

# Физиология крови

# Система крови

Г.Ф. Ланг

система крови – совокупность органов кроветворения, периферической крови, органов кроверазрушения и аппарата нейрогуморальной регуляции.

**Георгий Фёдорович Ланг**

(16 [\(28\) июля 1875](#), [Санкт-Петербург](#) — [24 июля 1948](#), [Ленинград](#)) — советский врач-терапевт, [академик АМН СССР \(1945\)](#), [ректор 1-го Ленинградского медицинского института](#), основатель и главный [редактор](#) журнала «[Терапевтический архив](#)». Автор более ста научных трудов и публикаций.



# СИСТЕМА КРОВИ



*оптимальное содержание в единице объёма крови форменных элементов и компонентов крови*

- Система крови является жизненно важной для организма человека. Это динамичная система, четко реагирующая на экзогенные и эндогенные воздействия на организм и отвечающая своеобразными реакциями на возникающие в нем изменения.
- Все органы и ткани системы крови объединяет их происхождение из мезенхимы. В эмбриональном периоде печень (с 8-й недели), селезенка и костный мозг (с 16-й недели) обладают кроветворной функцией .
- Система крови обеспечивает деятельность всех органов человека с помощью циркулирующей крови и её состава.

- в 1658 году голландский натуралист Ян Сваммердам с помощью примитивных микроскопов того времени увидел в крови крошечные тельца, названные позже эритроцитами за их красноватый цвет.

- Ян Сваммердам ([нидерл. Jan Swammerdam](#); 12 февраля 1637 года, [Амстердам](#) — 17 февраля 1680 года, там же) — [голландский натуралист](#), знаменитый микроскопист и анатом, энтомолог и биолог, апиолог.



# Функции крови

1. Питательная
2. Дыхательная
3. Гуморальная
4. Выделительная
5. Защитная
6. Терморегуляторная
7. Гомеостатическая

# Функции крови

- Транспортная:
  - перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
  - доставка питательных веществ, витаминов, минеральных веществ и воды от органов пищеварения к тканям;
  - удаление из тканей конечных продуктов метаболизма, лишней воды и минеральных солей
  - перенос гормонов, медиаторов.
- Защитная – участие в клеточных и гуморальных механизмах иммунитета, в свертывании крови и остановке кровотечения.
- Регуляторная – регуляция температуры, водно–солевого обмена между кровью и тканями.
- Гомеостатическая – поддержание стабильности показателей гомеостаза: pH, осмотического давления и др.

# ОБЪЕМ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ (ОЦК)

У взрослого человека – около 6-8% веса тела:

у мужчин -  $61,5 \pm 8,6$  мл/кг

у женщин -  $58,9 \pm 4,9$  мл/кг

У новорожденного – 15 %

У годовалого ребенка – 11 %

ОЦК составляет 50-55 % от общего количества крови

Остальные 45-50 % крови депонированы (в основном в виде суспензии эритроцитов):

1. в печени – до 20 %,
2. в селезенке – до 16 %,
3. в коже – до 10 %

ОЦК = 55-50 % - нормоволемия,

ОЦК - больше 55 % - гипervолемия,

ОЦК - меньше 50 % - гиповолемия

# Объем циркулирующей крови (ОЦК)



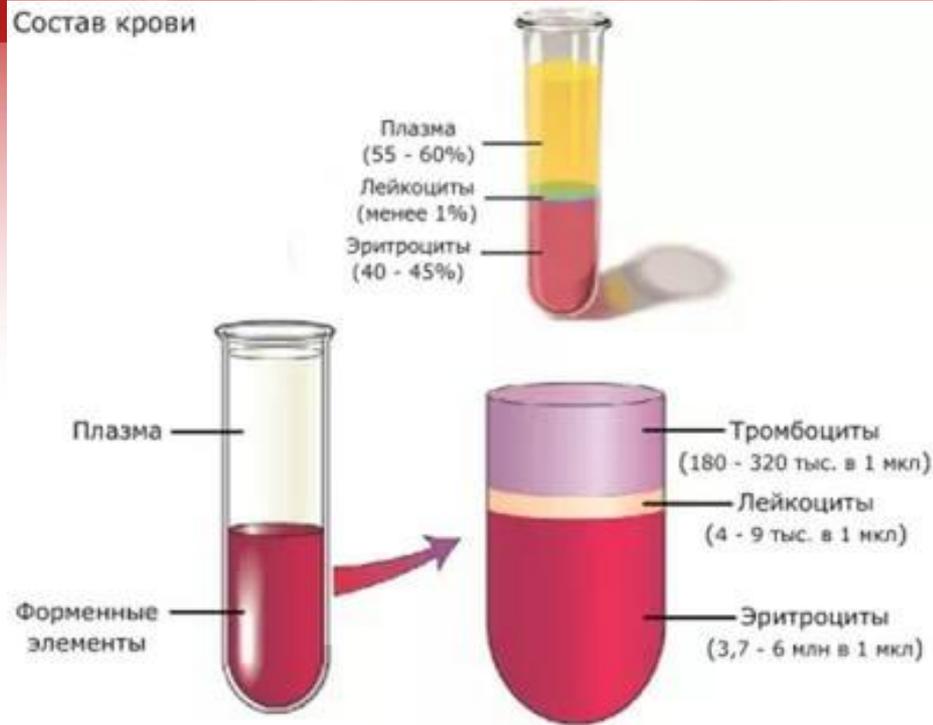
# Общий объём крови

6,5-7% массы тела

- Объём крови в организме здорового человека рассчитывают по поверхности или массе тела.
- У мужчин на  $1 \text{ м}^2$  поверхности - 2,8 литра  
у женщин на  $1 \text{ м}^2$  - 2,4 литра.
- У мужчин на 1 кг массы тела – 75 мл крови  
у женщин - на 1 кг тела - 69 мл.
- Объём плазмы у мужчин -  $1,6 \text{ л/м}^2$ ,  
у женщин -  $1,4 \text{ л/м}^2$ ,  
в среднем - 7% массы тела.
- Объём крови у детей в зависимости от возраста и массы тела –  
 $140 \text{ мл/кг}$  массы - 14,7% от массы тела.

# Состав крови

## Состав крови



**Моноциты** являются самыми большими белыми кровяными клетками. Кровь доставляет их тканям, и клетки прикрепляются к ним.

**Нейтрофилы** - это белые кровяные тельца, которые способствуют защите иммунной системы: они поглощают бактерии.

Тромбоцит

Кровеносный сосуд

Красные кровяные тельца

**Лимфоциты** выполняют несколько функций, которые относятся к иммунной системе. Этих клеток в крови очень мало.

**Плазма крови** - это желтоватая жидкость, которая на 90% состоит из воды. В ней также содержатся белки, витамины и другие растворенные вещества.

# Состав крови

## плазма

- **вода** ( примерно 90 % от массы),
- **белки** (6,5 - 8,5 %) - альбумины, глобулины и фибриноген,
- **липиды** (в составе специальных транспортных мицелл, поверхностный слой которых образован специальными белками),
- низкомолекулярные органические соединения
- промежуточные или конечные продукты обмена веществ,
- различные **неорганические ионы**

## Форменные элементы

- **эритроциты** (красные кровяные тельца) -  $5 \cdot 10^{12}$  /л,
- **лейкоциты** (белые кровяные клетки) -  $6 \cdot 10^9$  /л,
- **тромбоциты** (кровяные пластинки) -  $2,5 \cdot 10^{11}$  /л.

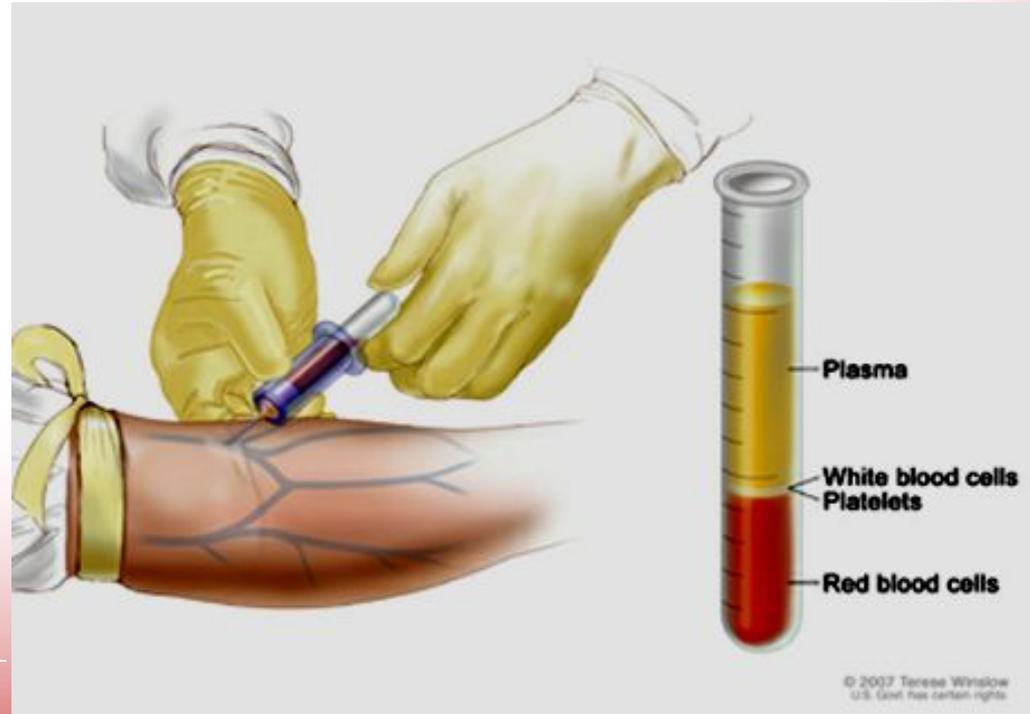
# ГЕМАТОКРИТ

- это часть объема крови, приходящаяся на ФЭК  
после центрифугирования  
4,5 тыс.об./мин 10-15 мин.

NHt – нормоцитемия,

↓Ht – олигоцитемия,

↑Ht – полицитемия



## ГЕМАТОКРИТ зависит от:

- пола (у мужчин: 44-48 %, у женщин: 41-45 %),
- возраста (у новорожденного – 42-60 %, у годовалого ребенка 30-40 %),
- зоны проживания,
- количества депонированной крови

# Физико-химические свойства крови

- Цвет
- Относительная плотность
- Вязкость
- Осмотическое и онкотическое давление
- Коллоидная стабильность
- Суспензионная устойчивость
- pH

**Цвет крови.** Определяется наличием в эритроцитах соединений гемоглобина. Артериальная кровь имеет ярко-красную окраску, что зависит от содержания в ней оксигемоглобина. Венозная кровь темно-красная с синеватым оттенком, что объясняется наличием в ней не только окисленного, но и восстановленного гемоглобина и карбогемоглобина. Чем активнее орган и чем больше отдал кислорода тканям гемоглобин, тем более темной выглядит венозная кровь.

**Относительная плотность** - 1050 до 1060г/л, зависит от количества эритроцитов, содержания в них гемоглобина, состава плазмы. У мужчин за счет большего числа эритроцитов этот показатель выше, чем у женщин.

Относительная плотность плазмы -1025-1034 г/л

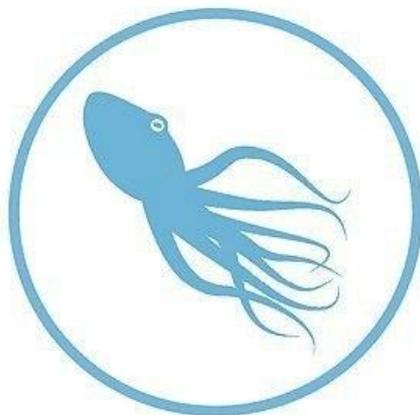
Относительная плотность эритроцитов -1090 г/л

# ХИМИЯ РАЗНОЦВЕТНОЙ КРОВИ



## Красная

ЛЮДИ  
И БОЛЬШИНСТВО  
ДРУГИХ ПОЗВОНОЧНЫХ



## Голубая

ПАУКИ, РАКООБРАЗНЫЕ,  
НЕКОТОРЫЕ МОЛЛЮСКИ,  
ОСЬМИНОГИ И КАЛЬМАРЫ



## Зеленая

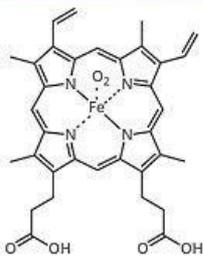
НЕКОТОРЫЕ ИЗ  
КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ, ПИЯВОК  
И МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ



## Фиолетовая

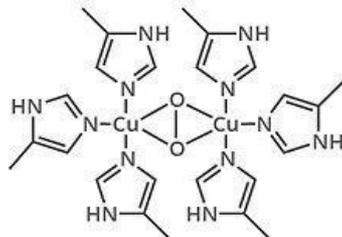
МОРСКИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ  
СИПУНКУЛИДЫ, ПРИАПУЛИДЫ,  
ПЛЕЧЕНОГИЕ

### ГЕМОГЛОБИН



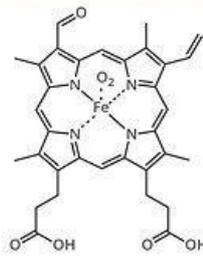
Гемоглобин состоит из четырех белковых субъединиц, каждая из которых включает гем, связывающий кислород. Гемы содержат железо и поэтому придают оксигенированной крови красный цвет. Деоксигенированная кровь темно-красная (не синяя!)

### ГЕМОЦИАНИН



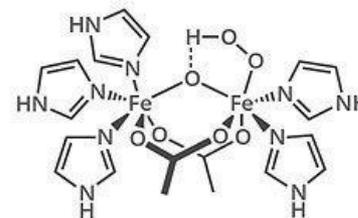
В отличие от гемоглобина, упакованного в эритроциты, гемоцианин свободно плавает в крови. Гемоцианин содержит медь вместо железа. Деоксигенированная кровь этого типа бесцветна, а оксигенированная выглядит голубой

### ХЛОРОКРУОРИН



Химически похож на гемоглобин. Кровь некоторых видов содержит и гемоглобин и хлорокруорин. Светло-зеленая в деоксигенированном состоянии, при насыщении кислородом становится зеленой, а при еще большей концентрации выглядит светло-красной

### ГЕМЭРИТРИН



Гемэритрин в 4 раза менее эффективен в роли переносчика кислорода, чем гемоглобин. В деоксигенированном состоянии бесцветен, оксигенация делает его фиолетово-розовым

**Вязкость крови** - это способность оказывать сопротивление течению жидкости при перемещениях одних частиц относительно других за счет внутреннего трения.

В связи с этим, вязкость крови - это сложный эффект взаимоотношений между водой и макромолекулами коллоидов с одной стороны, плазмой и форменными элементами - с другой.

