

Физиология крови



Кровь как компонент внутренней среды

- Внутренняя среда - совокупность биологических жидкостей, обеспечивающих взаимосвязи между клетками организма

Основные компоненты внутренней среды:

- Кровь
- Лимфа
- Тканевая жидкость
- Цереброспинальная жидкость



1. Понятие о системе крови, ее функции и значение

Кровь – жидкая соединительная ткань, являющаяся важнейшим компонентом внутренней среды организма.

Кровь – это физиологическая система, которая включает в себя (По Лангу):

- 1) периферическую (циркулирующую и депонированную) кровь;
- 2) органы кроветворения;
- 3) органы кроверазрушения;
- 4) механизмы регуляции.



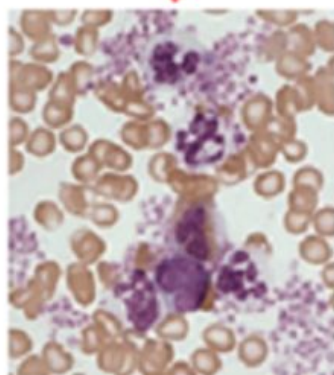
Система крови

Кровь человека

Органы образования и разрушения крови

форменные элементы

плазма крови



Межклеточное вещество,
или жидкая часть крови

1. Костный мозг,
2. Тимус (вилочковая железа),
3. Лимфатические узлы,
4. Селезенка,
5. Печень.

Большая часть крови находится в
сосудистом русле



Основные функции крови

Транспортная



- ✓ Перенос O_2 и CO_2 - дыхательная функция
- ✓ Перенос гормонов и БАВ – регуляторная
- ✓ Перенос пластических и энергетических веществ (глюкоза, липиды) – питательная
- ✓ Экскреторная функция – перенос продуктов метаболизма из тканей к органам выделения

Защитная



- Является составной частью иммунной системы
- Связывание токсических веществ и удаление их из организма
- Гемостаз

Гомеостатическая



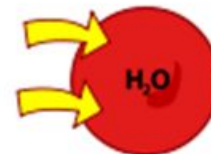
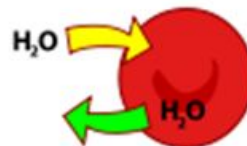
- Поддержание КОС
- Теплообмен
- Поддержание электролитного состава и др.



Физико-химические свойства крови

- **Осмотическое давление** крови зависит от концентрации в плазме крови молекул растворенных в ней веществ (электролитов и неэлектролитов) и представляет собой сумму осмотических давлений всех содержащихся в ней компонентов.
- Осмотическое давление – сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из зоны меньшей концентрации в зону большей.
- 60% осмотического давления создается NaCl.

□ Осм Гипертонический Изотонический Гипотонический



□ Онкотическое давление – это осмотическое давление, создаваемое белками в коллоидном растворе.

□ Онкотическое давление = 0,03-0,04 атм.

□ Кисотно-основные свойства крови - определяется в 1ю очередь концентрацией форменных элементов. Прямо пропорциональна H_t . Увеличивается при повышении концентрации белков в плазме.

□ рН венозной крови 7,35; рН артер.крови 7,4

Сдвиг в кислую сторону – ацидоз;

Сдвиг в щелочную сторону – алкалоз.



- **Коллоидная стабильность** плазмы обусловлена характером гидратации белковых молекул и наличием на их поверхности двойного электрического слоя ионов, создающего поверхностный потенциал.
- ▣ **Суспензионные свойства** крови, т.е. поддержание клеточных элементов во взвешенном состоянии. Они могут быть оценены по скорости оседания эритроцитов (СОЭ).
- **Удельная плотность** крови – 1050 – 1060 г/л.
- **Вязкость** крови определяется в 1ю очередь концентрацией форменных элементов. Прямо пропорциональна Ht .
Увеличивается при повышении концентрации белков в плазме.
- 5 усл. ед. (т.е. в 5 раз больше, чем у воды).

Плотность и вязкость крови зависят от количества эритроцитов.



2. Физиология компонентов крови

2.1 Плазма крови, ее состав

Общее количество крови 6-8% от массы тела или 4-6 л.

Плазма 52-58%

Форменные элементы 42-48%

Эритроциты

Мужчины $(4,5-5,1) \cdot 10^{12}/л$

Женщины $(3,7-4,7) \cdot 10^{12}/л$

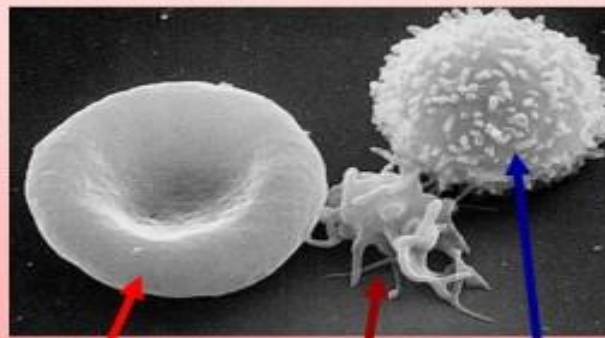
Лейкоциты

$(4-9) \cdot 10^9/л$

Тромбоциты

$(180-320) \cdot 10^9/л$

СНИМОК СКАНИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА



ЭРИТРОЦИТ ТРОМБОЦИТ ЛЕЙКОЦИТ



Гематокрит

- Соотношение форменных элементов и плазмы крови называется гематокритом (Ht)
- *В современных анализах крови он обозначается как PCV (packed cell volume)*
- В норме гематокрит
мужчины равен 0,40 – 0,48 л/л,
женщины — 0,36—0,42 л/л
- Единицы измерения Ht
0,45 л/л = 45% = 450 мл клеток в 1 литре крови

