

ЛЕКЦІЯ №2
з курсу «Фізіологія крові» на тему
«Фізіологія та патологія
еритроцитів»

**Викладач курсу: доцент кафедри
фізіології, імунології і біохімії з курсом
цивільного захисту та медицини
Григорова Наталя Володимирівна**

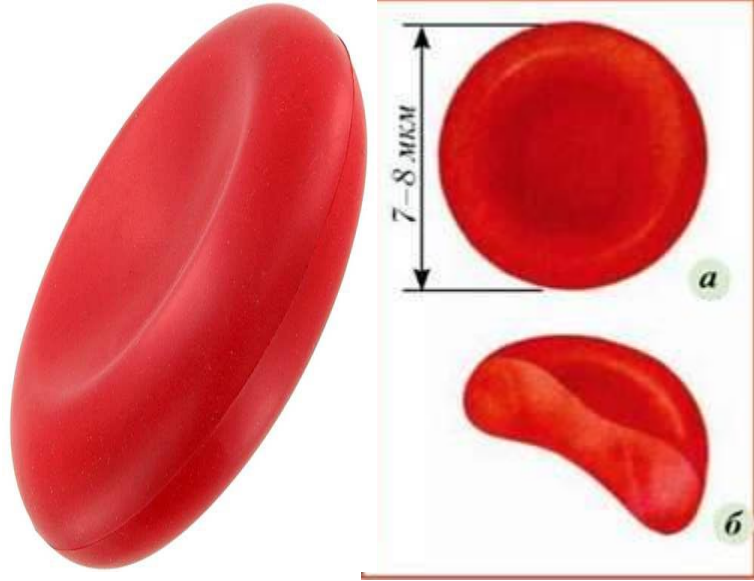
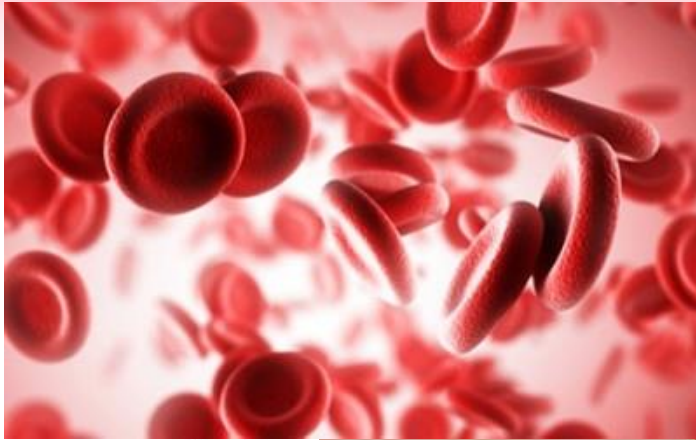
ПЛАН

1. Структура та функції еритроцитів.
2. Гемоглобін: структура, властивості, сполуки.
3. Надходження заліза в організм і синтез гемоглобіну.
4. Зміни кількості еритроцитів.
5. Анемії.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Воробель А. В. Основи гематології: монографія. Івано-Франківськ : Вид-во «Плай» ЦІТ Прикарпатського університету імені Василя Стефаника, 2009. 148 с.
2. Гематологія : посібник / за ред. А. Ф. Романової. Київ : Медицина, 2006. 456 с.
3. Гематологія і трансфузіологія / під ред. С. М. Гайдукової. Київ : ВПЦ «Три крапки», 2001. 752 с.
4. Григорова Н. В. Гематологія : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Біологія» освітньо-професійної програми «Біологія». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 80 с. (затверджено вченою радою ЗНУ, протокол № 9 від 28.04.2020 р.).
5. Діагностика та лікування захворювань системи крові : посібник для студентів та лікарів-інтернів / за ред. А. С. Свінціцького. Київ : Медкнига, 2011. 336 с.
6. Іонов І. А., Комісова Т. Є., Слюсарев В. Ф., Шаповалов С. О. Фізіологія крові та внутрішнього середовища: методичні рекомендації. Харків : ЧП Петров В.В., 2017. 48 с.
7. Клінічна гематологія. Частина 1. Анемії: методичні вказівки для студентів і лікарів-інтернів / упоряд. Л. В. Журавльова, О. О. Янкевич. Харків : ХНМУ, 2015. 44 с.
8. Третяк Н. М. Гематологія. Київ : Зовнішня торгівля, 2005. 240 с.
9. Хвороби системи крові у дітей / Г. С. Сенаторова, О. В. Ніколаєва, Н. І. Макєєва [та ін.]. Харків : ХНМУ, 2012. 132 с.

1. Структура та функції еритроцитів



Еритроцити (червоні кров'яні тільця) – без'ядерні плоскі клітини, що мають форму двоввігнутого диска (лінзи). Діаметр еритроцита в нормі коливається від 5 до 9 мкм, у середньому складає 7,2-8 мкм. Найбільша товщина клітини – 2,4 мкм, мінімальна – 1 мкм. Середній діаметр на висушених препаратах 7,55 мкм. Об'єм еритроцитів досягає 85-90 мкм³, а поверхня – близько 145 мкм². Таке співвідношення площі до об'єму сприяє деформуванню еритроцитів. Зменшення співвідношення поверхня/об'єм еритроцита, яке спостерігається при збільшенні об'єму еритроцита, придбанні ним сферичної форми при надлишковому надходженні в еритроцит води, робить його менш деформуємим. Це призводить до швидкого руйнування еритроцита. Більшу роль у підтримці форми й деформування еритроцитів відіграють ліпіди їх мембран, які представлені фосfolіпідами (гліцерофосfolіпідами, сфінголіпідами), гліколіпідами, холестерином. Збільшення співвідношення холестерини- фосfolіпіди в мембрані збільшує її в'язкість, зменшує плинність й еластичність мембрани. У результаті знижується здатність до деформації еритроцита. Посилення окислення ненасичених жирних кислот фосfolіпідів мембрани перекисом водню (H₂O₂) або супероксидними радикалами (O₂) викликає гемоліз еритроцитів, ушкодження молекули гемоглобіну еритроцита. Утворений в еритроциті глютаціон, а також антиоксиданти (α-токоферол та ін.) захищають компоненти еритроцита від даного ушкодження.

Морфофункціональні особливості еритроцитів

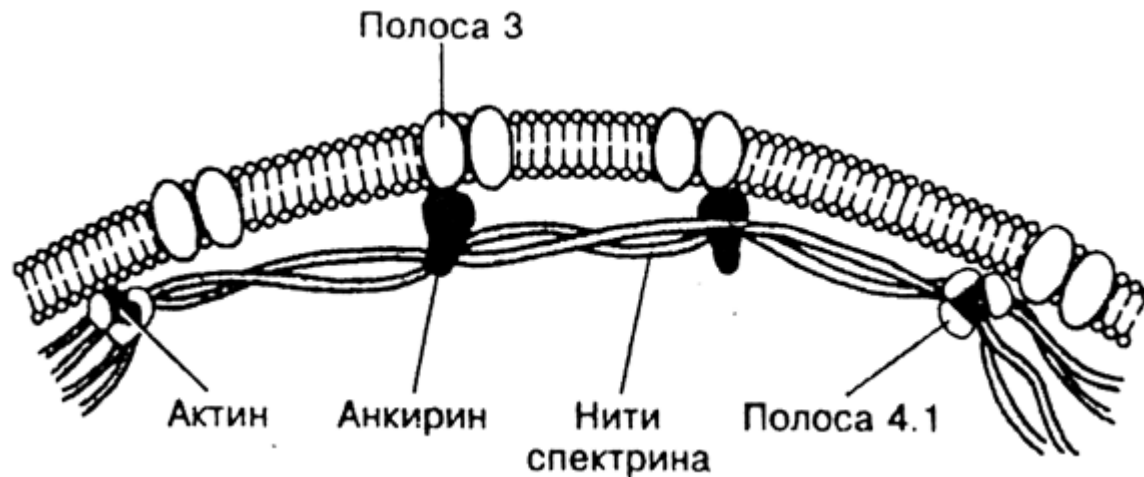
Морфологічні	Функціональні
<ul style="list-style-type: none">Відсутність ядра.	<ul style="list-style-type: none">Збільшує кількість гемоглобіну та об'єм переносимого O_2.
<ul style="list-style-type: none">Велика загальна кількість еритроцитів (у периферичній крові чоловіків – $4,5 - 5,5 \cdot 10^{12}$ /л, у жінок – $3,7 - 4,7 \cdot 10^{12}$ /л).	<ul style="list-style-type: none">Збільшує загальну дифузійну поверхню та підвищує кисневу ємність крові. Загальна площа всіх еритроцитів дорівнює 3800 м^2, що в 1,5 тис. разів більше, ніж площа поверхні тіла людини.Збільшує дифузійну поверхню, змінюючи співвідношення поверхня / об'єм.
<ul style="list-style-type: none">Двоввігнута форма еритроцита.	<ul style="list-style-type: none">Зменшує дифузійну відстань. В еритроциті немає жодної точки, яка знаходилась більше, ніж на $0,85 \text{ мкм}$ від поверхні. Якби еритроцит мав форму кулі, то його центр знаходився б на відстані $2,5 \text{ мкм}$ від поверхні. Завдяки саме такій формі, площа поверхні еритроцита на 20% більша, ніж та, яку б він мав у формі кулі.Забезпечує проходження еритроцита крізь капіляр.