**Вязкость плазмы в 1,7-2,2 раза, а крови - в 4-5 раз выше, чем воды.**

Вязкость воды = 1, вязкость крови = 5:

вязкость плазмы – 1,7-2,2,

вязкость ФЭК – 2,8-3,3

*Причины повышения вязкости крови:*

- Увеличение в плазме крупномолекулярных белков (фибриногена), липопротеинов
- Увеличении гематокритного числа
- Снижение суспензионных свойств крови, когда эритроциты начинают образовывать агрегаты. При этом отмечается положительная обратная связь - повышение вязкости, в свою очередь, усиливает агрегацию эритроцитов.
- Поскольку кровь - неоднородная среда и относится к неньютоновским жидкостям, для которых свойственна структурная вязкость, постольку снижение давления потока, например, артериального, увеличивает вязкость крови, а при повышении давления крови из-за разрушения ее структурированности вязкость падает.

### **Вязкость крови зависит от диаметра капилляров.**

При его уменьшении менее 150 мк вязкость крови начинает снижаться, что облегчает ее движение в капиллярах. Механизм этого эффекта связан с образованием пристеночного слоя плазмы, вязкость которого ниже, чем у цельной крови, и миграцией эритроцитов в осевой ток. С уменьшением диаметра сосудов толщина пристеночного слоя не меняется. Эритроцитов в движущейся по узким сосудам крови становится по отношению к слою плазмы меньше, т.к. часть из них задерживается при вхождении крови в узкие сосуды, а находящиеся в своем токе эритроциты двигаются быстрее и время их пребывания в узком сосуде уменьшается.

**Вязкость венозной крови больше, чем артериальной,** что обусловлено поступлением в эритроциты углекислого газа и воды, благодаря чему их размер незначительно увеличивается.

Вязкость крови возрастает при раздупонировании крови, т.к. в депо содержание эритроцитов выше.

Повышается вязкость плазмы и крови при обильном белковом питании.

Вязкость крови влияет на периферическое сосудистое сопротивление, прямо пропорционально повышая его, а значит, и давление крови.

# УДЕЛЬНЫЙ ВЕС КРОВИ (ПЛОТНОСТЬ)

складывается из удельного веса плазмы (белков) и удельного веса ФЭК

Плотность лейкоцитов и тромбоцитов ниже, чем эритроцитов.

Удельный вес эритроцитов – 1,094-1,064 г/мл

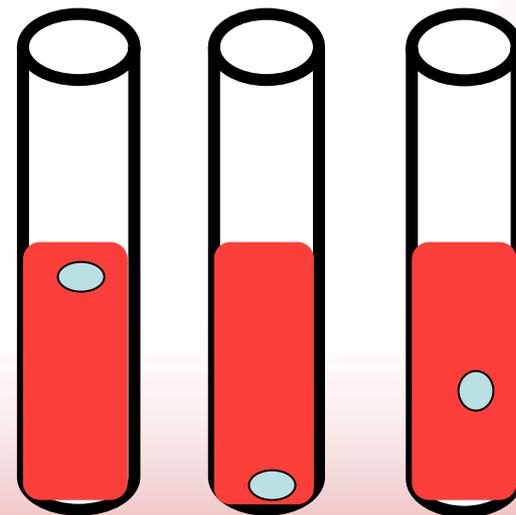
Удельный вес плазмы – 1,024-1,030 г/мл

# УДЕЛЬНЫЙ ВЕС КРОВИ (ПЛОТНОСТЬ)

зависит от:

1. количества эритроцитов (у мужчин - 1,057, у женщин - 1,053) ,
2. содержания Hb в эритроцитах,
3. от состава плазмы

Метод определения – медно-сульфатный  
УВ крови равен УВ раствора медного купороса, капля которого не тонет и не всплывает в крови



# ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

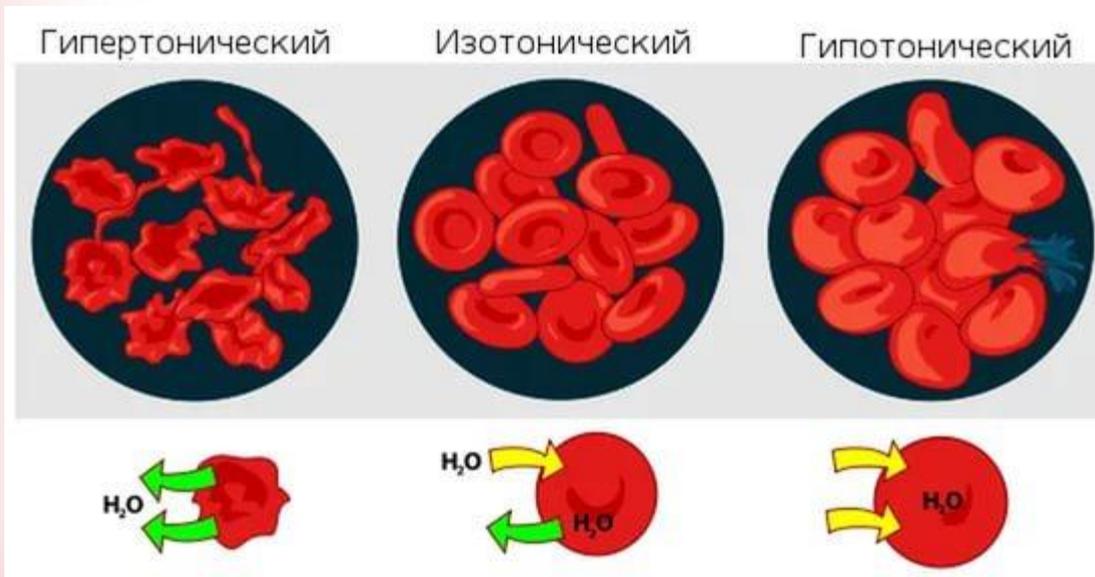
- сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного в более концентрированный раствор.

Осмотическое давление определяет распределение воды между тканями и клетками.

Осмотическое давление крови = 7,5 атм.

Около 60% осмотического давления создается NaCl

Растворы, осмотическое давление которых такое же, как плазмы крови, называются **изотоническими**, или **изоосмическими**. К ним относят 0,85-0,90% раствор натрия хлорида, 5,5% раствор глюкозы и др. Растворы с меньшим осмотическим давлением, чем у плазмы крови, называются **гипотоническими**, а с большим - **гипертоническими**



Взаимодействие эритроцитов с растворами в зависимости от их осмотического давления.



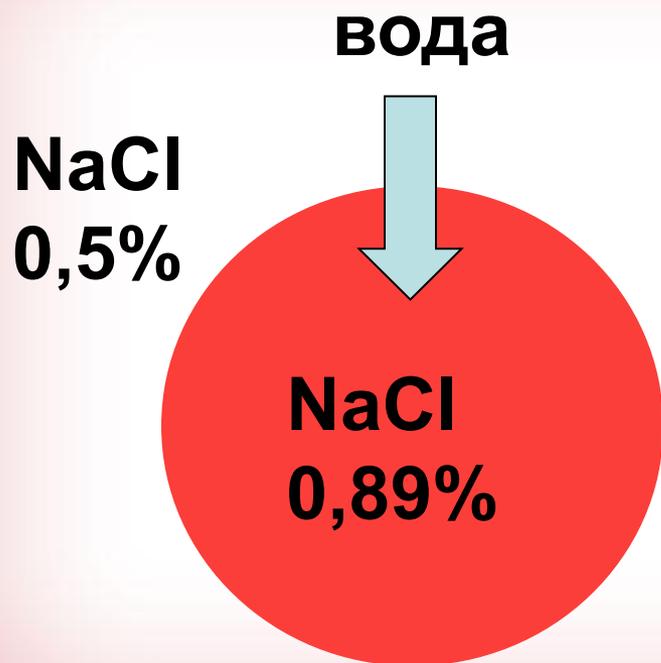
**Осмотическое давление крови** — это давление, возникающее на границе раздела растворов солей или других низкомолекулярных соединений различной концентрации.

Его величина обусловлена концентрацией осмотически активных веществ (электролитов, неэлектролитов, белков), растворенных в плазме крови, и регулирует транспорт воды из внеклеточной жидкости в клетки и наоборот.

**Осмотическое давление плазмы крови** в норме  $290 \pm 10$  мосмоль/кг (в среднем равно 7,3 атм., или 5600 мм рт. ст., или 745 кПа).

Около 80% величины осмотического давления плазмы крови обусловлено натрия хлоридом, который полностью ионизирован.

# ОСМОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

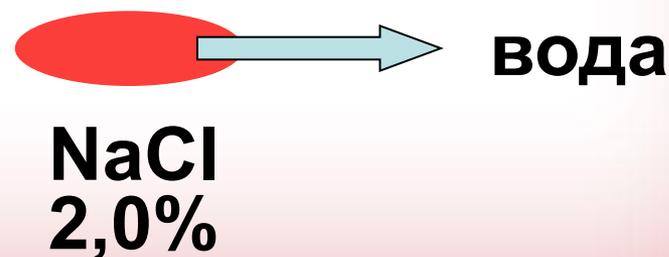


Гипотонический р-р

Изотонический р-р



Гипертонический р-р



# ГЕМОЛИЗ - разрыв оболочки эритроцита и выход гемоглобина в плазму крови

## Осмотический гемолиз

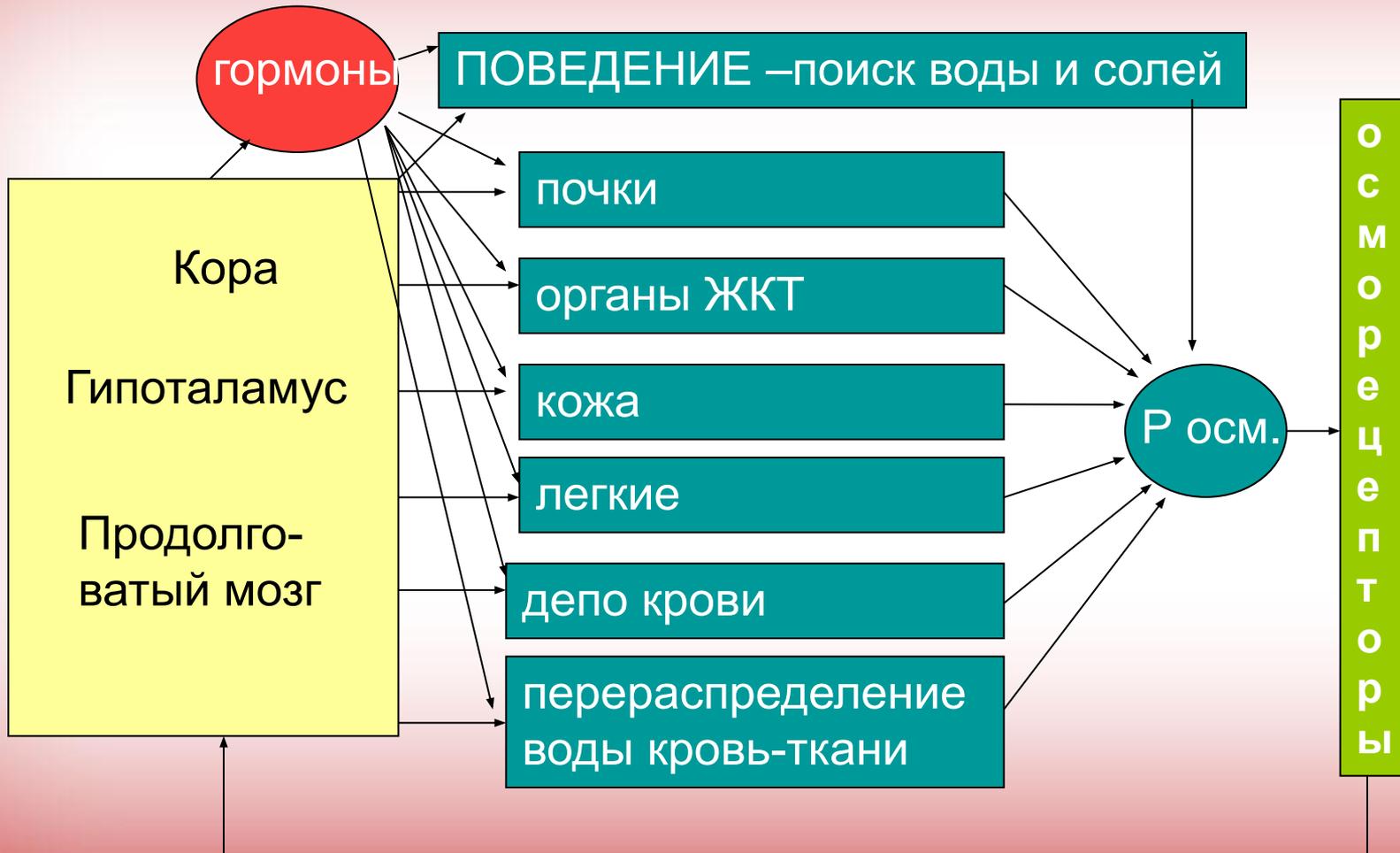
Мин. осмотическая резистентность:

0,48-0,42 % NaCl

Макс.осмотическая резистентность:

0,34-0,30% NaCl

# Функциональная система поддержания осмотического давления



# ОНКОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

- это аналог осмотического давления, созданный белками.

Оно составляет около 4 % от осмотического давления и равно 0,02-0,04 атм.

Альбумины вносят самый большой вклад в создание онкотического давления (80 %)

Онкотическое давление отвечает за перераспределение жидкости между кровью и тканями.

# pH крови

pH - это отрицательный десятичный логарифм молярной  $[H^+]$  в среде.

pH артериальной крови - 7,43;

pH венозной крови – 7,35-7,36;

pH в клетке – 7,0-7,2

pH крови поддерживается:

1. буферными системами крови,
2. выведением  $CO_2$  легкими,
3. выведение кислых и основных продуктов почками и кожей

# БУФЕРНЫЕ СИСТЕМЫ КРОВИ

1. гемоглобиновая
2. карбонатная
3. фосфатная
4. белковая

# ГЕМОГЛОБИНОВАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

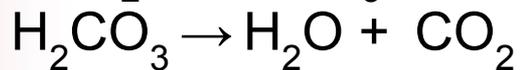
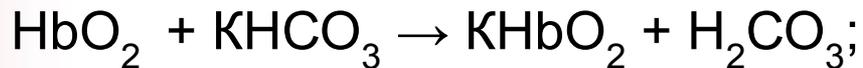
- самая мощная буферная система крови. На ее долю приходится 75% от всей буферной емкости крови.

Она состоит из:

HbH - слабая кислота

HbO<sub>2</sub> – сильная кислота

В малом круге:



В большом круге:



# КАРБОНАТНАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

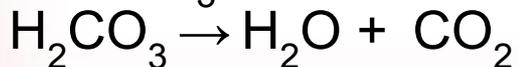
Карбонатная буферная система по своей мощности занимает второе место.

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:



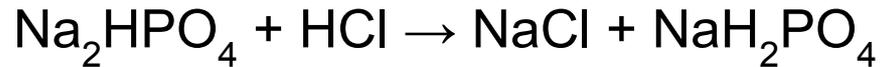
# ФОСФАТНАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

Она состоит из:

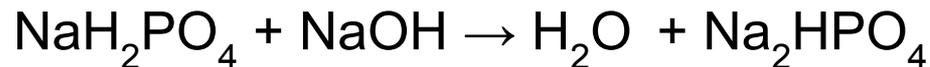
$\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – слабая кислота,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 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.

# ЩЕЛОЧНОЙ РЕЗЕРВ

- это запасы щелочных веществ в крови, представленные в основном щелочными солями слабых кислот.