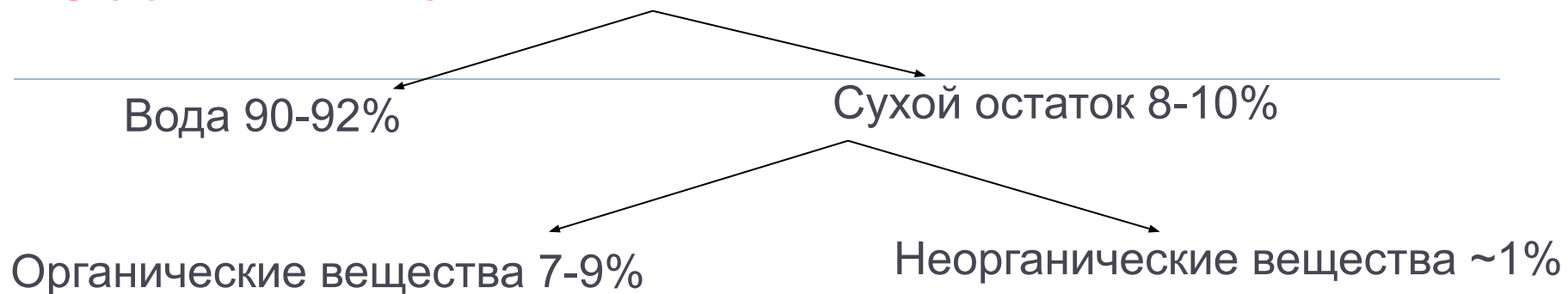


Изменения гематокрита

Увеличение	Уменьшение
1. При <u>уменьшении количества плазмы</u> (потеря жидкости: диарея, рвота, усиленное потоотделение, прием мочегонных препаратов и др.) 2. При <u>увеличении количества форменных элементов</u> (при нахождении в условиях высокогорья, за счет увеличения в крови эритроцитов, хронических заболеваниях легких, истинной полицитемии и др. состояниях)	1. При <u>увеличении количества плазмы</u> (введение большого количества плазмозаменителей, выход жидкости из тканей при острой кровопотере) 2. При <u>уменьшении количества форменных элементов</u> (беременность, анемии, подавление деятельности КМ, хронические инфекции и др.)



Состав плазмы



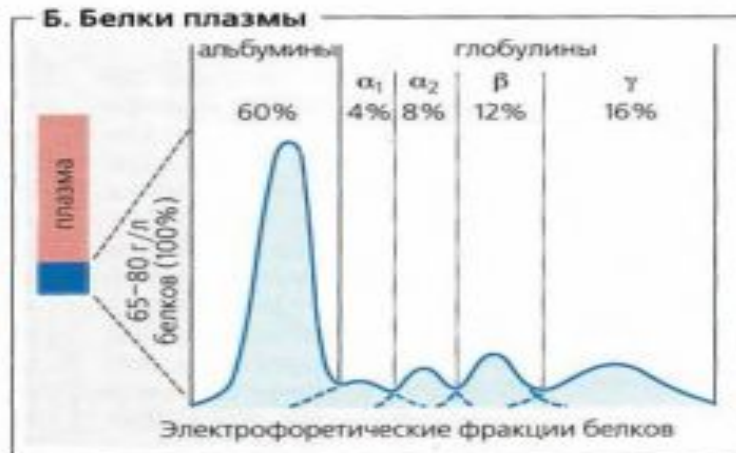
Азотсодержащие	Безазотистые
Белки – 60-80 г/л <i>Альбумины</i> – 35-45 г/л <i>Глобулины</i> – 20-35 г/л <i>Фибриноген</i> – 3-5 г/л Остаточный азот - 14,3-28,6 ммоль/л Мочевина – 3,0-8,0 ммоль/л	Билирубин – 8-20 ммоль/л Липиды – 4,0-8,0 ммоль/л Холестерин (общий) – 3,0-7,0 ммоль/л Глюкоза – 3,3-5,6 ммоль/л

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



Функции белков плазмы

1. Онкотическое давление (обмен воды между кровью и тканями)
2. Влияние на вязкость крови
3. Поддержание КОС
4. Транспорт веществ (липиды, железо, гормоны и др.)
5. Участие в свертывании крови и фибринолизе **удаляя из плазмы фибриноген получают сыворотку крови (не сворачивается)*
6. **Защитная функция** (неспецифическая – лизоцим, интерфероны; специфическая – антитела (Ig))



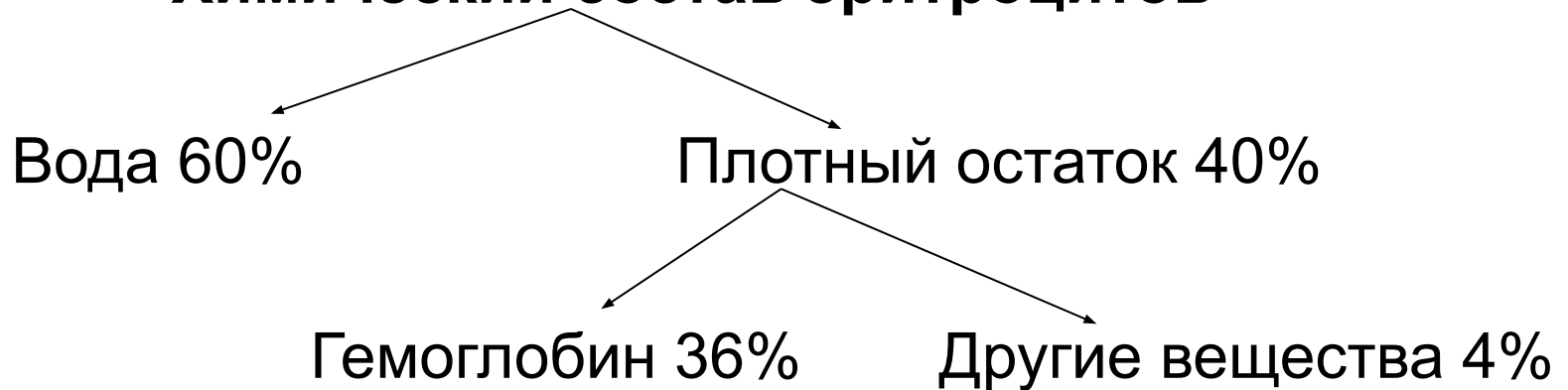
2.2 Физиология эритроцитов

Эритроциты - безъядерные клетки, имеют форму двояковогнутого диска.

Диаметр эритроцитов 7,4-7,6 мкм

Продолжительность жизни эритроцитов – 100-120 дней

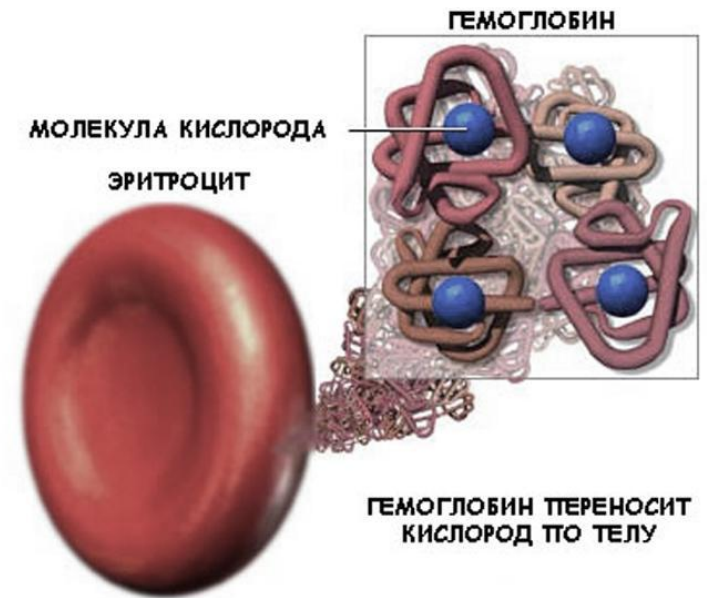
Химический состав эритроцитов



Среднее содержание гемоглобина в эритроците МСН – 26-34 пг



- Наиболее многочисленные форменные элементы крови
- Представляют собой двояковогнутые диски (форма облегчает прохождение через капилляры)
- d эритроцитов = 7,4-7,6 мкм
- Наружная поверхность мембраны заряжена «-», внутренняя «+», одноименный заряд препятствует агрегации
- Не имеют ядра и органелл
- Содержат дыхательный пигмент гемоглобин и карбоангидразу
- Эритрон - это совокупность эритроцитов циркулирующих, депонированных и созревающих в органах кроветворения