Структурна організація мембрани

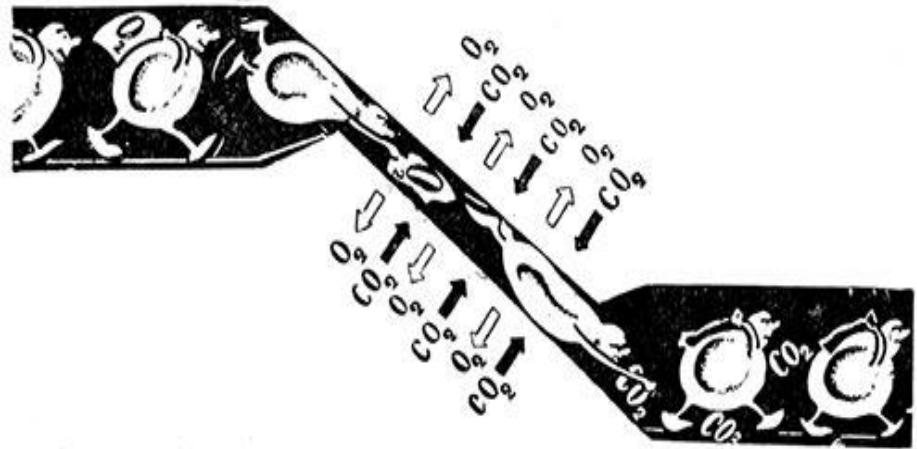
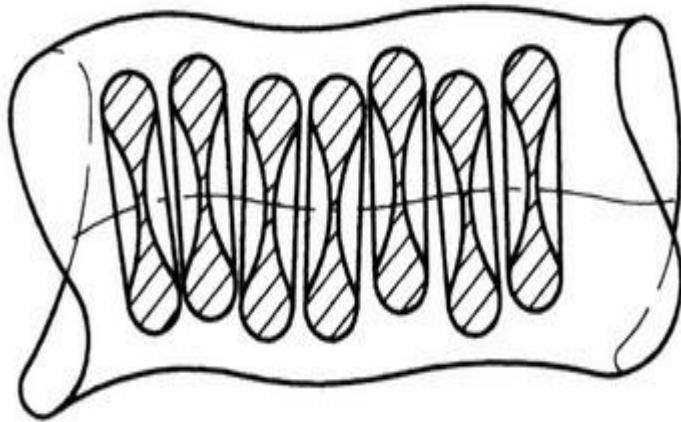
Еритроцит – гнучка еластична структура, що змінює свою форму при проходженні крізь капіляри тіла. Плазматична мембрана - важливий органоїд еритроцита. Вона виконує функції механічної оболонки з регульованими фізичними властивостями та одночасно «координатора» роботи клітини в залежності від фізичних і хімічних сигналів, які надходять до неї, відграючи, таким чином, ключову роль в детермінації гомеостазу та функціональної здібності клітини.

Структура плазматичної мембрани така сама, як у ядерних клітин. У еритроцита є тільки **поверхневий цитоскелет** – стійка до дії детергентів сполука білків, які з'єднані між собою та утворюють своєрідну сітку уздовж внутрішньої поверхні мембрани, обернену до цитоплазми. Цей цитоскелет зветь ще скелетом мембрани завдяки його розташуванню та ще тому, що він зміцнює в основному мембрану, забезпечуючи єдність її ліпідного шару, в той же час надаючи мембрані внутрішню рухливість та гнучкість.

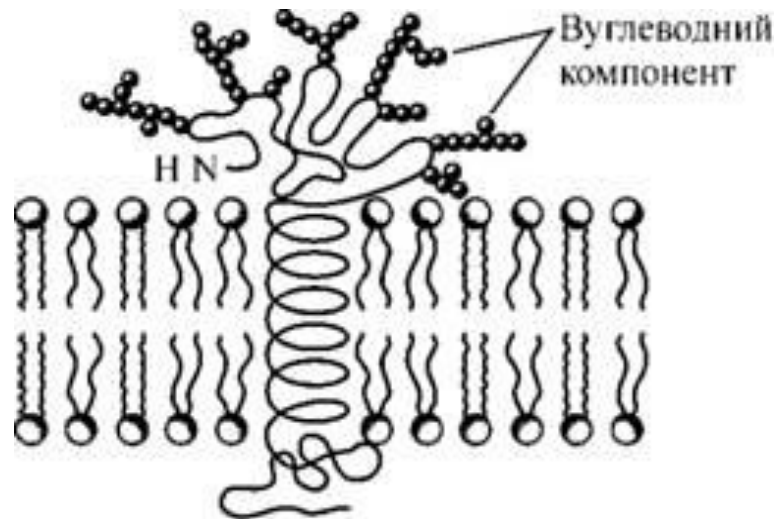
У еритроцита немає цитоскелету у вигляді мікротрубочок і мікрофіламентів, які з'єднують мембрану та компоненти цитоплазми, а також немає білків цитоскелету тубуліна та віментина. **Спектрин** та **анкірин** – це білки цитоскелету еритроцита, що відіграють важливу роль в підтриманні форми еритроцита. Зі змінами цитоскелету еритроцита пов'язані деякі форми гемолітичних анемії.



Цитоскелет еритроцита відіграє, можливо, важливу роль в його здібності до деформації. Дискovidний еритроцит може легко пройти крізь міліпоровий фільтр завтовшки 3 мкм, увійти в мікропіпетку діаметром 2,5-3 мкм. За **100-120 діб** перебування в організмі здібність еритроцита до деформації знижується. З віком знижується стійкість еритроцитів до осмотичного гемолізу, в меншій мірі до механічної травми. **Сфероцит** (кругла клітина) під час старіння, як і сфероцит при патології, що мають понижені властивості до деформації, не можуть проходити крізь міліпорові фільтри 3 мкм, затримуються вони й селезінкою. Можливо, зниження деформованості з віком еритроцита та сферуляція клітини пов'язані зі змінами цитоскелету. У старого еритроцита виявляється агрегація спектрина та гемоглобіна, тобто, можливо, та сполука, що припускали як обов'язкову структуру еритроцита та назвали **гемоліпостроматином**.



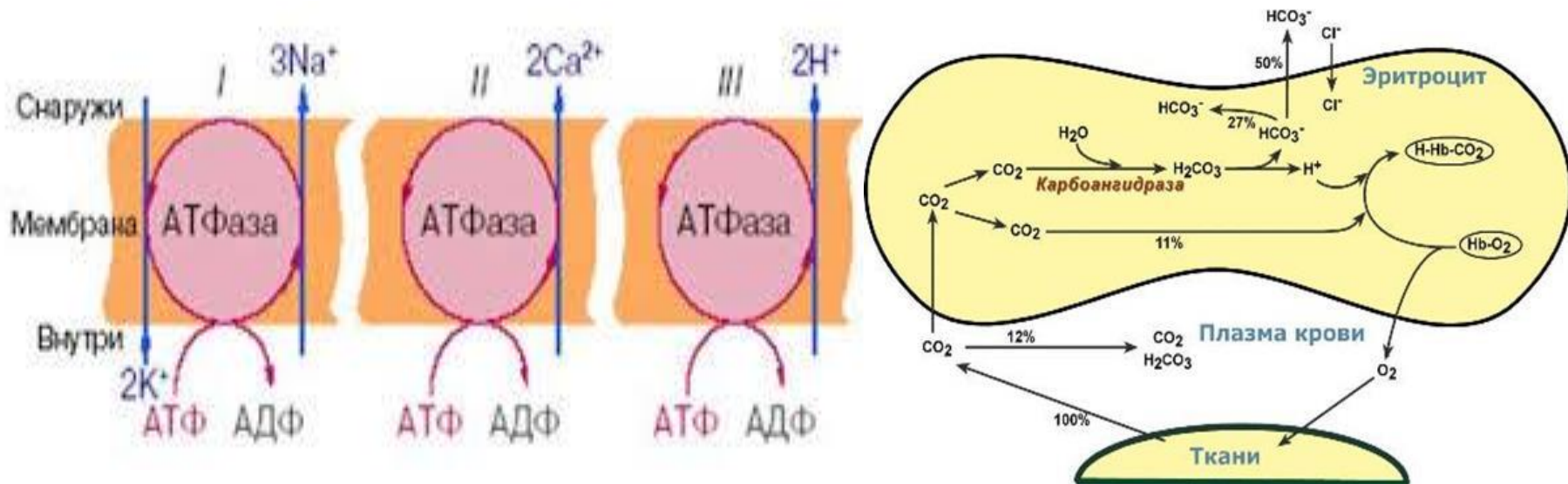
Крім білків спектрину та анкірину, в мембрані та цитоскелеті еритроцитів є рецепторні білки – **глікопротеїди**, каталітичні білки – **ферменти**, що відіграють роль у транспорті іонів і утворюють канали в мембрані. Одним з важливих глікопротеїдів є **глікофорин**, який міститься як на зовнішній, так і на внутрішній поверхнях мембран еритроцитів. Глікофорин містить значну кількість сіалових кислот і має значний негативний заряд, який відштовхує один від одного еритроцити. У мембрані глікофорин розташовується нерівномірно, утворює ділянки, що виступають з мембрани та є носіями імунологічних детермінант, тобто рецепторами для вірусів і ділянками для прикріплення аглютининів.



Ензими та іонний склад мембрани

Na⁺K⁺- залежна АТФ-аза забезпечує активний транспорт Na⁺ з еритроцитів і K⁺ в його цитоплазму. Са²⁺-залежна АТФ-аза забезпечує виведення Са²⁺ з еритроцита. Карбоангідраза – фермент, який міститься в еритроциті та каталізує реакцію синтезу вугільної кислоти з води та вуглекислого газу, після чого еритроцит транспортує її у вигляді бікарбонату до легень.

На відміну від мембран інших клітин організму мембрана еритроцитів легко проникна для аніонів HCO₃⁻, Cl⁻, а також для O₂⁻, CO₂, H⁺, OH⁻, тоді як мало проникна для катіонів K⁺ і Na⁺. Проникність для аніонів приблизно в 1 млн разів вища, ніж для катіонів. Товщина мембрани еритроцитів коливається від **1 до 2 нм**.