Резервную щелочность 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.

# Сдвиги pH крови

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

Различают ацидоз и алкалоз:

1. Респираторный,
2. Нереспираторный:
  1. выделительный,
  2. метаболический
3. смешанный (наблюдается при сочетании двух или нескольких форм ацидоза и алкалоза)



## Буферные системы крови

- 1) карбонатная буферная система  
(угольная кислота –  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  
бикарбонат натрия –  $\text{NaHCO}_3$ )
- 2) фосфатная буферная система  
(одноосновный ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) фосфат натрия  
и двухосновный ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) фосфат натрия)
- 3) буферная система гемоглобина  
(гемоглобин – калиевая соль гемоглобина)
- 4) буферная система белков плазмы

# 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>

Респираторный от нереспираторного ацидоза и алкалоза отличаются по напряжению в крови  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{CO}_2}$ ) и уровню буферных оснований.

Для респираторных сдвигов характерно изменение  $P_{\text{CO}_2}$  без предварительного сдвига буферных оснований.

# 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 – гастро-энтеральный 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 Na</li></ul> <p>Если нарушения со стороны почек - почечный алкалоз, если со стороны ЖКТ – гастро-энтеральный алкалоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- при нарушении обмена веществ</li></ul>

# КОМПЕНСАЦИЯ

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.

Осмоз обеспечивает все необходимые процессы перехода какого-либо растворителя от менее концентрированного к более концентрированному раствору. Все это происходит через специальную полупроницаемую сосудистую или же клеточную мембрану.

Такой процесс обеспечивает четкое распределение воды между какой-либо внутренней средой и самими клетками определенного организма.

Если тканевая жидкость окажется гипертонической, вода, соответственно, будет поступать в нее сразу с обеих сторон.

В этом процессе будут участвовать как кровь, так и сами клетки. Если раствор будет гипотоническим, вода из основной внеклеточной среды сама будет постепенно переходить непосредственно в кровь и в некоторые клетки.

По такому же принципу ведут себя и эритроциты при некоторых изменениях обычного осмотического давления в плазме крови. В гипертонической плазме они сморщиваются, а в гипотонической, наоборот, сильно набухают и могут даже лопаться. Данное свойство эритроцитов широко используется при определении их точной осмотической стойкости.

**Онкотическое давление** является частью осмотического и зависит от содержания крупномолекулярных соединений (белков) в растворе. Хотя концентрация белков в плазме довольно велика, общее количество молекул из-за их большой молекулярной массы относительно мало, благодаря чему онкотическое давление не превышает 30 мм рт.ст. Онкотическое давление в большей степени зависит от альбуминов (80% онкотического давления создают альбумины), что связано с их относительно малой молекулярной массой и большим количеством молекул в плазме.

Онкотическое давление играет важную роль в регуляции водного обмена. Чем больше его величина, тем больше воды удерживается в сосудистом русле и тем меньше ее переходит в ткани и наоборот. Онкотическое давление влияет на образование тканевой жидкости, лимфы, мочи и всасывание воды в кишечнике.

При снижении концентрации белка в плазме развиваются отеки, так как вода перестает удерживаться в сосудистом русле и переходит в ткани.

## Механизм действия бикарбонатной буферной системы

При увеличении в крови концентрации ионов  $\text{H}^+$  происходит выделение  $\text{CO}_2$ , который выводится из организма в процессе дыхания через легкие:



При поступлении в кровь оснований, они связываются угольной кислотой, и равновесие смещается в сторону образования  $\text{HCO}_3^-$ :



Нарушение кислотно-основного равновесия в организме компенсируется бикарбонатной буферной системы (за 10-15 мин).

Соотношение  $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$  изменяется и приходит в норму за счет легочной вентиляции в течение 10-18 часов.

**Бикарбонатный буфер** - основной буферной системой плазмы крови и содержится также в эритроцитах, межклеточной жидкости и в почечной ткани.

# Изотонические растворы (физрастворы)

Наименование раствора	Химический состав, г/л	Электролиты, мэкв/л				
		Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
0,9 % раствора хлорида натрия	NaCl — 9,0	154	154	—	—	
3% раствор хлорида натрия	NaCl — 30,0	510	510			
Раствор Рингера	NaCl — 8,6 KCl — 0,3 CaCl <sub>2</sub> — 0,33	147	155	4,0	4,5	
Изотонический раствор бикарбоната натрия	NaHCO <sub>3</sub> — 15,0	178				179
7,5% раствор хлорида калия	KCl — 75,0	—	1087	700	—	
Плазма крови		142	103	5	5	27

# Состав плазмы

Вода 90-92%

Сухой остаток 8-10%

Органические вещества 7-9%

Неорганические вещества ~1%

Азотсодержащие	Безазотистые
<b>Белки</b> – 60-80 г/л	<b>Билирубин</b> – 8-20 ммоль/л
<i>Альбумины</i> – 35-45 г/л	
<i>Глобулины</i> – 20-35 г/л	<b>Липиды</b> – 4,0-8,0 ммоль/л
<i>Фибриноген</i> – 3-5 г/л	
<b>Остаточный азот</b> - 14,3-28,6 ммоль/л	<b>Холестерин (общий)</b> – 3,0-7,0 ммоль/л
<b>Мочевина</b> – 3,0-8,0 ммоль/л	<b>Глюкоза</b> – 3,3-5,6 ммоль/л

<b>Na<sup>+</sup></b> - натрий - 130-150 ммоль/л
<b>K<sup>+</sup></b> - калий - 3,0-8,0 ммоль/л
<b>Ca<sup>+</sup></b> - кальций – 2,5-2,75 ммоль/л
<b>Cl<sup>-</sup></b> - хлор – 95-110 ммоль/л
<b>Mg</b> – магний – до 1 ммоль/л

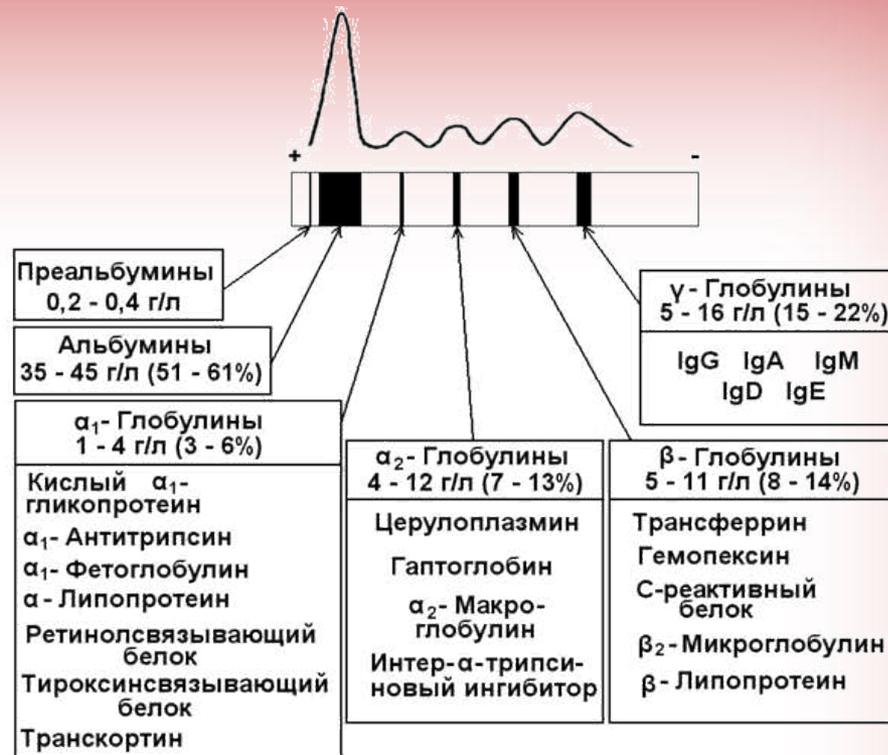
# Функции белков плазмы крови

1. обеспечивают онкотическое давление крови, от которого в значительной степени зависит обмен воды и растворенных в ней веществ между кровью и тканевой жидкостью;
2. регулируют pH крови благодаря наличию буферных свойств;
3. влияют на вязкость крови и плазмы, что чрезвычайно важно для поддержания нормального уровня кровяного давления;
4. обеспечивают гуморальный иммунитет, ибо являются антителами (иммуноглобулинами);
5. принимают участие в свертывании крови;
6. способствуют сохранению жидкого состояния крови, так как входят в состав противосвертывающих веществ, именуемых *естественными антикоагулянтами*;
7. служат переносчиками ряда гормонов, липидов, минеральных веществ и др.;
8. обеспечивают процессы репарации, роста и развития различных клеток организма

При помощи **высаливания белков плазмы** можно выделить альбуминовую и глобулиновую фракции. В норме соотношение этих фракций составляет 1,5 – 2,5.

Использование **метода электрофореза на бумаге** позволяет выявить 5 белковых фракций (в порядке убывания скорости миграции): Альбумины,  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулины.

При использовании более тонких методов фракционирования в каждой фракции, кроме альбуминовой, можно выделить целый ряд белков



Группа	Белки	Концентрация в сыворотке крови, г/л	Функция
Альбумины	Транстиретин	0,25	Транспорт тироксина и трийодтиронина
	Альбумин	40	Поддержание осмотического давления, транспорт жирных кислот, билирубина, желчных кислот, стероидных гормонов, лекарств, неорганических ионов, резерв аминокислот
$\alpha_1$ -Глобулины	$\alpha_1$ -Антитрипсин	2,5	Ингибитор протеиназ
	ЛПВП	0,35	Транспорт холестерина
	Протромбин	0,1	Фактор II свёртывания крови
	Триоксигортин	0,03	Транспорт кортизола, кортикостерона, прогестерона
	Кислый $\alpha_2$ -гликопротеин	1	Транспорт прогестерона
	Тироксинсвязывающий глобулин	0,02	Транспорт тироксина и трийодтиронина
$\alpha_2$ -Глобулины	Церулоплазмин	0,35	Транспорт ионов меди, оксидоредуктаза
	Антиромбин III	0,3	Ингибитор плазменных протеаз
	Гаптоглобин	1	Связывание гемоглобина
	$\alpha_2$ -Макроглобулин	2,6	Ингибитор плазменных протеиназ, транспорт цинка
	Ретинолсвязывающий белок	0,04	Транспорт ретинола
	Витамин D связывающий белок	0,4	Транспорт кальциферола
$\beta$ -Глобулины	ЛПНП	3,5	Транспорт холестерина
	Трансферрин	3	Транспорт ионов железа
	Фибриноген	3	Фактор I свёртывания крови
	Транскобаламин	$25 \times 10^{-6}$	Транспорт витамина B <sub>12</sub>
	Глобулин связывающий белок	$20 \times 10^{-6}$	Транспорт тестостерона и эстрадиола
	C-реактивный белок	<0,01	Активация комплемента
$\gamma$ -Глобулины	IgG	12	Познание антитела
	IgA	3,5	Антитела, защищающие слизистые оболочки
	IgM	1,3	Ранние антитела
	IgD	0,03	Рецепторы В-лимфоцитов
	IgE	<0,01	Реагин

# Альбумины

**Альбумины** – мелкодисперсные белки, молекулярная масса которых 70 000—80 000 Д.

В плазме их содержится около 50–60 %, что составляет 37–41 г/л.

## **Функции:**

- являются депо аминокислот. Крупные молекулы альбумина представляют собой своеобразное хранилище важных для организма веществ. Если по какой-то причине наступает голодание, эти вещества будут расходоваться, поддерживая состояние организма на должном уровне некоторое время.
- обеспечивают суспензионное свойство крови, поскольку являются гидрофильными белками и удерживают воду;
- участвуют в поддержании коллоидных свойств за счет способности удерживать воду в кровеносном русле;
- транспортная функция. Молекула альбумина идеально подходит для транспортировки веществ по кровеносному руслу жирные кислоты, неорганические вещества и т. д.

При недостатке альбуминов возникает отек тканей (вплоть до гибели организма).

# Глобулины

**Глобулины** (от [лат. globulus](#) — шарик) — семейство глобулярных белков крови, имеющих более высокую молекулярную массу и меньшую растворимость в воде, чем альбумины. Глобулины вырабатываются [печенью](#) и иммунной системой.

## **α1-ГЛОБУЛИНЫ**

имеют высокую гидрофильность и низкую молекулярную массу - поэтому при патологии почек легко теряются с мочой. Однако их потеря не оказывает существенного влияния на онкотическое давление крови, потому что их содержание в плазме крови невелико.

### **Функции α1-глобулинов**

- 1. Транспортная.** Транспортируют *липиды*, при этом образуют с ними комплексы - липопротеины. Среди белков этой фракции есть специальный белок, предназначенный для транспорта гормона щитовидной железы *тироксина* - тироксин-связывающий белок.
- 2. Участие в функционировании системы свертывания крови и системы комплемента** - в составе этой фракции находятся также некоторые факторы свертывания крови и компоненты системы комплемента.
- 3. Регуляторная функция.** Некоторые белки фракции α1-глобулинов являются эндогенными ингибиторами протеолитических ферментов. Наиболее высока в плазме концентрация **α1-антитрипсина**. Содержание его в плазме от 2 до 4 г/л (очень высокое), молекулярная масса - 58-59 кДа. Главная его функция - угнетение эластазы - фермента, гидролизующего эластин (один из основных белков соединительной ткани). α1-антитрипсин также является ингибитором протеаз: тромбина, плазмина, трипсина, химотрипсина и некоторых ферментов системы свертывания крови. Количество этого белка увеличивается при воспалительных заболеваниях, при процессах клеточного распада, уменьшается при тяжелых заболеваниях печени. Это уменьшение - результат нарушения синтеза α1-антитрипсина, и связано оно с избыточным расщеплением эластина. Существует врожденная недостаточность α1-антитрипсина. Считают, что недостаток этого белка способствует переходу острых заболеваний в хронические.

К фракции α1-глобулинов относят также **α1-антихимотрипсин**. Он угнетает химотрипсин и некоторые протеиназы форменных элементов крови.

## **α<sub>2</sub>-ГЛОБУЛИНЫ.**

Высокомолекулярные белки. Эта фракция содержит регуляторные белки, факторы свертывания крови, компоненты системы комплемента, транспортные белки. Сюда относится и **церулоплазмин**. Этот белок имеет 8 участков связывания меди. Он является переносчиком меди, а также обеспечивает постоянство содержания меди в различных тканях, особенно в печени. При наследственном заболевании - болезни Вильсона - уровень церулоплазмينا понижается. Вследствие этого повышается концентрация меди в мозге и печени. Это проявляется развитием неврологической симптоматики, а также циррозом печени.

**Гаптоглобины.** Содержание этих белков составляет приблизительно 1/4 часть от всех α<sub>2</sub>-глобулинов. Гаптоглобин образует специфические комплексы с гемоглобином, освобождающимся из эритроцитов при внутрисосудистом гемолизе. Вследствие высокой молекулярной массы этих комплексов они не могут выводиться почками. Это предотвращает потерю железа организмом.