Важнейшими функциями эритроцита являются:

- 1) дыхательная - связана с наличием гемоглобина и бикарбоната калия, за счет которых осуществляется перенос дыхательных газов.;
- 2) питательная - связана со способностью мембраны клеток адсорбировать аминокислоты и липиды, которые с током крови транспортируются от кишечника к тканям.;
- 3) ферментативная - обусловлена присутствием на мембране карбоангидразы, метгемоглобинредуктазы, глутатионредуктазы, пероксидазы, истинной холинэстеразы и др.;
- 4) защитная - осуществляется в результате оседания токсинов микробов и антител, а также за счет присутствия факторов свертывания крови и фибринолиза.;
- 5) буферная
- 6) Гемоглобин участвует в иммунологических реакциях.
- Поскольку эритроциты содержат антигены, то их используют в иммунологических реакциях для выявления антител в крови.



Эритроциты в норме. у муж. – $(4,5-5,1) \cdot 10^{12}$,
у жен. – $(3,7-4,7) \cdot 10^{12}$.

Эритроцитоз – увеличение,

эритроцитопения – уменьшение количества эритроцитов

Относительный – вызванный изменением объема плазмы

Абсолютный – вызванный изменением количества эритроцитов

Эритроцитоз

Физиологический

Абсолютный
(истинный)

Относительный
(ложный)

Патологический

Абсолютный
(истинный)

Относительный
(ложный)

Эритроцитопения

Физиологическая

Абсолютная
(истинная)

Относительная
(ложная)

Патологическая

Абсолютная
(истинная)

Относительная
(ложная)

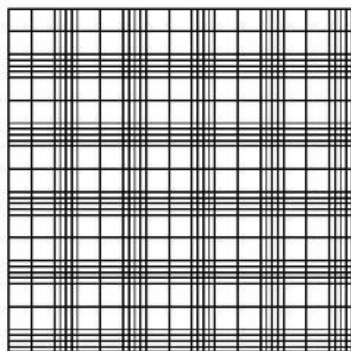


Эритроциты обладают физиологическими и физико-химическими свойствами:

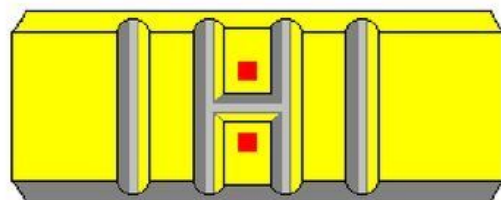
- 1) пластичностью;
- 2) осмотической стойкостью;
- 3) наличием креаторных связей;
- 4) способностью к оседанию;
- 5) агрегацией;
- 6) деструкцией.



Задача 1. ПОДСЧЕТ ЭРИТРОЦИТОВ



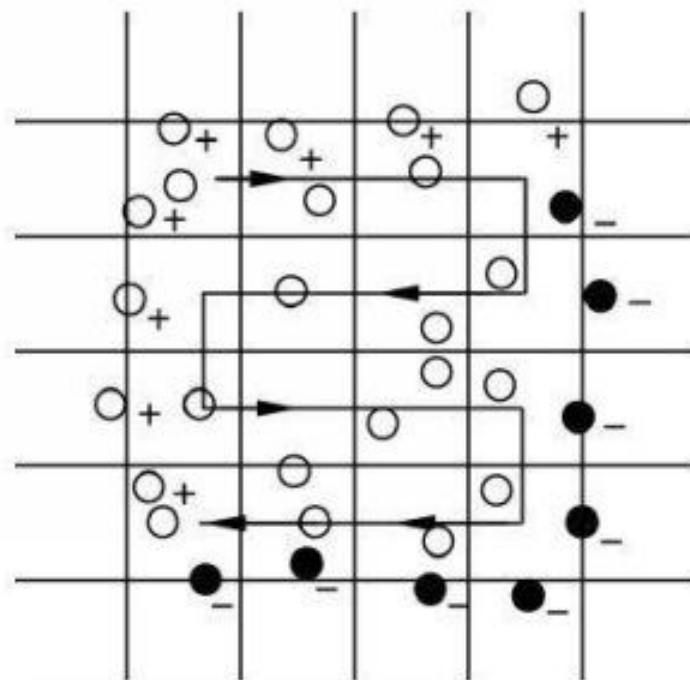
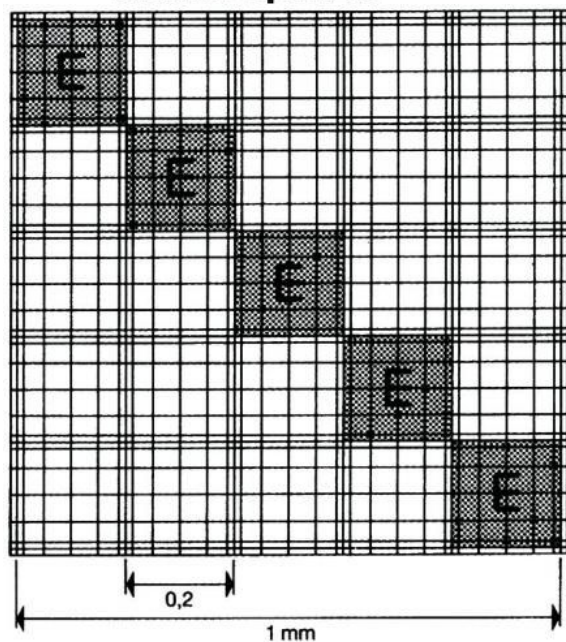
Сетка Горяева



