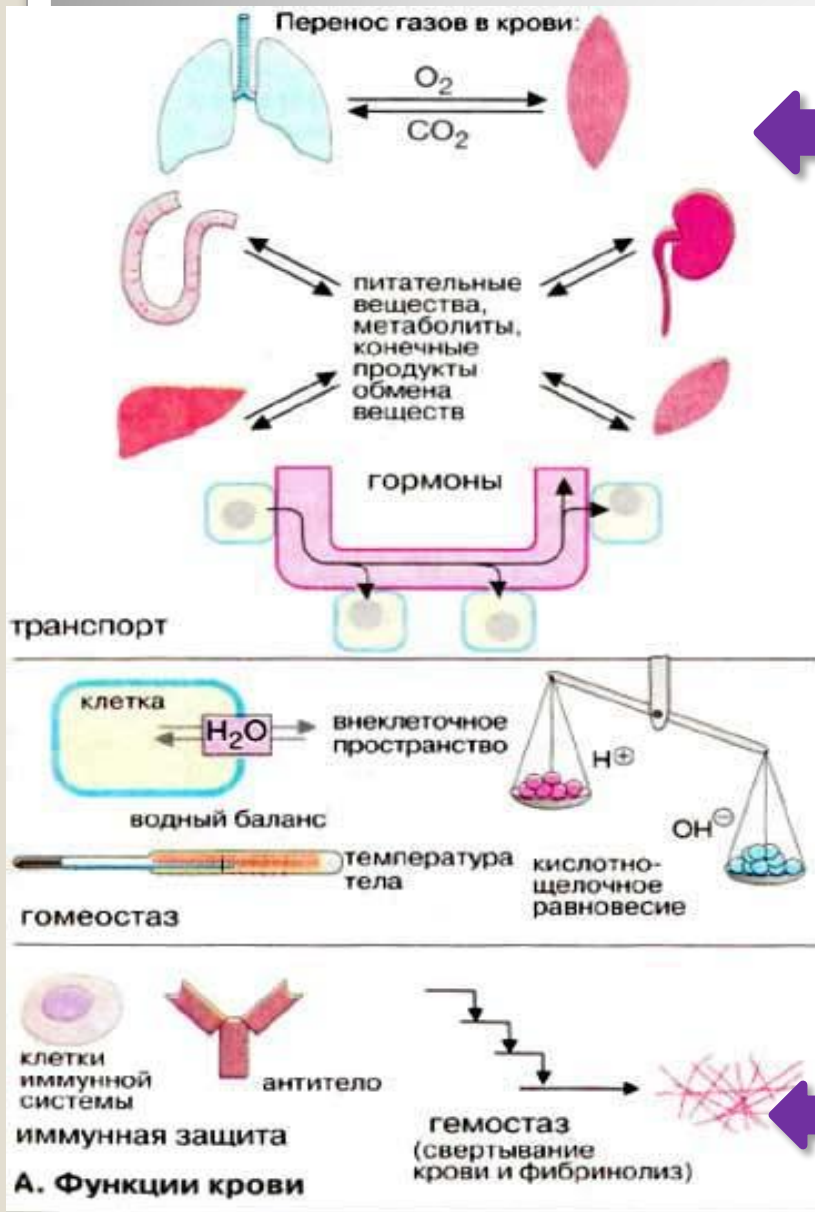
Зрелая клетка

Кроветворение (гемопоз) - это процесс образования развития и созревания клеток крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов)





# Функции крови:



1. **Транспортная:** за счет ее выполняются следующие функции:

- Дыхательная
- Трофическая
- Выделительная
- Регуляторная
- Специально-трофическая
- Информационная

2. **Гомеостатическая**

3. **Защитная**

**Общее количество крови** в организме взрослого человека составляет 6–8% от массы тела: *так у человека массой 65-70 кг количество крови (в среднем **4,5-6 л**).*

**В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ:**

**55-60%** всей массы крови **циркулирует** в функционирующем секторе сосудистого русла (*сердце, крупные и мелкие артерии и вены, 10% капилляров*).

**40-45%** крови находится в **кровяных депо** (*селезенки, печени, легких, подкожном сосудистом сплетении*)

# Функциональная система, поддерживающая постоянство объема циркулирующей крови (ОЦК)

**1. Полезный приспособительный результат –**  
постоянство ОЦК

**2. Рецепторы** – волюморепцепторы, расположенные в  
сердечно-сосудистой системе, особенно в областях  
низкого давления

**3. Нервный центр** – находится в гипоталамо-  
лимбико-ретикулярных структурах и коре больших  
полушарий головного мозга



#### **4. Эффекторный аппарат:**

- “аварийные” - изменение работы сердца и почек, просвета сосудов, скорости кровотока, содержания воды в тканях, а также депонирование крови

- более медленные - питьевое поведение (внешний контур), процессы кроверазрушения и кроветворения (внутренний контур).

**5. Обратная афферентация – обеспечивает саморегуляцию.**

увеличение ОЦК - **ГИПЕРВОЛЕМИЯ**

происходит после избыточного приема воды, в начале мышечной работы, при повышении температуры окружающей среды.

уменьшение ОЦК - **ГИПОВОЛЕМИЯ**

развивается: при тяжелой мышечной работе в жарких цехах, избыточном потоотделении, потере жидкости при холере, дизентерии, ожогах.

# Физико-химические характеристики крови:

- 1 - удельный вес
- 2 - вязкость
- 3 - осмотическое давление
- 4- активная реакция крови (рН)

**Удельный вес цельной крови**  
**у взрослых равен 1,050-1,060,**  
**у детей 1,060-1,080.**

*определяется в основном количеством эритроцитов . У мужчин выше, чем у женщин.*

**Удельный вес плазмы-1,025-1,034,**  
*определяется концентрацией белков.*

**ВЯЗКОСТЬ (rheo, греч. – течь) - ЭТО**  
свойство текучего объекта оказывать  
сопротивление при перемещении одной его  
части относительно другой благодаря  
возникновению сил внутреннего трения.

Между слоями движущейся крови  
существует напряжение сдвига ( $\tau$ )  
(выражается силой, приходящейся на  
единицу площади) и градиент скорости ( $\gamma$ ).

$$\eta = \tau / \gamma$$

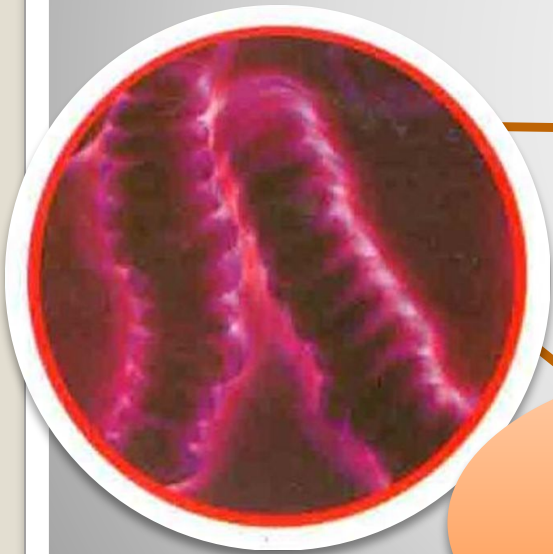


**Закон Хагена – Пуазейля:** на силы, сдвигающие слои жидкости относительно друг друга, влияют градиент давления ( $\Delta P$ ), объемная скорость кровотока ( $Q$ ), радиус ( $r$ ) и длина ( $l$ ) сосуда

$$\Delta P / Q = 8 l \eta / \pi r^4$$

Вязкость цельной крови составляет около 3-5 усл. ед., но зависит от условий измерения: концентрации фибриногена (норм. 2600 мг/л), гематокрита (40%), радиуса сосуда, линейной скорости потока и температуры (37 С).

Вязкость крови в  
сосудистой системе не  
всегда соответствует  
значению,  
полученному in vitro.



*При низкой скорости  
кровотока, в наиболее  
мелких сосудах, вязкость  
может увеличиваться в 10  
раз из-за обратимой  
агрегации эритроцитов,  
образующих “монетные  
столбики” или  
прилипающих к стенкам.*

Это ухудшает  
реологические  
свойства крови

## **Эффект Фареуса - Линдквиста:**

эритроциты ориентируются продольно по оси сосуда, выстраиваются в цепочку, которая легко скользит по оболочке из плазмы.

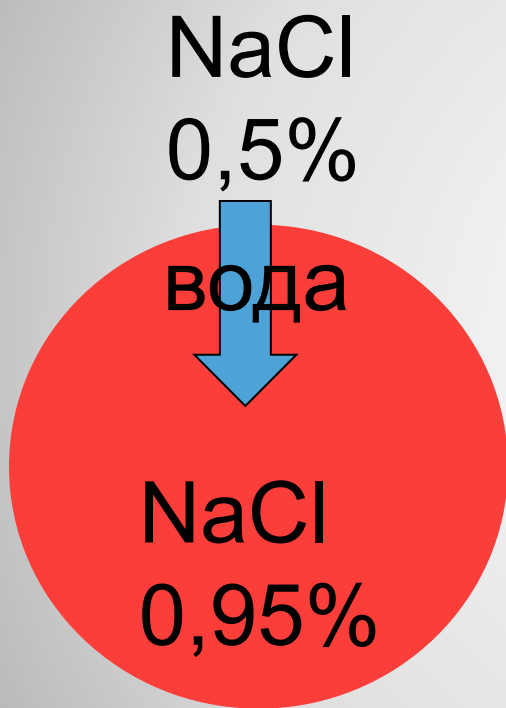
Реализуется в сосудах с диаметром менее 1 мм, способствует снижению вязкости крови, в результате чего в капиллярах она в 2 раза меньше, чем в крупных сосудах,

Вязкость крови обусловлена форменными элементами (99% - эритроцитами) и белками.  
Вязкость цельной крови - 3-5 относ. единицам плазмы - 1,9-2,3 относ. единицам.  
если вязкость воды принять за 1.

*Вязкость увеличивается при сгущении крови, вызванном потерей воды (понос, рвота, обильное потение) или стимуляцией эритропоэза, уменьшается - при ее разжижении.*

Т. О., увеличение вязкости означает увеличение нагрузки на сердце (т.е. происходит увеличение объёмов наполнения и выброса сердцем).