Комплексы гемоглобина с гаптоглобином разрушаются клетками ретикуло-эндотелиальной системы (клетки системы мононуклеарных фагоцитов), после чего глобин расщепляется до аминокислот, гем разрушается до билирубина и экскретируется желчью, а железо остается в организме, и может быть реутилизировано. К этой же фракции относится и **α<sub>2</sub>-макроглобулин**. Молекулярная масса этого белка 720 кДа, концентрация в плазме крови 1.5-3 г/л. Он является эндогенным ингибитором протеиназ всех классов, а также связывает гормон инсулин. Время полужизни α<sub>2</sub>-макроглобулина очень малое - 5 минут. Это универсальный "чистильщик" крови, комплексы "α<sub>2</sub>-макроглобулин-фермент" способны сорбировать на себе иммунные пептиды, например, интерлейкины, факторы роста, фактор некроза опухолей, и выводить их из кровотока.

**C1-ингибитор** - гликопротеид, является основным регуляторным звеном в классическом пути активации комплемента (КПК), способен угнетать плазмин, калликреин. При недостатке C1-ингибитора развивается ангионевротический отек.

## **β-ГЛОБУЛИНЫ**

К этой фракции относятся некоторые белки системы свертывания крови и подавляющее большинство компонентов системы активации комплемента (от C2 до C7).

Основу фракции β-глобулинов составляют Липопротеины Низкой Плотности (ЛПНП)

C-реактивный белок . Содержится в крови здоровых людей в очень низких концентрациях , менее 10 мг/л. Его функция неизвестна. Концентрация C-реактивного белка значительно увеличивается при острых воспалительных заболеваниях. Поэтому C-реактивный белок называют белком "острой фазы" (к белкам острой фазы относятся также альфа-1-антитрипсин, гаптоглобин).

## гамма-ГЛОБУЛИНЫ

В этой фракции содержатся в основном АНТИТЕЛА - белки, синтезируемые в лимфоидной ткани и в клетках РЭС, а также некоторые компоненты системы комплемента.

Функция антител - защита организма от чужеродных агентов (бактерии, вирусы, чужеродные белки), которые называются АНТИГЕНАМИ.

Главные классы антител в крови:

- иммуноглобулины G (IgG)
- иммуноглобулины M (IgM)
- иммуноглобулины A (IgA), к которым относятся IgD и IgE.

Только IgG и IgM способны активировать систему комплемента. С-реактивный белок также способен связывать и активировать С1-компонент комплемента, но эта активация непродуктивна и приводит к накоплению анафилотоксинов. Накопившиеся анафилотоксины вызывают аллергические реакции.

К группе гамма-глобулинов относится также криоглобулины. Это белки, которые способны выпадать в осадок при охлаждении сыворотки. У здоровых людей их в сыворотке нет. Они появляются у больных с ревматическим артритом, миеломной болезнью.

Среди криоглобулинов существует белок фибронектин. Это высокомолекулярный гликопротеин (молекулярная масса 220 кДа). Он присутствует в плазме крови и на поверхности многих клеток (макрофагов, эндотелиальных клеток, тромбоцитов, фибробластов). Функции фибронектина: 1. Обеспечивает взаимодействие клеток друг с другом; 2. Способствует адгезии тромбоцитов; 3. Предотвращает метастазирование опухолей. Плазменный фибронектин является опсоином - усиливает фагоцитоз. Играет важную роль в очищении крови от продуктов распада белков, например, распада коллагена. Вступая в связь с гепарином, участвует в регуляции процессов свертывания крови. В настоящее время этот белок широко изучается и используется для диагностики особенно при состояниях, сопровождающихся угнетением системы макрофагов (сепсис и др.)

Интерферон - это гликопротеин. Имеет молекулярную массу около 26 кДа. Обладает видовой специфичностью. Вырабатывается в клетках в ответ на внедрение в них вирусов. У здорового человека его концентрация в плазме мала. Но при вирусных заболеваниях его концентрация увеличивается.

**Фибриногён** — бесцветный белок, растворённый в плазме крови. При активации системы свёртывания крови подвергается ферментативному расщеплению ферментом тромбином, образующийся фибрин-мономер под действием активного XIII фактора свёртывания крови полимеризуется и выпадает в осадок в виде белых нитей фибрина-полимера.

При взятии биоматериала для анализа фибриногена используется антикоагулянт цитрат натрия (3,8 %). Фибриноген — белок, вырабатываемый в печени и превращающийся в нерастворимый фибрин — основу сгустка при свёртывании крови. Фибрин впоследствии образует тромб, завершая процесс свёртывания крови.

Фибриноген является ценным показателем гемостаза (коагулограмма). Анализ фибриногена — необходимый этап предоперационного обследования, пренатальной диагностики, проводится при воспалительных, сердечно-сосудистых заболеваниях.

Содержание фибриногена в крови повышается при возникновении острых воспалительных заболеваний и отмирания тканей. Фибриноген влияет и на скорость оседания эритроцитов (СОЭ).

Норма фибриногена: 2—4 г/л.

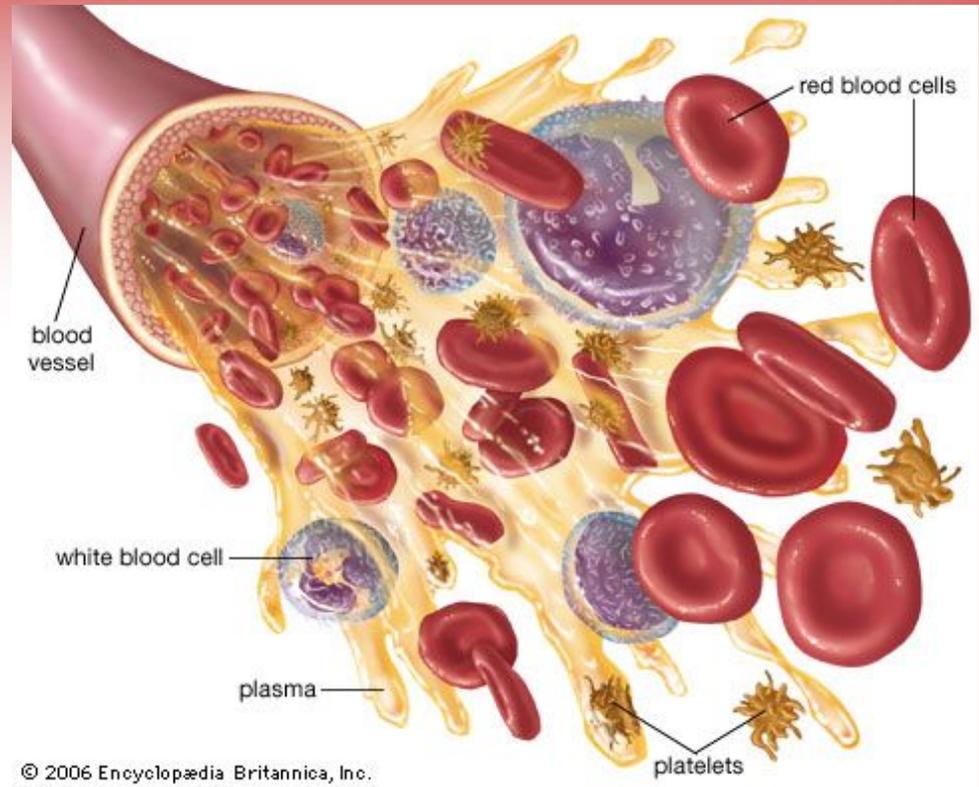
Норма фибриногена новорожденных: 1,25—3 г/л.

Нормы фибриногена при беременности несколько выше. В этот период наблюдается постепенное повышение фибриногена и в III триместре беременности уровень фибриногена достигает 6 г/л.

# ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРОВИ



# КОЛИЧЕСТВО ФЭК



Эритроциты: у мужчин  $4,0-5,0 \times 10^{12}$  /л, у женщин  $3,9-4,7 \times 10^{12}$  /л;  
Лейкоциты:  $4,0-9,0 \times 10^9$ /л;  
Тромбоциты:  $180-320 \times 10^9$ /л.

# Эритроциты

Эритроциты имеют форму двояковогнутого диска и содержат в основном дыхательный пигмент гемоглобин, обуславливающим красный цвет крови.

Форма двояковогнутого диска обеспечивает прохождение эритроцитов через узкие просветы капилляров. В капиллярах они движутся со скоростью 2 сантиметра в минуту, что дает им время передать кислород от гемоглобина к миоглобину. Самое главное у них **нет ЯДЕР**. У человека в 1 мм<sup>3</sup> крови 4,5—5 млн. эритроцитов, (ежесекундно образуется около 2,5 млн эритроцитов и такое же их количество разрушается).



Основной функцией эритроцитов является перенос кислорода из лёгких к тканям тела, и транспорт диоксида углерода (углекислого газа) в обратном направлении.

# Эритроциты

Мужчины: **3.9 – 5.5** млн/мкл

Женщины: **3.7 – 4.9** млн/мкл

• продолжительность жизни 90-120 дн.

**По форме:** дискоциты, эхиноциты, сфероциты

**Пойкилоцитоз**—значительная вариабельность

**По размерам:** нормоциты – **75%**;

макроциты – **12,5%**,

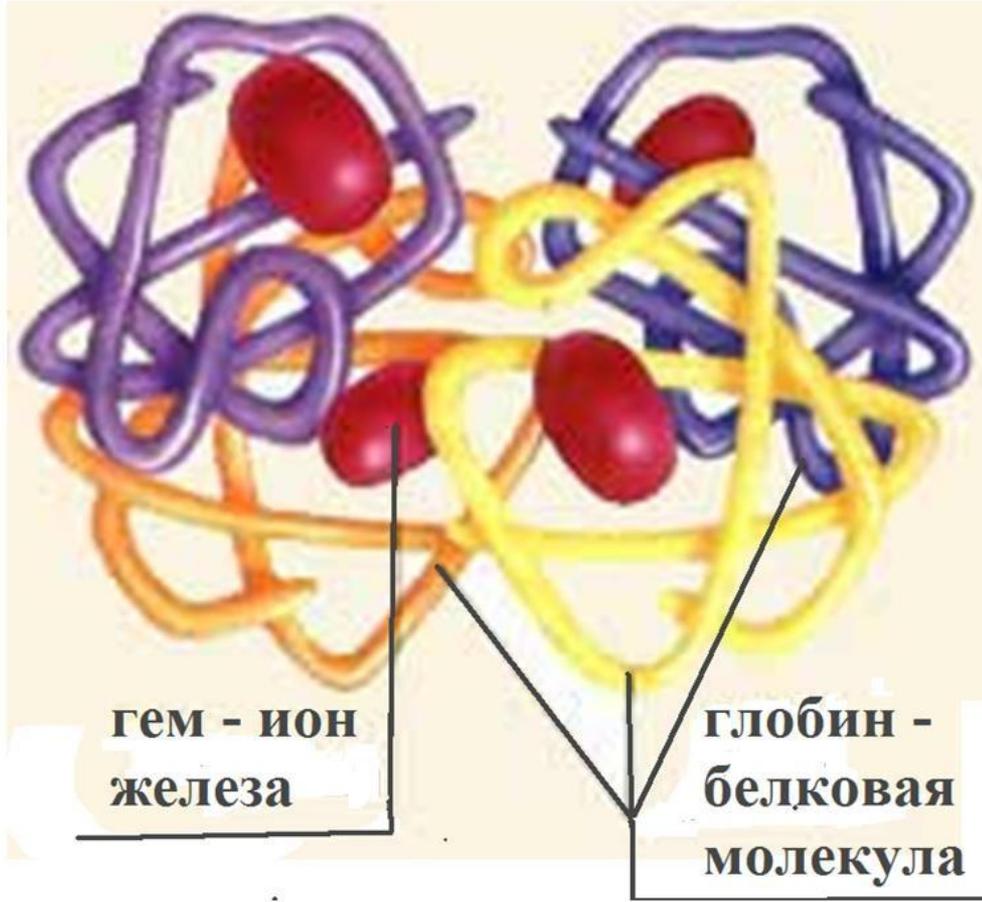
микроциты – **12,5%**

**Анизоцитоз** – уменьшение количества нормоцитов

**Функции:** транспортная, дыхательная, трофическая



# Строение гемоглобина (Hb)



## Соединения гемоглобина с газами

### Физиологические:

1.  $\text{HbO}_2$  - оксигемоглобин
2.  $\text{HbCO}_2$  - карбогемоглобин
3.  $\text{HHb}$  – восстановленный гемоглобин

### Патологические:

1.  $\text{HbCO}$  - карбоксигемоглобин
2.  $\text{HbOH}$  – метгемоглобин
3.  $\text{HbS}$  - сульфгемоглобин

### Содержание Hb в норме:

муж. – 130-160 г/л

жен. – 120-140 г/л

высшее содержание 166,7 г/л

# Виды гемолиза

- *осмотический* –
- *Механический* –
- *Температурный* –
- *Химический*–
- *Биологический* –
- *Гемотрансфузионный* –

# Тромбоциты

*безъядерные сферические бесцветные тельца*

Диаметр: **2 – 5** мкм

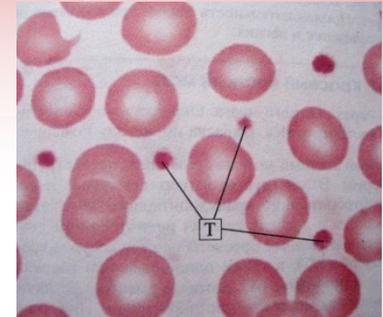
Продолжительность жизни: **8-10** дней

Количество: **150-375** тыс/мкл

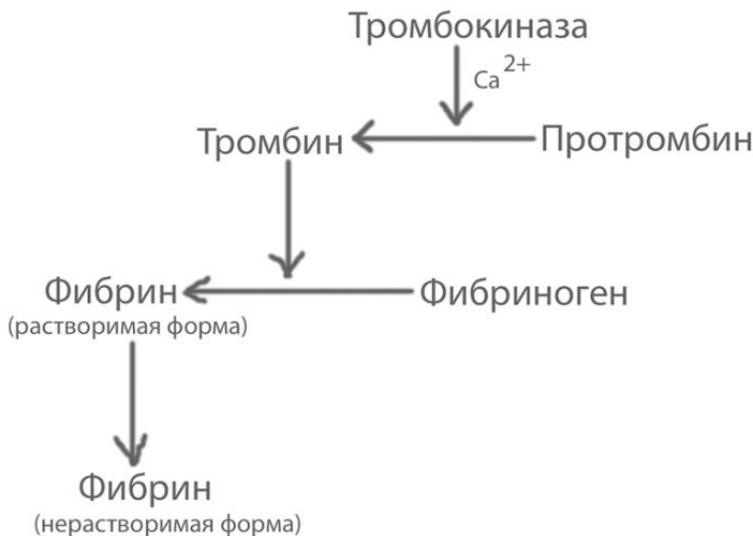
**Тромбоцитопения** – снижение кол-ва тромбоцитов

**Тромбоцитоз**- увеличение кол-ва тромбоцитов

**Функция:** образование тромба при свертывании крови.



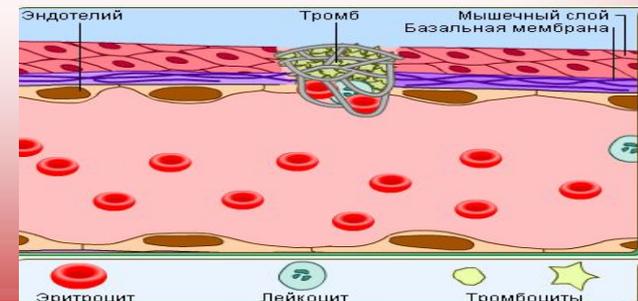
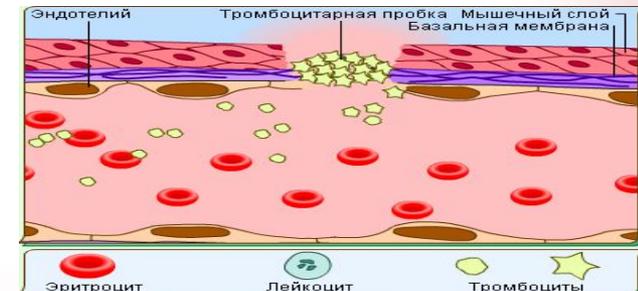
## Фазы свертывания крови

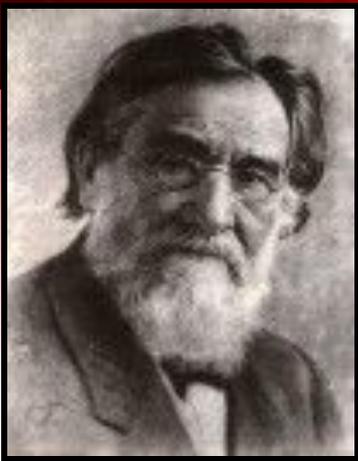


Фаза активации

Фаза коагуляции

Фаза ретракции





# Лейкоциты

*Мечников Илья Ильич*  
*1845-1916*



**Лейкоци́ты** (от греч. leukós — *белый* и kýtos — *клетка*, белые кровяные клетки) — **неоднородная группа различных по внешнему виду и функциям клеток крови человека или животных, выделенная по признаку отсутствия самостоятельной окраски и наличия ядра.**

Главная сфера действия лейкоцитов — защита. Они играют главную роль в специфической и неспецифической защите организма от внешних и внутренних патогенных агентов, а также в реализации типичных патологических процессов.