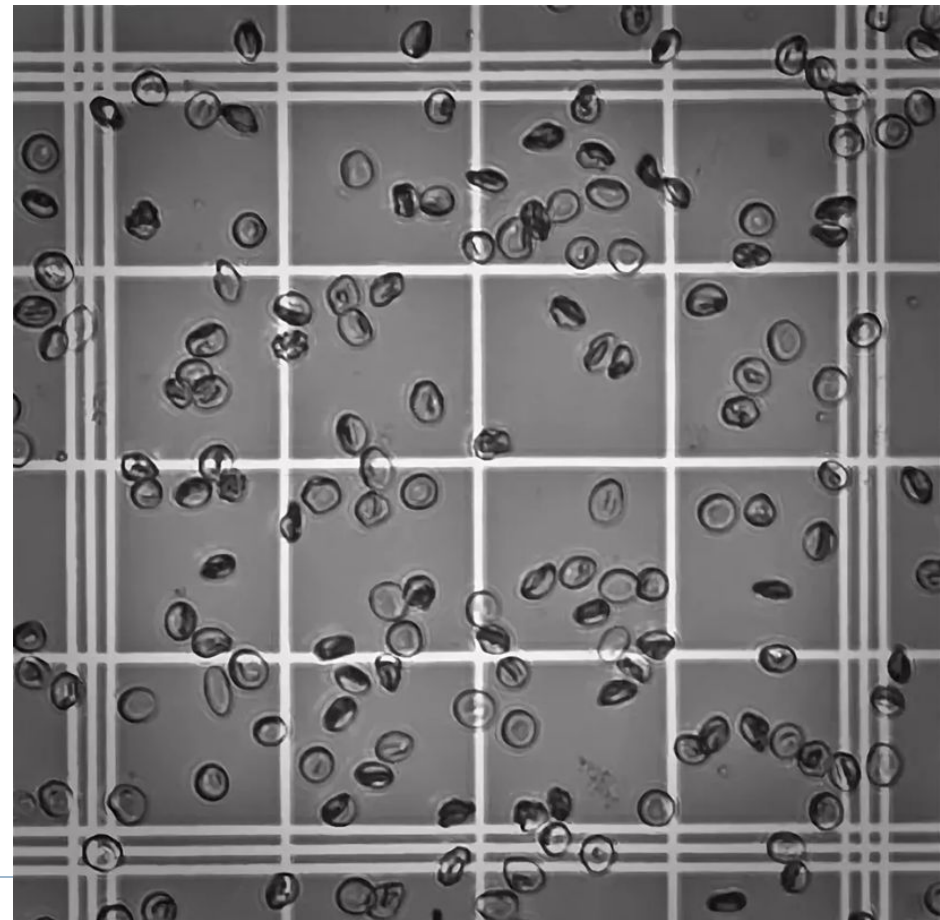
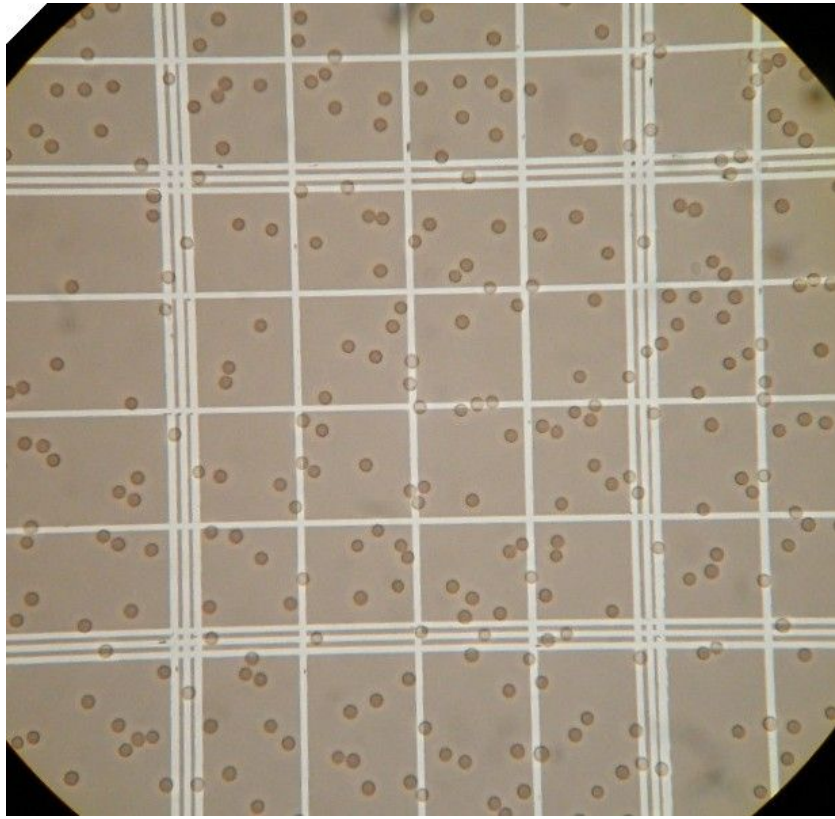
Вид сверху