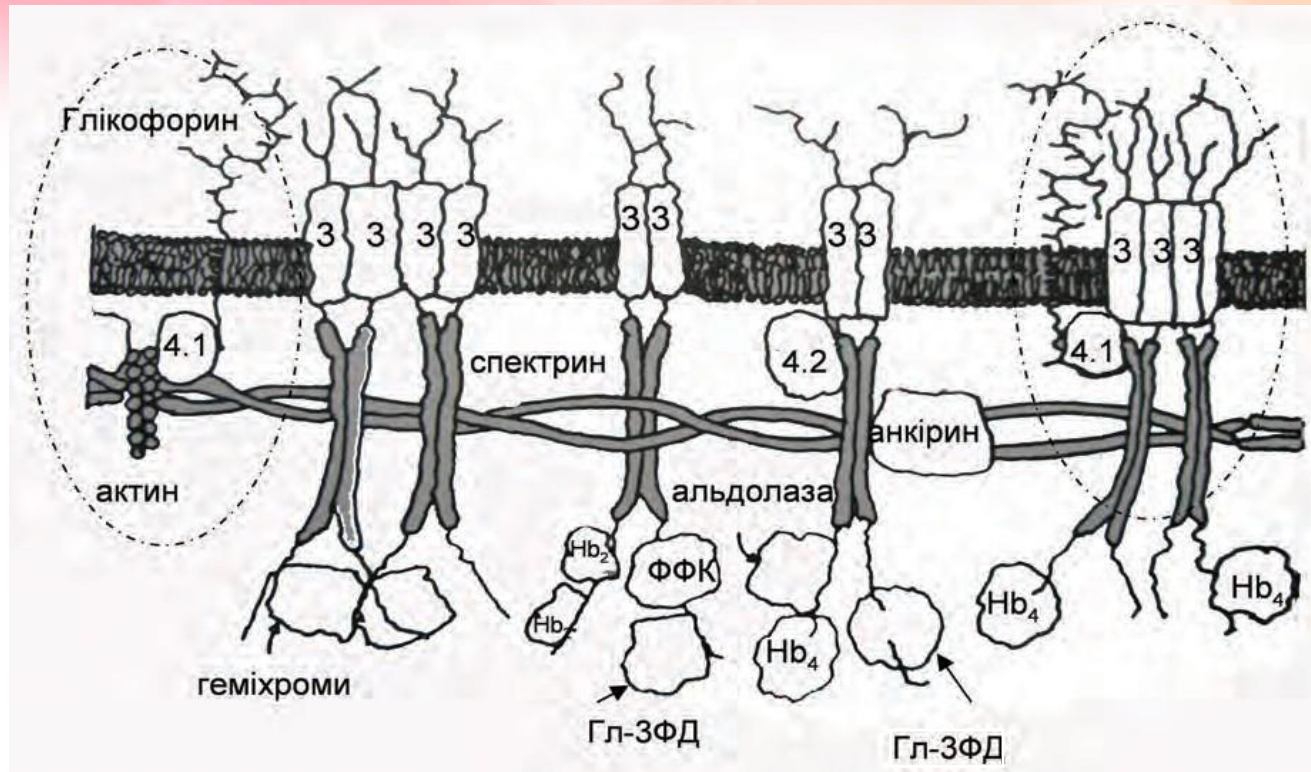
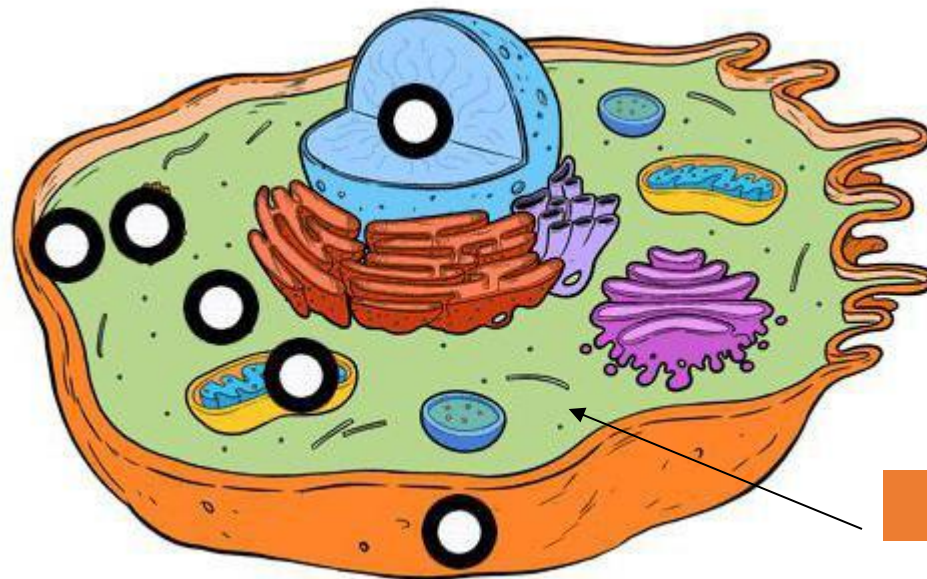


Схема будови мембрани еритроцитів: 3 – протеїн смуги 3, 4.1 – протеїн смуги 4.1, 4.2 – протеїн смуги 4.2, Hb₂ – димер гемоглобіну, Hb₄ – тетрамер гемоглобіну, Гл-3-ФД – гліцеральдегід-3-фосфатдегідрогеназа, ФФК – фосфофруктокіназа

Гіалоплазма еритроцита при електронній мікроскопії виглядає електронно-щільною, містить численні гранули гемоглобіну розміром 4-5 нм.

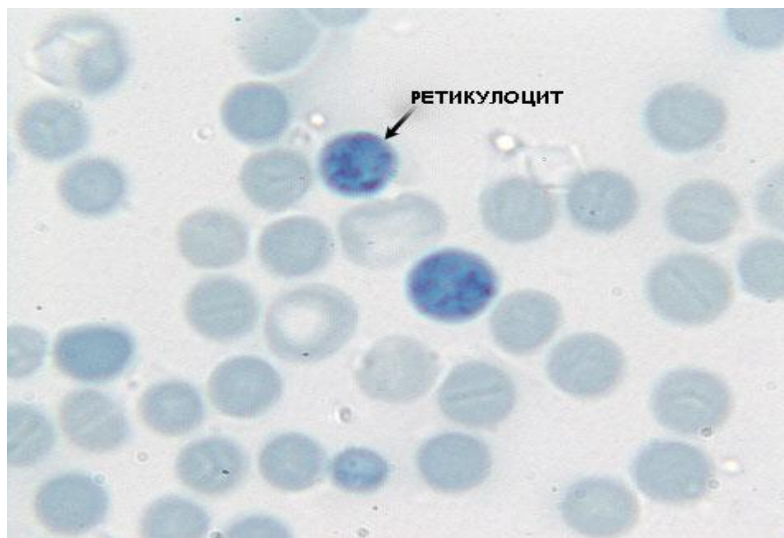
Вміст еритроцита: 60% води та 40% сухого залишку.
Інші клітини організму містять значно більше води – 75% та більше.

Сухий залишок еритроцита: 90-95% – гемоглобін, 5-10 % – різноманітні білки, глюкоза, ліпіди та мінеральні речовини.



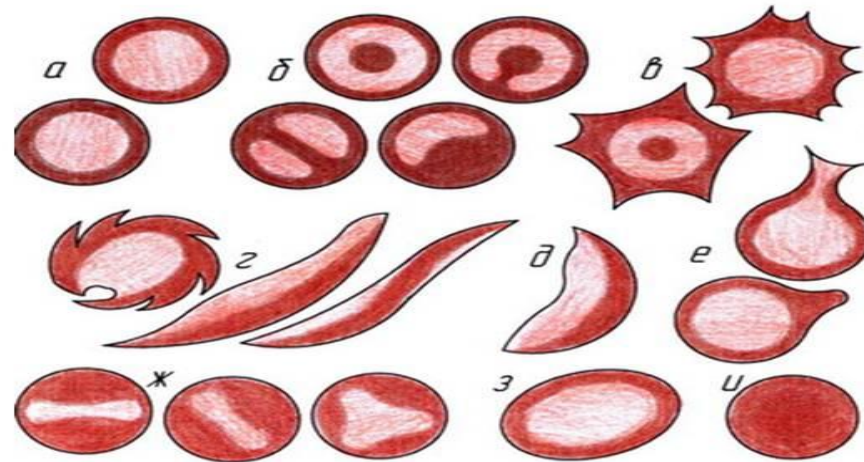
гіалоплазма

Зрілі еритроцити не здібні до синтезу нуклеїнових кислот і гемоглобіну. Для них характерний відносно низький рівень обміну, що забезпечує їм тривалий період життя (100-120 діб). На більш ранніх стадіях розвитку еритроцита (**ретикuloцит**) у цитоплазмі можна виявити залишки структур клітин-попередниць (мітохондрії та ін.).



Форми еритроцитів периферичної крові:

85% еритроцитів – дискоцити, є також дискоцити з одним виростом, дискоцити з одним гребенем, дискоцит з численними виростами, еритроцити у вигляді тузової ягоди, еритроцит у вигляді спущеного м'яча, куполоподібний еритроцит, сферичний еритроцит, дистрофічно змінений еритроцит.



а – нормальні (дискоцити), б – мішенеподібні (платицити), в – зірчасті (акантоцити), г – серпасті (дрепаноцити), д – півмісяцеві (меніскоцити), е – обірвані (шизоцити), ж – форма рота (стоматоцити), з – овальні (еліптоцити), и – шароподібні (сфероцити)

Функції еритроцитів

1 Транспорт дихальних газів

2 Підтримання буферної іоноводної рівноваги

3 Забезпечення імунного гомеостазу за рахунок взаємодії з циркулюючими імунними комплексами через Fc-рецептори клітинних мембран. Серед них виділяють субпопуляцію – еритроцити-супресори, що пригнічують імунну відповідь.

4 Забезпечення креаторних зв'язків

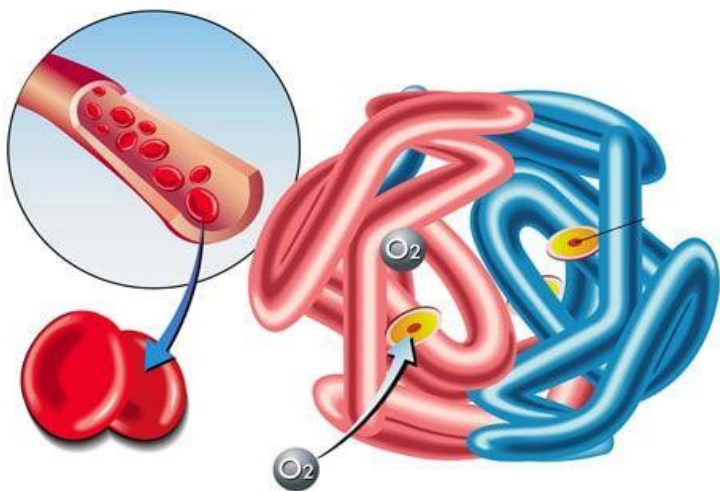
5 Підтримання реологічних властивостей крові