Все виды лейкоцитов способны к активному движению и могут переходить через стенку капилляров и проникать в ткани, где они и выполняют свои защитные функции.

# Лейкоциты

Содержание: 3-9 тыс/мкл

**Лейкоцитоз**- увеличение количества

**Лейкопения** – снижение количества

**Функция:** защита от чужеродных тел и соединений

## Гранулоциты

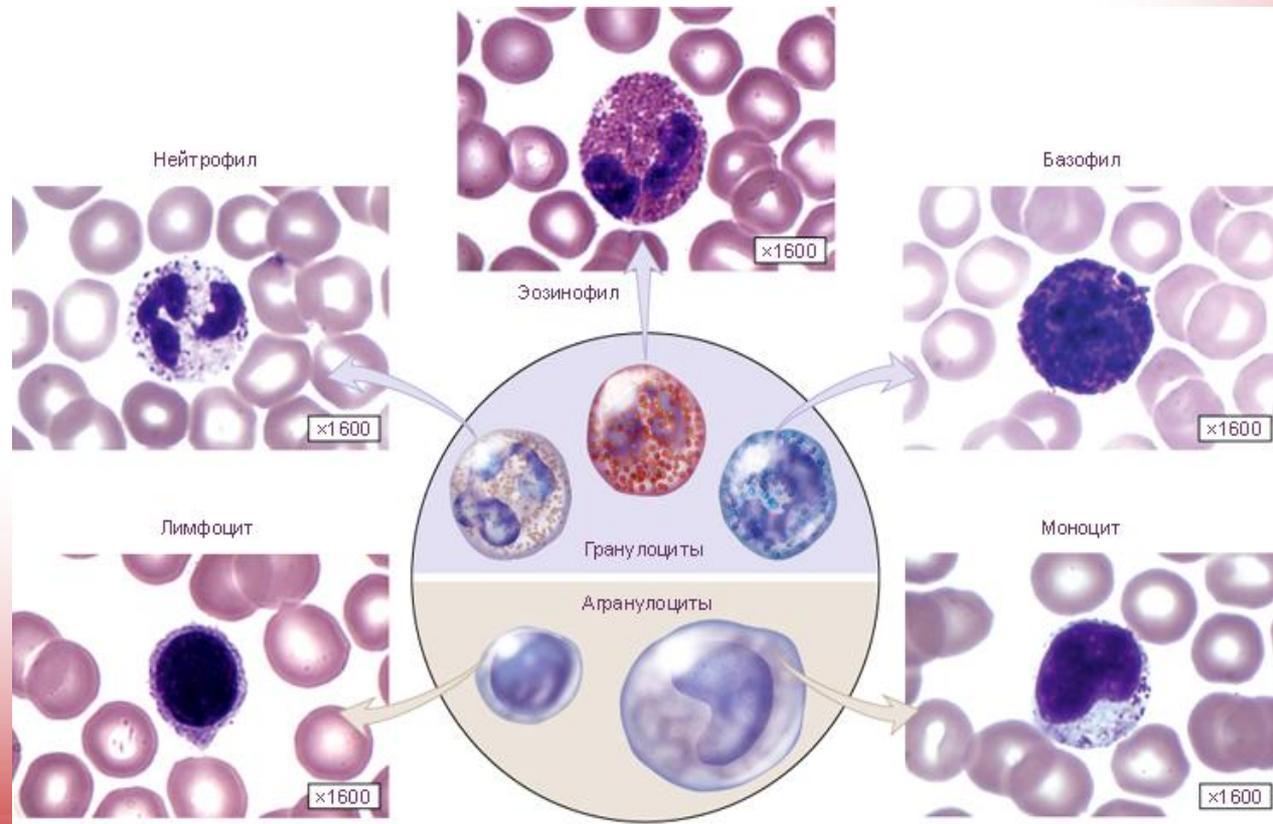
*(зернистые лейкоциты)*

- Нейтрофилы
- Эозинофилы
- Базофилы

## Агранулоциты

*(незернистые лейкоциты)*

- Лимфоциты
- Моноциты



# Нейтрофилы

Диаметр: 10 – 12 мкм

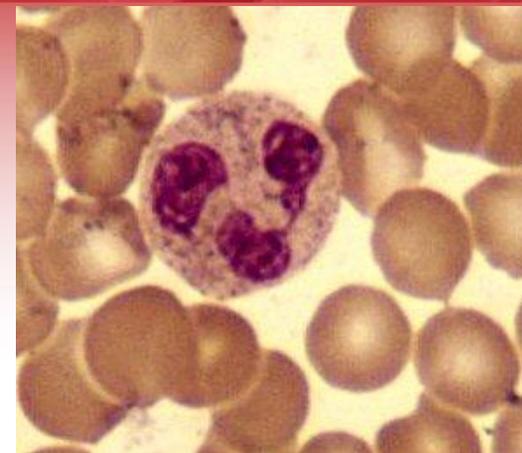
Юные – 0 -1%

Палочкоядерные –1 – 5%

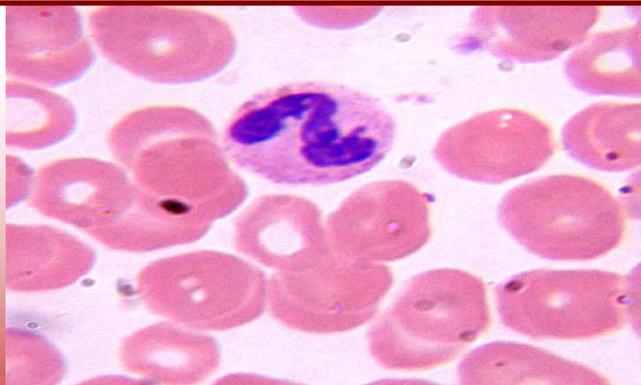
Сегментоядерные – 47-72%

Продолжительность жизни: 8 суток, в крови – 8–12 ч.

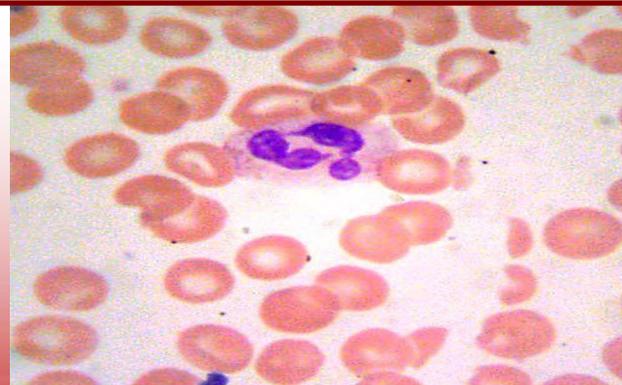
Функция: защита организма от бактериальных и грибковых, вирусных инфекций.



*Палочкоядерный нейтрофил*



*Сегментоядерный нейтрофил*



# Эозинофилы

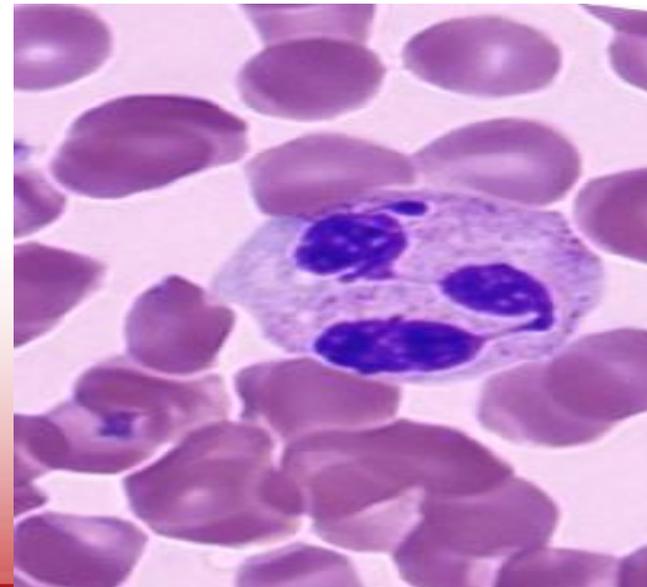
Кол-во: **0,5 – 7%** (120-350/мкл)

Диаметр: **12 – 14** мкм

Продолжительность жизни: в крови – **3 – 8** ч

## Функции:

- Фагоцитоз мелких чужеродных частиц
- Участие в противопаразитарном иммунитете
- участие в анти – аллергических реакциях
- участие в про-аллергических реакциях



# Базофилы

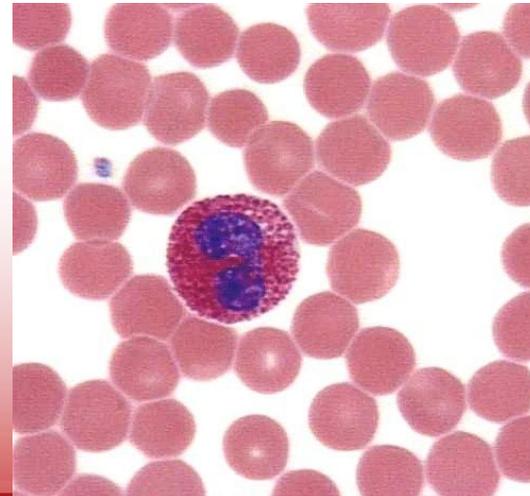
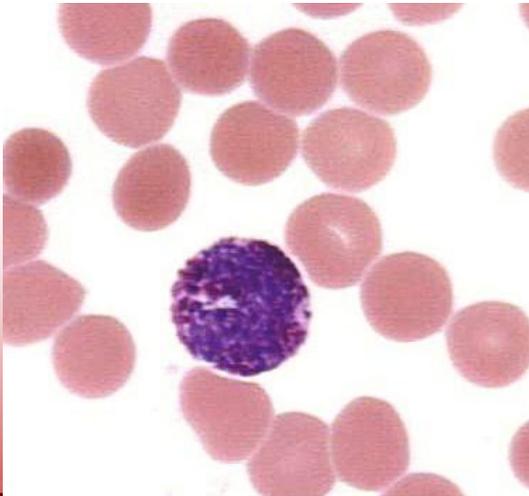
Кол-во: 0 – 1% (  $0,30 \times 10^9$ /л.)

Диаметр: 9 - 11 мкм

Продолжительность жизни: 3 – 8 ч

**Функции:**

- Участие в аллергических реакциях
- Участие в воспалительных реакциях
- Регуляция свертываемости крови
- Фагоцитоз
- **Мобилизация гранулоцитов**



# Лимфоциты

Кол-во: **20 – 35%**

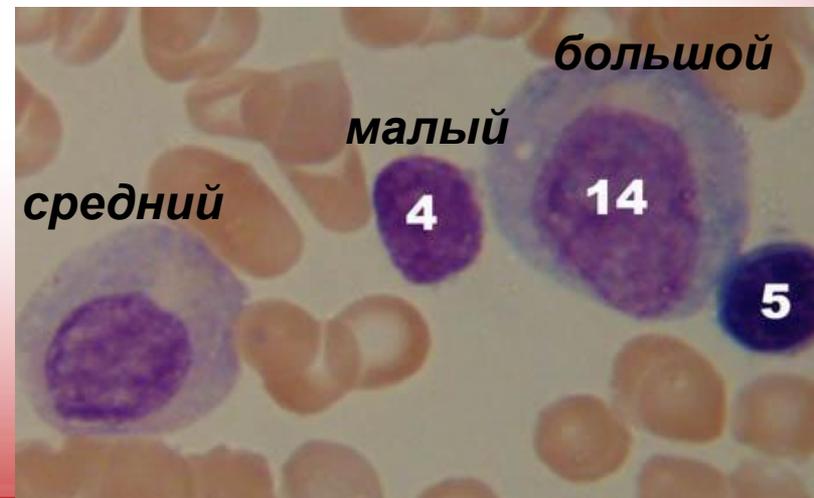
Продолжительность жизни: недели, месяцы, годы

Функция: иммунная защита

**Морфологическая классификация:** малые (4,5-6 мкм), средние (7-10 мкм), большие (10-18 мкм)

**Функциональная классификация:** Т-лимфоциты (тимусзависимые), В-лимфоциты (образуются в костном мозге, участвуют в гуморальном иммунитете)

**Функции:** 1. обеспечивают гуморальный иммунитет (выработка антител)  
2. обеспечивают клеточный иммунитет (контактное взаимодействие с клетками-жертвами)  
3. регулируют деятельность клеток других типов.