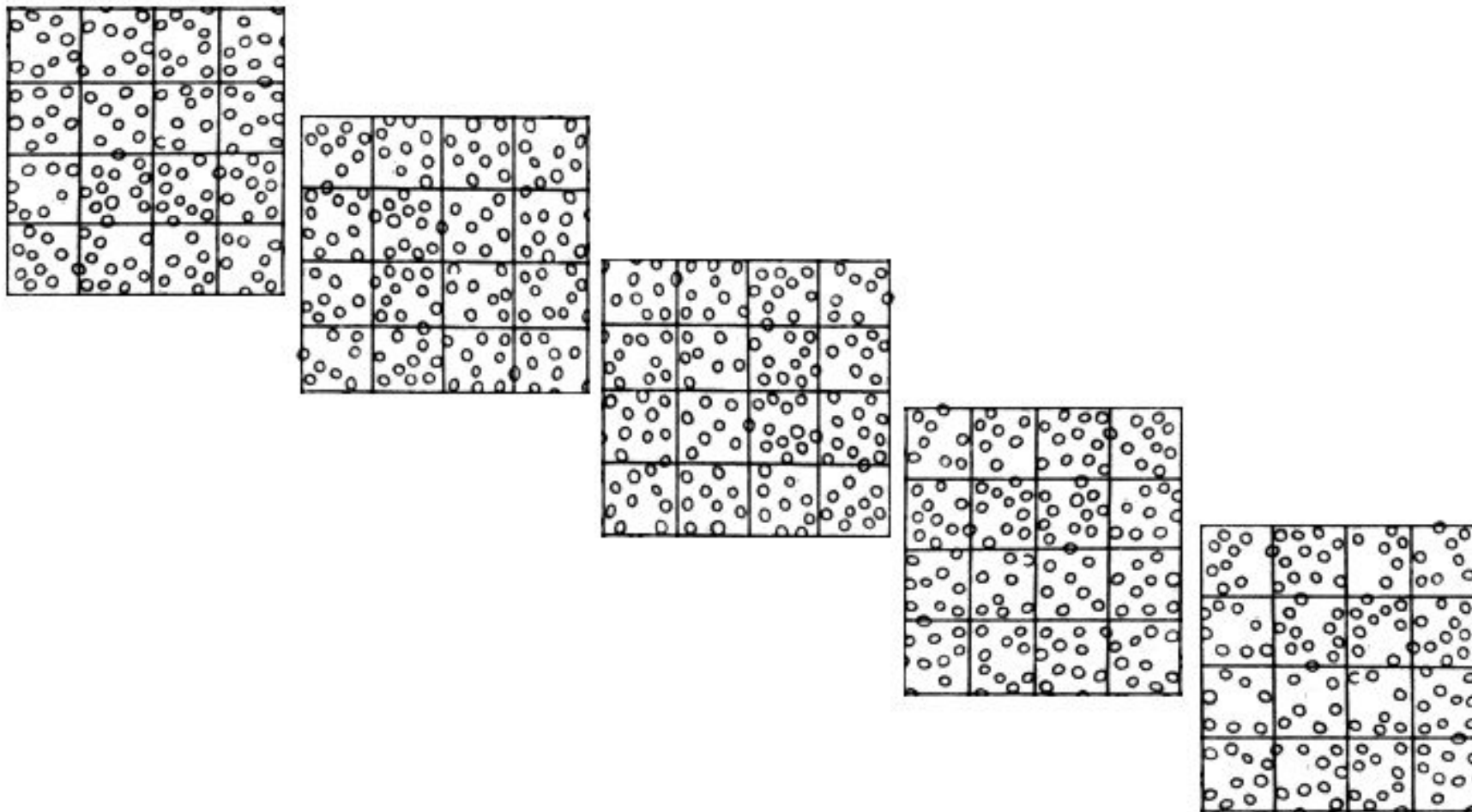
Вид сбоку



Порядок подсчета эритроцитов

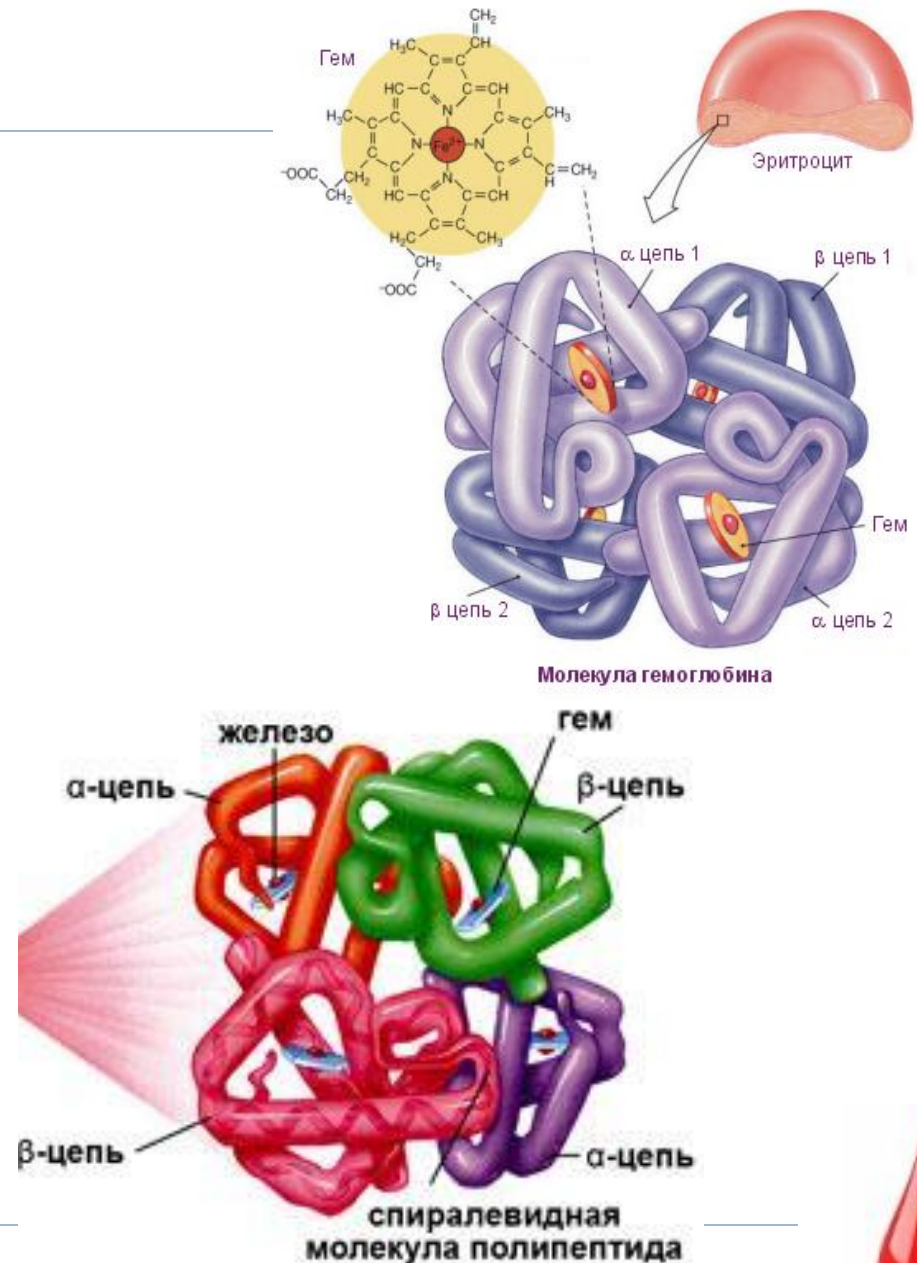


Посчитать количество эритроцитов в данном мазке крови.



Гемоглобин

- - дыхательный фермент;
- По химической структуре – хромопротеид: белок глобин (1 молекула) и простетическая группа гем (4 молекулы);
- Гем имеет Fe^{2+}



Гемоглобин – сложный белок, хромопротеид, 96% глобина и 4%гема. Одна молекула гемоглобина связывает 4 молекулы O_2 , в состав гема входит 2-х валентное железо.

Виды гемоглобина:

1. **НбР** – примитивный, у эмбриона до 9 недель внутриутробного развития.
2. **НбF** – фетальный гемоглобин у плода и новорожденных.
3. **НбА** - у взрослого человека.