6 Забезпечення групової приналежності крові

7 Участь у процесах коагуляції та фібринолізу

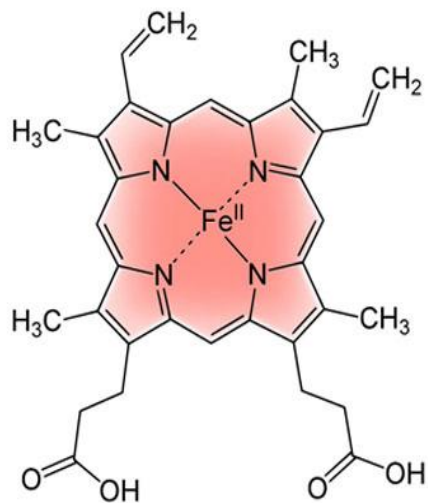
8 Ферментативна

2. Гемоглобін: структура, властивості, сполуки

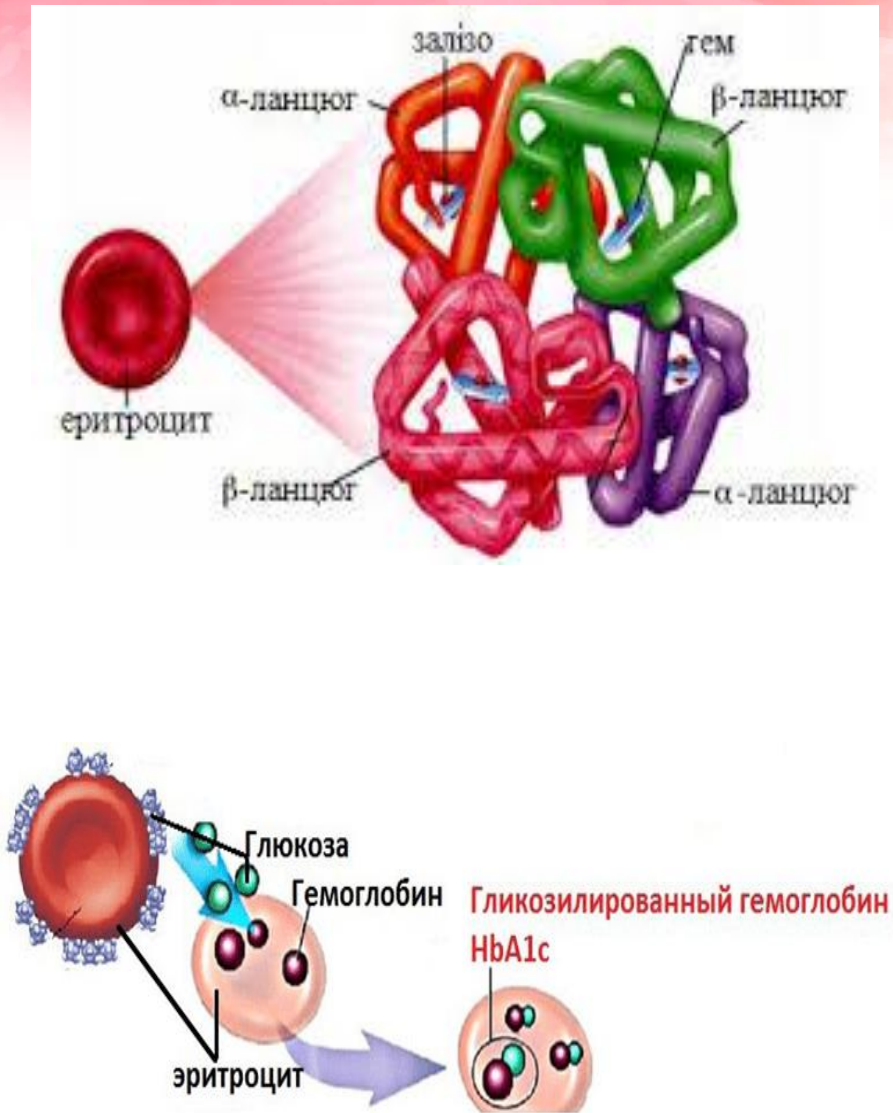


Гемоглобін (від грец. *haema* – кров і лат. *globus* – куля) належить до числа важливих дихальних білків, які здійснюють транспорт O_2 і CO_2 . Гемоглобін – основний компонент крові усіх хребетних і деяких безхребетних тварин. У кожному еритроциті близько 28 млн молекул гемоглобіну.

Гемоглобін – складний протеїн, належить до складу хромопротеїдів (гемопротеїдів), складається із залізовмісних груп гема та білкового залишку – глобіну. На частку гема припадає 4%, на білкову частку – 96 %. Молекулярна маса гемоглобіну складає 64500 Д. Динамічна взаємодія гема з глобіном надає гемоглобіну унікальні властивості, необхідні для зворотного процесу транспорту кисню.



Гем – це комплексна сполука протопорфірину IX із залізом. Він вкрай нестійкий і легко перетворюється або в гематин з окисненням двовалентного заліза до тривалентного та приєднанням до останнього OH - групи, або в гемін, який містить замість OH - іонізований хлор.



Гемоглобін (Hb) – це олігомерний білок, який складається з чотирьох субодиниць, або протомерів. Кожна субодиниця містить гем, що зв'язаний з білковою частиною через залишок гістидину. До складу молекули Hb входять по два поліпептидних ланцюги різних видів. Так, основний гемоглобін дорослої людини – **HbA1** (95-98% усього гемоглобіну) – містить два α- та два β-ланцюги ($\alpha_2\beta_2$). Також у крові міститься **HbA2** ($\alpha_2\delta_2$), вміст якого становить 2-3%, фетальний гемоглобін **HbF** ($\alpha_2\gamma_2$), кількість якого – 0,1-2%. Частина HbA1 глікозильована – це глікозильований гемоглобін **HbA1c**, який утворюється в результаті неферментативного глікування гемоглобіну залишками глюкози. Нормальна концентрація HbA1c – 4-7%.

У чоловіків концентрація гемоглобіну в нормі становить 130–160 г/л, у жінок – 120-150 г/л.

Сполуки гемоглобіну

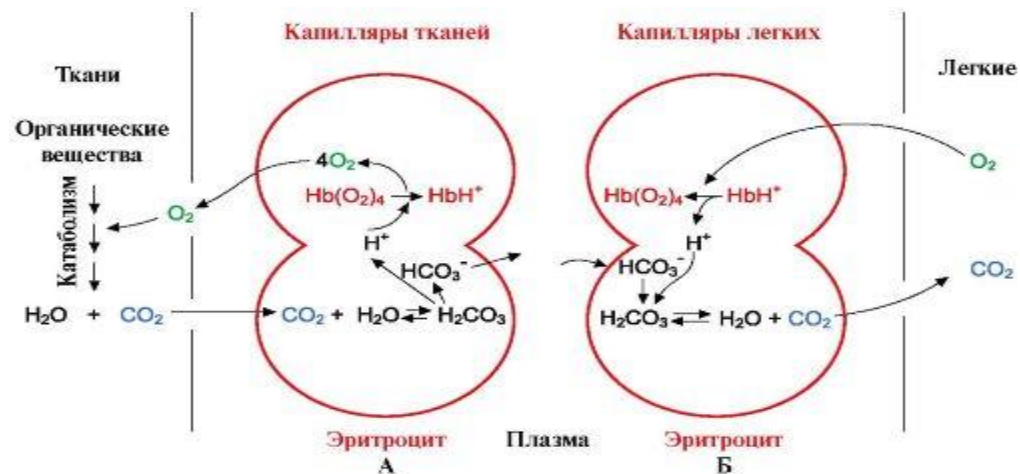
До заліза, яке міститься в молекулі Hb, приєднується кисень – утворюється **оксигемоглобін** – HbO_2 (валентність заліза не змінюється, воно залишається двовалентним). У вигляді HbO_2 транспортується значна частина кисню.

Інтенсивність утворення HbO_2 залежить від парціального тиску крові, значення рН, концентрації CO_2 та вмісту 2,3-дифосфогліцерату (2,3-ДФГ). Різниця парціального тиску O_2 між альвеолярним повітрям та міжклітинною рідиною, куди кисень потрапляє з крові, дорівнює 65 мм рт.ст. Ця значна різниця забезпечує перехід кисню з альвеол у кров і далі – в міжклітинну рідину.



Зв'язування гемоглобіну з різними лігандами, такими, як H^+ (при зниженні рН) та CO_2 призводить до конформаційних змін у молекулі гемоглобіну і змінює спорідненість Hb до кисню. У тканинах CO_2 витісняє O_2 з гемоглобіну, в легенях, навпаки, кисень витісняє CO_2 з крові в альвеолярне повітря. Це явище відоме під назвою **ефект Бора**. Цей ефект також бере участь у регуляції рН крові. У капілярах тканин відбувається приєднання протона до гемоглобіну, і, таким чином, це запобігає закисленню середовища. Крім того, в тканинах збільшення кількості H^+ (при утворенні вугільної кислоти із CO_2) знижує спорідненість Hb до кисню. У капілярах легень, навпаки, протон вивільняється, і O_2 зв'язується з Hb .

2,3-ДФГ – метаболіт, який утворюється з 1,3-ДФГ (проміжний продукт гліколізу) та знижує спорідненість гемоглобіну до кисню, що сприяє вивільненню O_2 у тканинах.

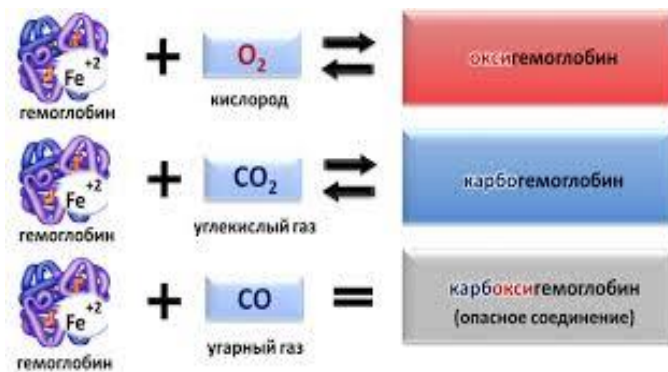


Гемоглобін, який віддає кисень, має назву **дезоксигемоглобін**, або **відновлений гемоглобін (Hb)**.

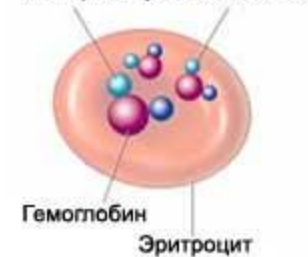
Приєднання вуглекислого газу призводить до утворення **карбгемоглобіну $HbCO_2$** (CO_2 з'єднується з N-кінцевими групами гемоглобіну).

У складі цього похідного транспортується до 20% CO_2 .

Молекула гемоглобіну може утворювати комплекси з іншими газами. Так, комплекс гемоглобіну з чадним газом – **карбоксигемоглобін ($HbCO$)** є міцною сполукою. Спорідненість Hb до CO у 200 разів вище, ніж до кисню, тому утворення карбоксигемоглобіну блокує утворення оксигемоглобіну та транспорт кисню. Саме тому навіть незначні кількості чадного газу в повітрі є небезпечними для життя. У крові людини, яка живе в місті, концентрація карбоксигемоглобіну становить менше ніж 2%. У крові людей, які палять, ця концентрація зростає до 10%.