# Осмотические свойства крови

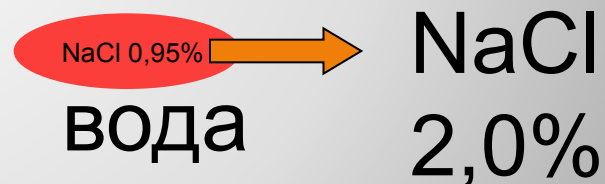


Гипотония

Изотония



Гипертония



**Осмотическое давление  
крови – 7,6 атм.**

**Осмотическое давление** (osmos (греч.) - толчок, проталкивание) - создается всеми растворенными в плазме веществами (электролитами и неэлектролитами).

Основной вклад вносят неорганические электролиты ( 96% величины  $P_{осм}$ )., при этом 60% ее обусловлено NaCl.

$P_{осм}$  - обеспечивает переход растворителя через полупроницаемую мембрану от раствора менее концентрированного к раствору более концентрированному.

**$P_{осм.}$**  определяют криоскопически - по измерению температуры замерзания, которая тем ниже, чем выше число растворенных частиц.

**$P_{осм.}$**  крови равно 7,3 атм.(5600 мм рт. ст.), что соответствует температуре  $-0,54^{\circ}\text{C}$ .

**Физиологическое значение  $P_{осм.}$  -**  
регуляция обмена воды между клеткой и  
окружающей ее жидкостью.

Растворы, осмотическое давление которых такое же, как плазмы крови, называются

**ИЗОТОНИЧЕСКИМИ**.  $P_{\text{осм.}} = P_{\text{осм.}}$  плазмы. К ним относят **0,85- 0,90% раствор натрия хлорида и 5,5% раствор глюкозы**.

Растворы с меньшим осмотическим давлением, чем у плазмы крови, называются **ГИПОТОНИЧЕСКИМИ**

$P_{\text{осм.}} < P_{\text{осм.}}$  плазмы

а с большим - **ГИПЕРТОНИЧЕСКИМИ** -  $P_{\text{осм.}} >$

$P_{\text{осм.}}$  плазмы,

## **Осмотическая резистентность –**

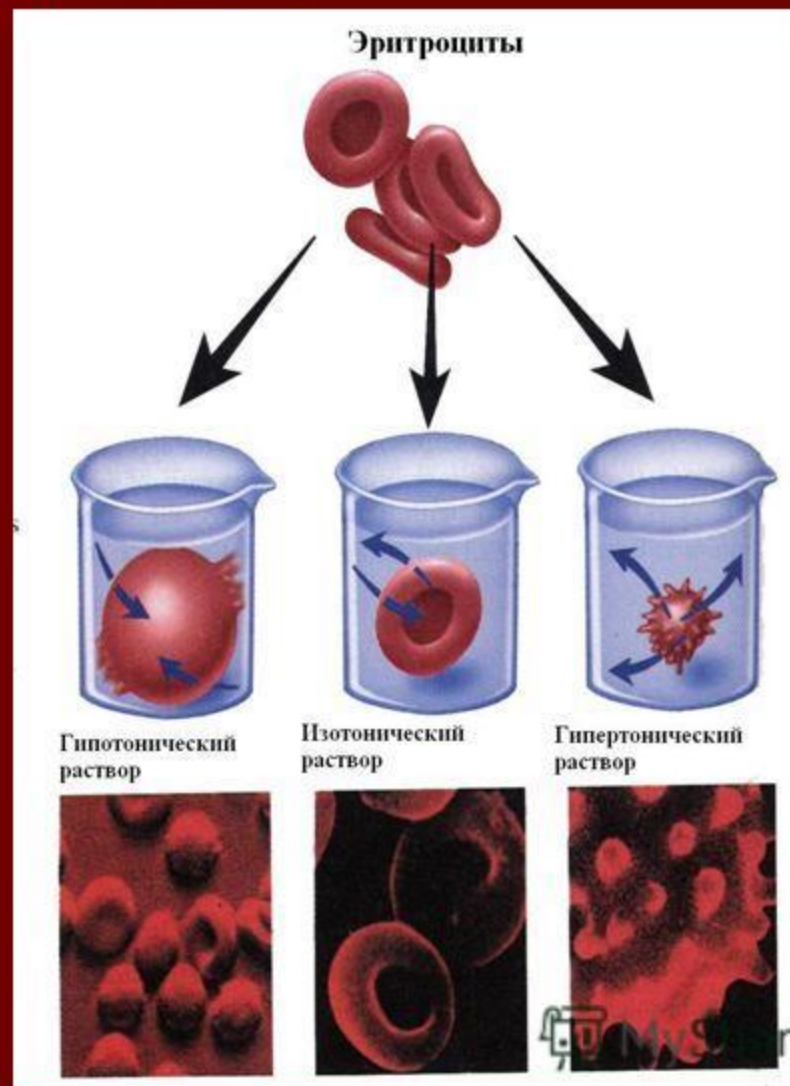
способность клетки, не разрушаясь, выдерживать

снижение  $P_{\text{осм.}}$  окружающей среды.



# Осмотическая резистентность эритроцитов

- Минимальная осмотическая резистентность эритроцитов свежей крови наблюдается в 0,50-0,45% NaCl, максимальная - в 0,34-0,32% NaCl



# Функциональная система, обеспечивающая постоянство $P_{осм.}$

**1. Полезный приспособительный результат –  
постоянство  $P_{осм.}$**

**2. Рецепторы – осморецепторы:**  
периферические (в сосудах и тканях) и  
центральные (супраоптическое ядро  
гипоталамуса)

**3. Нервный центр – гипоталамо-лимбико-  
ретикулярные структуры**



#### **4.Эффекторы:**

1)питьевое и солевое поведение - поведенческий контур (имеет основное значение);

2)изменение деятельности органов выделения – внешний контур (резервный механизм);

3)изменение концентрации воды в тканях, объема циркулирующей крови, скорости кровотока, депонирование крови - внутренний контур (резервный механизм)

#### **5.Обратная афферентация**

**Онкотическое ( $P_{\text{онк.}}$ )** (onkos (греч.)-масса, объем) - часть осмотического давления, создаваемая белками и другими коллоидами плазмы.

**$P_{\text{онк.}} = 0,03 - 0,04$  атм, или  
 $25 - 30$  мм рт.ст.**

80%  $P_{\text{онк.}}$  приходится на долю альбуминов, содержание которых выше, а размеры молекул меньше, чем у глобулинов и фибриногена.

**Значение  $P_{\text{онк.}}$**  - участвует в обмене воды между кровью и тканями.

В результате чего влияет на образование межклеточной жидкости, лимфы, мочи, на всасывание воды в ЖКТ.

При снижении онкотического давления крови происходит выход воды из сосудов в интерстициальное пространство, что приводит к отеку тканей.

***Кровь имеет слабощелочную реакцию, ее рН=7,35-7,45.***

**Значение активной реакции внутренней среды организма**

- зависит активность ферментов,
- интенсивность и направленность окислительно-восстановительных реакций,
- обмен белков, липидов, углеводов,
- проницаемость биологических мембран,
- сродство гемоглобина к кислороду, т.д.

Для определения активной реакции среды используют водородный показатель - **pH** (power hydrogene (англ.) - сила водорода) - количественно характеризующий кислотность водных растворов.

**pH** является отрицательным десятичным логарифмом молярной концентрации ионов  $H^+$

$$pH = - \lg [H^+]$$

**pH** артериальной крови - 7,37- 7,43

венозной крови - 7,32- 7,38

капиллярной крови - 7,36- 7,42

у детей до 6 лет - 7,30 - 7,46

внутри эритроцитов – 7,18-7,20

*pH* крови является *жесткой константой*.

В то же время, возможность нарушения кислотно-щелочного равновесия существует постоянно, (в кровь из тканей непрерывно поступают углекислота, молочная кислота и др. продукты обмена. Белковая пища способствует накоплению кислых соединений. Напротив, при усиленном потреблении растительной пищи в кровь поступают основания.



- **АЦИДОЗ** - сдвиг реакции крови в кислую сторону, обуславливается увеличением в крови водородных ионов.
- **АЛКАЛОЗ** - сдвиг реакции крови в щелочную сторону.  
Это связано с увеличением концентрации гидроксильных ионов  $\text{OH}$  и уменьшением концентрации водородных ионов.

За пределами  $pH$  от 7,0 до 7,8 нет жизни.

При тяжелой физической нагрузке в кровь выбрасывается около 90 г лактата.

Если это количество прибавить к объему дистиллированной воды, равному объему циркулирующей крови, то концентрация  $H^+$  в ней возросла бы в 40 000 раз.

Реакция крови при этом не изменяется.

Поддержание постоянства рН достигается деятельностью соответствующей **ФУС**.

## **Главные пути поддержания рН на постоянном уровне:**

- буферные системы жидкой внутренней среды (крови);
- выделение углекислого газа легкими;
- выделение кислых или удержание щелочных продуктов почками.

# БУФЕРНЫЕ СИСТЕМЫ КРОВИ

- Гемоглобиновый буфер  
( $K \cdot HbO_2 / H \cdot Hb$ )
- Бикарбонатный буфер  
( $NaHCO_3 / H_2CO_3$ )
- Фосфатный буфер  
( $Na_2HPO_4 / NaH_2PO_4$ )
- Белковый буфер (альбумины плазмы)

# Гемоглобиновая буферная система

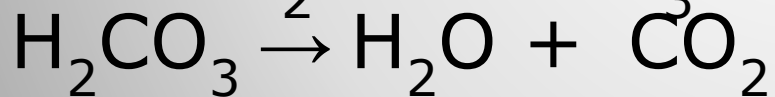
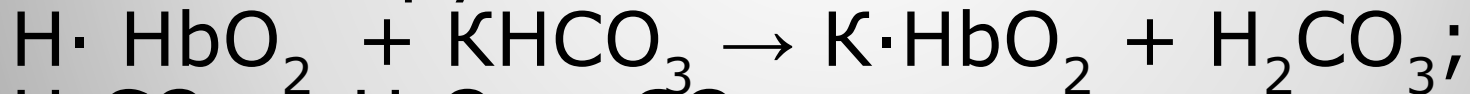
- самая мощная буферная система крови (75% буферной емкости крови).

