



СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МЕДИЧНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ФІЗІОЛОГІЇ І ПАТОФІЗІОЛОГІЇ

Опорний конспект лекції з фізіології
на тему:

Фізіологія еритроцитів

Еритрон

це загальна маса еритроцитів в організмі (ті, які циркулюють, депоновані, ті, що містяться в органах утворення та руйнування), а також механізми регуляції їх кількості.



Функції еритроцитів

1

Дихальна.

2

Транспортна.

3

Буферна.

4

*Підтримка реологічних
властивостей крові.*

5

*Забезпечення групової
приналежності крові.*

6

*Участь у підтримці
водно-сольового обміну.*

7

*Беруть участь
у гемостазі.*



Загальна функціональна характеристика еритроцитів



Кількість еритроцитів

У периферичній
крові

Чоловіки

4 - 5

$\cdot 10^{12} / \text{л}$

Жінки

3,5 - 4,5

$\cdot 10^{12} / \text{л}$

Зміна кількості еритроцитів



Еритроцитоз



***Еритропенія
або анемія***



Еритропенія



Абсолютна

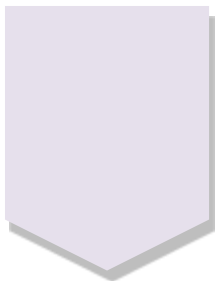
Зменшення загальної кількості еритроцитів в організмі. Її причинами можуть бути посилений гемоліз еритроцитів (при дії радіації, отрут, токсинів, переливанні несумісної крові), крововтрата, ослаблення або припинення еритропоезу (внаслідок дефіциту факторів кровотворення - заліза, вітамінів В₆, В₁₂, фолієвої кислоти; недостатності еритропоетинів при патологіях нирок; пригнічення кровотворної функції червоного кісткового мозку).



Відносна

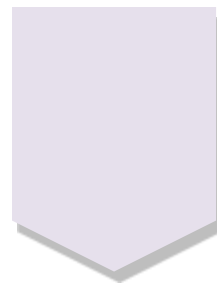
Зменшення кількості еритроцитів в одиниці об'єму крові при розрідженні крові. Її причинами можуть бути затримка води в організмі при захворюваннях нирок та введення кровозамінників.

Еритроцитоз



Абсолютний

Збільшення кількості еритроцитів в організмі. Він пов'язаний з посиленням еритропоезу внаслідок зменшення парціального тиску кисню в повітрі при підйомі на висоту, з утворенням великої кількості еритропоетинів при гіпоксії у хворих з хронічними захворюваннями легень і серця.



Відносний

Збільшення кількості еритроцитів в одиниці об'єму крові при згущенні крові. Його причини: активне потовиділення, блювання, проноси, опіки, шок, холера, дизентерія, важка м'язова робота (внаслідок виходу еритроцитів із селезінкового кров'яного депо).

Форма еритроцитів

Еритроцит має форму двоввігнутого диска, який при поперечному розтині нагадує гантелі. Саме така форма сприяє оптимальному виконанню основної дихальної функції еритроцитів.



Форма еритроцитів забезпечує:

1) збільшення дифузійної поверхні еритроцита. Завдяки саме такій формі, площа поверхні еритроцита на 20% більша, ніж та, яку б він мав у формі кулі. Загальна поверхня всіх еритроцитів дорівнює 3800 м^2 , що в 1,5 тис. разів більше, ніж площа поверхні тіла людини;

2) зменшення дифузійної відстані. В еритроциті немає ні однієї точки, яка б знаходилася більше ніж на 0,85 мкм від поверхні. Якби еритроцит мав форму кулі, його центр знаходився б на відстані 2,5 мкм від поверхні.

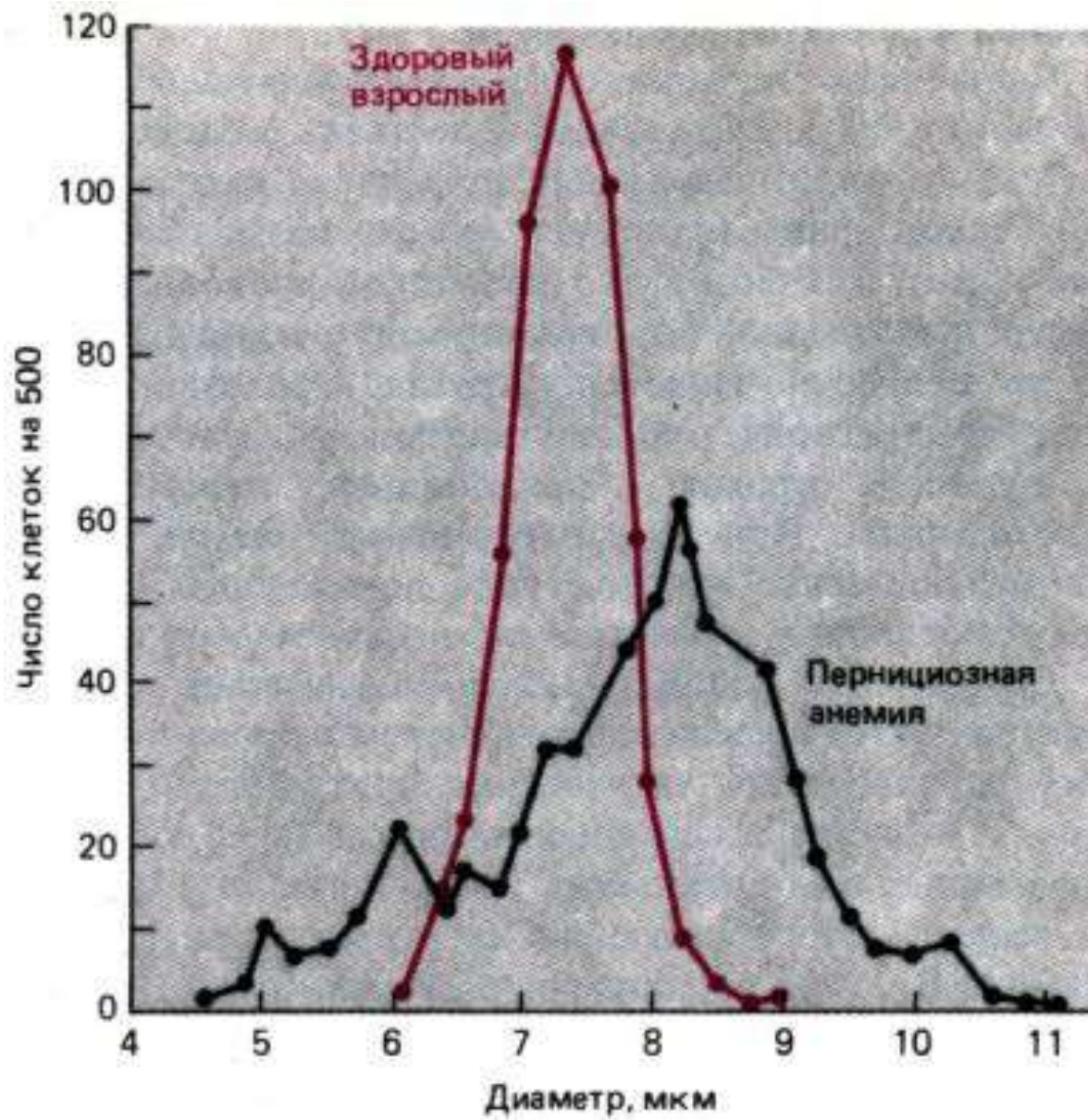
Діаметр еритроцитів

Діаметр еритроцита дорівнює в середньому 7,5 мкм.