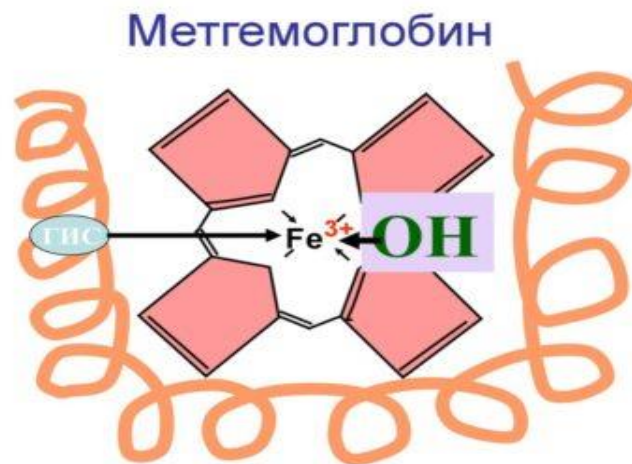


Гемоглобин переносит кислород и углекислый газ

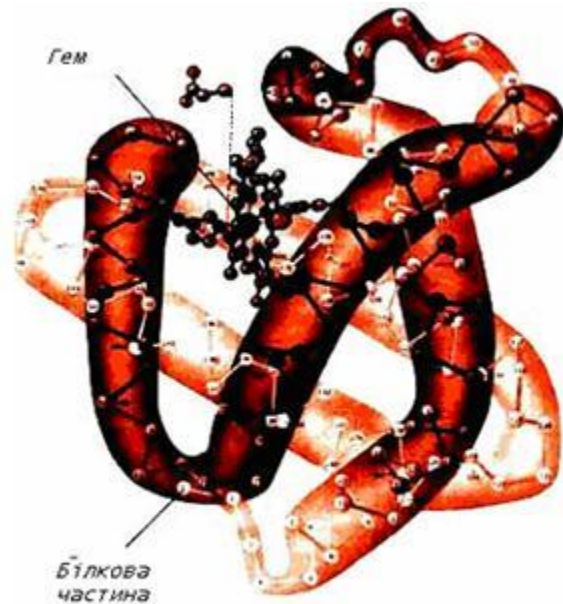


При деяких патологічних станах, наприклад при отруєннях потужними окисниками (перманганат калію, бертолетова сіль, сульфаніламідні препарати та ін.), залізо у складі гему окислюється до тривалентного стану – утворюється **метгемоглобін MetHb**. Цей похідний гемоглобіну не може зв'язувати кисень. У нормі в еритроцитах міститься до 2% метгемоглобіну, який утворюється в результаті аутоокиснення. Така незначна кількість не пригнічує газообміну. Накопиченню метгемоглобіну перешкоджає функціонування ферменту **метгемоглобінредуктази**, яка відновлює MetHb.

Метгемоглобінемія (підвищення концентрації MetHb) може мати спадковий характер (при дефіциті метгемоглобінредуктази) та розвиватися внаслідок надходження в організм значної кількості окисників – нітритів, аніліну, нітробензолу та ін. (розвивається гостра токсична метгемоглобінемія).



У скелетних м'язах і міокарді знаходиться м'язовий гемоглобін, що має назву **міоглобін**. Його простетична група ідентична гемоглобіну крові, але білкова частина – глобін – має меншу молекулярну масу. Майже 14% загальної кількості кисню в організмі зв'язує міоглобін людини. Ця властивість міоглобіну відіграє важливу роль у постачанні м'язів, які працюють.



Міоглобін

Функції гемоглобіну

Основні функції еритроцита:

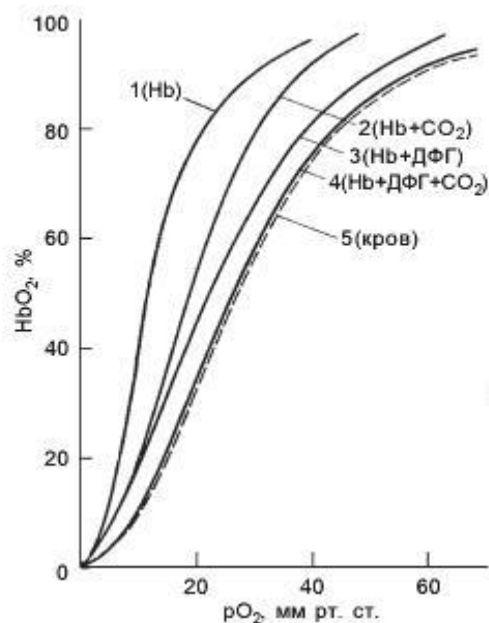
1. Дихальна функція.
2. Буферна функція.

Виконання зазначених функцій гемоглобіном можливе лише при збереженні цілісності еритроцитів, тому що при гемолізі еритроцитів і виході гемоглобіну в плазму крові він швидко виводиться з організму за рахунок фагоцитозу клітинами мононуклеарної фагоцитуючої системи, а також через швидке виведення нирками.

Один моль гемоглобіну може зв'язати до 4 молей кисню, а 1 г гемоглобіну – 1,34 мл кисню. **Киснева ємність крові** – це максимальна кількість кисню, що може бути зв'язана 1 мл крові. Насичення гемоглобіну киснем складає 96-98%. Зв'язування киснем відбувається в **процесі** так званої **оксигенації**, а не справжнього окиснення. Залізо в оксигемоглобіні залишається двовалентним.

При виконанні **дихальної функції** молекула гемоглобіну змінює свої розміри подібно до грудної клітки під час дихання. Це слугувало підставою для того, щоб назвати гемоглобін **“дихаючою молекулою”**, або **“молекулярними легенями”**.

Співвідношення між кількістю гемоглобіну та оксигемоглобіну визначається в значній мірі парціальним напруженням кисню в крові, хоча при цьому й не спостерігається лінійна залежність. Це співвідношення виражається у вигляді кривої дисоціації оксигемоглобіну.



1 – чистий Hb;
2 – Hb при $pCO_2 = 40$ мм рт. ст.;
3 – Hb при наявності 1,2 моля ДФГ на 1 моль Hb (тетрамера $\alpha_2\beta_2$);
4 – Hb при наявності ДФГ і CO_2 (в тих концентраціях, що й у випадках кривих 2 і 3);
5 – кров при $pCO_2 = 30$ мм рт. ст.
Розчини Hb: pH – 7,22 при 50 % насичення; кров: pH – 7,4.

Участь гемоглобіну в регуляції рН (**буферна функція**) крові пов'язана з його роллю в транспорті кисню та вуглекислого газу, а також властивостями його як білка, що є амфолітом.

3. Надходження заліза в організм і синтез гемоглобіну

Синтез гемоглобіну здійснюється шляхом синхронної продукції гема та поліпептидних ланцюгів глобіну з подальшим утворенням остаточної молекули. Синтез гемоглобіну починається в нормоцитах. По мірі подальшого дозрівання еритроїдної клітини, зменшення кількості полісом у цитоплазмі знижується й синтез гемоглобіну. У ретикулоцитах ще можливий синтез гемоглобіну на рибосомно-цитоплазматичному рівні. Зрілі еритроцити не синтезують гемоглобін. Процес синтезу гемоглобіну при еритропоезі (процесі утворення еритроцитів) пов'язаний зі споживанням ендogenous заліза.

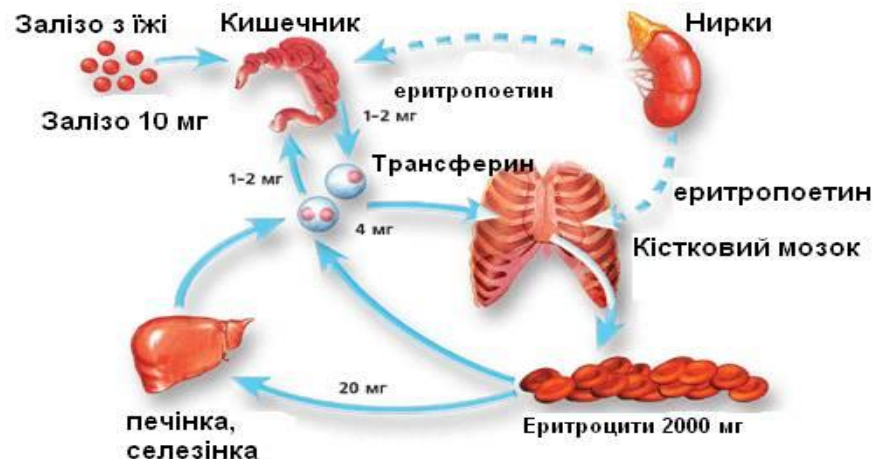


Важливу роль в обміні відіграють наступні білкові сполуки: **трансферин (сидерофілін), феритин і гемосидерин.**

Трансферин – специфічний білок, який міститься в плазмі крові, β -глобулін з молекулярною масою близько 80000 Д. Він виконує транспортну функцію, забезпечуючи переніс заліза зі слизової оболонки кишечника та синусів паренхіми селезінки в кістковий мозок, де утилізується в процесі еритропоезу.

Феритин – водорозчинний комплекс гідроксиду заліза з білком апоферитином. Молекулярна маса феритину складає близько 460000 Д, вміст заліза – приблизно 2% від його маси.

Гемосидерин близький за складом до феритину, вміст у ньому заліза складає приблизно 30% від загальної маси молекули. Основними місцями депонування гемосидерину є кістковий мозок, печінка та селезінка. В організмі здорової людини міститься в цілому близько 3-5 г ендogenous заліза, причому в фонді еритрону (еритроцити разом із кровотворною тканиною) приблизно 60-70%, залізо запасів (феритину та гемосидерину внутрішніх органів) складає 30-40 %. У складі трансферину міститься близько 3-4 мг заліза, у ферментах різних органів і тканин є ще приблизно 150 мг заліза.



Абсорбція заліза епітеліальними клітками шлунково-кишкового тракту підсилюється при збільшенні концентрації трансферину в слизовій кишечнику, еритропоетичній активності кісткового мозку й знижується при збільшенні концентрації заліза в клітинах слизової оболонки кишечнику. Абсорбція Fe^{++} у кишечнику більше ефективна, ніж Fe^{+++} і речовини, що підтримують двовалентну форму заліза, його розчинність — аскорбінова кислота, фруктоза, амінокислоти (цистеїн, метіонін), прискорюють абсорбцію заліза. Важливою умовою абсорбції заліза в кишечнику є його біодоступність. Наприклад, залізо, що входить до складу гема (м'ясні продукти, кров'яна ковбаса) краще всмоктується в кишечнику, ніж залізо з їжі рослинного походження.