Она состоит из:

$\text{H} \cdot \text{HbH}$  - слабая кислота

$\text{K} \cdot \text{HbO}_2$  - сильная кислота

В малом круге:



В большом круге:



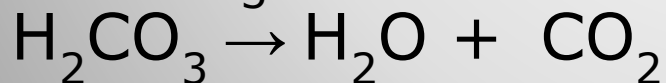
# Карбонатная буферная система

по своей мощности занимает второе место.  
Она состоит из:

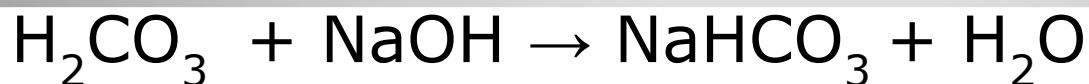
$\text{H}_2\text{CO}_3$  - слабая кислота,  
 $\text{NaHCO}_3$  - нейтральная соль

$\text{NaHCO}_3$  легко диссоциирует на ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

При поступлении в кровь сильной кислоты:



При поступлении в кровь оснований:



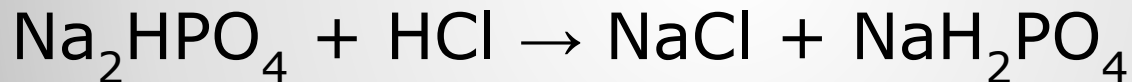
# Фосфатная буферная система

СОСТОИТ ИЗ:

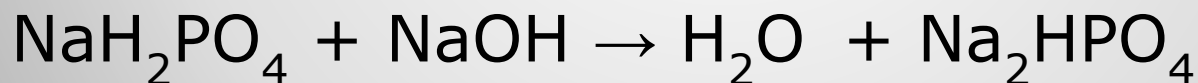
$\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – слабая кислота,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – слабая щелочь

При поступлении в кровь сильной кислоты:



При поступлении в кровь оснований:

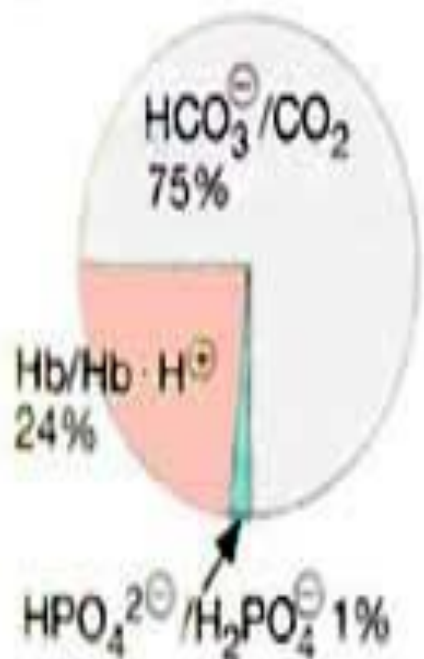
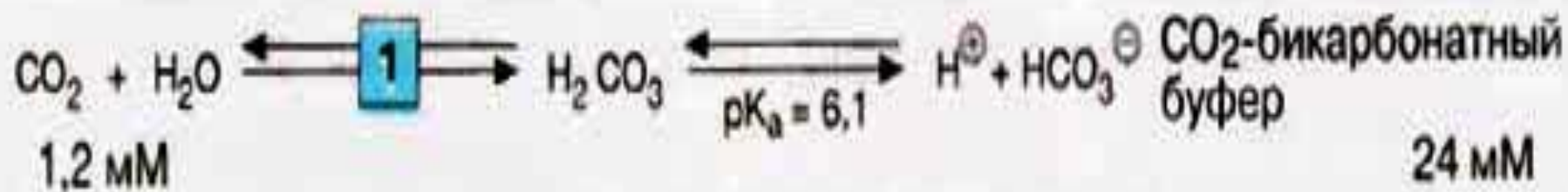


Избыток  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  выводится почками.

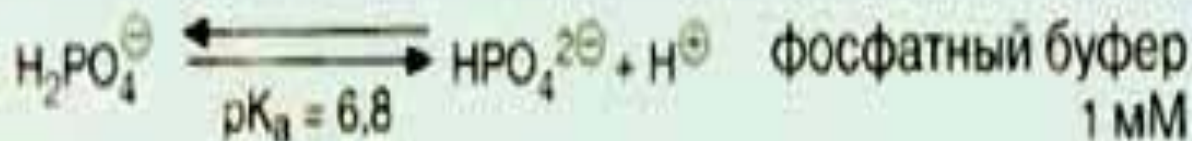
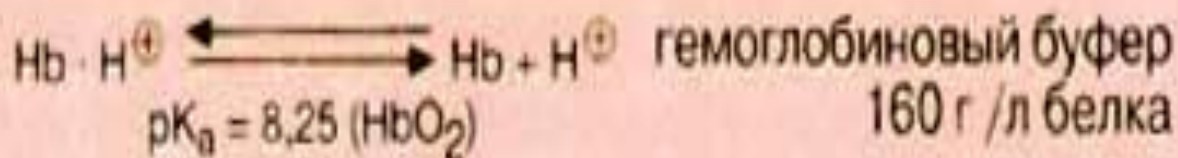
# Белковая буферная система

Белки плазмы крови играют роль буфера, так как обладают амфотерными свойствами: в кислой среде ведут себя как основания, а в основной – как кислоты.





Буферная емкость



**1** Карбонат-дегидратаза 4.2.1.1

Регуляцию pH осуществляют различные органы и системы (**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ БУФЕР**).

**Дыхательная система** удаляет  $\text{CO}_2$  (230 мл в 1 мин в покое), вследствие чего из крови исчезает эквивалентное количество  $\text{H}^+$ .

**Почки** активно экскретируют 40-60 ммоль  $\text{H}^+$  в день.

**Печень** – окисление органических кислот до  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ , удаление вместе с желчью продуктов обмена кислого и основного характера

**ЖКТ** - сохраняет постоянство водно-электролитного баланса

**Костная ткань** - обмен  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  на  $\text{H}^+$  и катионы внеклеточной жидкости

**Потовые железы** выводят избыток лактата.

Обычно в организме кислых продуктов образуется больше, чем щелочных. Опасность сдвига рН в кислую сторону («закисления») предотвращается тем, что запасы щелочных веществ в крови, представленные в основном щелочными солями слабых кислот, во много раз превышают запасы кислот. Поэтому эти соли рассматривают как «щелочной резерв крови». Щелочной резерв измеряют количеством  $\text{CO}_2$ (мл), которое может быть связано 100 мл крови при напряжении  $\text{CO}_2$  в плазме, равном 40 мм рт.ст.

# Щелочной резерв

- это основные соли слабых кислот, содержащихся в крови.

Ёмкость щелочного резерва измеряют количеством  $\text{CO}_2$  (мл), которое может быть связано 100 мл крови, при напряжении  $\text{CO}_2$  в плазме 40 мм рт.ст.

# Сдвиги pH крови

Сдвиг активной реакции в кислую сторону называют ацидозом, в щелочную – алкалозом.

Различают ацидоз и алкалоз:

1. респираторный,
2. нереспираторный,
  - a) выделительный
  - b) метаболический
3. смешанный (наблюдается при сочетании двух или нескольких форм ацидоза и алкалоза).

# Оценка кислотно-щелочного равновесия

Включает измерение ряда показателей:

pH

$P_{CO_2}$

Количество буферных оснований

Стандартный бикарбонат (содержание бикарбонатов в крови).

**Выяснение причины нарушения кислотно-щелочного равновесия позволяет выбрать правильный подход к лечению.**

# Респираторный сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<ul style="list-style-type: none"><li>- при гиперкапнии (увеличение <math>\text{CO}_2</math> в крови),</li><li>- при нарушении внешнего дыхания,</li><li>- при высокой концентрации <math>\text{CO}_2</math> во вдыхаемом воздухе.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- при чрезмерном выведении <math>\text{CO}_2</math> из легких (при хирургическом вмешательстве),</li><li>- во всех случаях гипервентиляции легких.</li></ul>

# КОМПЕНСАЦИИ

Нереспираторные нарушения компенсируются через изменение функционирования респираторной системы:

- при ацидозе – гипервентиляция → уменьшение  $PCO_2$  → нормализация pH
- при алкалозе – гиповентиляция → увеличение  $PCO_2$  → нормализация pH

Респираторные сдвиги компенсируются через почечные механизмы, изменяющие экскрецию  $H^+$  или  $HCO_3^-$

- при ацидозе – задержка оснований → нормализация pH
- при алкалозе – выведение оснований → нормализация pH

Если происходит полная компенсация уровня pH, то – компенсированный ацидоз и алкалоз, если не полностью – то частично компенсированный ацидоз и алкалоз.



# Нереспираторый сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при потере организмом значительного количества оснований,</li><li>- при нарушении выведения нелетучий кислот</li></ul> <p>Если нарушения со стороны почек - почечный ацидоз, если со стороны ЖКТ – гастроэнтеральный ацидоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при нарушении обмена веществ</li></ul>	<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при задержке организмом значительного количества оснований (при кишечной непроходимости),</li><li>- при увеличении выведения нелетучих кислот (при неукротимой рвоте),</li><li>- при нарушении выведения почками <math>\text{Na}</math></li></ul> <p>Если нарушения со стороны почек - почечный алкалоз, если со стороны ЖКТ – гастроэнтеральный алкалоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при нарушении обмена веществ</li></ul>

**Кровяная сыворотка** - надосадочная жидкость, образующаяся после центрифугирования свернувшейся крови.

**Плазма крови** - надосадочная жидкость после центрифугирования цельной крови с **добавленными к ней антикоагулянтами** (цитратная кровь, гепаринизированная кровь).

*В отличие от плазмы в сыворотке нет ряда плазменных факторов свёртывания крови (I — фибриноген, II — протромбин, V — проакцелерин и VIII — антигемофилический фактор).*

# Плазма крови

- 90-91% веса плазмы – вода
- 9-10% - сухое вещество, состоящее из белков (7-8 %) и других органических соединений и минеральных солей (2-3 %).

**90%** общего количества белков плазмы – приходится на долю **10** белков (главные), **10%** - более **100** белков (минорные или следовые).