Макроцитоз - зростає число еритроцитів з діаметром більшим 8 мкм (до 12 мкм) – крива зміщується вправо.

Мікроцитоз - збільшення кількості еритроцитів з діаметром менше за 6 мкм (до 2,2 мкм) – крива зміщується вліво.

Перніціозна анемія - спостерігається поїкілоцитоз – стан, при якому в крові циркулюють еритроцити різної форми.



Еритроцит є без'ядерною клітиною

Втрата ядра призвела до:

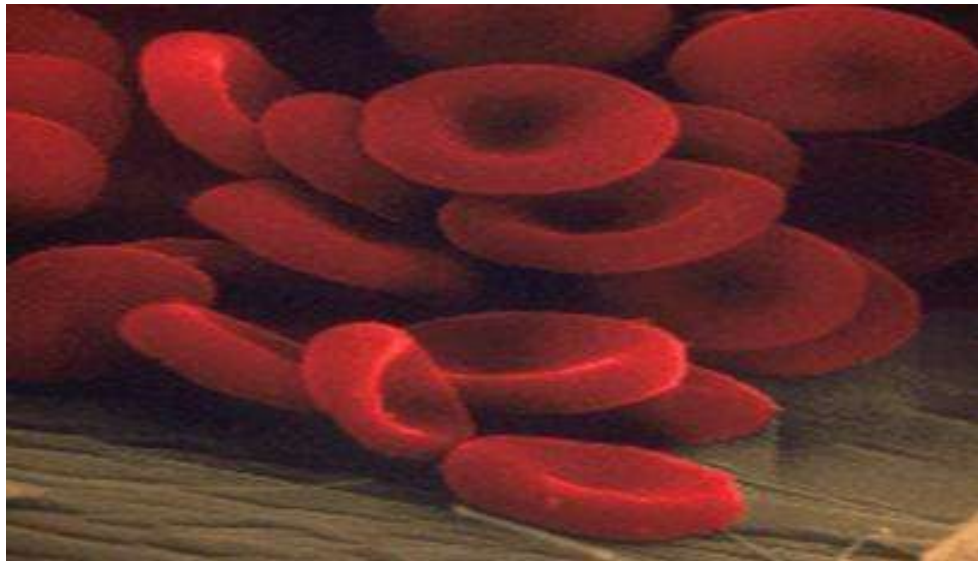
збільшення ємності еритроцита (він майже повністю заповнений гемоглобіном);

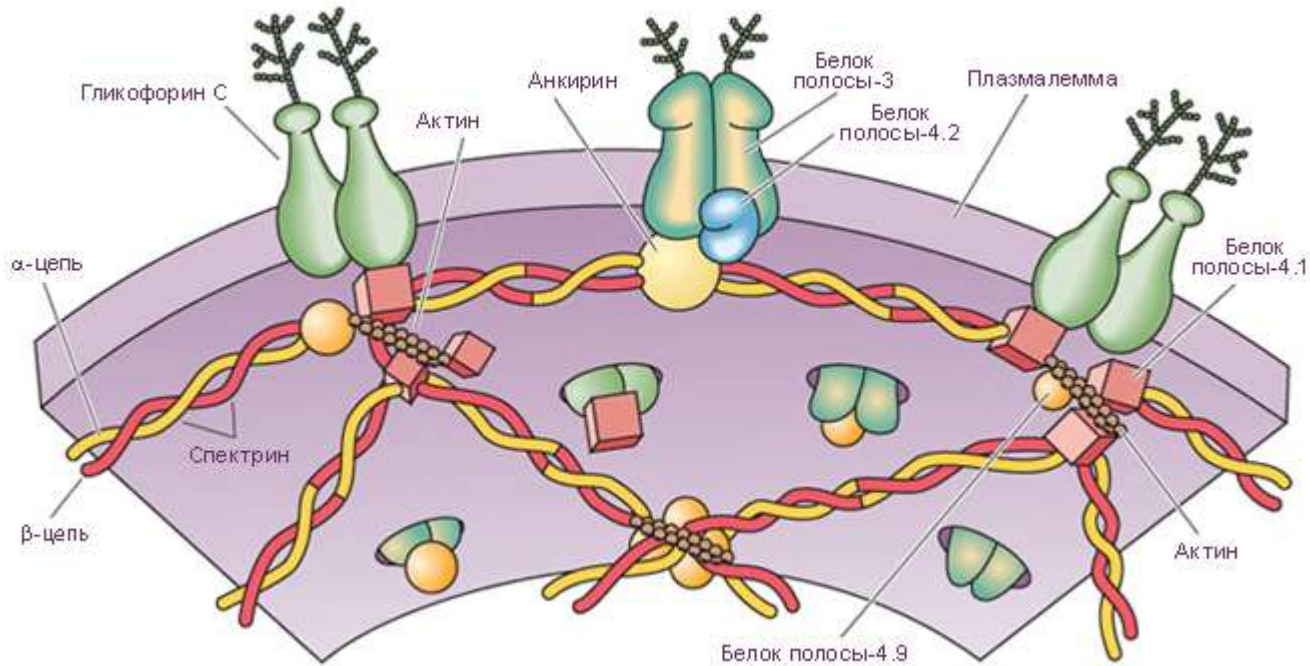
зменшення використання кисню.
Еритроцит споживає у 200 разів менше кисню, ніж його ядерні попередники.

відсутність ядра за наявності еластичної мембрани дозволяє еритроциту легко змінювати форму і проходити через дрібні капіляри.

Пластичність еритроцита -

це здатність еритроцита змінювати форму.





Пластичність забезпечується білком спектрином, який знаходиться в мембрані і стромі еритроцита.

Значення спектрину



**утворює
цитоскелет і
забезпечує
зберігання
форми**



**надає еластичності
мембрані. За рахунок
здатності до
скорочення він
дозволяє
еритроцитам
змінювати форму.**

Осмотична резистентність еритроцитів - властивість мембрани еритроцитів протидіяти осмотичному гемолізу

1
Осмотичний тиск еритроцита незначно перевищує осмотичний тиск плазми крові.