Соединения гемоглобина с газами

Физиологические:

1. HbO_2 - оксигемоглобин
2. HbCO_2 - карбогемоглобин
3. HHb – восстановленный гемоглобин

Патологические:

1. HbCO - карбоксигемоглобин
2. HbOH – метгемоглобин
3. HbS - сульфгемоглобин

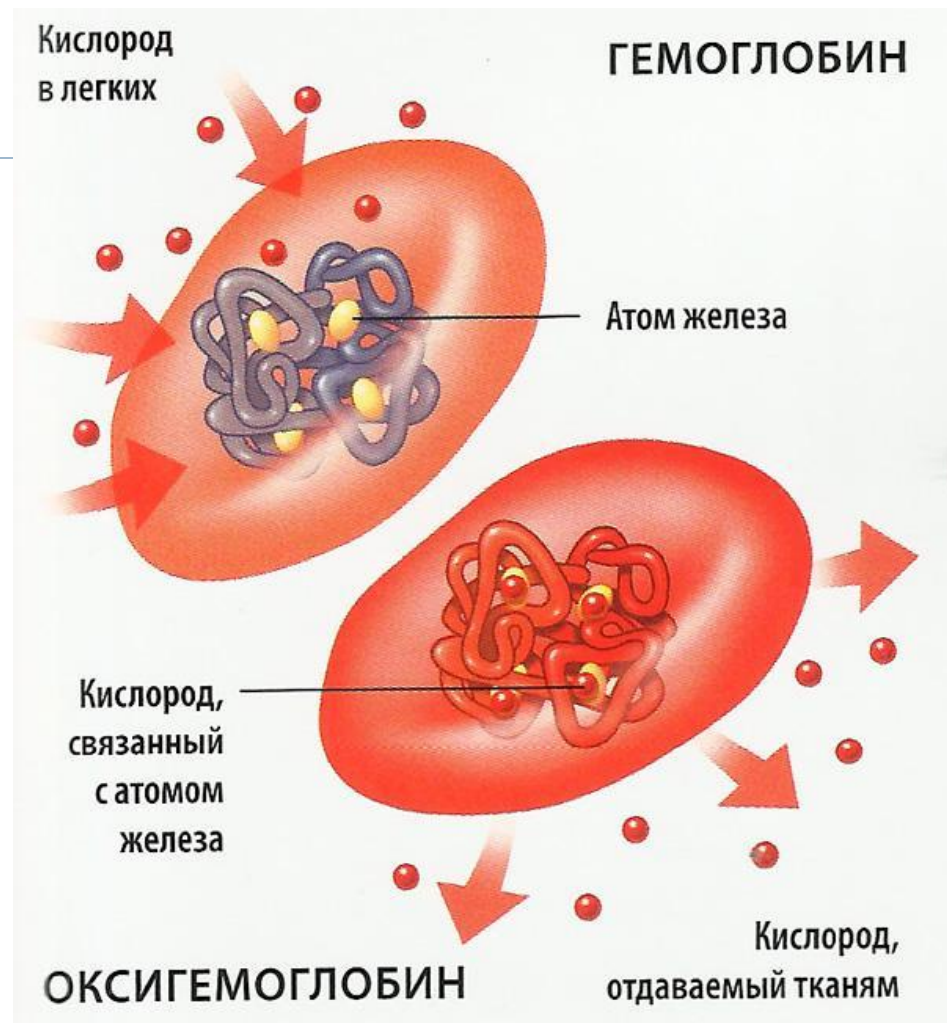


□ **Содержание Нб в норме:**

муж. – 130-160 г/л

жен. – 120-140 г/л

высшее содержание
166,7 г/л



Содержание (насыщение) в эритроците гемоглобина отражают следующие показатели:

- 1) цветовой показатель (ЦП);
- 2) MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците;
- 3) MCHC — концентрация гемоглобина в эритроците.

Фарб-индекс (Fi, от farb — цвет, index показатель) — процентное соотношение гемоглобина и эритроцитов, при этом за 100% (или единиц) гемоглобина условно принимают величину, равную 166,7 г/л, а за 100% эритроцитов — $5 \cdot 10^6$ в 1 л.

Эритроцит такой крови предельно насыщен Hb (MCH 33 пг).

Упрощенная формула

$$\text{ЦП} = (\text{гемоглобин (г/л)} \cdot 3) / \text{первые 3 цифры количества эритроцитов в крови}$$

ЦП в норме 0,85 – 1,05.

Повышение ЦП – гиперхромия (недостаток эритроцитов)

Снижение ЦП – гипохромия (недостаток гемоглобина)



Гемолиз – это разрушение оболочки эритроцитов и выход Hb в плазму.

Виды гемолиза:

1. Биологический.
2. Химический.
3. Механический.
4. Температурный.
5. Электрический.
6. Физиологический.
7. Осмотический.

В норме максимальная ОРЭ составляет 0,34 – 0,32 %.



Внутрисосудистый и внутриклеточный гемолиз

- Основная масса эритроцитов (до 90%) разрушается путем фрагментации с последующим лизисом в макрофагах селезенки и частично – печени (*внутриклеточный гемолиз*).
- *Внутрисосудистый гемолиз* – распад эритроцитов непосредственно в кровотоке. Освобожденный в кровеносных сосудах гемоглобин связывается с белком плазмы *гаптоглобином*, что препятствует выведению гемоглобина через почки. Комплекс гемоглобин-гаптоглобин поглощается и разрушается клетками ретикулоэндотелиальной системы.



Признаки гемолиза консервированной крови

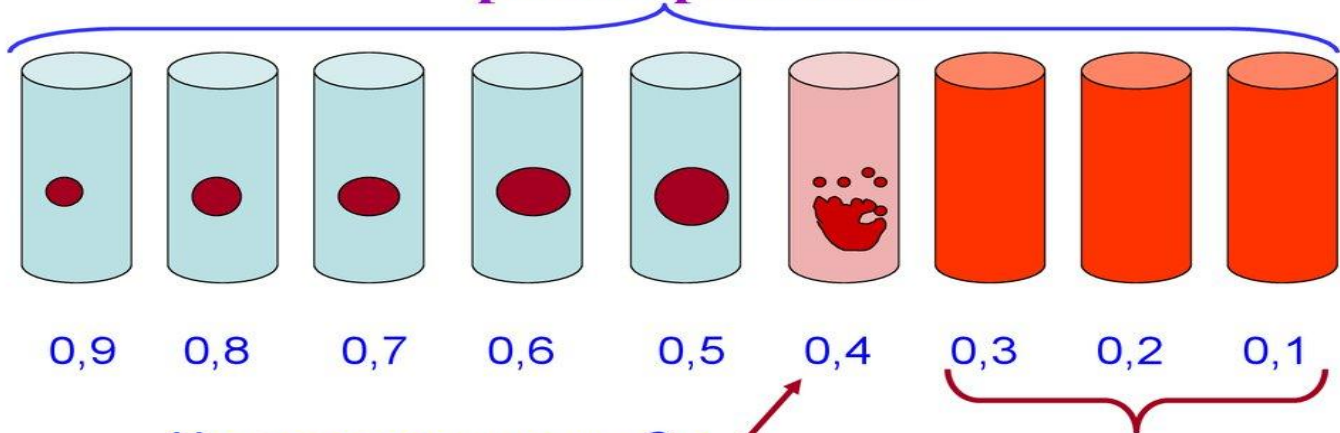
- Розовое окрашивание слоя плазмы
- Отсутствие четкой границы между плазмой и форменными элементами
- При полном гемолизе «лаковая кровь»



Осмотическая резистентность эритроцитов - концентрация раствора NaCl, при которой происходит осмотический гемолиз.