**Молекулярная масса белков плазмы:**  
**44 000 - 1300000 Д.**

**Размеры молекул белков: 1 - 100 нм.**

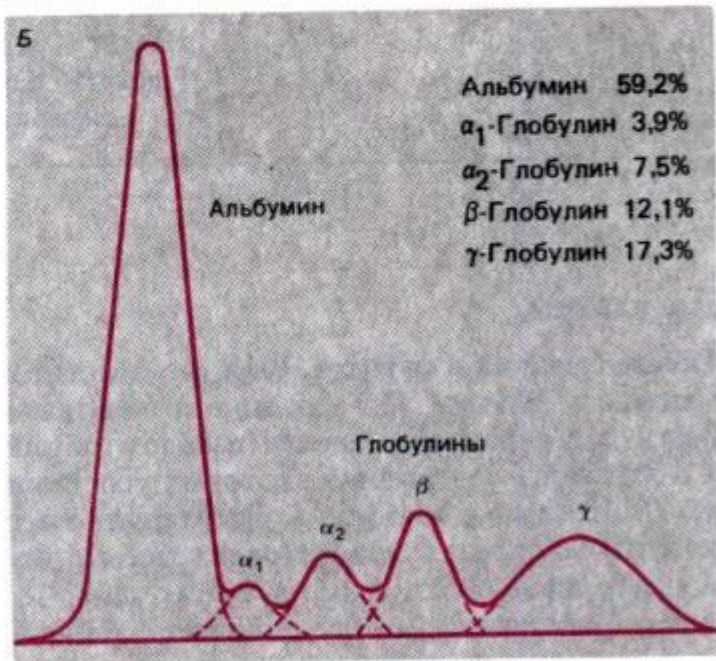
**Содержание альбуминов 4,5%,  
глобулинов 2-3%,  
фибриногена 0,2-0,4%.**

***Качественный и количественный состав белков плазмы зависит от пола, особенностей питания, характера работы.***

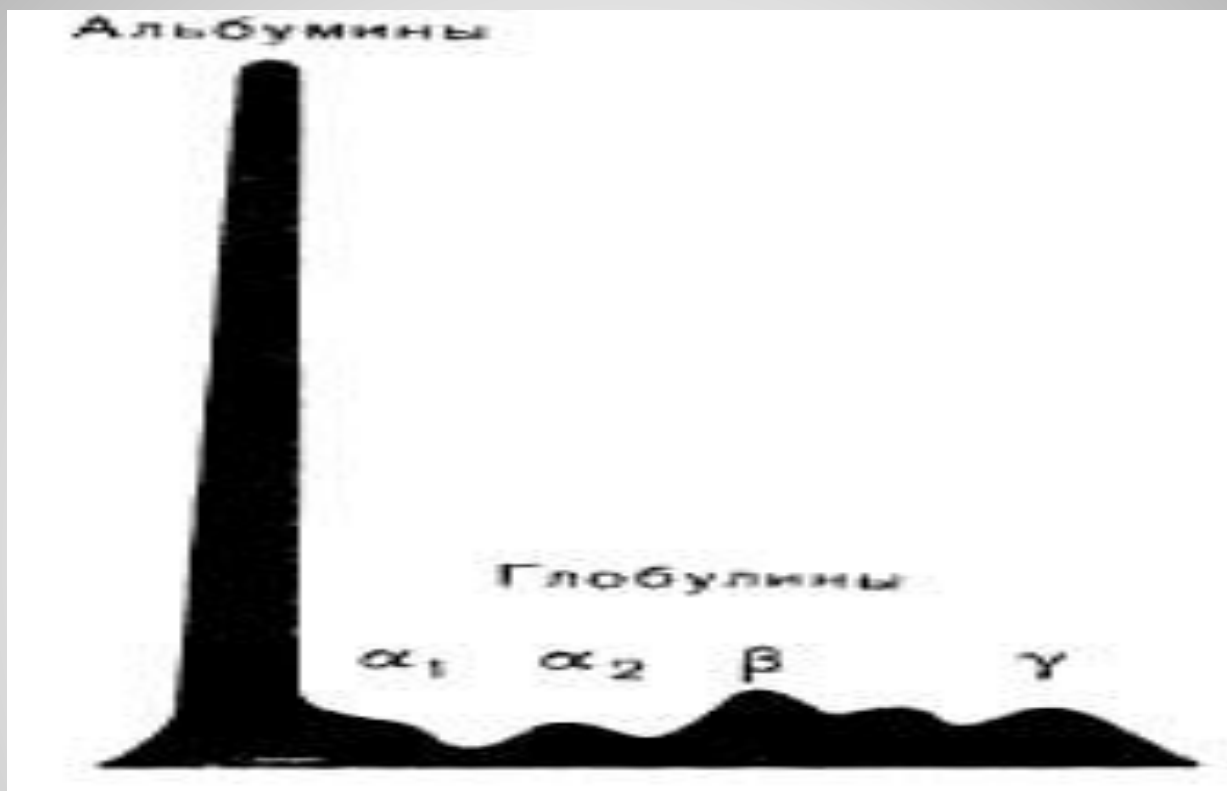
# Электрофореграмма сыворотки крови человека.



## А. Схема прибора для электрофореза на бумаге



Окрашенные полосы на бумажной ленте (Б) соответствуют зубцам на фотометрической кривой, отражающим указанное процентное содержание фракций разных белков.



## **Белки плазмы крови.**

Всего их известно около 200. Общее содержание белков равно 65 – 85 г/л. Из них альбумины составляют 38 – 50 г/л, глобулины – 20 – 30 г/л и фибриноген – 2 – 4 г/л.

# **ФУНКЦИИ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ**

- **Обеспечение вязкости крови (АД, АСК)**
- **Обеспечение онкотического давления**
- **Транспорт жиров, гормонов, металлов**
- **Обеспечение буферных свойств**
- **Нутритивная функция**
- **Гемостатическая функция**
- **Иммунологическая функция**
- **Ферментативно-метаболическая**

## Функциональная классификация.

- 1. *Белки системы свёртывания крови* (коагулянты и антикоагулянты). Обеспечивают равновесие между процессами формирования и разрушения тромба.
- 2. *Белки, участвующие в иммунных реакциях.* (Ig и белки системы комплемента). Белки комплемента (C1–C9) участвуют в неспецифической защите клеток хозяина и инициируют реакции воспаления.
- 3. *Транспортные белки* — трансферрин (железо), альбумины (жирные кислоты), аполипопротеины (холестерин), гаптоглобин (Hb), церулоплазмин (медь), транскортин (кортизол), транскобаламины (витамин **B12**) .



# БЕЛКИ ПЛАЗМЫ

Белки	Концентрация г/л	Основные функции
Альбумин	35-40	Онкотическое давление, транспорт $\text{Ca}^{2+}$ , жирных кислот и других липофильных веществ
$\alpha_1$ -глобулины	3-6	Транспорт липидов, тироксина, гормонов коры надпочечников. Ингибитор трипсина и химотрипсина
$\alpha_2$ -глобулины	4-9	Ингибитор пламина. Связывание свободного гемоглобина
$\beta$ -глобулины	6-11	Транспорт липидов, железа. Белки системы комплемента
$\gamma$ -глобулины	13-17	Циркулирующие антитела
Фибриноген	30	Свертывание крови, агрегация тромбоцитов
Протромбин	1	Свертывание крови

# Иммунологическая функция белков

## ( $\gamma$ -глобулины, иммуноглобулины, антитела):

- Ig G - составляет основное количество сывороточных иммуноглобулинов (~80%; 9-18 г/л). Связывают токсины, усиливают фагоцитарную активность, вызывают агглютинацию бактерий и вирусов, активируют систему комплемент. Единственный класс Ig способный проникать через плаценту, обеспечивая пассивный иммунитет плода, а т.ж. отвечает за Резус-конфликт.
- Ig M – синтезируются в первую очередь при первичном иммунном ответе. Определяют ответ на кишечные инфекции, принадлежность к группе крови ( $\alpha$  и  $\beta$ -агглютинины). Принимают участие в нейтрализации токсинов, опсонизации, агглютинации. К этому классу относится большая часть нормальных антител.

- **Ig A – Делятся на 2 разновидности сывороточные и секреторные. Сывороточные находятся в крови, секреторные – в слизистых секретах (пищеварительная система, дыхательная система, мочеполовая и т.д.). Нейтрализуют токсины, вирусы, микроорганизмы. Концентрация сывороточных Ig A – 1,5-4,5 г/л.**
- **Ig E – Их мишенью являются базофилы и тучные клетки. Образующиеся с их участием иммунные комплексы, вызывают дегрануляцию этих клеток. Их содержание возрастает при аллергических заболеваниях (бронхиальная астма, вазомоторный ринит, гельминтозы и т.д.).**
- **Ig D – Представляют собой антитела, локализующиеся на мембране плазматических клеток. Предполагают их участие в аутоиммунных процессах.**

## **Небелковые вещества плазмы: азотсодержащие и безазотистые.**

Азотсодержащие компоненты плазмы - это

- промежуточные продукты обмена белка (мочевина, мочева к-та, креатин, креатинин),
- аминокислоты, всасывающиеся в ЖКТ.

Азот, содержащийся в этих соединениях, называется остаточным. – 30-40 мг%(14,3-28,6 ммоль\л).

Мочевина - 10-20 мг%.

Мочевой кислоты - 0,6-1,6 мг%.

Азот аминокислот - 4-8 мг%.

*Содержание остаточного азота увеличивается при недостаточности почек, нарушении оттока мочи по мочевыводящим путям, неукротимой рвоте и др.*

## Безазотистые компоненты плазмы :

### Органические:

глюкоза (4,4-6,7 ммоль/л),  
нейтральные жиры и липоиды,  
органические кислоты - *молочная, лимонная,  
пировиноградная и др.*

### Неорганические: В ОСНОВНОМ

катионы  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$   
и анионы  $Cl^-$ ,  $НРО_4^{2-}$ ,  $НСО_3^-$ .  
*более 30 минеральных солей.*

# Кровезамещающие растворы

Применяются для лечения шока, кровопотери, анемии, гнойно-септических и других заболеваний.

## Функции кровезаменителей:

- 1) заполнение кровяного русла, что обеспечивает поддержание постоянного давления в нем;
- 2) перенос питательных веществ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ;
- 3) удаление из организма токсических веществ различного происхождения.