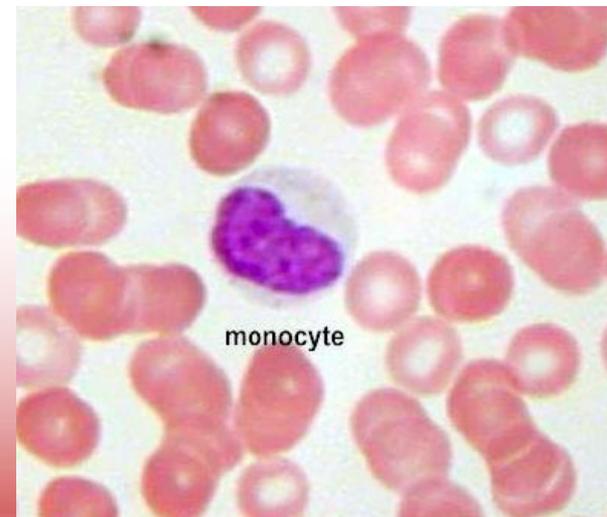
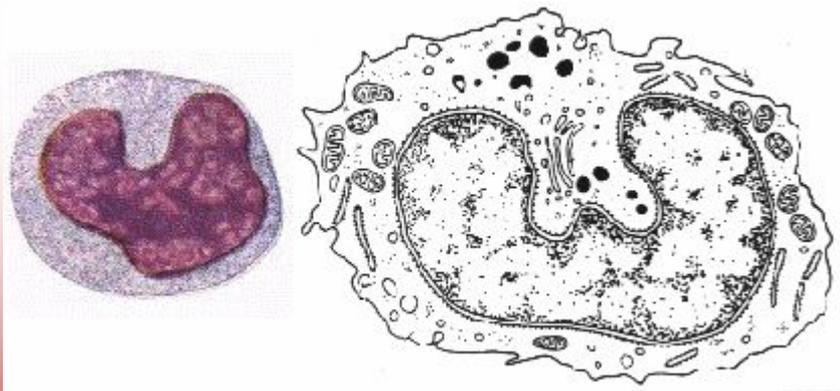
# Моноциты

**Кол-во: 2 – 8%**

- Наиболее крупные клетки крови
- Имеют крупное бобовидное или подковообразное ядро
- В цитоплазме множество пиноцитозных пузырьков, лизосом

**Функция:** 1. фагоцитоз бактерий и продуктов распада тканей  
2. Трофическая (при распаде выделяют вещества необходимые другим клеткам)

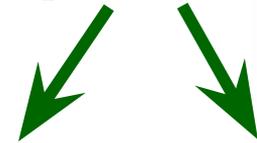
В крови циркулируют 2-3 дня и мигрируют в ткани (где превращаются в различные типы макрофагов- *«Мононуклеарная фагоцитарная система»*)



# Лейкоцитарная формула здорового человека (в %)

Гранулоциты

Агранулоциты



Нейтрофилы

Базофилы

Эозинофилы

Лимфоциты

Моноциты

юные

Палочко-  
ядерные

Сегменто-  
ядерные

0 – 1

1 – 5

45 – 65

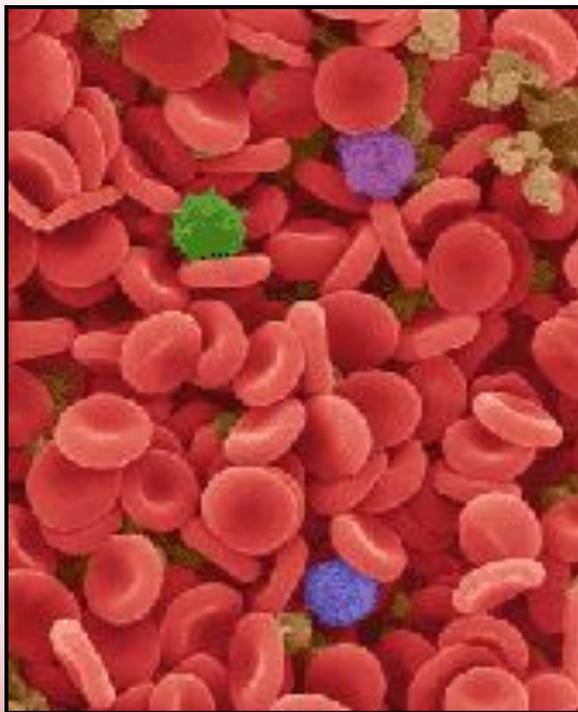
0 – 1

1 – 5

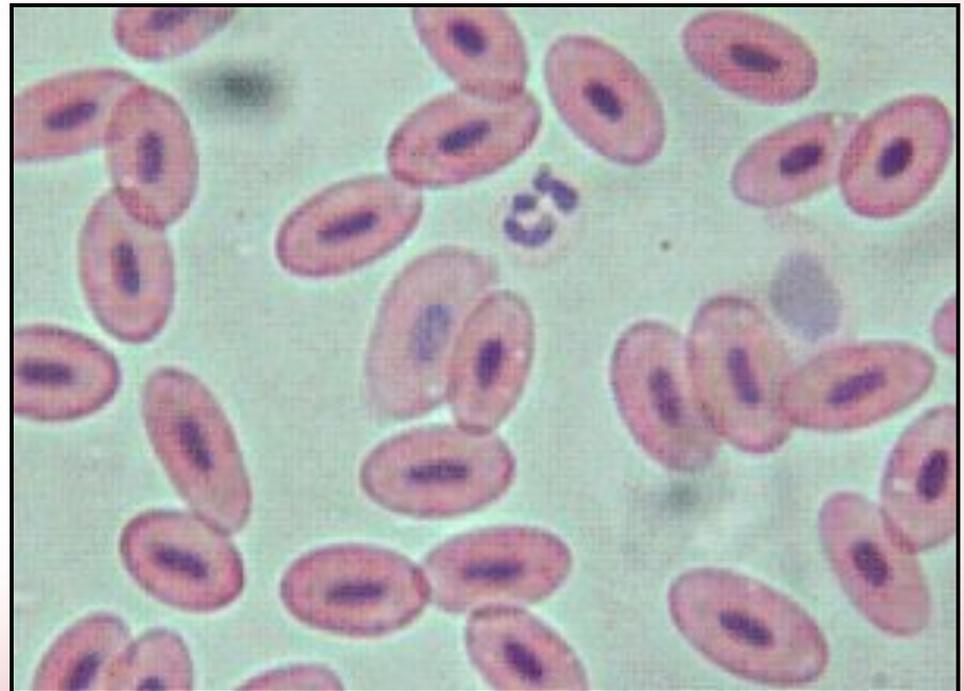
25 – 40

2 - 8

# Сравнение крови человека с кровью лягушки



Кровь человека, ув. 1500 раз



Кровь лягушки, ув. 600 раз

# **Гемопоз**

*процесс образования, развития и созревания  
клеток крови*

**Различают - эмбриональный** (образование крови как ткани) гемопоэз  
**-постэмбриональный** гемопоэз.

Универсальные **органы гемопоэза у эмбриона**: печень, селезенка, лимфатические узлы, костный мозг.

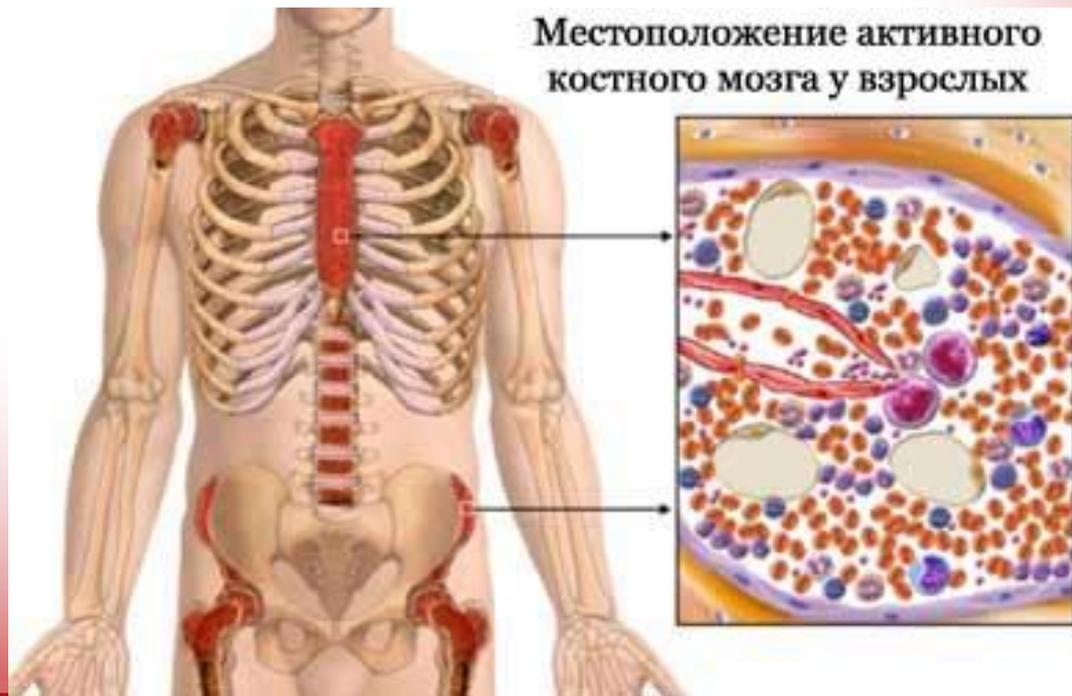
Постэмбрионально кроветворение в печени прекращается, селезенка и лимфоузлы производят только лимфоциты.

Главный орган кроветворения взрослого человека – **красный костный мозг**.

Расположен в основном в **тазовых** костях и в длинных трубчатых костях. Основным фильтром крови является **селезёнка**

**Ежечасно погибает:**

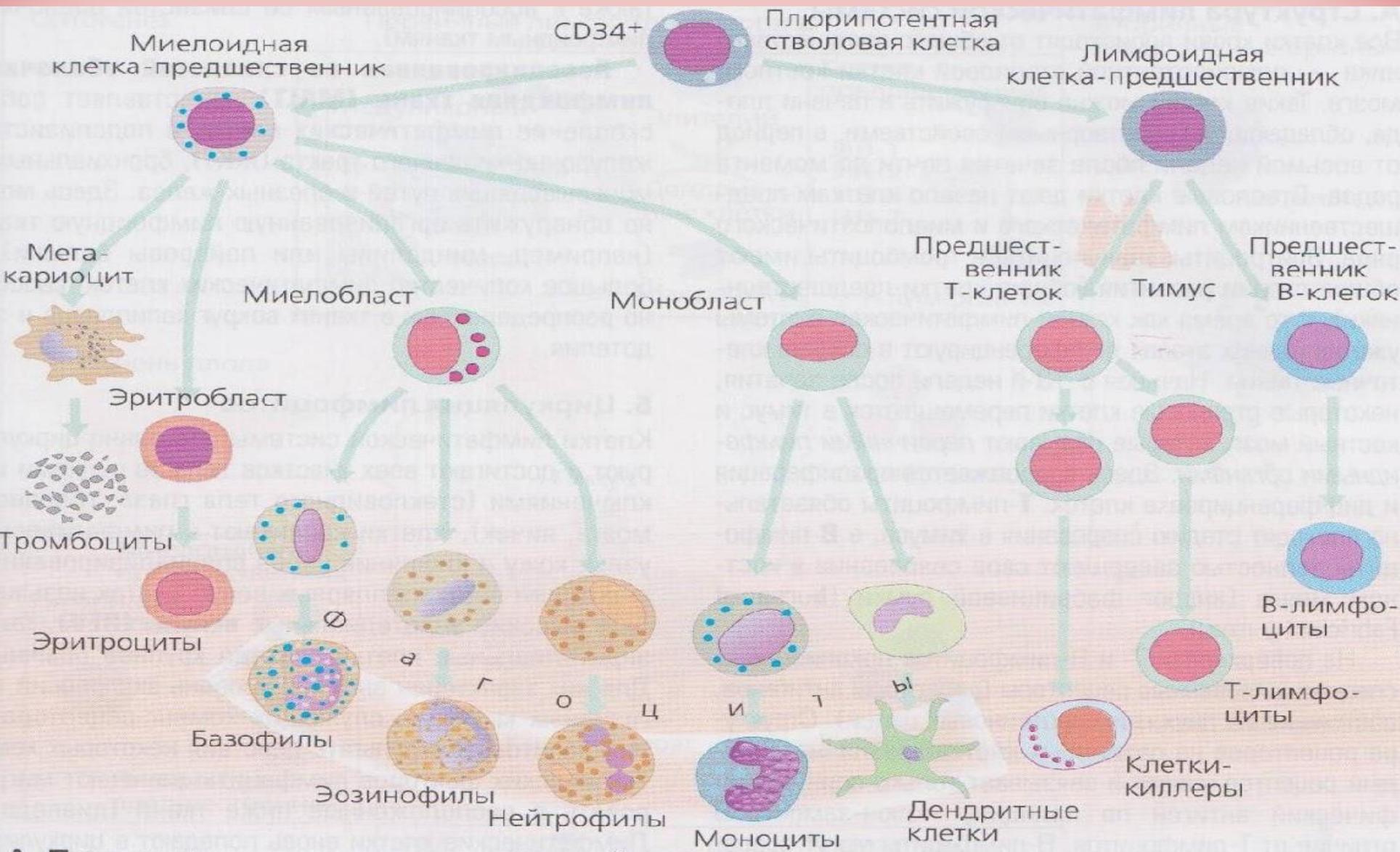
- 20 млрд. тромбоцитов
- 10 млрд. эритроцитов
- 5 млрд. лейкоцитов



# Дифференцировка

## Миелопоэз

## Лимфопоэз



# Лимфа

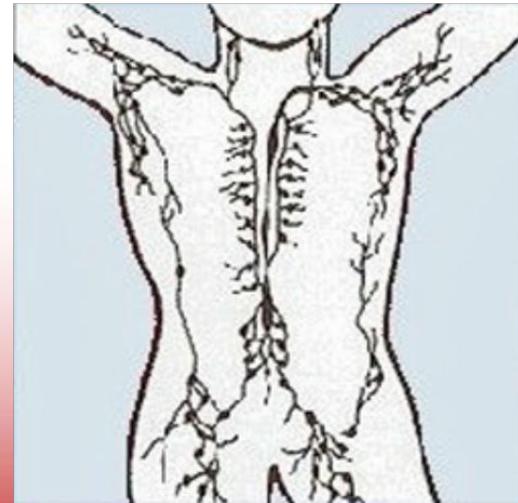
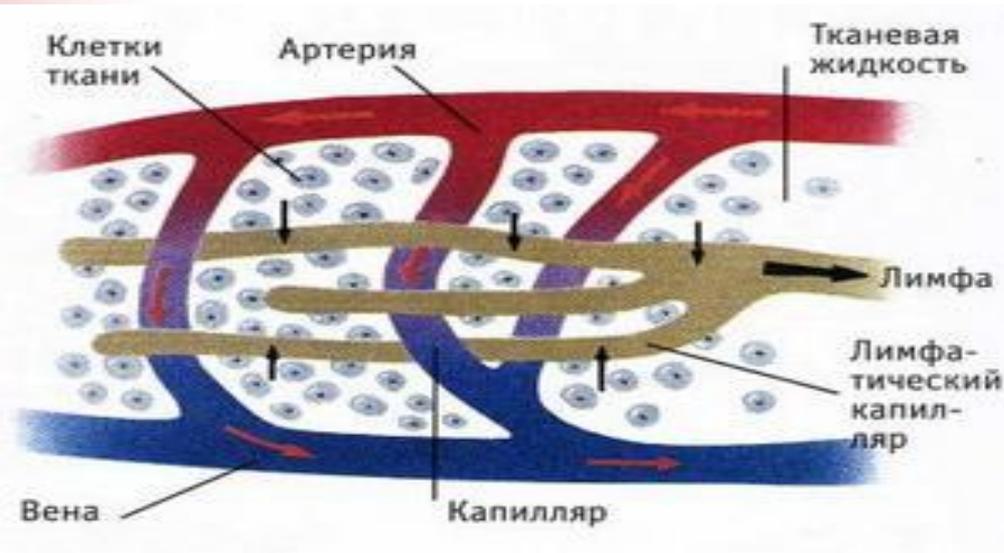
**Лимфа** – прозрачная бесцветная вязкая жидкость, содержащаяся в лимфатических сосудах и лимфатических узлах.

