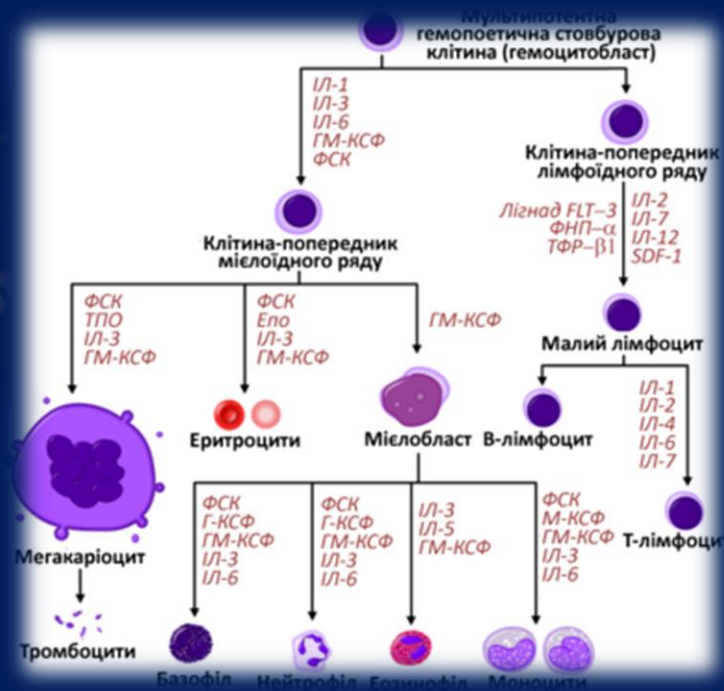
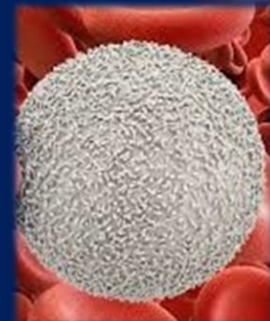
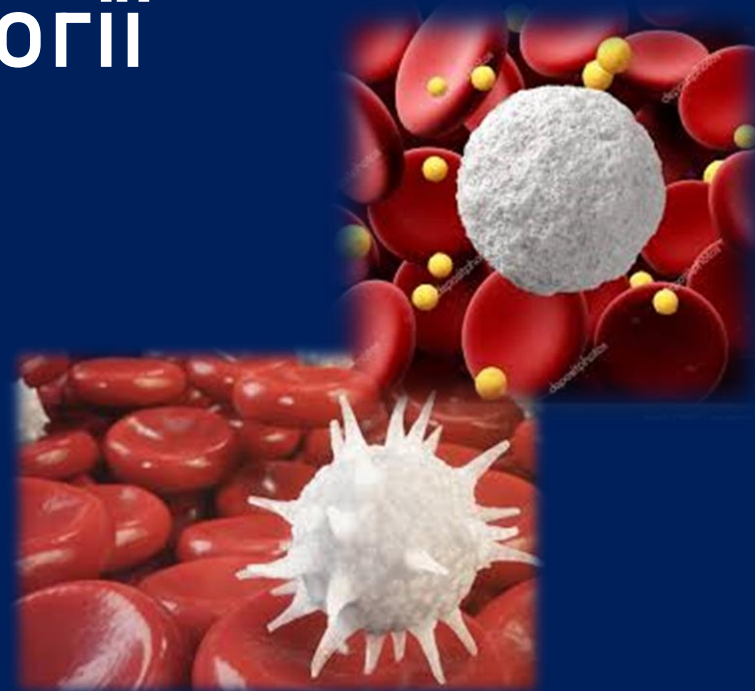