# Кровезаменители

## Солевые:

- изотонический раствор NaCl
- раствор Рингера (содержит NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub>)
- раствор Рингера-Локка (то же + глюкоза и кислород)
- раствор Тироде (то же + MgCl<sub>2</sub> и NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)

## Коллоидные:

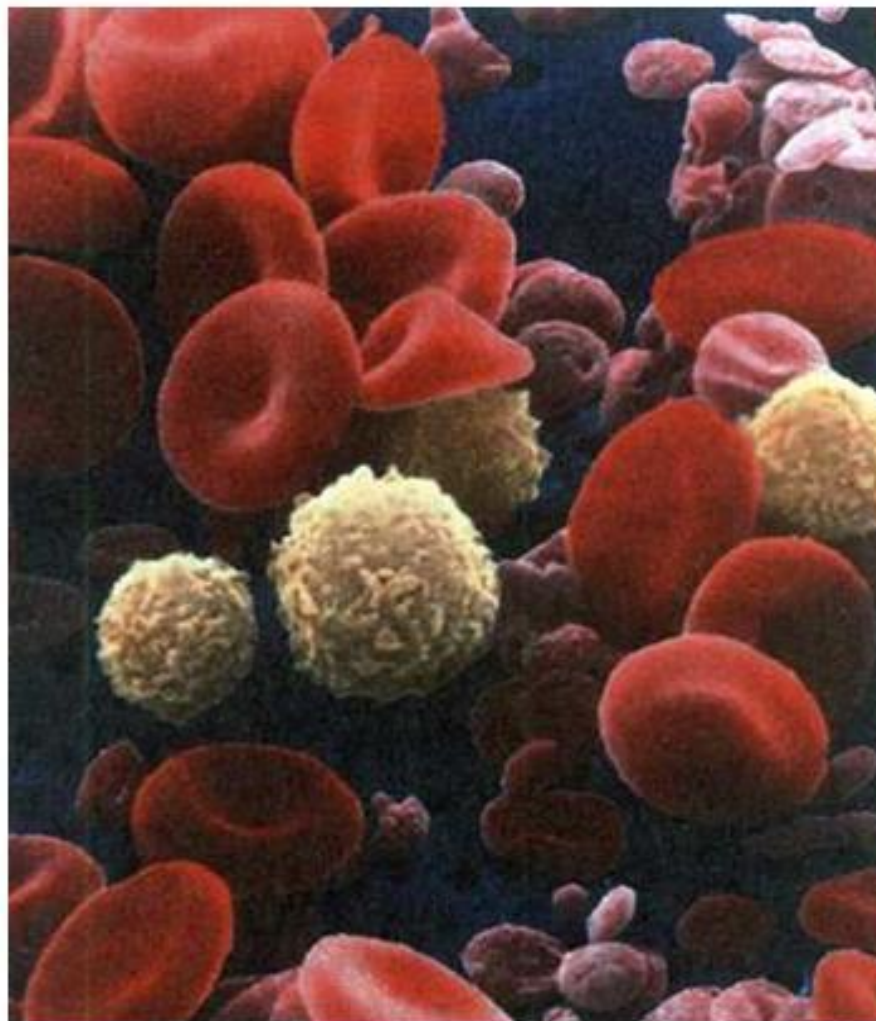
- желатиноль
- гемодез
- реополиглюкин
- перфторан.

# Требования к идеальному кровезаменителю

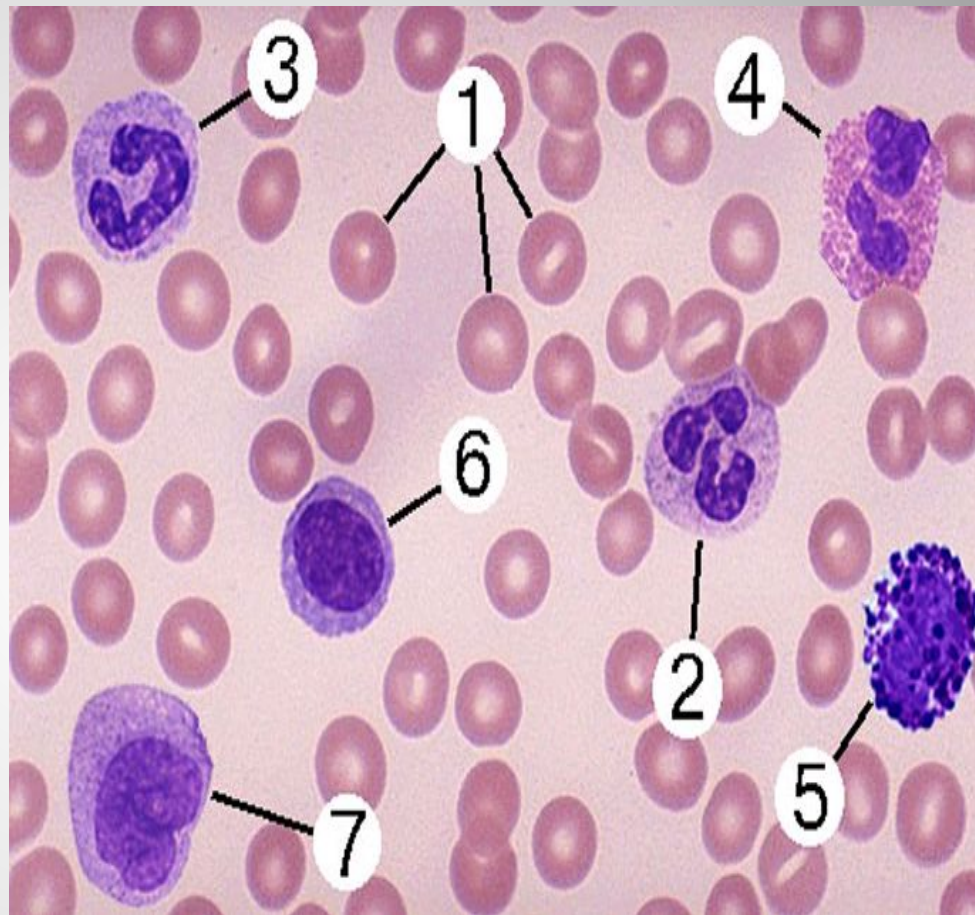
- Изоиония-*одинаковый с плазмой состав ионов.*
- Эквилибрированность (экви - от лат. aequus - соразмерный)
- Изотония-*одинаковое с плазмой  $R_{осм}$*
- Наличие буферной емкости
- Содержание питательных веществ
- Газотранспортные свойства.
- Достаточно высокий молекулярный вес- *чтобы длительно удерживаться в кровеносном русле*
- Полное выведение из организма или метаболи-ческая нейтрализация
- Отсутствие анафилактичности
- Нетоксичность, апиrogenность.



**Эритроциты (красные), лейкоциты (белые) и тромбоциты (розовые).**



- 1 — эритроциты;
- 2 — нейтрофил  
сегментоядерный;
- 3 — нейтрофил  
палочкоядерный;
- 4 — эозинофил;
- 5 — базофил;
- 6 — лимфоцит;
- 7 — моноцит.