**Состав лимфы:** клеточные элементы (лимфоциты), белки, липиды, низкомолекулярные органические соединения (аминокислоты, глюкоза, глицерин), электролиты.

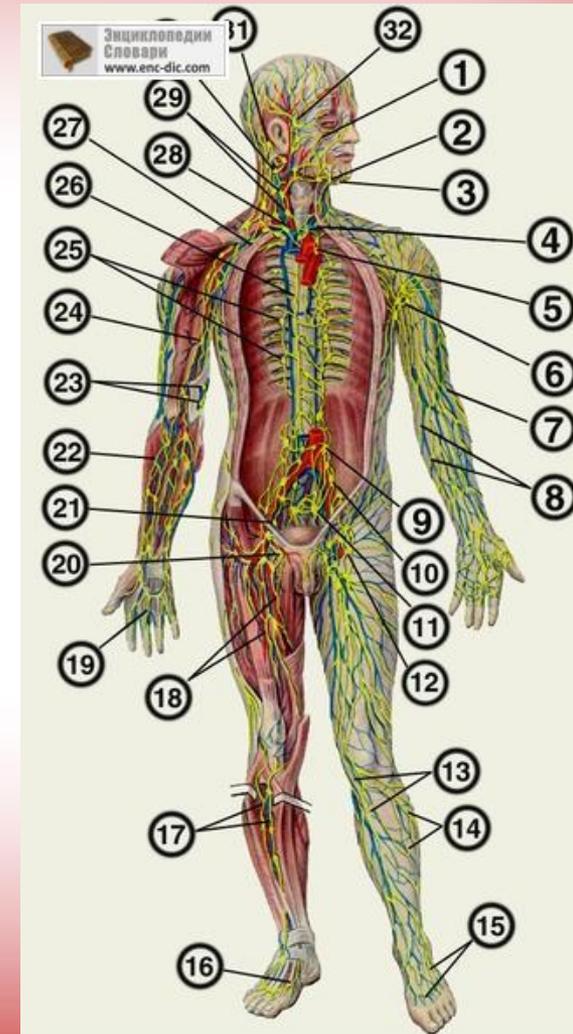
**Функция:** - возврат белков, электролитов и воды из интерстициального пространства в кровь.

- удаление и обезвреживание бактерий, попавших в ткани.

- продуцирование и перенос лимфоцитов и других факторов иммунитета



# Лимфатическая система (лимфатические капилляры, сосуды, узлы, стволы и протоки)





# Гомеостаз

Гомеостаз (др.-греч. — одинаковый, подобный и — стояние, неподвижность) — способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

Гомеостатические системы обладают следующими свойствами:

**Нестабильность системы:** тестирует, каким образом ей лучше приспособиться.

**Стремление к равновесию:** вся внутренняя, структурная и функциональная организация систем способствует сохранению баланса.

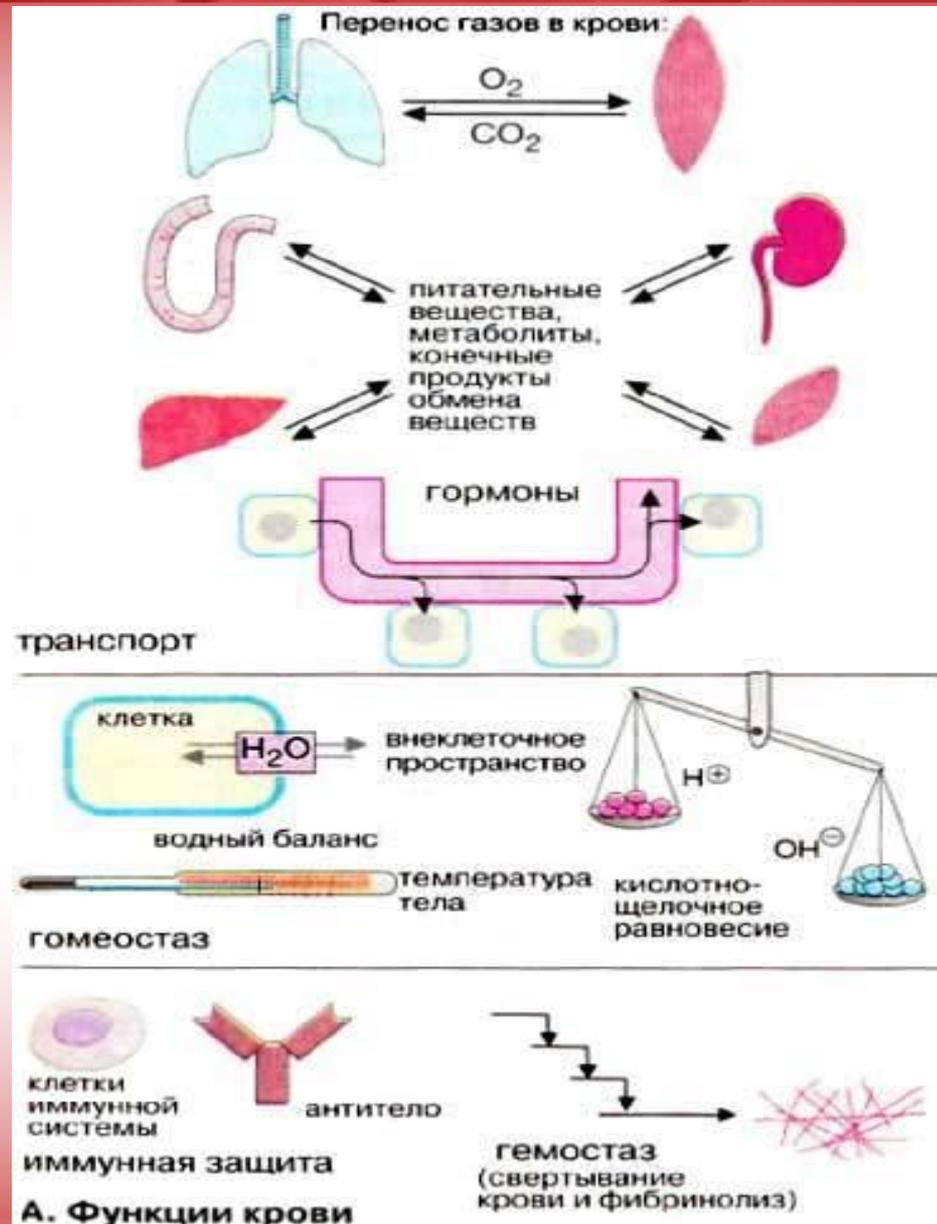
**Непредсказуемость:** результирующий эффект от определённого действия зачастую может отличаться от того, который ожидался.

# Функции крови

- транспортная

- гомеостатическая

- защитная



# Транспортная функция

- *дыхательная* – перенос газов (от легких к тканям кислород, от тканей к легким углекислый газ)
- *питательная или трофическая* (перенос продуктов распада питательных веществ – аминокислоты, глюкоза, жирные кислоты – и минеральных веществ от кишечника к тканям)
- *выделительная или экскреторная* (перенос продуктов обмена от тканей к органам выделения)
- *терморегуляторная* (усредняет температуру сердцевины – внутренние органы, продуцирующие тепло- и оболочки – кожа, отдающая тепло)

# Транспортная функция

- *гуморальная регуляция* (переносит биологически активные вещества –гормоны, ферменты, витамины- от места продукции к органам мишеням)
- *поддержание рН внутренней среды* (за счет работы буферных систем)
- *обеспечение водно-солевого баланса в организме* (обмен обеспечивается за счет осмотического давления)
- *поддержание целостности тканей и их регенерации* (перенос веществ, обеспечивающих креаторные связи, т.е. несущие генетическую информацию о строение ткани)

# Защитная функция

- обеспечение иммунитета
  - клеточный иммунитет (нейтрофилы и лимфоциты)
  - гуморальный иммунитет (выработка лимфоцитами антител)
- свертывание крови или гемостаз – образование тромбов в местах повреждения сосудов.

# Объём крови

% от общей массы тела

- У взрослых 6-8%
- У детей 8-9%

***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!***



# Тромбоциты

- Следующими по количеству клеток в крови являются **тромбоциты – кровяные пластинки**.
- Их число составляет  $180-320 \cdot 10^9$ , округлой формы, безъядерные.
- **Основная функция** - гемостатическая за счёт способности к адгезии, агрегации, образованию первичного тромбоцитарного сгустка в месте повреждения стенки кровеносного сосуда и освобождение свертывающих факторов, участвующих в выпадении фибрина и ретракции образовавшегося сгустка .
- Осуществляют перенос сосудодетивных веществ – серотонина , гистамина, катехоламинов, осуществляют поддержание функции эндотелия сосудов .
- Обладают **фагоцитарной активностью**. Поглощают жировые капли, вирусы, бактерии, иммунные комплексы.
- Содержат специфические тромбоцитам (HPA:1-5), так и антигены системы АВ0, MN, главного комплекса **гистосовместимости HLA**, но нет антигенов системы Rh Daffy Kell Kidd.
- Наиболее иммуногенны антигены локусов А и В и наименее - локуса С системы HLA.
- **Средняя продолжительность тромбоцитов** - 10 дней; в норме 2/3 тромбоцитов находится в циркулирующей крови, 1/3 - в селезенке.

# Лейкоциты

- Лейкоциты составляют третью по численности популяцию форменных элементов крови в среднем -  $6,4 \cdot 10^9/\text{л}$  (при колебании -  $4,0-8,8 \cdot 10^9$ ).
- **Леоформула:**
  - ▣ палочкоядерные нейтрофилы - 1-0,6%,
  - ▣ сегментоядерные нейтрофилы - 47,0-72,0%,
  - ▣ базофилы - 0-1%,
  - ▣ эозинофилы 0,5-5,0%,
  - ▣ моноциты 2,0-10,0%,
  - ▣ лимфоциты 18,0-38,0%.
- Для трансфузионной терапии наибольшее значение имеют – гранулоциты (нейтрофилы, базофилы и эозинофилы) и лимфоциты.
- Все гранулоциты содержат - липиды, полисахариды, пероксидаза гистамин, пирогены и различные органические соединения.
- Гранулоциты живут 1-16 дней, в среднем 6-9 дней.
- С кровью циркулируют 60-90 минут до 24 часов.
- Гранулоциты разрушаются макрофагами легких, селезенки и печени.

# Лимфоциты

- Лимфоциты рассматриваются как главная клетка иммунной системы .
- Разделяют на Т-клетки - 80% (Т-хелперы и Т-супрессоры) и В-клетки - 20%.
- Основная функция лимфоцита является участие в иммунных реакциях
- Т-лимфоциты активные участники реакции отторжения «трансплантат против хозяина».
- В-лимфоциты продуцируют антитела, обуславливающие гуморальный иммунитет.
- Лимфоциты могут сохранять длительное время **иммунологическую память**.
- Вырабатываются, в основном, в костном мозге.
- **Длительность жизни** – разная, от 3-4 дней до 100-200, и даже 580 дней.

# Лимфоциты

- Нахождение в циркулирующей крови не более 40 минут.
- Общее число в организме, с учетом резерва в костном мозге, селезенке, лимфоузлах, тимусе, миндалинах, и пейеровых бляшек -  $6,0 \cdot 10^9$ .
- С 90-х годов привлекают внимание гемопоэтические **стволовые клетки** периферической крови, существует теория, что все клетки произошли из стволовых клеток.
- **Форменные элементы** после созревания в костном мозге сразу не выходят в сосудистое русло, они остаются некоторое время в депо - в костном мозге и селезенке. Этот резерв дополнительной крови является одним из факторов регуляции постоянства крови.
- Попадая в циркулирующий поток, каждая кровяная клетка функционирует определенное время, постепенно стареет и элиминирует из сосудистого русла.

# Плазма

- **Основой плазмы** является вода - 90%, в которой растворены разнообразные белки - 7-8%, другие органические соединения – глюкоза, ферменты, витамины, кислоты, липоиды и минеральные вещества.
- Белковые компоненты плазмы совместно с тромбоцитами обеспечивают:
  - гемостатическую функцию плазмы,
  - пластические процессы в тканях,
  - дезинтоксикационную функцию,
  - транспортную функцию крови.
- Концентрация общего белка в плазме в норме 70-80 г/л, альбумин - 40-45%, глобулины - 55-60%.
- Альбумин образуется в печени, представляет низкомолекулярный белок (м.м 69000).
- 1/3 общего количества альбумина находится в циркулирующей крови, а 2/3 - вне сосудистого русла. Между ними происходит непрерывный обмен альбумина.
- Альбумин поддерживает коллоидно-осмотическое давление в крови и тканях, от чего зависит транспортно-капиллярный обмен жидкости, тургор тканей и объём жидкости во внесосудистом и сосудистом пространстве.

# Альбумин, глобулин

- Альбумин легко соединяется с различными органическими и неорганическими веществами, гормонами, лекарственными средствами доставляет их с током крови в ткани и одновременно выводит некоторые продукты метаболизма в сосудистое русло к печени, почкам, легким, желудочно-кишечному тракту.
- Регулирует кислотно-щелочное равновесие.
- Участвует в питании тканей.
- Следующую группу белков составляют глобулины имеющие высокую молекулярную массу(105 000-900 000).
- Главная их функция – обеспечение гуморального иммунитета , различают -  $\alpha_1$ -глобулины - 4%,  $\alpha_2$ -глобулин-8,5%,  $\gamma$ -глобулин - 18%.
- Белки плазмы разделяют на 3 класса – А, М и G. Антитела против подавляющего числа возбудителей содержатся в классе G.
- Среди гемостатических белков плазмы занимают VIII и IX факторы свертывающей системы, которые получены в чистом виде.
- В плазме имеется несколько гуморальных систем – комплементарная, свертывающая и противосвертывающая, оксидантная и антиоксидантная, неспецифические факторы защиты и другие.

# Основные функции крови

- **Газотранспортная** - перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа из тканей к легким.
- **Питательная** - транспорт питательных веществ и их дериватов от пищеварительного тракта, печени, депонированных запасов к тканям.
- **Экскреторная** - транспорт конечных продуктов обмена веществ из тканей в почки, кожу, желудочно-кишечный тракт.
- **Биорегуляторная** - транспорт гормонов, цитокинов, биологически активных веществ.
- **Терморегуляторная** - осуществляется циркулирующей кровью, имеющей высокие показатели теплоемкости и теплопроводности, и сосудистой системой путем регуляции теплоотдачи в зависимости от температуры тела и окружающей среды.
- **Защитная** - базируется на функциях свертывающей и противосвертывающей систем крови и иммунобиологической, связанной с клеточным и гуморальным иммунитетом.
- **Гомеостатическая** - обеспечивает постоянство внутренней среды организма путём включения в этот процесс указанных функций крови, омывающей все ткани и органы.