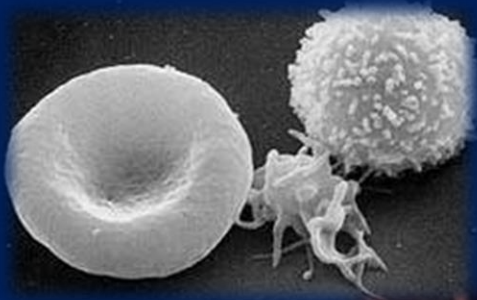
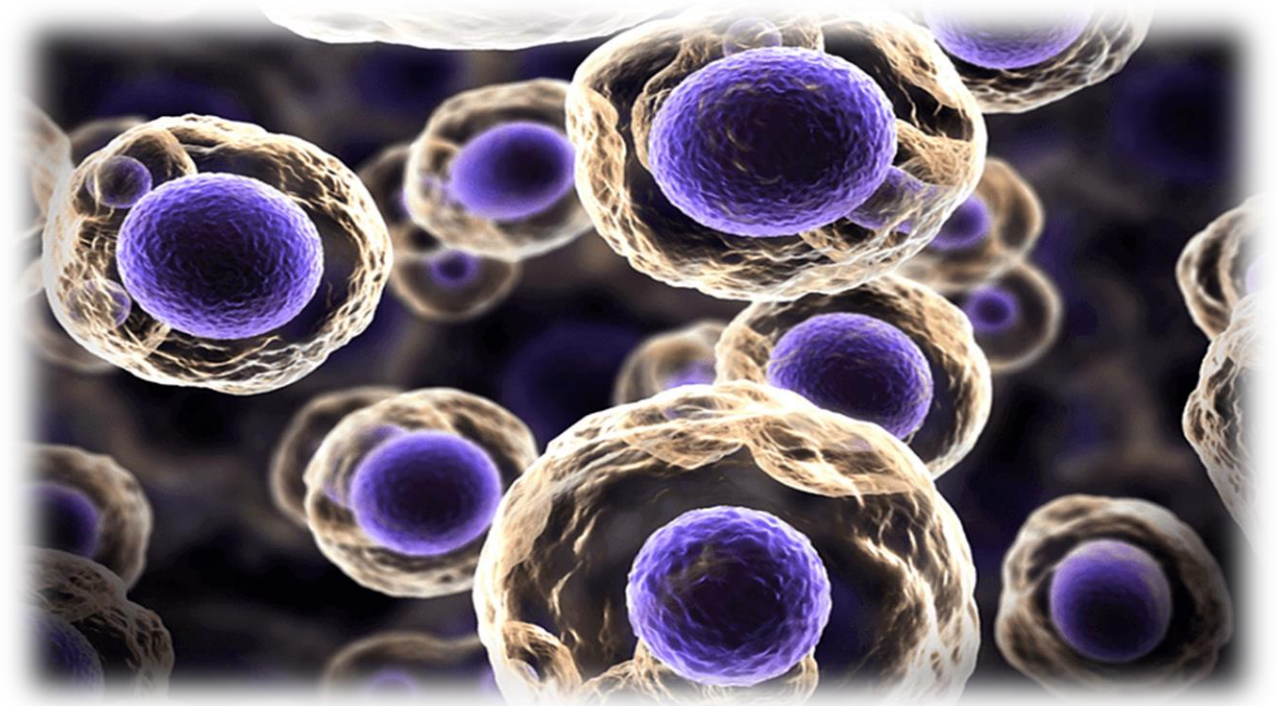