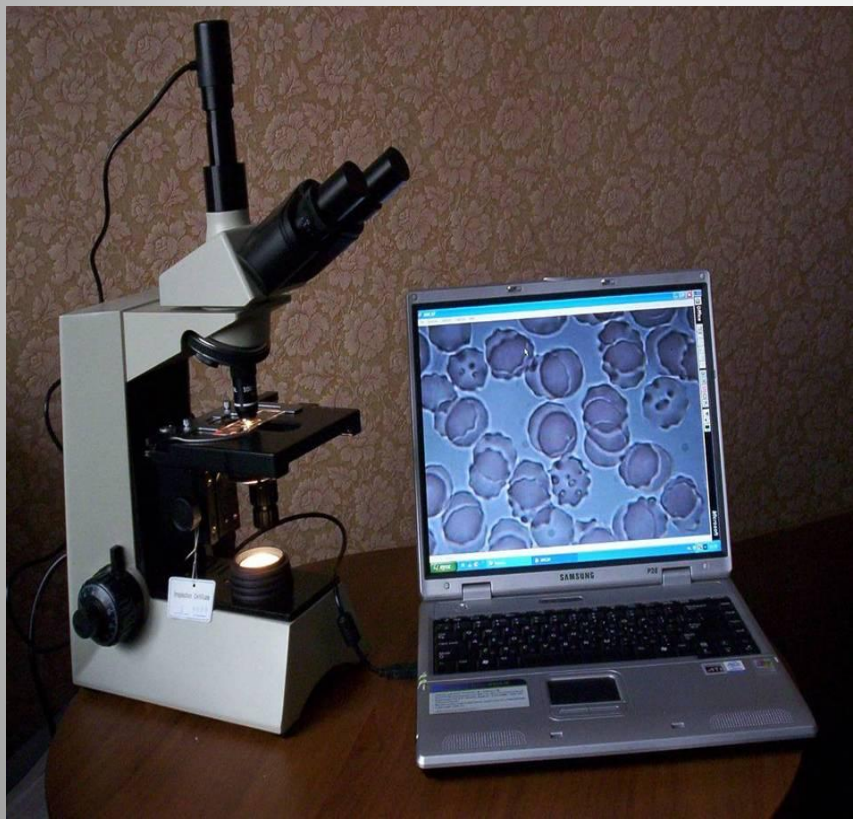


## Мазок крови

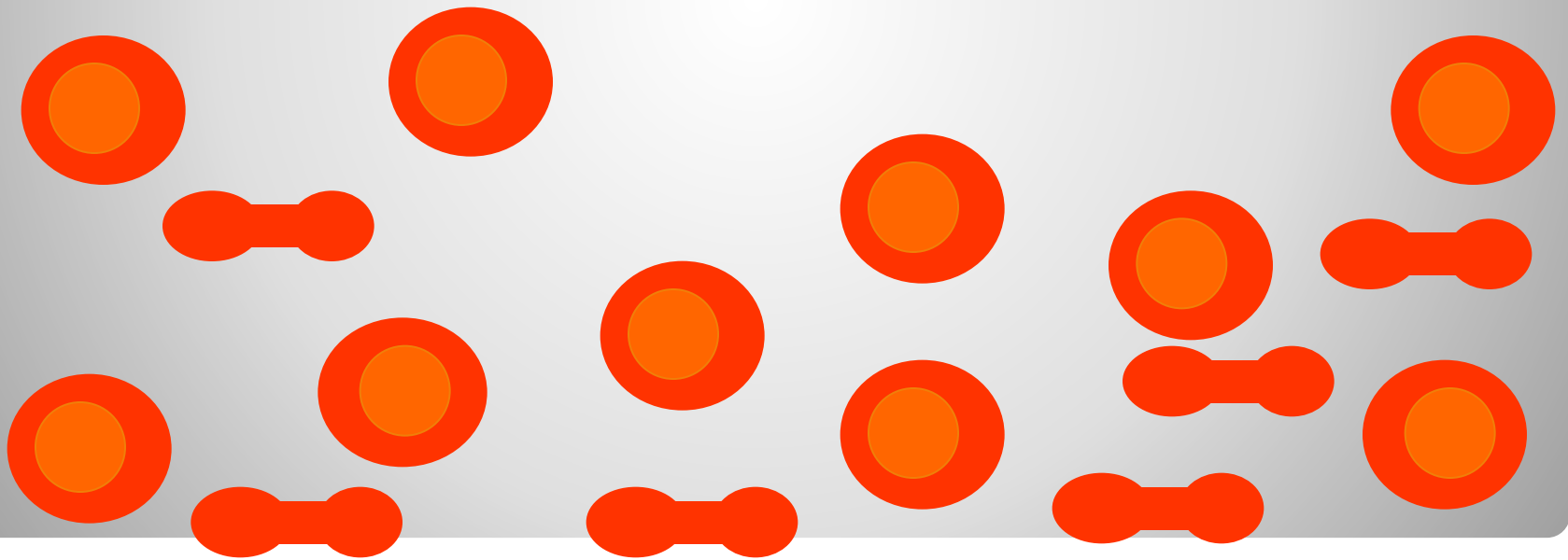
*Окраска по Романовскому–Гимзе.*

# гемосканирование

Порой на мониторе можно наблюдать настоящие сериалы, разворачивающиеся в крови человека. Пациент видит, как, например, лямблия притягивает к себе эритроциты..один, второй, пытается присоской зацепить и третий, а затем вытягивает из них питательные вещества. Эритроциты на глазах бледнеют.



# ЭРИТРОЦИТЫ И ИХ ФУНКЦИИ



## Эритроциты

Количество в 1 л	у женщин $3,7-4,7 \times 10^{12}$ у мужчин $3,9-5,1 \times 10^{12}$
Общее содержание	25 триллионов
Место образования	Красный костный мозг,
Место разрушения	Селезенка, печень, костный мозг, другие ткани
Продолжительность жизни	120 дней
Форма	Двояковогнутый диск
Диаметр	7,2-7,5 мкм
Ядро	нет

# **Изменение состава красной крови под влиянием различных факторов:**

- 1. Сезонные и климатические факторы.**
- 2. Нервно-психические факторы.**
- 3. Физическая нагрузка.**
- 4. Влияние парциального давления кислорода.**
- 5. Влияние менструаций и беременности.**

- **ЭРИТРОЦИТОЗ** - увеличение количества эритроцитов.

Физиологический эритроцитоз - при стрессе и высотной гипоксии.

- **ЭРИТРОПЕНИЯ** - уменьшение количества эритроцитов, бывает при беременности, частый спутник анемии.

# Эритроцитоз

## Абсолютный

1. При снижении барометрического давления

2. У больных с хроническими заболеваниями легких и сердца

## Относительный

1. При сгущении крови (при обильном потоотделении, ожогах, холере, дизентерии)

2. При выбросе эритроцитов из селезенки (при тяжелой мышечной работе)



# Эритропения

## Абсолютная

1. Снижение образования эритроцитов

2. Усиление их разрушения

3. После кровопотери

## Относительная

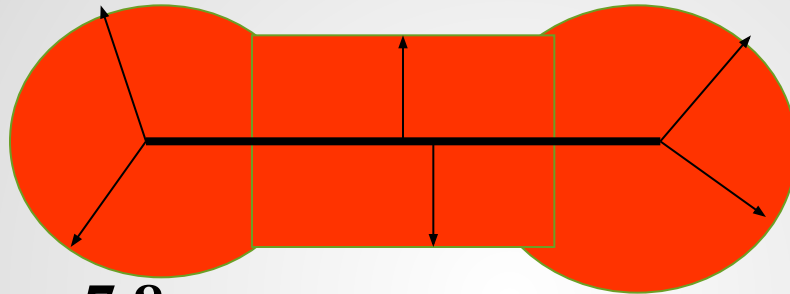
При разжижении крови

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА КРАСНОЙ КРОВИ:

*Ложный эритроцитоз* или *эритропения* чаще возникают за счет перераспределения жидкости в системе кровь – ткани или выброса клеток из кровяных депо.

*Истинный эритроцитоз* или *эритропения* – возникают в результате изменения функций органов кроветворения или кроверазрушения.

# СТРОЕНИЕ И ПАРАМЕТРЫ ЭРИТРОЦИТОВ



- Диаметр - 7,8 мкм
- Толщина(тонкая часть) - 0,81 мкм
- Толщина(толстая часть) - 2,6 мкм
- Площадь поверхности - 135 мкм<sup>2</sup>
- Объем - 90 мкм<sup>3</sup>
- Белки цитоплазмы - 95% гемоглобин
- Продолжительность жизни - 60-120 сут.

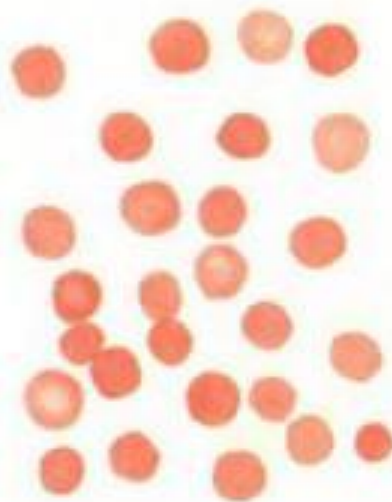
# ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ

- **Отсутствие ядра** - обеспечивает оптимальное размещение гемоглобина внутри эритроцита.
- **Двояковогнутая (гантелеобразная) дисковидная форма** создает: условия для равномерного достижения кислородом Hb с разных точек поверхности; увеличивает площадь поверхности, при взаимодействии с газами и веществами плазмы, увеличивает способность к обратимой деформации при прохождении через узкие и изогнутые капилляры.
- **Отсутствие митохондрий** также способствует созданию оптимальных условий для размещения Hb и обеспечивает максимальную сохранность запаса кислорода Hb. В связи с этим же метаболизм у эритроцитов - анаэробного типа.
- **Гликопротеиды мембраны** содержат высокое количество сиаловых кислот, что обеспечивает электроотрицательный заряд эритроцитов и их взаимное отталкивание друг от друга и от стенки сосудов.

# Нормальные и патологические эритроциты



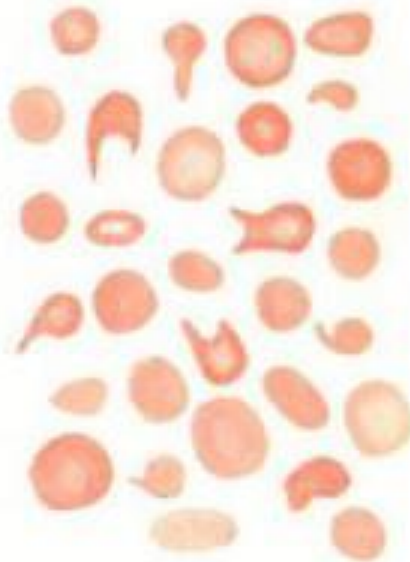
а



б



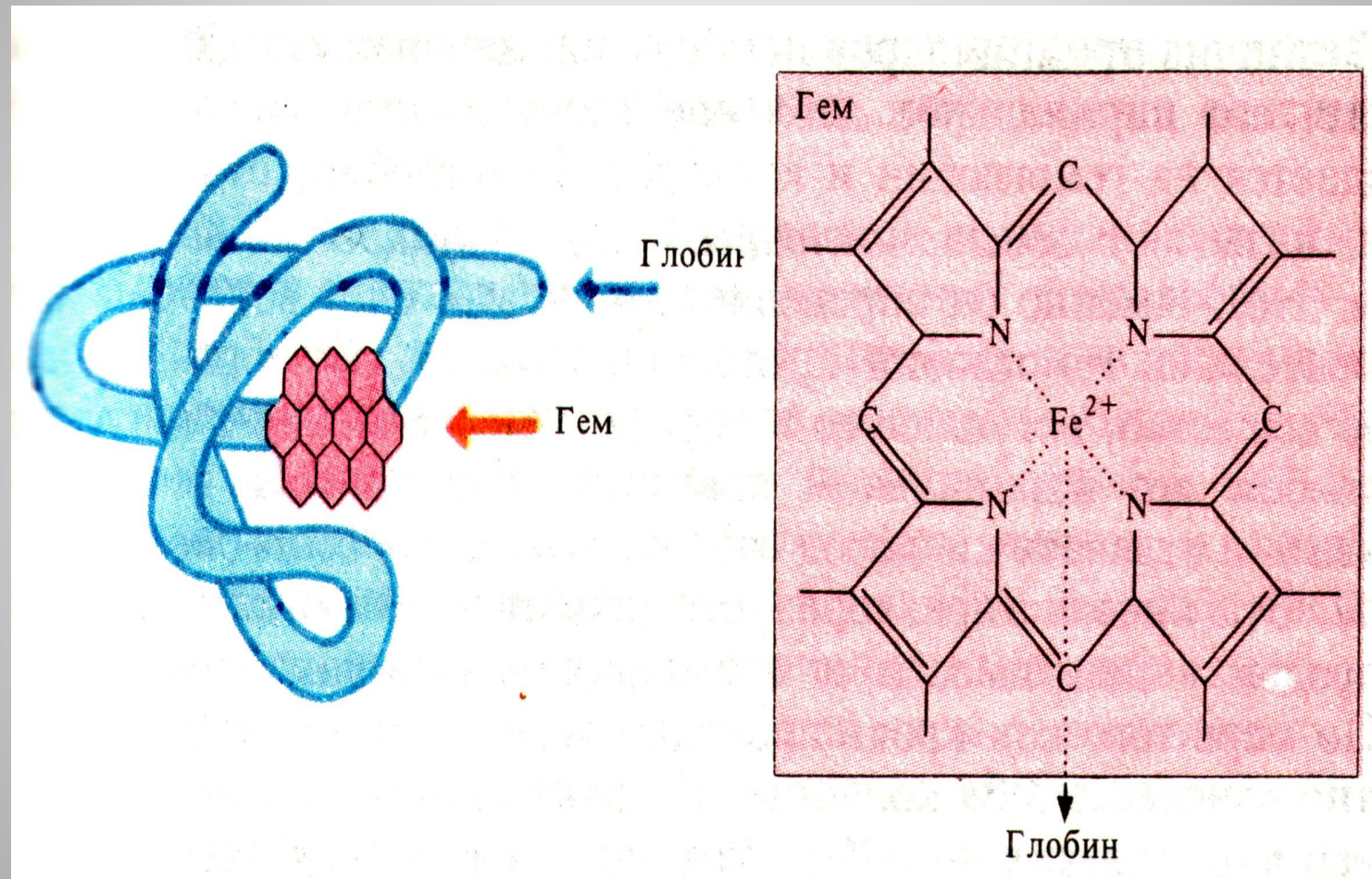
в



г

а – нормальные  
эритроциты  
б – мегалоциты  
в – микросфероциты  
г – пойкилоциты,  
анизоциты,  
макроциты,  
микроциты,