Определение осмотической резистентности
эритроцитов

растворы NaCl



Начало разрушения Эр

Полное разрушения Эр.
Лаковая кровь



Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)

- Кровь - *устойчивая суспензия* мелких клеток в жидкости (плазме).
- Это свойство нарушается при переходе крови к статическому состоянию, что сопровождается оседанием клеток и проявляется со стороны эритроцитов, что используется для оценки суспензионной стабильности крови при определении скорости оседания эритроцитов (СОЭ).
- Оседанию будут препятствовать силы отталкивания, возникающие между отрицательно заряженными мембранами эритроцитов.
- СОЭ отражает процесс разделения крови при стоянии на 2 слоя:
 - 1) Верхний – плазма и лейкоциты
 - 2) Нижний - эритроциты

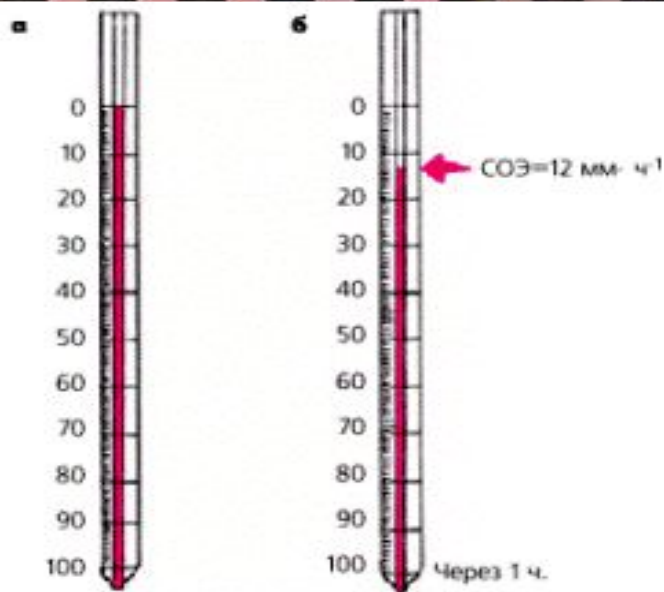


Нормы СОЭ:

у мужчин 2-10 мм/ч и у женщин 2-15 мм/ч



- Величина СОЭ измеряется как высота столбика плазмы над форменными элементами, образовавшегося за 1 час. Соответственно, единицы измерения СОЭ – миллиметры в час (мм/час).



СОЭ зависит от:

- Количества эритроцитов
- Морфологии эритроцитов
- Соотношения белков плазмы (эритроциты адсорбируют белковые частицы плазмы, образуют агломераты и смещаются вниз при стоянии) - **НАИБОЛЬШЕЕ** влияние.
- NB! Альбумины оказывают защитное действие на Эр, препятствуя оседанию



Изменение СОЭ

Увеличение СОЭ

- Увеличение глобулинов, фибриногена, появление парапротеинов, снижение альбуминов (воспалительные, неопластические процессы)
- Уменьшение числа эритроцитов (анемии)
- Увеличение объема Эг и увеличение содержания в них Нб (при мегалобластических анемиях СОЭ больше, чем при железodefицитных)
- Увеличение содержание холестерина в крови