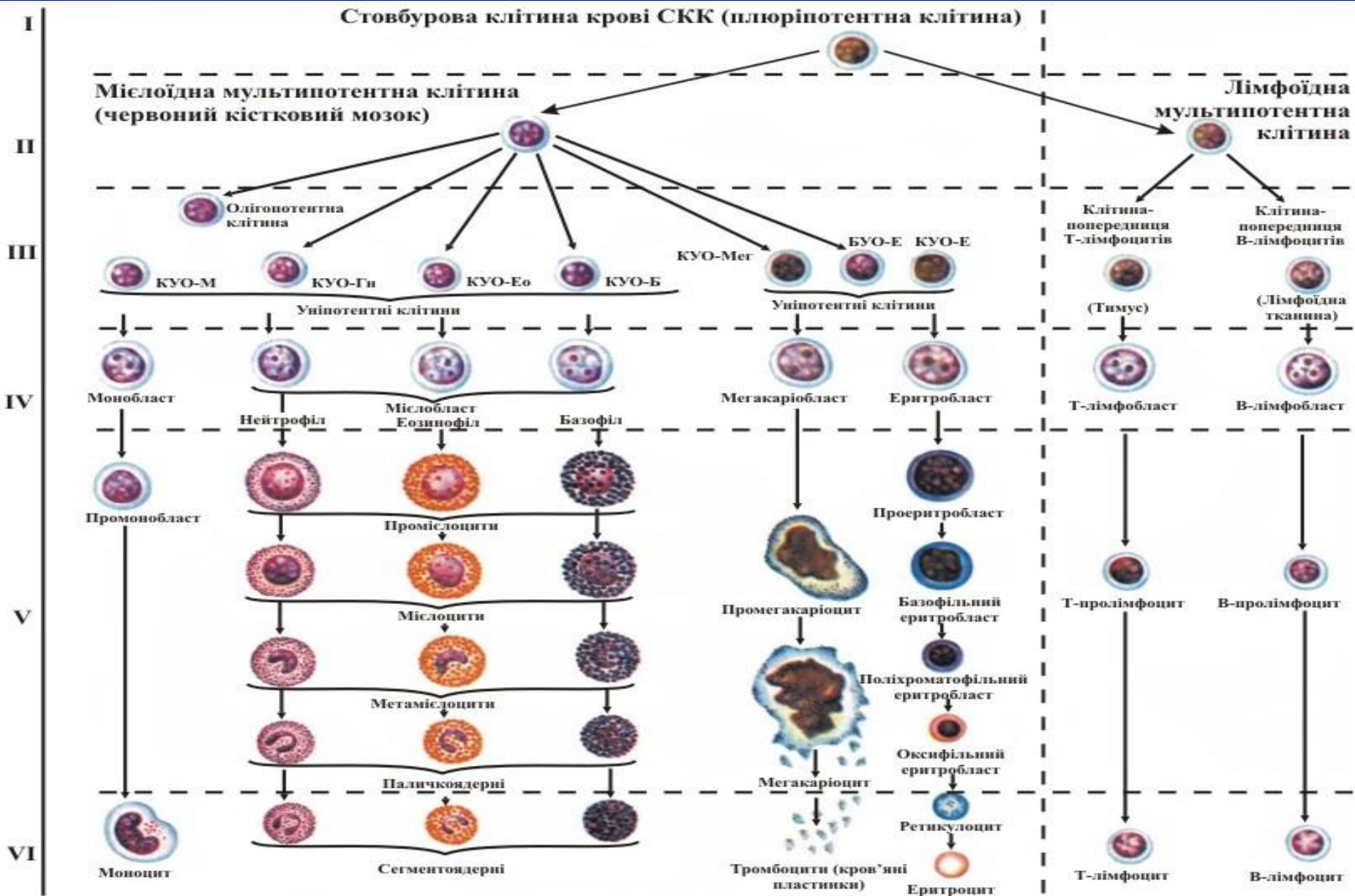
Гемопоез.