Вода заходить в еритроцит

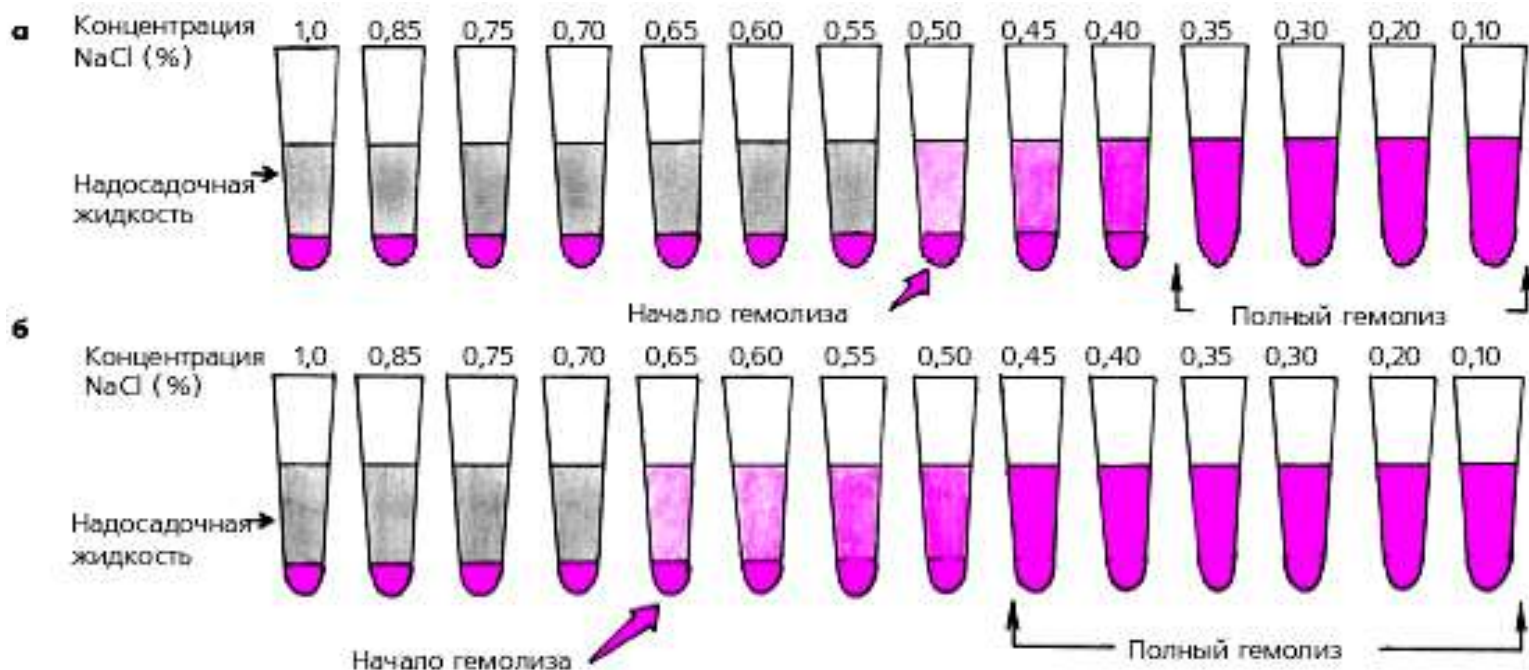
Нормальний тургор клітини

2
Гіпотонічний розчин

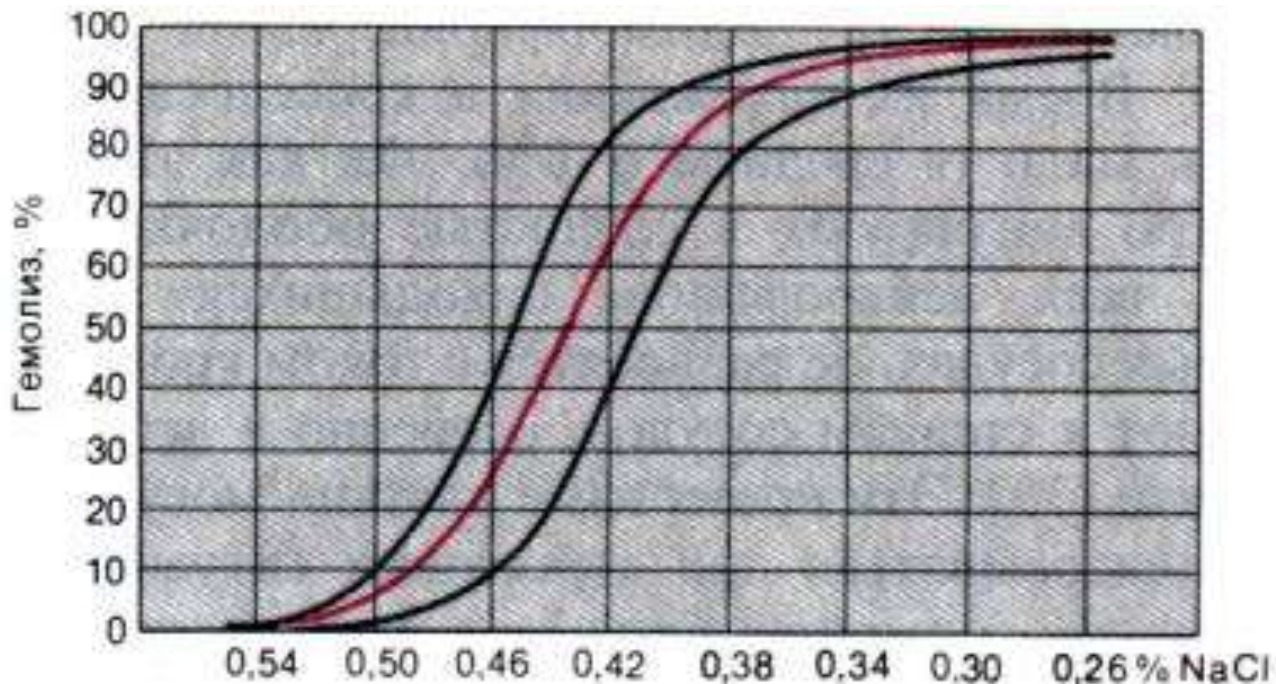
Вода заходить в еритроцит

Осмотичний гемоліз (набухання еритроцита і розрив його мембрани)

Визначення осмотичної резистентності еритроцитів



Мірою осмотичної резистентності є концентрація гіпотонічного розчину, в якій починається гемоліз. В нормі у людини руйнування найменш стійких еритроцитів починається у 0,54% розчині NaCl. Це значення називається мінімальною осмотичною резистентністю. При концентрації NaCl 0,42% руйнується 50% еритроцитів, при 0,34% - руйнуються всі еритроцити. Це значення називається максимальною осмотичною резистентністю