4. Зміни кількості еритроцитів

Кількісні зміни еритроцитів можуть носити фізіологічний, компенсаторний або патологічний характер, проявлятися у вигляді збільшення (понад $6 \cdot 10^{12} / \text{л}$) або зменшення кількості (понад $3,7 \cdot 10^{12} / \text{л}$) еритроцитів у периферичній крові.

Еритроцитоз – стан, який характеризується збільшенням кількості еритроцитів у периферичній крові. У відповідності до механізмів розвитку цього стану розрізняють відносний та абсолютний еритроцитоз.

Відносний еритроцитоз виникає в тому випадку, коли збільшується кількість еритроцитів в одиниці об'єму крові в зв'язку зі згущенням крові, але еритропоез не активується. Це може бути при фізичному навантаженні, а також опіках, коли виникає виражена плазмолітична криза, при нестримній блювоті у випадку кишкової непрохідності, токсикозі вагітності, при діареях, які супроводжують холеру, дизентерію та інші кишкові інфекції.

Абсолютний еритроцитоз – стан, який характеризується збільшенням кількості еритроцитів у периферичній крові внаслідок підсилення еритропоезу.

Абсолютний еритроцитоз буває двох видів:

1. **Компенсаторний еритроцитоз**, який забезпечує розвиток компенсаторно-приспосувальних реакцій в умовах патології, наприклад при серцевій недостатності, у здорових людей – мешканців високогірних районів у зв'язку з хронічною гіпоксією та стимуляцією еритропоезу.
2. **Патологічний еритроцитоз**, який не забезпечує адаптаційних реакцій, має місце при пухлинному ураженні нирок, надниркових залоз, гіпофіза, що супроводжується підсиленням продукції гуморальних і гормональних факторів.

Еритропенія – стан, який характеризується зменшенням кількості еритроцитів у периферичній крові. У відповідності до механізмів розвитку еритропенії можуть носити відносний та абсолютний характер.

Відносна еритропенія обумовлена збільшенням надходження рідини в організм, розжиженням крові, що викликає зменшення кількості еритроцитів в одиниці об'єму крові при збереженому еритропоезі.

Абсолютна еритропенія пов'язана з різними патологічними факторами: пригніченням еритропоезу, підсиленням руйнування еритроцитів або з підсиленою крововтратою, що призводить до зменшення вмісту еритроцитів у периферичній крові.



5. Анемії

Визначення	Патологічний стан, що характеризується зниженням концентрації гемоглобіну і в переважній кількості випадків числа еритроцитів в одиниці об'єму крові
Етіологія	Кровотечі, інфекції, запалення, інтоксикації (солями важких металів), глистні інвазії, злоякісні пухлини, авітамінози, захворювання ендокринної системи, нирок, печінки, шлунка, підшлункової залози, лейкози, променева хвороба, патологічна спадковість, порушення імунної реактивності організму
Основна ланка патогенезу	Гіпоксія
Симптоми	Блідість шкірних покривів і слизових оболонок, задишка, серцебиття, скарги на запаморочення, головний біль, шум у вухах, неприємні відчуття в області серця, різка загальна слабкість і швидка втомлюваність

Анемія, або недокрів'я

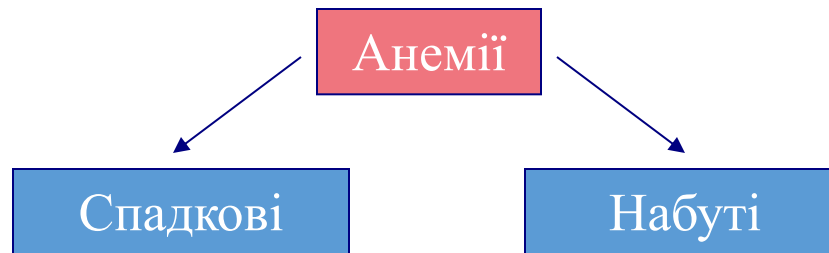


Основні діагностичні критерії анемії

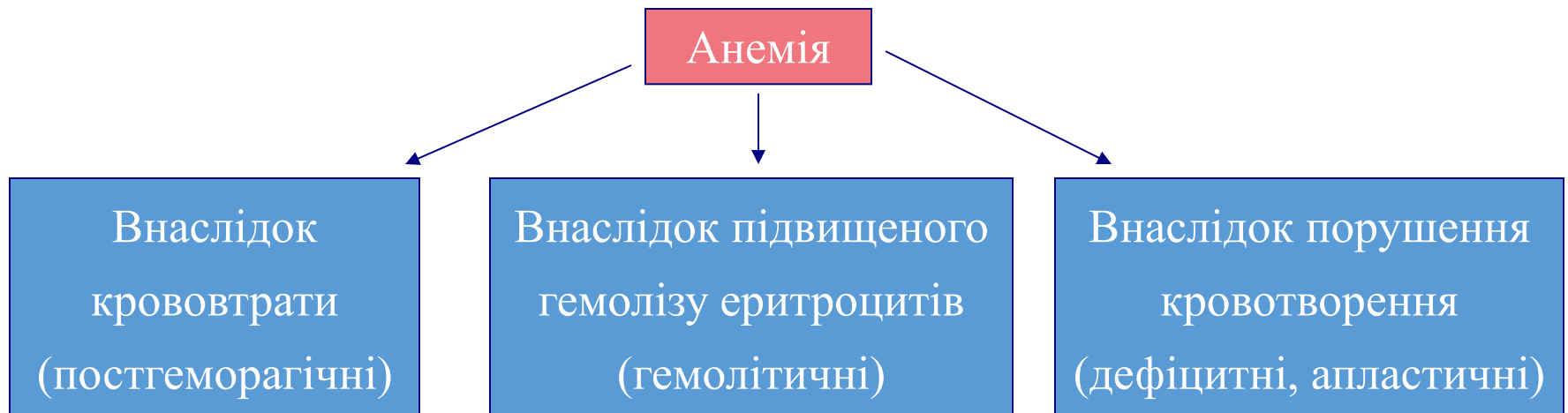
Стать	Кількість еритроцитів	Рівень гемоглобіну (Hb)	Показник гематокриту (Ht)
Чоловіча	$< 4 \times 10^{12}/\text{л}$	$< 130 \text{ г/л}$	$< 40\%$
Жіноча	$< 3,7 \times 10^{12}/\text{л}$	$< 120 \text{ г/л}$	$< 36\%$

КЛАСИФІКАЦІЯ АНЕМІЙ

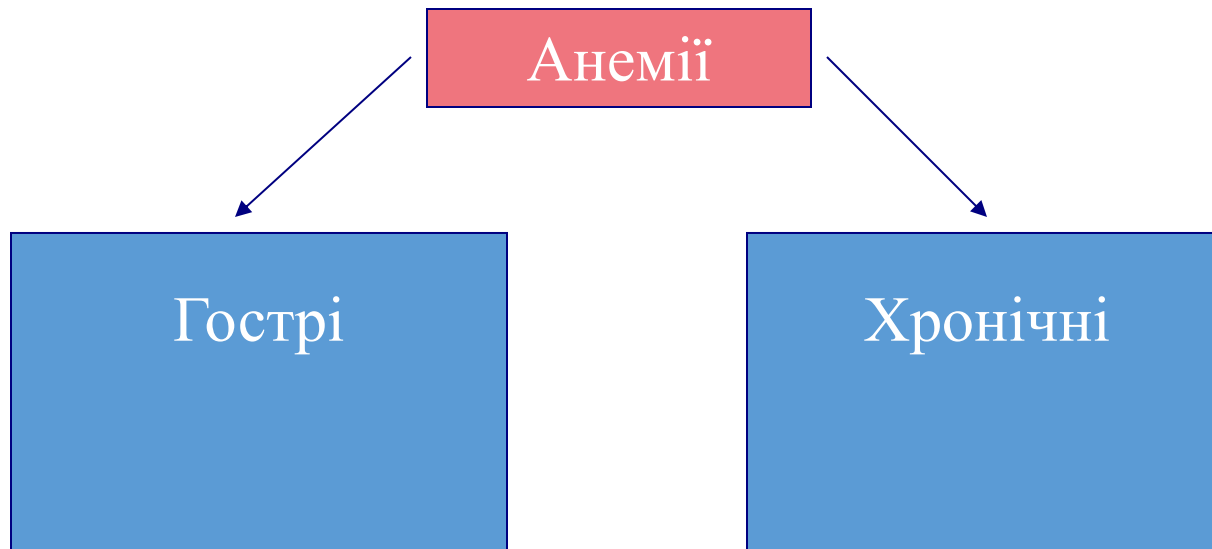
1. За етіологією:



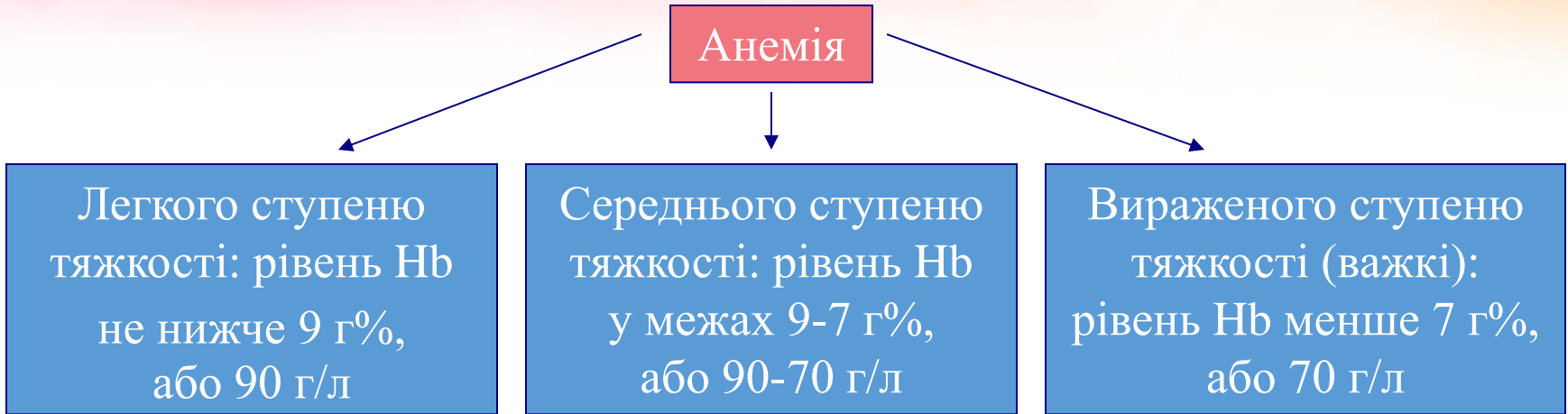
2. За механізмом розвитку (патогенетична класифікація):