# Антигены эритроцитов и методы их выявления

- Антигены групп человека являются врожденными структурными образованиями, расположенными на внешней поверхности мембраны эритроцитов, обладающими способностью образовывать комплекс с соответствующими антителами. Их взаимодействие проявляется реакцией аглютинции.
- К настоящему времени известно более 200 групповых антигенов крови, которые объединены в несколько групповых антигенных систем. Групповые антигены передаются по наследству, Сочетание их индивидуально у каждого человека (исключение составляют однояйцевые близнецы).
- Различают групповые антигенные системы эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов и плазменных белков.
- Известно около 15 антигенных систем эритроцитов.
- Система АВ0, Резус (Rh Hr), MNSs, P, Келл-Келлано (Кк), Дафни (Fy), Кидд(Jk), Лютеранц (Lu), Левис (Le) Xg Ii Jt и другие.
- Первостепенное значение имеют системы АВ0 и система резус.

# Система АВО

- **Дифференцировка крови на группы** по системе АВО основана на 4-х различных комбинациях 2-х агглютиногенов (антигенов) А и В в эритроцитах и 2-х агглютининов (антител)  $\alpha$  и  $\beta$  в сыворотке крови людей.
- У лиц **I группы крови** эритроциты не содержат агглютиногенов А и В, поэтому обозначают 0(I), в сыворотке крови имеются агглюнины  $\alpha$  и  $\beta$ .
- **II группа крови А(II)** характеризуется наличием в эритроцитах агглютиногена А, в сыворотке – агглюнина  $\beta$ .
- **III группа крови В (III)** - имеет агглютиноген (антиген В), в сыворотке – агглюнин  $\alpha$ .
- **IV группа крови АВ(IV)** в эритроцитах имеются оба агглютиногена А и В, а в сыворотке агглюнины отсутствуют.
- **Одноименные агглюнины и агглютиногены в крови человека одновременно присутствовать не могут.**

# Номенклатура и подгруппы крови

- В России принято буквенно–цифровое обозначение 0(I) A(II) B(III) AB(IV).
- Агглютиноген А, содержащийся в А(II) и АВ(IV) неоднороден и может быть представлен в виде нескольких вариантов.
- В настоящее время выделено 8 разновидностей агглютиногена А.
- **Кровяные химеры.** Одновременное пребывание в кровяном русле 2-х популяций эритроцитов, отличающихся по группе и другим антигенам.
- Истинные и трансфузионные химеры.
- **Трансфузионные** химеры в результате многократного переливания универсальной группы 0(I) реципиентам с группой крови А(II), В (III) или АВ (IV). Носят транзиторный характер.
- **Истинные химеры** встречаются у гетерозиготных близнецов, после пересадки костного мозга.

# Система Резус

- Первый антиген этой системы был открыт в 1939г. американским ученым Винером.
- Резус присутствует в крови 85%; 15% этого фактора не содержат.
- Система антигенов резус представлена 6 антигенами, которые как и групповые признаки передаются по наследству и в течение жизни не меняются.
- Широко используется 2 номенклатуры – Винера и Фишера-Рейса (в скобках) Rh(D), rh прима( C), rh секунда(E,) Hr(d), hr прима(c), hr секунда (e).
- Антигены системы резус встречаются со следующей частотой - 85%, C- 70%, E - 30%, c - 80%, e - 97,5%. На этом основано фенотипирование.
- Антигены системы резус способны вызывать образование изоимунных антител, наиболее активным в этом отношении является антиген D.
- Специфичность резус-антител обусловлена антигенами, послужившими причиной изосенсибилизации.
- **Два типа антител: полные и неполные.**
- Неполные резус-антитела характеризуются способностью фиксироваться к резус-положительным эритроцитам, не вызывая их склеивания. Неполные антитела относятся к имунноглобулину G.

# Резус-фактор

- Наиболее важными являются 3 – D, C, E.
- Резус-отрицательными донорами называют тех лиц, в эритроцитах которых нет ни одной из 3-х указанных разновидностей, исключается возможность сенсебилизации к любому из 3-х антигенов (ссdee).
- Резус определяется с помощью цоликлонов анти-Д супер.
- Наличие агглютинации - резус-положительная.
- Агглютинация отсутствует – резус-отрицательная.



# Эритромаасса, эритроувзвесъ

- Компонент, полученный удалением части плазмы из консервированной крови с последующим удалением лейкоцитов с помощью лейкофильтров.
- Типирование по системе АВО и системе резус - Rh, Kell, определение антиэритроцитарных антител, фенотип.
- Определение антител к вирусам иммунодефицита человека 1 и 2 типов (ВИЧ - 1, ВИЧ - 2), антигена р24 ВИЧ - 1, поверхностного антигена вируса гепатита В (HBsAg), антител к вирусу гепатита С, антител к возбудителю сифилиса. Определение РНК вируса иммунодефицита человека, гепатита С, а так же определение ДНК вируса гепатита В методом ПЦР.
- Гематокрит - не выше 80%.
- Гемоглобин - не менее 45 г/доза.
- Гемолиз в конце срока хранения - не более 2,0 г/л.
- Эритроувзвесъ - взвесъ эритроцитов в ресуспендирующем растворе (или добавочном растворе).
- Сроки хранения эритроцитов зависят от состава консерванта.

# ЭМОЛТ, РОЭ

- Эритроцитная масса объединенная лейкоцитами и тромбоцитами. Компонент донорской крови человека, полученный в результате 3-х кратного отмывания эритроцитной массы 0,9% раствором натрия хлорида. Типирование по системе АВО и системе резус -Rh, Kell, определение антиэритроцитарных антител, фенотип.
- Определение антител к вирусам иммунодефицита человека 1 и 2 типов (ВИЧ - 1 , ВИЧ - 2), антигена р24 ВИЧ - 1, поверхностного антигена вируса гепатита В (HBsAg), антител к вирусу гепатита С, антител к возбудителю сифилиса.
- Определение РНК вируса иммунодефицита человека, гепатита С, а так же определение ДНК вируса гепатита В методом ПЦР. Состав - 2/3 эритроконцентрат, 1/3 - 0,9% раствор натрия хлорида. Гематокрит - от 0,5 до 0,7. Количество лейкоцитов - не более  $1 \times 10^6$  в дозе. Гемоглобин - не менее 40 г/доза. Гемолиз в конце срока хранения - не более 2,0г/л.
- РОЭ по своим свойствам не отличается от ЭМОЛТ, отличается тем, что не содержит групповых аглютининов, лишены различных продуктов метаболизма. Снижен риск заражения гепатитом - за счёт максимального отмывания эритроцитов.

# СЗП, тромбоконцентрат

- **Плазма** - компонент донорской крови человека для переливания, получаемый либо из консервированной крови, либо методами дискретного, аппаратного плазмафереза, прошедшей процедуру карантинизации не менее 180 суток, при наличии отрицательного результата на маркеры. Типирование по системе АВ0 и резус-фактору.
- **Тромбоцитный концентрат** из дозы крови - полученный посредством афереза тромбоцитов одного донора с использованием оборудования для автоматической сепарации клеток .
- Типирование по система АВ0, резус и HLA одна доза содержит -  $0,5 \cdot 10^{11}$  клеток.

# Препараты крови

- **Комплексного действия.**
- **Стимулирующего действия.**
- **Корректоры свертывающей и фибринолитической системы крови.**
- **Иммунологического действия.**
  
- **Комплексного действия – альбумин 10% - 100,0. Показания – гипопротейнемия, гипоальбуминемия (ниже 25%). Хранится при +2+8<sup>0</sup> С – 5 лет.**

# Показания к переливанию эритроцитов

<b>Клиническое состояние</b>	<b>Гематокрит</b>	<b>Гемоглобин</b>
Нет признаков анемии и сочетанных заболеваний	21%	70г/л
Признаки анемии или сочетанное заболевание	24%	80г/л
Продолжающаяся химиотерапия или лечение острого лейкоза	26%	85г/л
Дооперационная анемия и ожидаемая кровопотеря >500мл или беременность	26%	85г/л
Признаки анемии и сочетанное заболевание	29%	95г/л
ОКС, острый инфаркт миокарда	30-33%	100-110г/л

# Показания

## Приложение №1

к приказу № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ апреля 2014г.

### ПОКАЗАНИЯ К ТРАНСФУЗИИ ЭРИТРОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ КРОВИ

Учитывая наличие у больного (ой) \_\_\_\_\_ глубокой анемии (Hb \_\_\_\_\_) с признаками гемической гипоксии, больному(ой) показана трансфузия **ЭРмассы, Эр.Взвеси, ФЭМ, ЭМОЛТ, РОЭ**, с индивидуальным подбором

Группа крови \_\_\_\_\_ Резус-фактор \_\_\_\_\_, фенотип \_\_\_\_\_ код, в объеме \_\_\_\_\_ доз/мл

Согласие больного на трансфузию получено в письменном виде, не получено ввиду нарушения сознания, неврологического дефицита. Решение принято консилиумом:

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Зав. отделением \_\_\_\_\_ Время \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ПОКАЗАНИЯ К ТРАНСФУЗИИ СВЕЖЕЗАМОРОЖЕННОЙ ПЛАЗМЫ

Учитывая наличие у больного(ой) \_\_\_\_\_ коагулопатии, дефицита факторов свертывания, тяжелого приобретенного иммунодефицита, ДВС-синдрома, тяжелой гипопротейнемии, гиповолемии, необходимость проведения процедуры высокообъемного плазмозамещения, больному(ой) показана трансфузия **СЗП**.

Согласие больного на трансфузию получено в письменном виде, не получено ввиду нарушения сознания, неврологического дефицита. Решение о трансфузии принято консилиумом:

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Зав. отделением \_\_\_\_\_ Время \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ПОКАЗАНИЯ К ТРАНСФУЗИИ ТРОМБОКОНЦЕНТРАТА

Учитывая наличие у больного (ой) \_\_\_\_\_ тромбоцитопении (\_\_\_\_\_ тыс.), коагулопатии, геморрагического синдрома, продолжающегося курса химиотерапии,

больному (ой) показана трансфузия **тромбоконтрата** в объеме \_\_\_\_\_ доз, мл

Согласие больного на трансфузию получено в письменном виде, не получено ввиду нарушения сознания, неврологического дефицита. Решение о трансфузии принято консилиумом:

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Врач (подпись) \_\_\_\_\_ (ФИО \_\_\_\_\_)

Зав. отделением \_\_\_\_\_ Время \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

# Оформление информированного добровольного согласия гражданина на переливание компонентов крови

Приложение № 1

**Согласие**  
пациента на операцию переливания компонентов крови

Я, Ефремова Алла

получил разъяснения по поводу операции переливания крови. Мне объяснены лечащим врачом ее необходимость, характер и особенности процедуры, ее возможные последствия, в случ развития которых я согласен на проведение всех нужных лечебных мероприятий. Я извещен о вероятн течения заболевания при отказе от операции переливания компонентов крови

Пациент имел возможность задать любые интересующие его вопросы касательно состояния его здоров заболевания и лечения и получил на них удовлетворительные ответы

Я получил информацию об альтернативных методах лечения, а также об их примерной стоимости.

Беседа провел врач: Обвинникова Н. В. (подпись)

« 14 » 01 2016 г. (фамилия, имя, отчество врача)

Пациент согласился с предложенным планом лечения, в чем расписался собственноручно: Алла (подпись)

или расписался ( согласно п. 1.7. « Инструкции по применению компонентов крови », утвержден приказом Министерства здравоохранения России от 25.11.2002 г. № 363):

\_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество) \_\_\_\_\_ (подпись)

или что удостоверяют присутствующие при беседе: \_\_\_\_\_ (подпись врача) \_\_\_\_\_ (подпись свидетеля)

Пациент не согласился (отказался) от предложенного лечения, в чем расписался собственноручно: \_\_\_\_\_ (подпись)

или расписался ( согласно п. 1.7. « Инструкции по применению компонентов крови », утвержден приказом Министерства здравоохранения России от 25.11.2002 г. № 363):

\_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество) \_\_\_\_\_ (подпись)

или что удостоверяют присутствующие при беседе: \_\_\_\_\_ (подпись врача) \_\_\_\_\_ (подпись свидетеля)

- Добровольное согласие гражданина является необходимым предварительным условием медицинского вмешательства (ст. 32 ФЗ «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан»).
- Оформленное письменное согласие пациента на переливание компонентов крови подшивается в медицинскую карту больного.

# Требование

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»

## ТРЕБОВАНИЕ НА КРОВЬ И ЕЕ ПРЕПАРАТЫ

Прошу отпустить для ОРИЕНТ (ИРО) отделения

№ истории болезни	Ф.И.О. больного, диагноз, возраст	Название компонента крови	Кровь и плазма				Резус-принадлежность	Кровозаменители-дозы				Системы
			ОI	АII	ВIII	АВIV						
6008 452	Кареев АИ	Ф.масса			300		положит.					
22082	Светличина ВСА											
64и	Левитанец МА							1000				
	Судур тэмэев 15 лет. шк. оф.							800				

Дата 15.11.15  
час выписки 11 10

Зав.отделением:  
подписи  
разборчиво

Дата выдачи 15.11.15 час. 11:20

Подпись выдавшего  
Подпись получившего

Иванова АЕ.

Кураев АЕ.

ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»

## ТРЕБОВАНИЕ НА КРОВЬ И ЕЕ ПРЕПАРАТЫ

Прошу отпустить для ОРИЕНТ (ИРО) отделения

№ истории болезни	Ф.И.О. больного, диагноз, возраст	Название компонента крови	Кровь и плазма				Резус-принадлежность	Кровозаменители-дозы				Системы
			ОI	АII	ВIII	АВIV						
23440	Кривной КЮ	Ф.масса	490				налиц					
302	Зр. калькулезн. конкремент											
6489	Судурова МА	СЭП			490 (20)		налиц					
522	Оп.ВКС. Мех. травма кровотока				39							
24296	Коротков АА							1000				
36и	УФБ АВМ. прав. лок. артер.											

Дата 4.12.15  
час выписки 10 40

Зав.отделением:  
подписи  
разборчиво

Дата выдачи 4.12.15 час.

Подпись выдавшего  
Подпись получившего

Иванова АЕ.

Соловьев

# Юридическая ответственность

- При возникновении юридических конфликтов, связанных с гемотрансфузией, медицинские работники, признанные виновными, могут понести дисциплинарную, административную, гражданскую или уголовную ответственность.
- Гражданская ответственность обычно заключается в возмещении больному морального и материального ущерба.
- **Конфликты, относящиеся к гемотрансфузии, чаще всего, регламентируются статьями УК РФ:**
  - Ст. 26 - Преступление, совершенное по неосторожности.
  - Ст. 109 - Причинение смерти по неосторожности.
  - Ст. 118 - Причинение тяжкого или средней тяжести вреда здоровью по неосторожности.
  - Ст. 124 - Неоказание помощи больному.
  - Ст. 293 - Халатность (эта статья относится к должностным лицам).