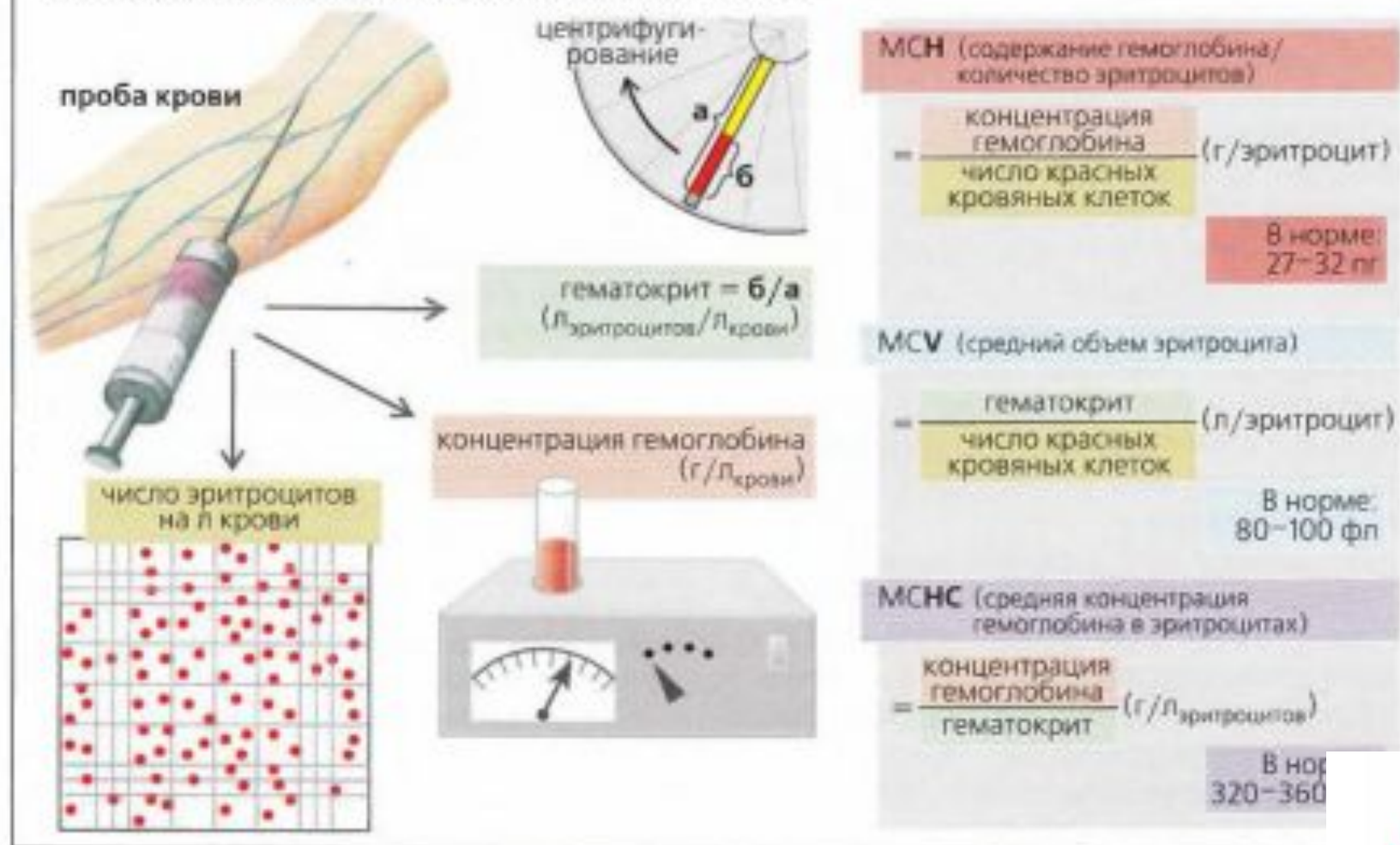
Уменьшение СОЭ

- Увеличение числа эритроцитов
- Ацидоз
- Увеличение содержания желчных кислот (механическая и паренхиматозная желтухи)



Параметры эритроцитов

В. Параметры эритроцитов: MCH, MCV и MCHC



2.3 Физиология лейкоцитов

- Лейкоциты – ядросодержащие клетки крови, размеры которых от 4 до 20 мкм.
- Продолжительность их жизни сильно варьируется и составляет от 4–5 до 20 дней для гранулоцитов и до 100 дней для лимфоцитов.
- Количество лейкоцитов в норме у мужчин и женщин одинаково и составляет 4–9 ммоль/л.



□ Среди гранулоцитов в периферической крови встречаются:

1) нейтрофилы – 46–76 %;

2) эозинофилы – 1–5 %;

3) базофилы – 0–1 %.

□ В группе незернистых клеток выделяют:

1) моноциты – 2–10 %;

2) лимфоциты – 18–40 %.



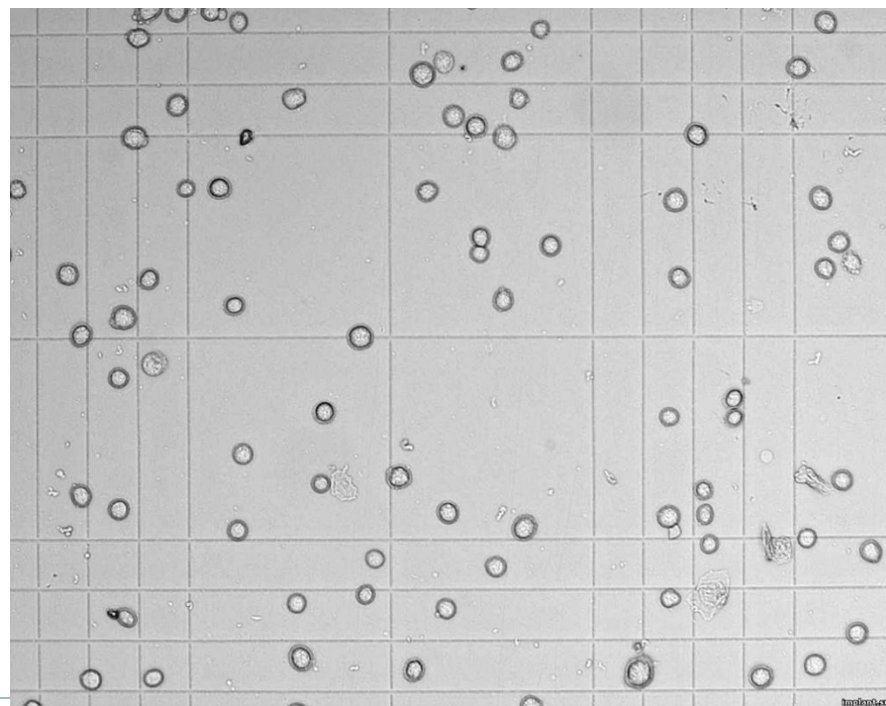
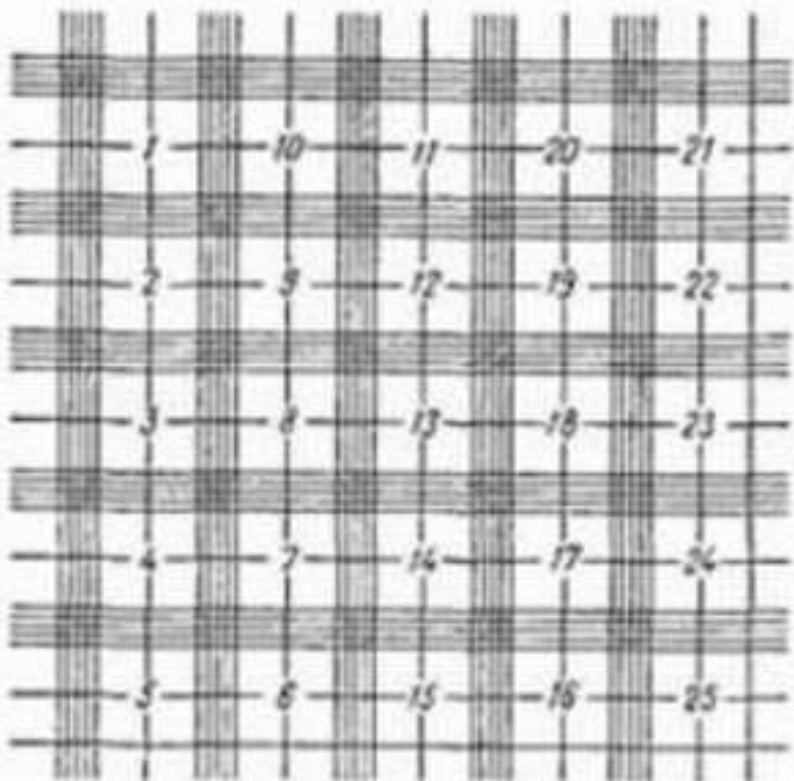


Лейкоциты выполняют следующие функции:

- Защитную
- Деструктивную
- Регенеративную



Задача 2. ПОДСЧЕТ ЛЕЙКОЦИТОВ



2.4 Физиология тромбоцитов

- Тромбоциты – безъядерные клетки крови, диаметром 1,5–3,5 мкм.
- Они имеют уплощенную форму, и их количество у мужчин и женщин одинаково и составляет 180–320 ммоль/л.
- Эти клетки образуются в красном костном мозге.



Для тромбоцитов характерны следующие свойства:

- 1) амебовидная подвижность;
- 2) быстрая разрушаемость;
- 3) способность к фагоцитозу;
- 4) способность к адгезии;
- 5) способность к агрегации.



Задача 3. ПОДСЧЕТ ТРОМБОЦИТОВ