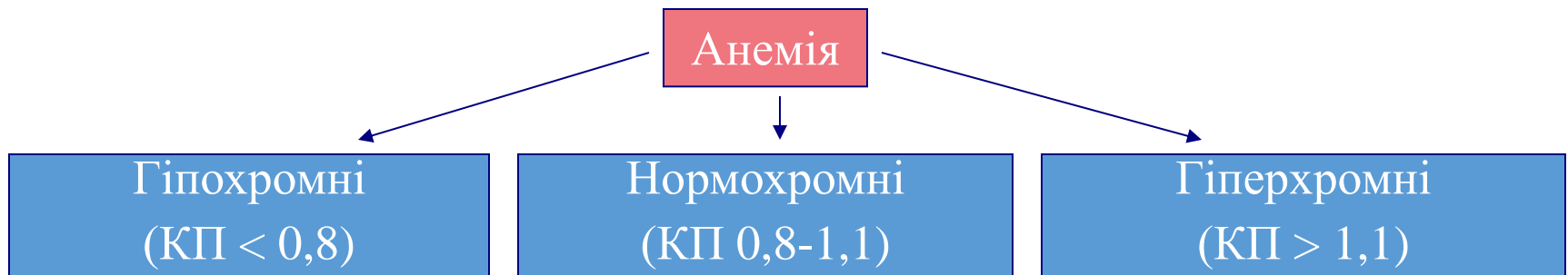
3. За клінічним перебігом



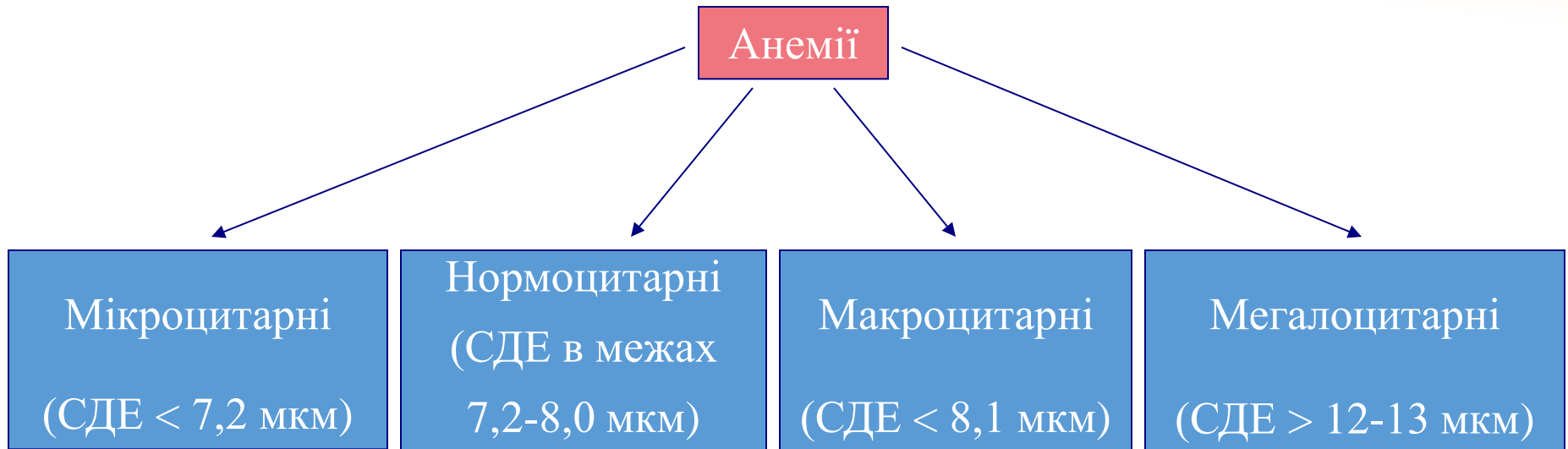
4. За ступенем тяжкості:



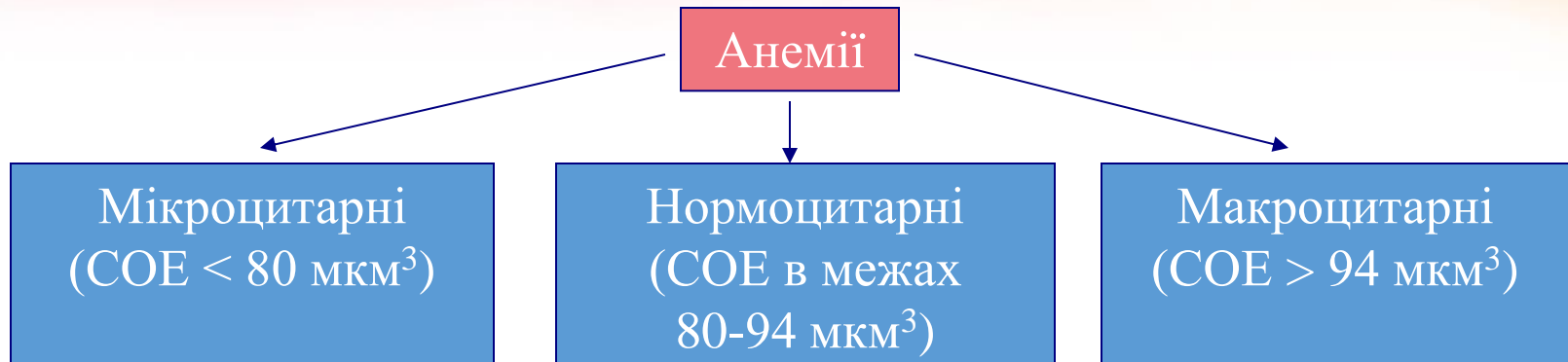
5. За колірним показником:



6. За середнім діаметром еритроцита (СДЕ):



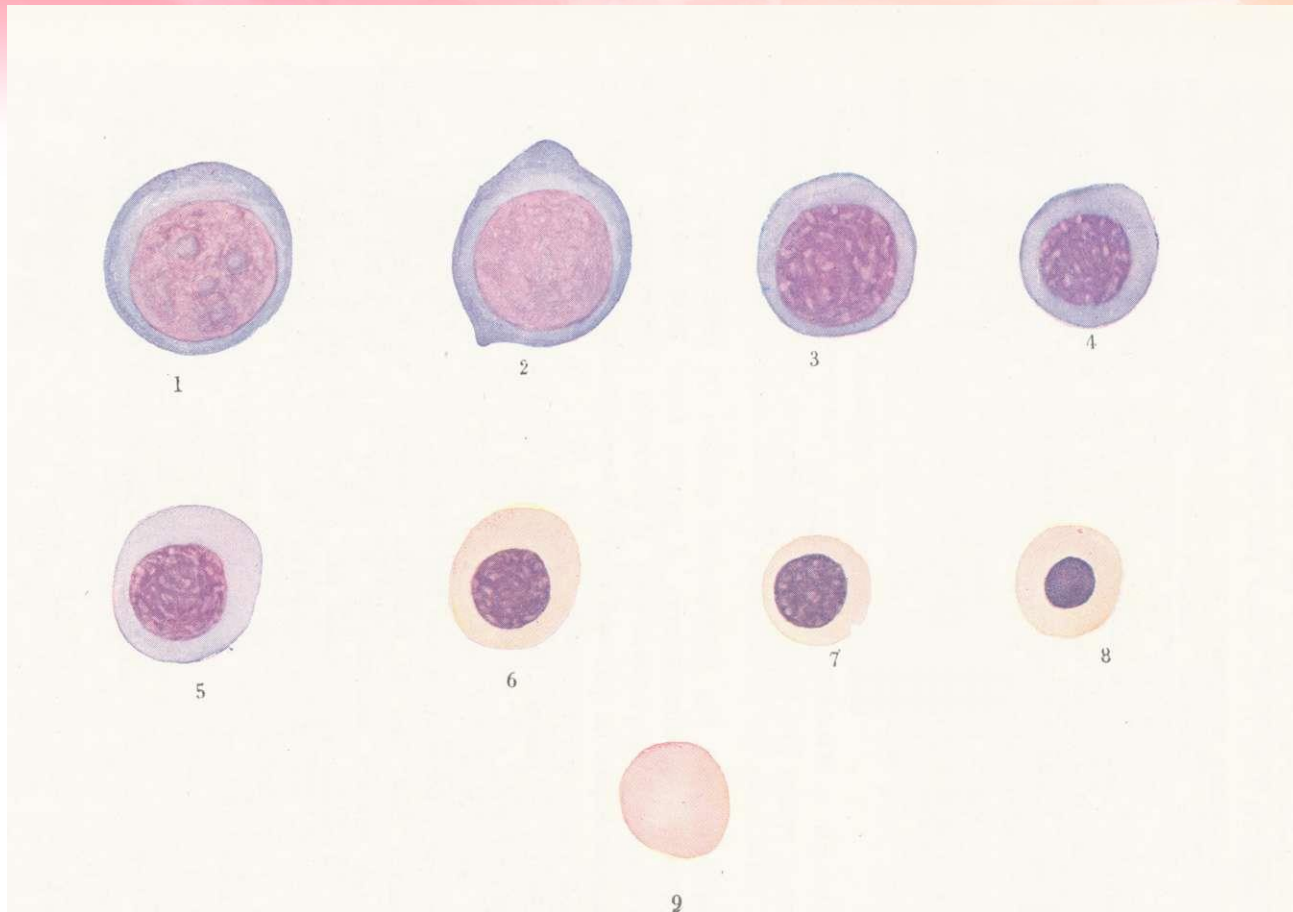
7. За середнім об'ємом еритроцита (СОЕ):



8. За типом кровотворення

Анемії:

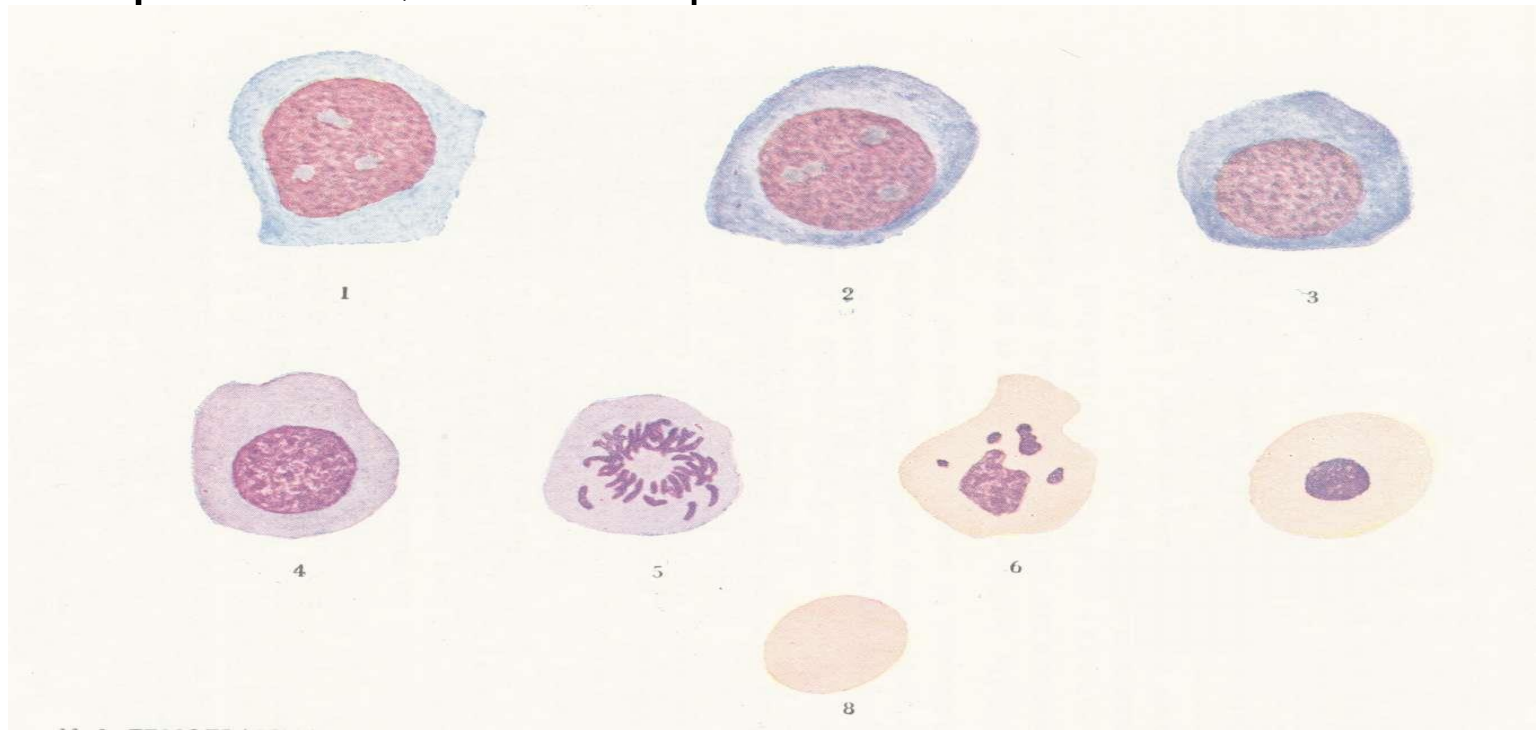
а) з нормобластичним типом кровотворення
(нормальний еритропоез): еритробласт →
пронормобласт → нормобласт базофільний →
нормобласт поліхроматофільний →
нормобласт оксифільний → еритроцит;



РОЗВИТОК ЕРИТРОЦИТІВ (ГЕМОГРАМА)

1,2 – проеритробласти; **3,4** – базофільні еритробласти;
5 – поліхроматичний еритробласт; **6,7,8** – оксифільні еритробласти, нормобласти;
9 – нормоцит.

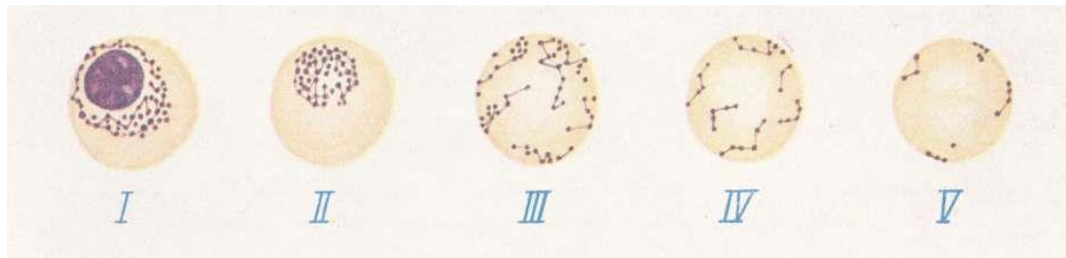
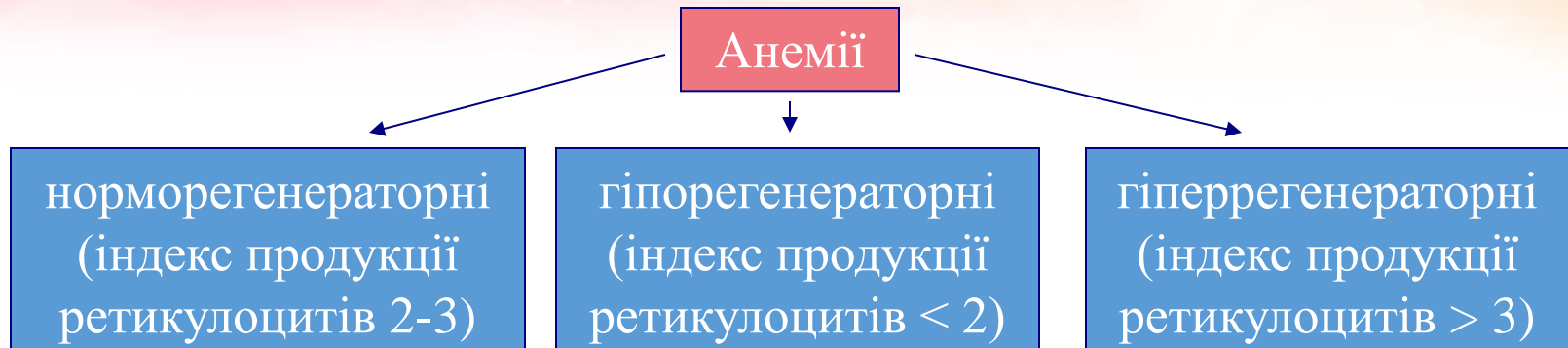
б) з мегалобластичним типом кровотворення:
промегалобласт → мегалобласт базофільний →
мегалобласт поліхроматофільний → мегалобласт
оксифільний → мегалоцит.



РОЗВИТОК МЕГАЛОБЛАСТА (ГЕМОГРАМА)

1 – ретикулярна клітина; **2** – промегалобласт; **3** – базофільний мегалобласт;
4 – поліхроматофільний мегалобласт; **5** – поліхроматофільний мегалобласт у фазі мітозу з
відщепленням хромосом; **6** – ортохроматичний мегалобласт із «побічними ядрами»;
7 – ортохроматичний мегалобласт, **8** – мегалоцит.

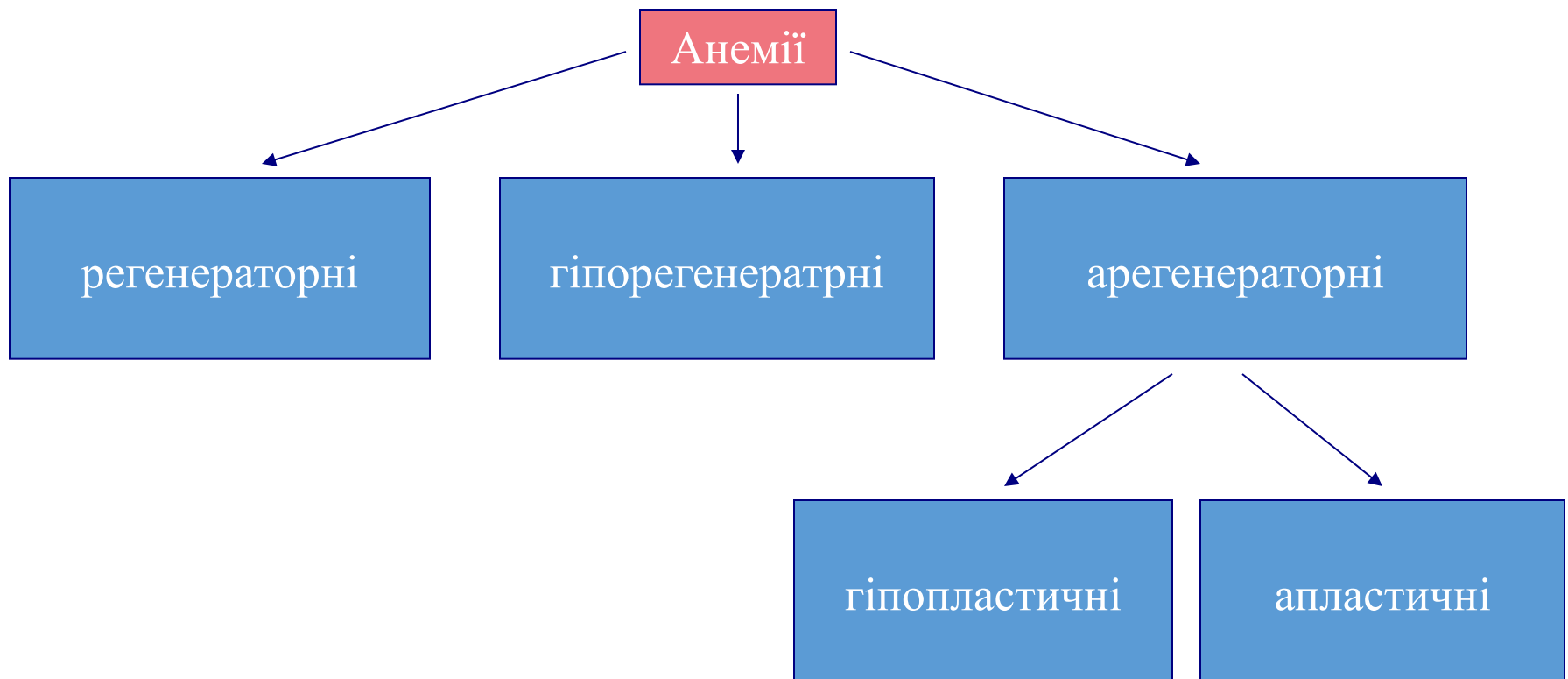
9. За кількістю ретикулоцитів:



ДОЗРІВАННЯ РЕТИКУЛОЦИТІВ

I – ядровмісний ретикулоцит; II – форма комка; III – форма сітки;
IV – неповна форма сітки; V – форма зернятка.

10. За здібністю кісткового мозку до регенерації:



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!