Зміни кількості та морфології клітин крові еритроцитарного ряду при патології



Кровотворення - багатоетапний процес утворення різних видів клітин крові в спеціалізованих органах кровотворення. У кістковому мозку здійснюється мієлопоез - утворення еритроцитів, гранулоцитів, моноцитів і тромбоцитів, лімфопоез відбувається в органах лімфоїдної системи і дозрівають Т- і В-лімфоцити.

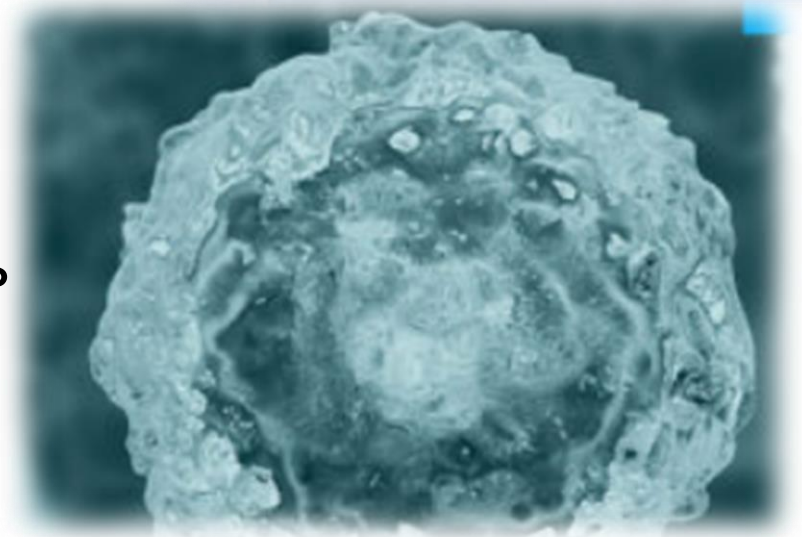
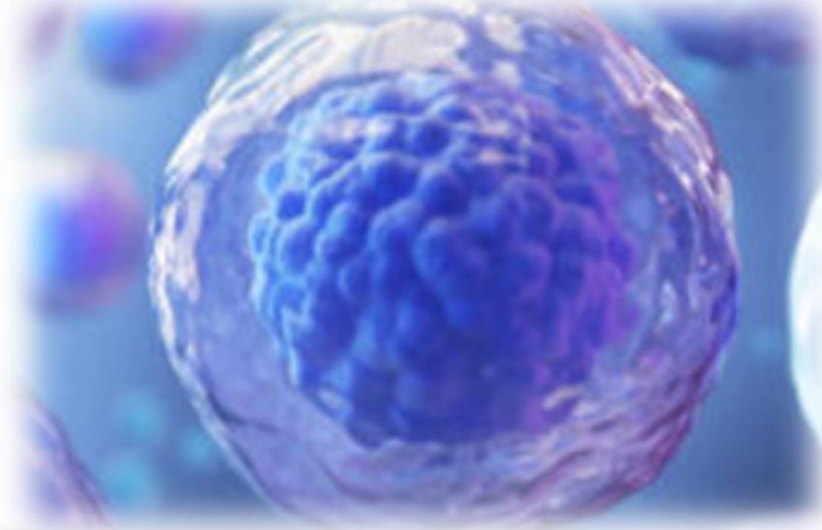




СКК зустрічаються з частотою $1:10^6-10^7$ нуклеарних клітин кісткового мозку і складають близько 0,01% всіх кровотворних клітин.

Більшість гемопоетичних стовбурових клітин знаходяться в стані спокою. За морфологічними властивостями клітини спокою схожі з дрібними лімфоцитами, у фазі поділу СКК схожі з примітивними бластними клітинами.

Розмноження і постійна рециркуляція СКК з кровотоком забезпечують необхідну інтенсивність кровотворення.



Підтримка рівноваги між кількістю стовбурових клітин і утворенням клітин-попередників деяких кровотворних паростків