# Гемоглобин



# Содержание Hb

Идеальным является содержание Hb –  
167 г/л – 100%

У мужчин – 145-150 г/л,

У женщин – 120-140 г/л,

У новорожденных – 180-210 г/л

У Беременных физиологическая анемия –  
норма до 110 г/л

# Типы гемоглобина

1. Эмбриональный Hb (HbP) появляются у 19-дневного эмбриона, присутствуют в эритроидных клетках в первые 3–6 мес. беременности.
2. Фетальный Hb (HbF —  $\alpha_2\gamma_2$ ) появляется на 8–36 недель беременности и составляет 90–95% всего Hb плода. После рождения его количество постепенно снижается и к 8 мес. составляет 1%.
3. Дефинитивный Hb — Hb A взрослого человека (96–98%).

HbA<sub>2</sub> ( минорный Hb -  $\alpha_2\delta_2$ ) — 1,5-2%,

Разные типы Hb отличаются не только строением, но и сродством к кислороду:

HbP > HbF > HbA



# Соединения гемоглобина

1. Восстановленный Hb (HbH) образуется после диссоциации  $\text{HbO}_2$ , поэтому его называют дезоксигенированным Hb.
2. Оксигемоглобин ( $\text{HbO}_2$ ) легко диссоциирует, а  $\text{HbO}_2$  становится дезоксигенированным Hb. Для ассоциации и диссоциации  $\text{O}_2$  необходимо, чтобы атом железа гема был в восстановленном состоянии ( $\text{Fe}^{2+}$ ).
3. Карбаминогемоглобин (карбгемоглобин) – соединение гемоглобина с  $\text{CO}_2$

4. Гликолизированный Hb (HbA<sub>1</sub>C) — HbA<sub>1</sub>, модифицированный ковалентным присоединением к нему глюкозы (норма HbA<sub>1</sub>C 4–5,9%). Этот Hb имеет худшее сродство к кислороду, чем обычный Hb. (один из первых признаков сахарного диабета -увеличение в 2–3 раза HbA<sub>1</sub>C).

# Патологические соединения гемоглобина:

1. **Карбоксигемоглобин (HbCO)** – с угарным газом. Сродство гемоглобина к этому газу выше, чем к кислороду. Поэтому присутствие даже 0,1% CO в воздухе приводит к превращению 80% Hb в HbCO. Последний не способен присоединять кислород, что опасно для жизни. Помощь – вдыхание чистого кислорода.
2. **Метгемоглобин** – окисленный гемоглобин (железо становится трехвалентным). Образуется при воздействии сильных окислителей (нитриты (селитра), перманганат калия, анилин и др.).

# ГЕМОЛИЗ - процесс разрушения оболочки эритроцитов и выход гемоглобина в плазму крови.

## ВИДЫ ГЕМОЛИЗА.

- **Осмотический** - может возникнуть в гипотонической среде. Концентрация раствора NaCl, при которой начинается гемолиз (0,4 до 0,34%), носит название осмотической резистентности эритроцитов,
- **Химический**- может быть вызван хим. веществами (хлороформом, эфиром), разрушающими белково-липидную оболочку эритроцитов.
- **Биологический** - встречается при действии ядов змей, насекомых, микроорганизмов, при переливании несовместимой крови.
- **Температурный** - возникает при замораживании и размораживании крови в результате разрушения оболочки эритроцитов кристалликами льда.
- **Механический** - при сильных механических воздействиях на кровь, например встряхивании ампулы с кровью.

# ГЕМОЛИЗ

**Внутрисосудистый**  
(10-20% эритроцитов)

содержимое клетки  
выходит в плазму;  
димеры Hb связываются  
гаптоглобином и  
транспортируются в  
печень для разрушения.

**Внесосудистый**  
(80-90% эритроцитов)

эритроциты захватываются  
макрофагами селезенки,  
купферовскими клетками,  
макрофагами костного мозга.  
За сутки утилизируется 6-8 г  
гемоглобина.  
Гем превращается в желчный  
фермент билирубин.

# Гемолиз

1. Осмотический гемолиз
2. Биологический гемолиз
3. Механический гемолиз
4. Термический гемолиз
5. Иммунный гемолиз

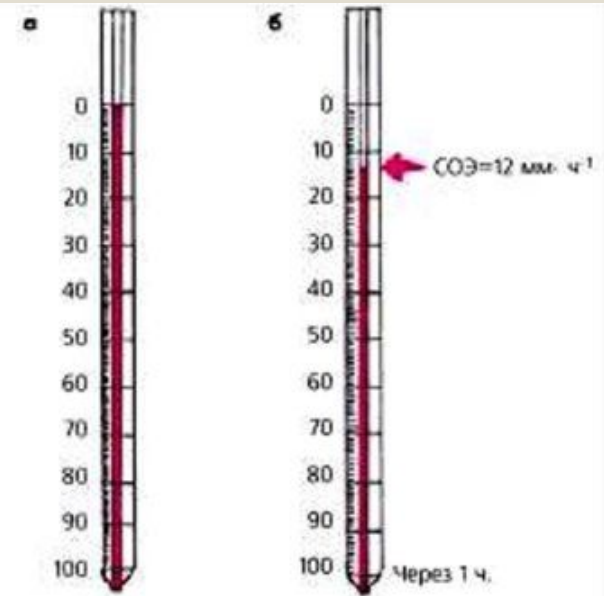
## Суспензионная стабильность эритроцитов (СОЭ)

**Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)** - мера оценки суспензионной устойчивости эритроцитов

В основе – седиментация (оседание) Э. в пробирке с цитратной кровью

Степень седиментации – результат баланса ряда факторов

- **проседиментационных** (белки, преимущественно фибриноген)
- **антиседиментационных** - отрицательный заряд мембраны Э. (дзета-потенциал)
  - его уменьшение → агрегация Э. - их оседание.



Измерение СОЭ - в капиллярных пипетках :

- 1 час - отстаивание,
- высота столбика плазмы над Э. в мм - СОЭ
- норма 2–15 мм/ч, (муж. 1 - 10 мм/ч, жен. 2 - 15 мм/ч)

# Функции Эритроцитов :

- 1) основной функцией является дыхательная – перенос кислорода от альвеол легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) регуляция pH крови благодаря одной из мощнейших буферных систем крови – гемоглобиновой;
- 3) питательная – перенос на своей поверхности аминокислот от органов пищеварения к клеткам организма;
- 4) защитная – адсорбция на своей поверхности токсических веществ;



## Функции Эритроцитов :

- 5) участие в процессе свертывания крови за счет содержания факторов свертывающей и противосвертывающей систем крови;
- 6) эритроциты являются носителями разнообразных ферментов (холинэстераза, угольная ангидраза, фосфатаза) и витаминов (В1, В2, В6, аскорбиновая кислота);
- 7) эритроциты несут в себе групповые признаки крови.

# Лейкоциты

Количество в 1 л	$4-9 \times 10^9$
Общее содержание	0,03 триллиона
Место образования	Красный костный мозг, а для лимфоцитов - еще и лимф. узлы, селезенка, лимфоидная ткань кишечника и миндалин
Место разрушения	во многих тканях
Продолжительность жизни	от нескольких часов до нескольких дней и лет (лимфоциты)
Форма	Сферическая, изменяется при активном передвижении
Диаметр	В зависимости от вида 4,5-20,0 мкм
Ядро	+