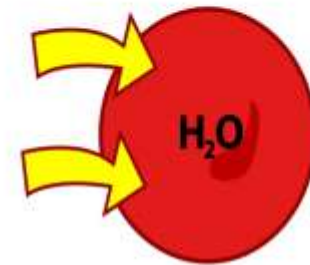
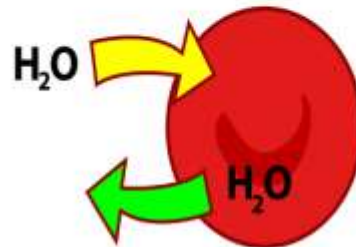
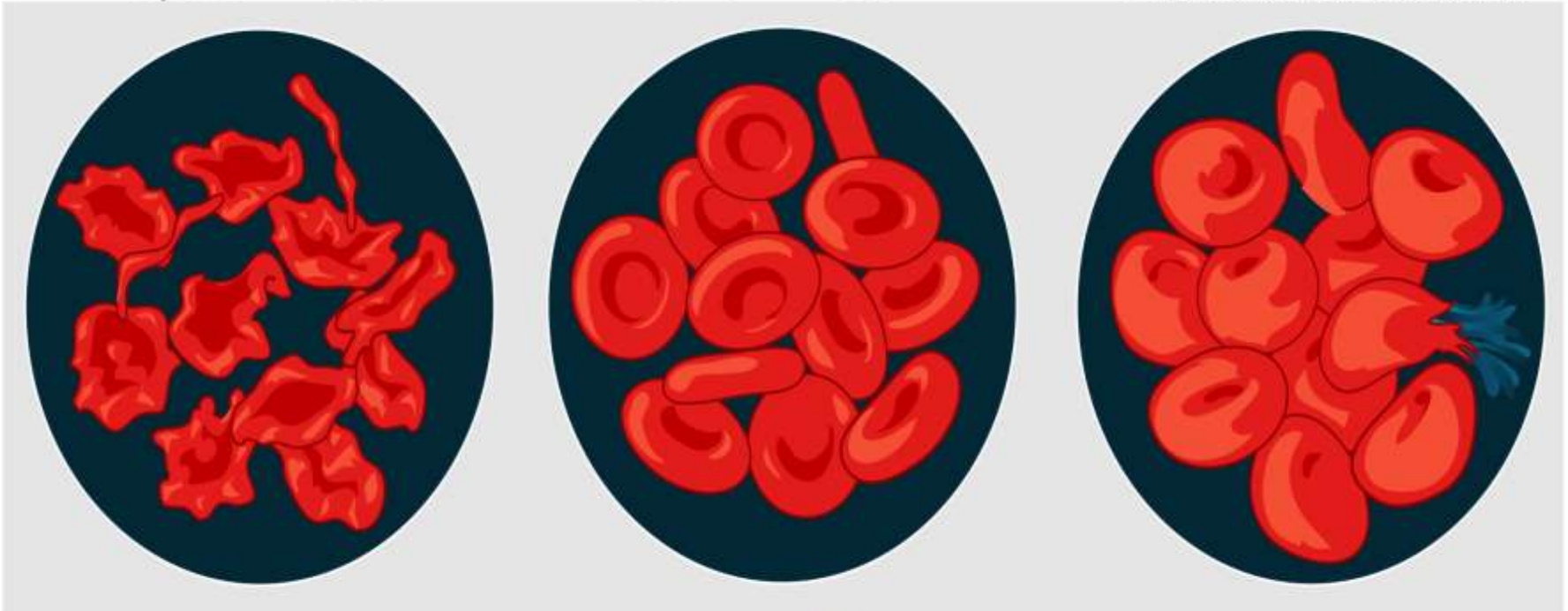
Осмотична резистентність еритроцитів (норма і діапазон відхилень) у крові, розведеної розчинами NaCl у співвідношенні 1: 40. По осі абсцис концентрація розчину у відсотках (г / дл). По осі ординат-ступінь гемолізу (у відсотках від повного), що визначається фотометричним методом

Стан еритроциту у розчинах різної концентрації

Гипертонический

Изотонический

Гипотонический



Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)

**У судинах еритроцити не осідають.
Це пов'язано з тим, що:**

**кров постійно
рухається;**

**заряд судинної
стінки і
еритроцитів
однаковий
(негативний) і
клітини
відштовхуються
від неї.**

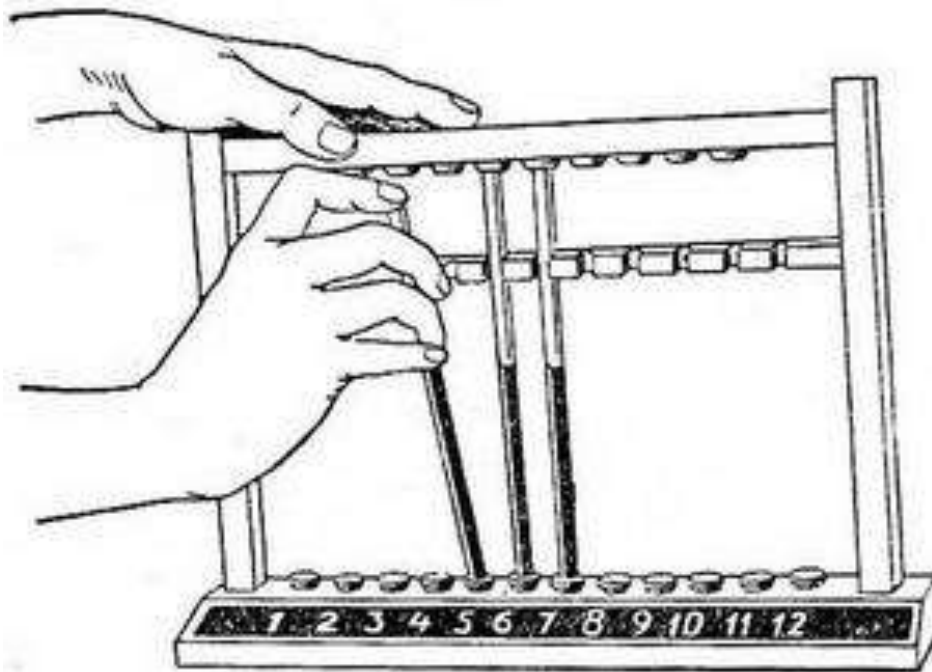
Якщо ж кров набрати в пробірку, додати антикоагулянт, то при стоянні спостерігається осідання еритроцитів внаслідок того, що питома вага еритроцитів ($1,090\text{г/см}^3$) більша, ніж питома вага плазми ($1,025 - 1,034\text{ г/см}^3$). Механізм цього процесу наступний.

Спочатку еритроцити утворюють комплекси один з одним по 10-12 штук (так звані „монетні стовпці“).