# Лейкоцитарная формула здорового человека (в %)

**Гранулоциты**

**Агранулоциты**

**Нейтрофилы**

юные Палочко- Сегменто-  
ядерные ядерные

Базофилы

Эозинофилы

Лимфоциты

Моноциты

0 – 1

1 – 6

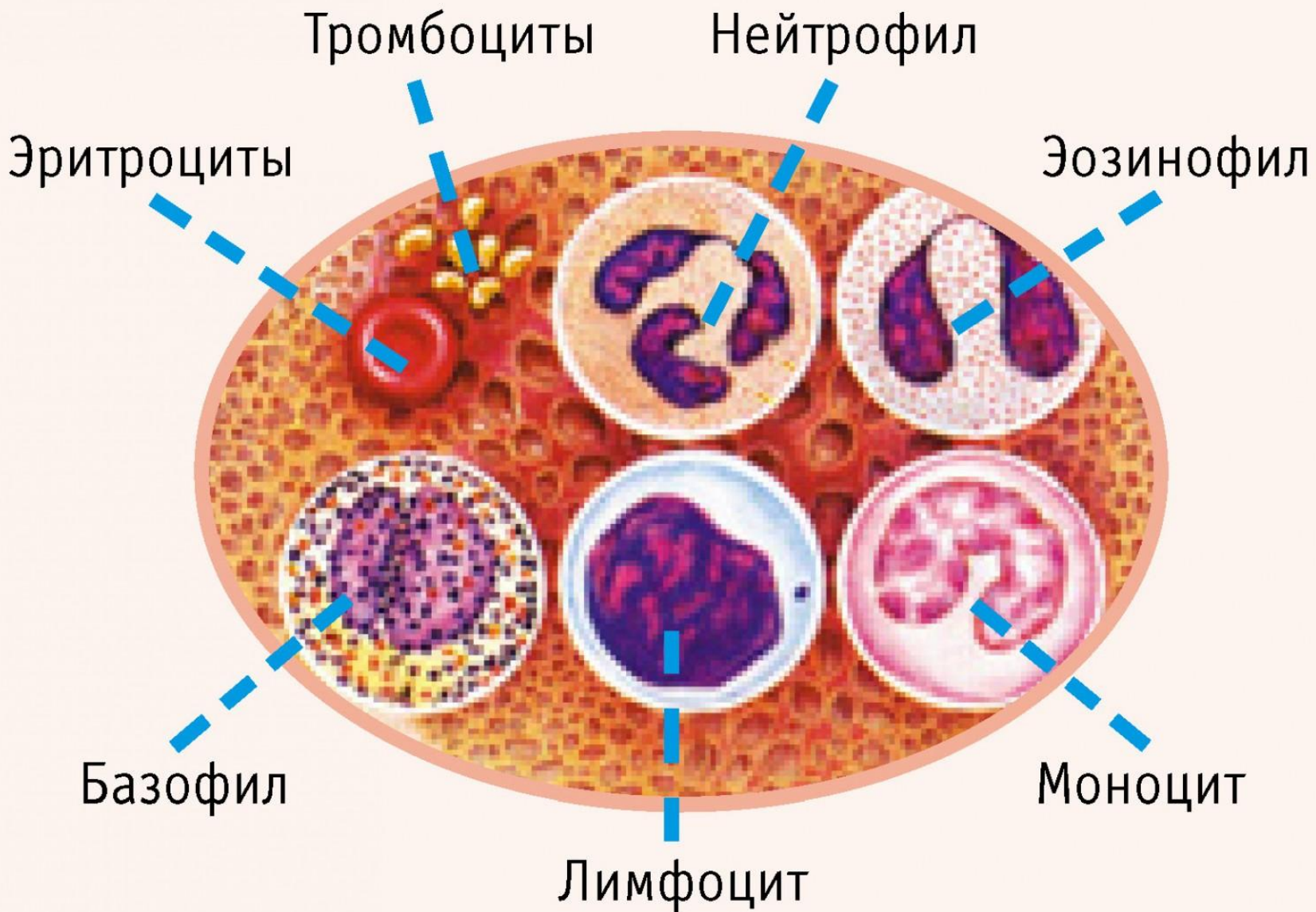
45 – 70

0 – 1

1 – 5

18 – 40

2 – 9



## ЛЕЙКОЦИТАРНАЯ ФОРМУЛА

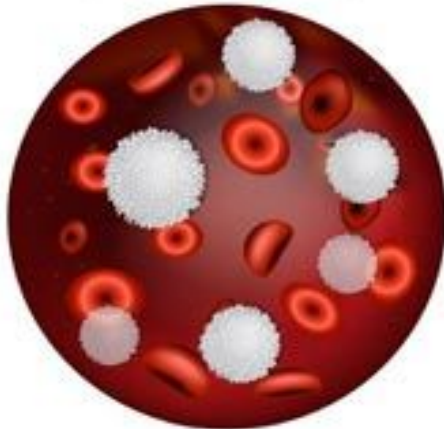
Цель исследования лейкоцитарной формулы:

- оценить состояние иммунитета
- диагностика и дифференциальная диагностика лейкозов
- определить стадию и тяжесть инфекционного заболевания
- диагностика аллергических реакций и паразитарных инвазий и оценка их тяжести (количество эозинофилов)
- дифференциальная диагностика вирусных и бактериальных инфекций

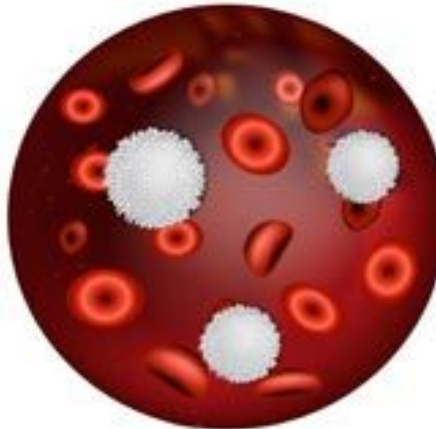
**Диагностическое значение лейкоцитарной формулы заключается в том, что она дает представление о тяжести заболевания и эффективности проводимого лечения**

# Количество лейкоцитов

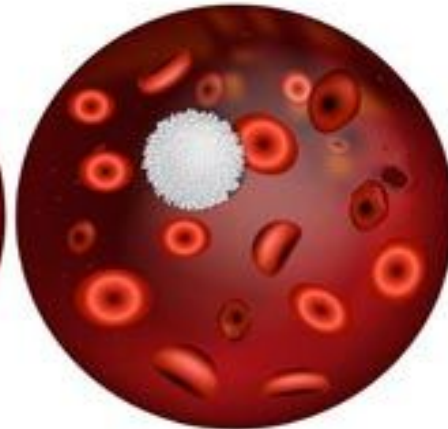
Лейкоцитоз



Норма



Лейкопения



**Физиологический**  
- Пищеварительный  
- Миогенный  
- При беременности

**Патологический**  
- При инфекционных заболеваниях

**Физиологическая**  
- При глубоком сне  
- Голодании

**Патологическая**  
- При лучевой болезни

# Тромбоциты

Количество в 1 л	$200-400 \times 10^9$
Продолжительность жизни	8-12 суток
Количество, погибающее за сутки	250 миллиардов
Место образования	Красный костный мозг
Место разрушения	в клетках системы макрофагов





## **Свойства тромбоцитов:**

1. амебовидная подвижность
2. фагоцитоз
3. прилипание к чужеродной поверхности и склеивание между собой
4. легкая разрушаемость
5. выделение и поглощение БАВ: серотонин, адреналин, норадреналин
6. содержат в себе специфические соединения для свертывания крови

## **Функции тромбоцитов:**

1. Активное участие в образовании тромба
2. Участие в остановке кровотечения (гемостаз)
3. Защитная за счет склеивания микробов (агглютинация)
4. Выработка ферментов для остановки кровотечения
5. Транспорт креативных веществ, сохраняющих структуру сосудистой стенки
6. Оказывают влияние на состояние гистогематических барьеров между кровью и тканевой жидкостью путем изменения проницаемости стенок капилляров

## ФУНКЦИИ ТРОМБОЦИТОВ

- ◆ Гемостатическая (адгезия и агрегация, ведущие к образованию тромба в сосудах микроциркуляции)
- ◆ Ангиотрофическая (влияют на структуру и состояние сосудов микроциркуляторного русла, питая эндотелиальные клетки капилляров)
- ◆ Регуляция сосудистого тонуса (выделение вазоконстрикторов: серотонин в гранулах тромбоцитов и др.)
- ◆ Источник тромбоцитарных факторов свертывания крови
- ◆ Источник тромбоксана  $A_2$ , вызывающего агрегацию тромбоцитов и спазм кровеносных сосудов
- ◆ Инициирование репаративных процессов

# Тромбоцитарные заболевания включают:

1. Аномальное увеличение тромбоцитов (тромбоцитемия и реактивный тромбоцитоз)
2. Уменьшение тромбоцитов (тромбоцитопения)
3. Тромбоцитарную дисфункцию

Любое из этих условий, даже те, при которых тромбоциты увеличиваются, может вызвать неправильное строение гемостатической пробки и кровотечение.

<b>Тромбоцитопения</b>	<b>PLT</b>	<b>Симптомы</b>
<b>Незначительная</b>	<b>149 - 100</b> x10 <sup>9</sup> /л	Проявлений нет
<b>1 степень лёгкая</b>	<b>99 - 50</b> x10 <sup>9</sup> /л	<b>Синдром лёгкой кровоточивости:</b> синяки при незначительных ушибах, точечные кровоизлияния (кожные геморрагии) при трущей тело одежде, на месте сдавления резинкой. Склонность к носовым кровотечениям, долгим менструациям. Удлиняется (>5 мин) время кровотечения (во время незначительных порезов, удаления зуба и т.п.)
<b>2 степень средней тяжести</b>	<b>50 - 30</b> x10 <sup>9</sup> /л	Кровоточивость нарастает.
<b>3 степень тяжёлая</b>	<b>&lt;20 - 30</b> x10 <sup>9</sup> /л	<b>Геморрагический синдром:</b> петехии (красные, фиолетовые пятна на коже). Возможны кровотечения из дёсен, носа, матки, желудочно-кишечные, почечные. Спонтанные кровоизлияния в слизистые, в конъюнктиву. Опасность кровоизлияния в мозг. Время кровотечения значительно удлинено.



## Петехии (твёрдого нёба) при иммунной тромбоцитопении

Петехии – это небольшие красные пятна, которые видны на нёбе этого пациента.

Фотобанк д-ра P.MARAZZI/SCIENCE PHOTO LIBRARY

РАСШИФРОВКА АНГЛИЙСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

WBC - лейкоциты  
RBC - эритроциты  
HGB - гемоглобин  
HCT - гематокрит  
PLT - тромбоциты

Эритроцитарные индексы (MCV, MCH, MCHC):

MCV — средний корпускулярный объем эритроцита  
MCH — Цветной показатель крови  
MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците норма 320—370 г/л,

Тромбоцитарные индексы (MPV, PDW, PCT):

Примечание:

# абсолютное содержание  
% относительное содержание

Лейкоцитарные индексы:

LYM% (LY%)- лимфоциты.  
MXD% - смесь моноцитов, базофилов и эозинофилов, норма 5 – 10%,  
MXD# — норма 0,2-0,8 x 10<sup>9</sup>/л.  
NEUT%, NEUT# нейтрофилы.  
MON#, MON моноциты  
EO# ,EO% —эозинофилы.  
BA#,BA% — базофилы.  
IMM# , IMM% — незрелых гранулоцитов.  
ATL# ,ATL% — атипичные лимфоциты.  
GR# , GR% —гранулоциты.

Эритроцитарные индексы:

RBC/HCT, HGB/RBC, HGB/HCT, RDW,RDW-SD, RDW-CV, P-LCR,  
ESR (СОЭ) (скорость оседания эритроцитов)

Из стандартного бланка анализа можно узнать какими должны быть нормальные показатели анализа крови, но этого часто бывает недостаточно для определения патологии. Важно знать, как именно превышение или падение показателя сказывается на физиологии организма. Важно помнить, что кроме стандартных данных анализа крови для взрослых мужчин и женщин есть ещё самостоятельные показатели и варианты нормы для детей, причем в каждом возрасте отдельно, для беременных, для людей преклонного возраста

Кровь знает больше человека и помнит  
сокровенные тайны мироздания.