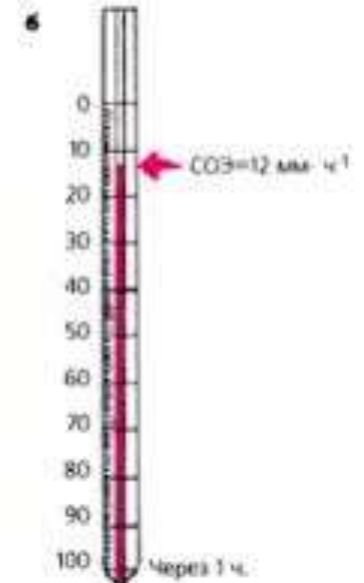
Потім ці комплекси взаємодіють з білками плазми, стають ще важчими і починають осідати швидше.

Оскільки процес є нерівномірним у часі (на початку - повільніший, в кінці - швидший), ШОЕ визначають за фіксований проміжок часу, найчастіше за 1 годину.

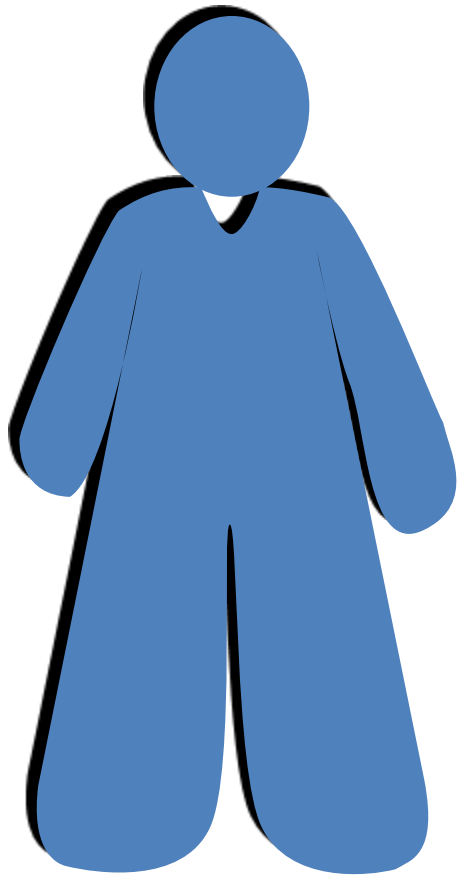
Штатив Панченкова для визначення ШОЕ



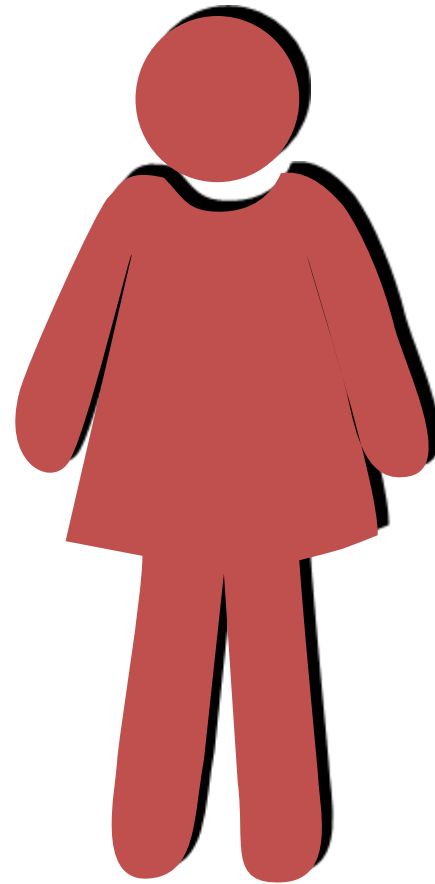
Капіляр для визначення ШОЕ



Нормальні показники ШОЕ



2-10 мм/год



2-15 мм/год

Чинники, що впливають на ШОЕ



ПЛАЗМОВІ



**Білковий
склад
плазми
крові**



**Об'єм
плазми**



ЕРИТРОЦИТАРНІ



**Кількість
еритроци-
тів в
одиниці
об'єму
крові
(тобто
гематокрит)**

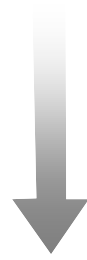


**Здатність
еритроци-
тів
до агрегації**



**Форма
еритроци-
тів**

Чинники, що впливають на ШОЕ



Стероїдні гормони (естроген, глюкокортикоїди) і деякі лікарські речовини (саліцилати) підвищують ШОЕ

Швидкість осідання еритроцитів зростає при підвищенні вмісту холестерину в крові

Швидкість осідання еритроцитів зростає при алкалозі

Швидкість осідання еритроцитів зменшується при збільшенні вмісту жовчних пігментів і жовчних кислот в крові

Швидкість осідання еритроцитів зменшується при ацидозі

Складові частини еритроцита



Ферментні системи еритроцитів

Ферментна
система
гліколізу
забезпечує
еритроцит

аденозинтрифосфатом
(АТФ)

відновленим НАД*Н⁺, який необхідний
для відновлення Fe³⁺ у Fe²⁺;

2,3-дифосфогліцератом (2,3-ДФГ), який є
важливим внутрішньоклітинним
регулятором функцій гемоглобіну;

Ферментна система
пентозного циклу
забезпечує еритроцит

НАДФ*Н⁺, який є компонентом антиокси-
дантної системи і потрібний для відновлен
глутатіону.

Глутатіонперок-
сидазна система

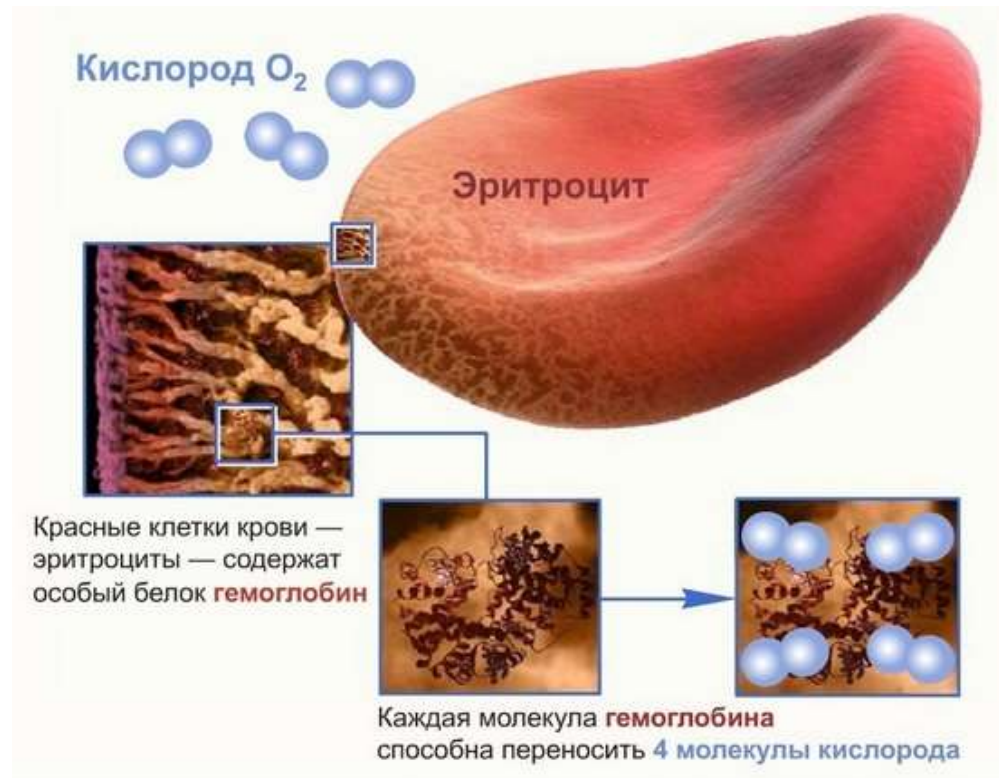
це антиоксидантна система, яка захищає
від окислення цілу низку ферментів
еритроцита, які містять SH-групи.

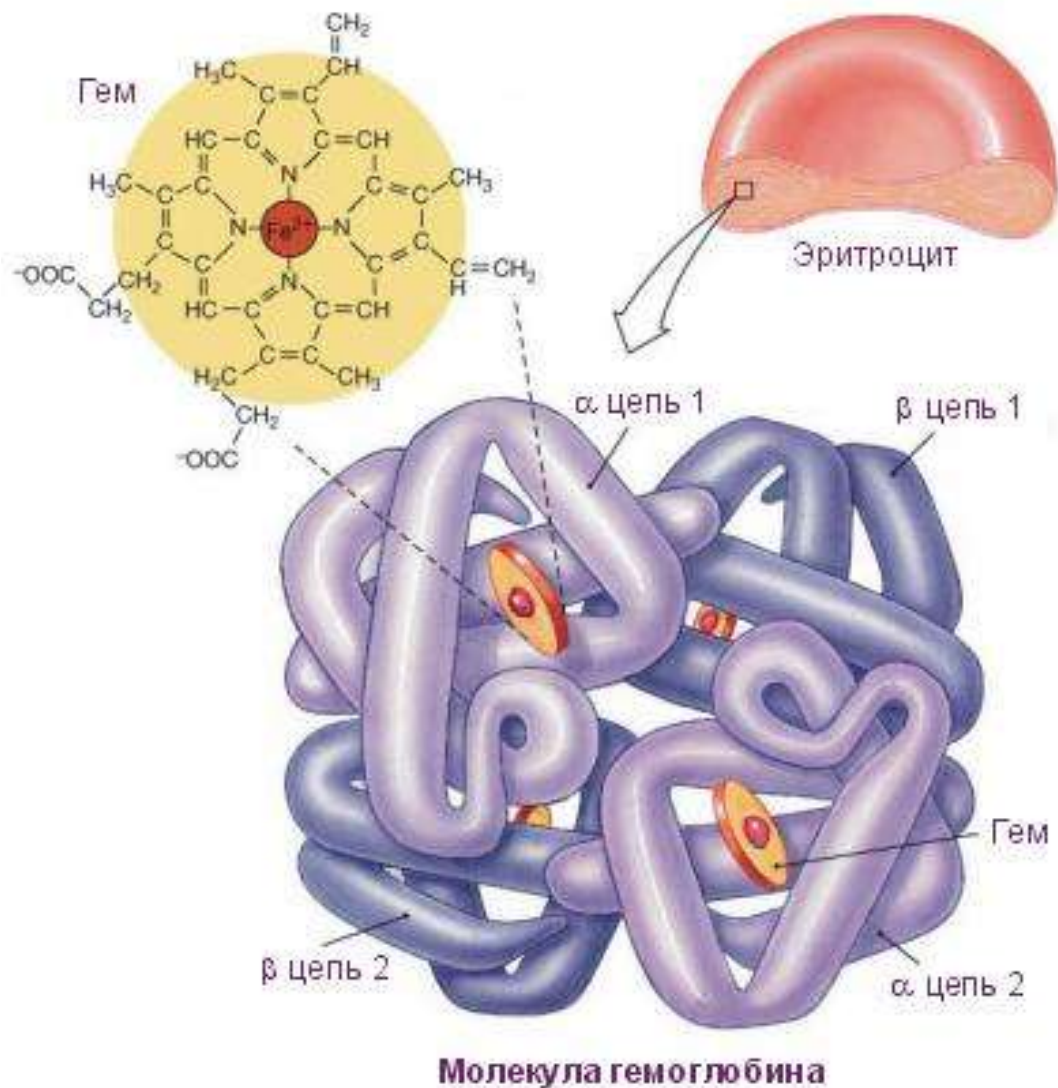
Гемоглобін (Hb) -

В організмі людини масою 70 кг міститься близько 900 грамів гемоглобіну.

В одному еритроциті знаходиться близько 400 млн молекул гемоглобіну (або приблизно 29 пг).

Молекулярна маса гемоглобіну – 64 450.





У кожній молекулі гемоглобіну є дві пари поліпептидів (ланцюгів). Кожний ланцюг містить більше 140 амінокислот. Залежно від кількості і послідовності амінокислот розрізняють 4 типи ланцюгів: α , β , γ , δ (α – 141, β - 146, γ - 146 амінокислот).

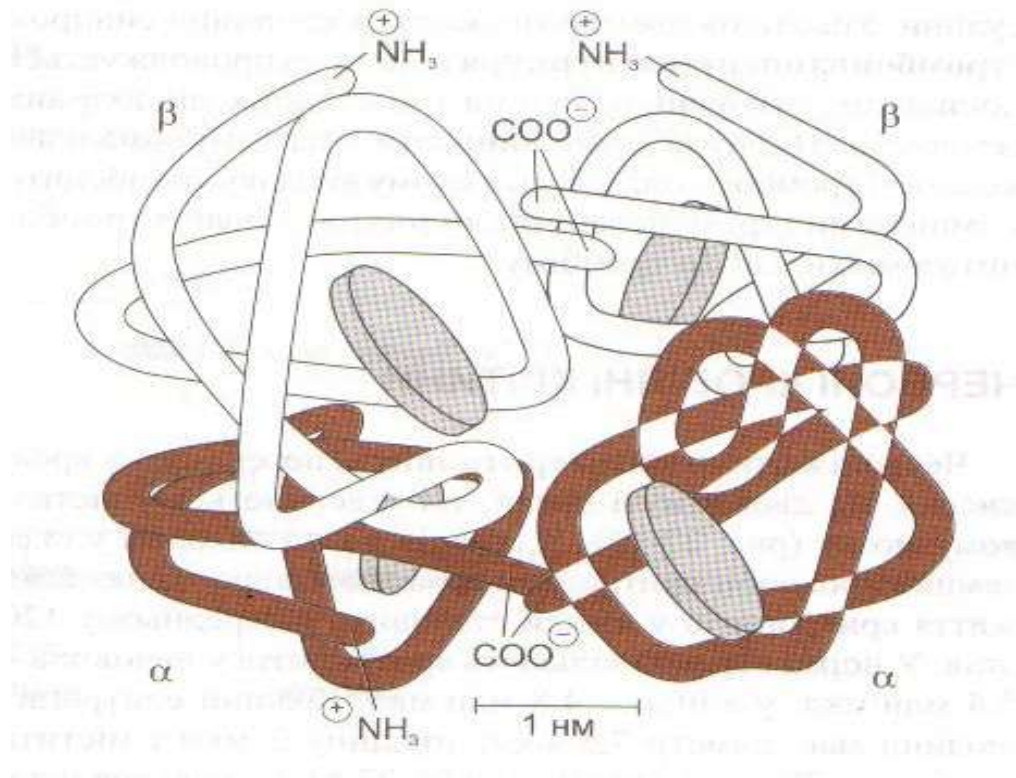
Гемоглобін (Hb)

ГЕМ

Залізовмісна сполука, похідна порфірину. Молекула гему складається з 4 пірольних кілець. У центрі неї розміщений іон Fe^{2+} .

ГЛОБІН

Комплекс поліпептидів, зв'язаних з гемом.



Схематичне зображення молекули гемоглобіну А. Показано 2 α - і 2 β -ланцюги, кожний із яких з'єднаний з гемом. Гем зображено у вигляді дисків

Форми гемоглобіну в нормі

→ **Hb P** (примітивний) міститься у ембріона перші 7-12 тижнів.

→ **Hb F** (фетальний, fetus -- плід) міститься у плода. З'являється на 9-му тижні. Складається з 2 α - і 2 γ - ланцюгів. Hb, F відрізняються кращою здатністю приєднувати і транспортувати кисень (це пов'язано з меншою спорідненістю HbF до 2,3-ДФГ). Тому у крові плода, незважаючи на нижчу напругу O₂, утворюється достатня кількість HbO₂. У нормі після народження фетальний гемоглобін замінюється гемоглобіном дорослих.

→ **HbA₁** (adult - дорослий). Містить 2 α - і 2 β - ланцюги. HbA₁ становить 95% гемоглобіну дорослої людини.

→ **HbA₂** - містить 2 - і 2 Δ - ланцюги. Становить 5% гемоглобіну дорослої людини.

Основні фізіологічні сполуки гемоглобіну



HbO_2 (оксигемоглобін)

- сполука Hb з киснем. Має яскраво-червоний колір, що визначає колір артеріальної крові.

Оскільки при взаємодії Hb з O_2 окиснення не відбувається і ступінь окиснення заліза не змінюється, реакція називається реакцією оксигенації (неокиснення)



Hb (відновлений Hb або дезокси Hb)

- Hb, який віддав кисень.

Має темно-вишневий колір, що й визначає колір венозної крові.

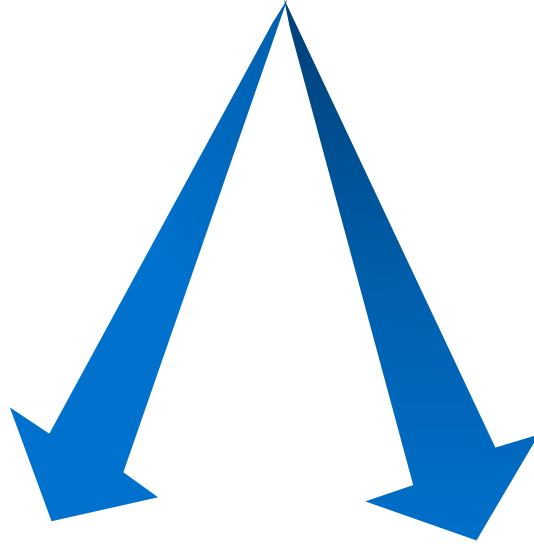
Реакція від'єднання кисню від Hb називається дезоксигенацією



$HbCO_2$ (карбгемоглобін)

- сполука Hb з CO_2

Патологічні сполуки Hb



HbCO

(карбоксигемоглобін)

- сполука Hb з чадним газом (CO)

Met Hb (HbOH -

метгемоглобін) -

гемоглобін, який містить Fe³⁺ і має коричневий колір

Кількість гемоглобіну в крові здорової людини



**120 - 140
г/л**

ЖІНКИ



**140 - 160
г/л**

ЧОЛОВІКИ



200 г/л

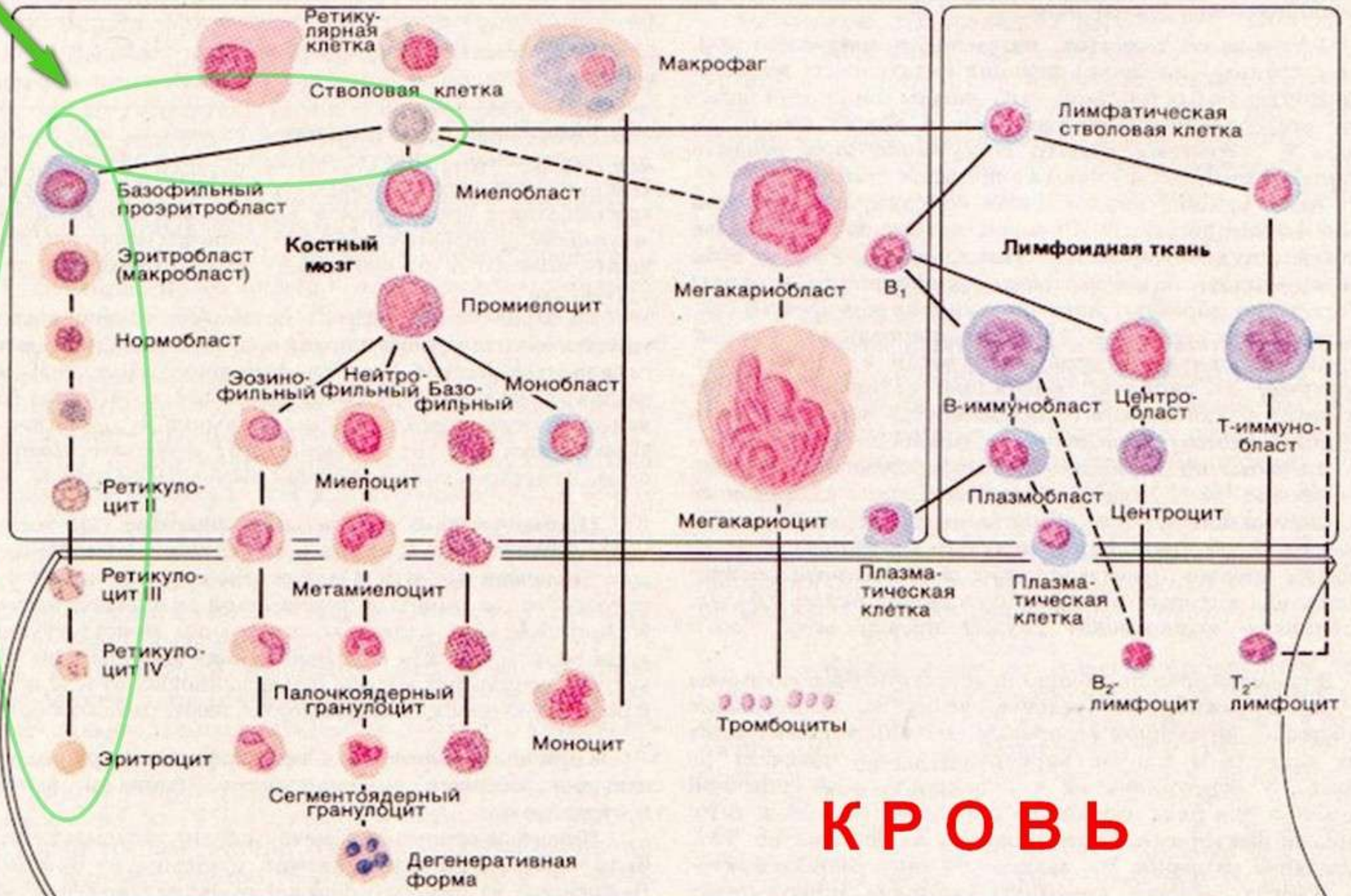
НОВОНАРОДЖЕНІ

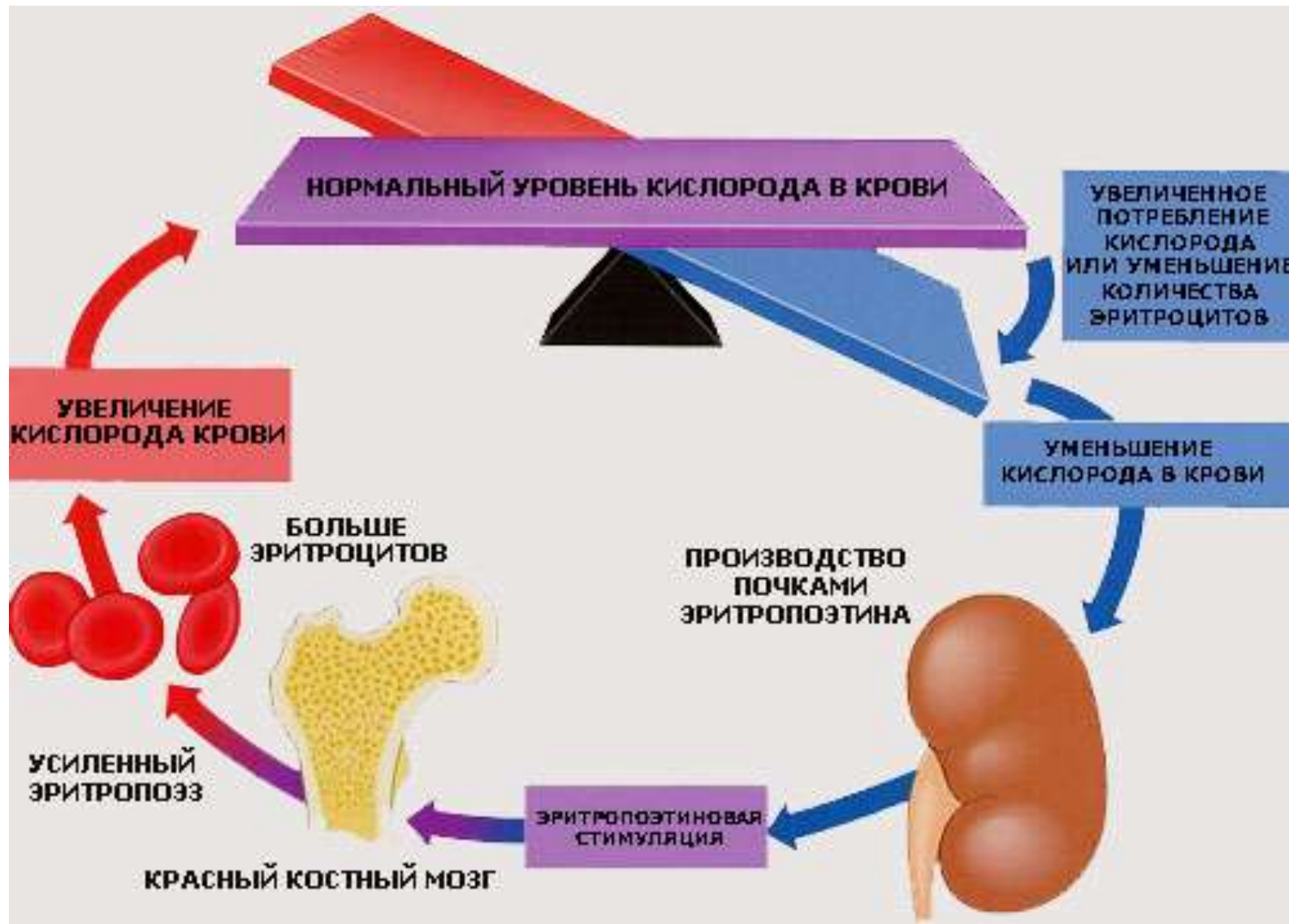
Регуляція вмісту еритроцитів у периферичній крові

Вміст еритроцитів у периферичній крові здорової дорослої людини становить $3,5 - 5 \cdot 10^{12}/л$.

Регуляція вмісту еритроцитів здійснюється за рахунок регуляції їх утворення (еритропоезу) і руйнування (гемолізу).

Эритропоез





Фактори кровотворення, що потрібні для утворення еритроцитів

Залізо (для синтезу гему). Добова потреба в залізі становить 20-25 мг. 95% цієї кількості організм отримує з гемоглобіну еритроцитів, що руйнуються, а 5% (1мг) - з їжею.

Вітамін В₁₂ - зовнішній фактор кровотворення. Потрапляє в організм з їжею, але всмоктується тільки за наявності внутрішнього фактору кровотворення - фактору Кастла, який виділяється залозами шлунка.

Фолієва кислота. Потрапляє в організм з рослинною їжею.

Вітамін В₁₂ і фолієва кислота необхідні для синтезу нуклеїнових кислот і глобіну.

Вітамін С - бере участь в обміні заліза. Сприяє утворенню гему, посилює дію фолієвої кислоти.

Вітамін В₆ - утворення гему.

Вітамін В₂ - утворення ліпідної стромы еритроцитів.

Пантотенова кислота - синтез фосфоліпідів мембрани еритроцитів.

Руйнування еритроцитів