Пули СКК



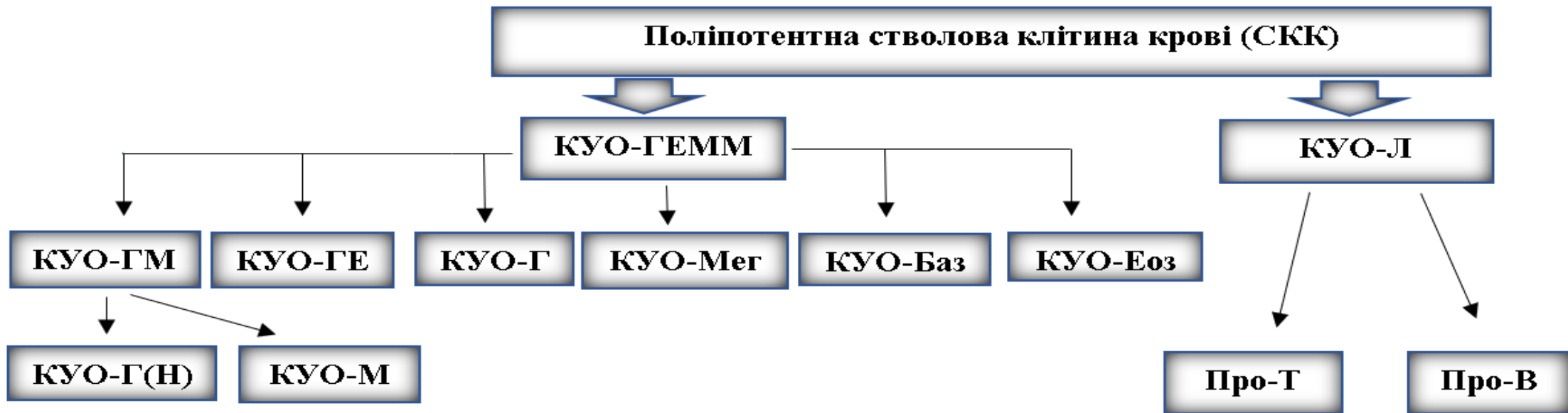
Ранні СКК

самовідновлюються і діляться близько 50 разів, підтримуючи вироблення клітин крові протягом життя



Мультипотентні проліферуючі СКК

здатні відновлювати кровотворення і утворювати колонії в селезінці



КУО-ГЕММ – клітина-попередник мієлопоезу, з якої згодом утворюються гранулоцити, еритроцити, моноцити (макрофаги) і тромбоцити

КУО-Л – клітина-попередник лімфопоезу

КУО-ГМ - клітина-попередник, гранулоцити, макрофаги

КУО-ГЕ - клітина-попередник, гранулоцити, еритроцити

КУО-Г - клітина-попередник, гранулоцити

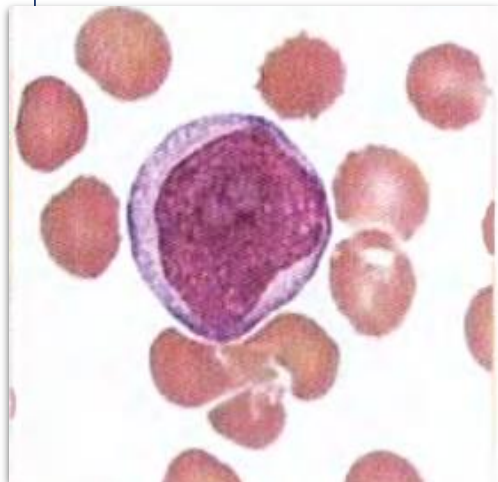
КУО-Мег - клітина-попередник, мегакаріоцити і т.д.

КУО-Г(Н) - клітина-попередник гранулоцитів (нейтрофілів)

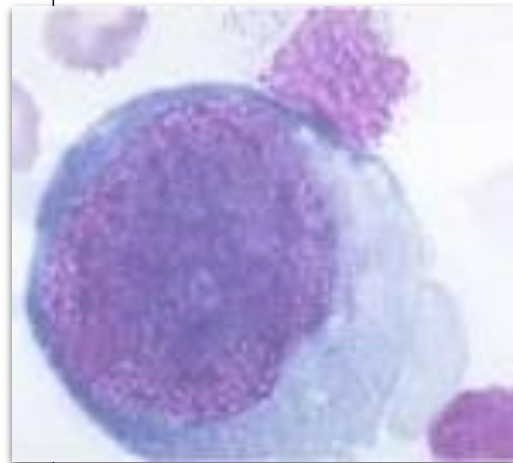
КУО-М - клітина-попередник макрофагів

Четвертий клас утворений морфологічно впізнаваними бластними (незрілими) клітинами всіх кроветворних паростків.

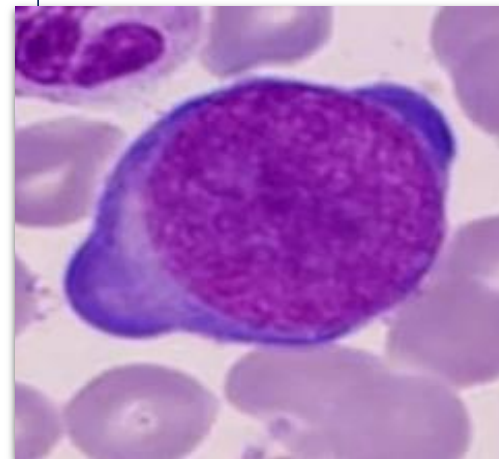
Монобласт



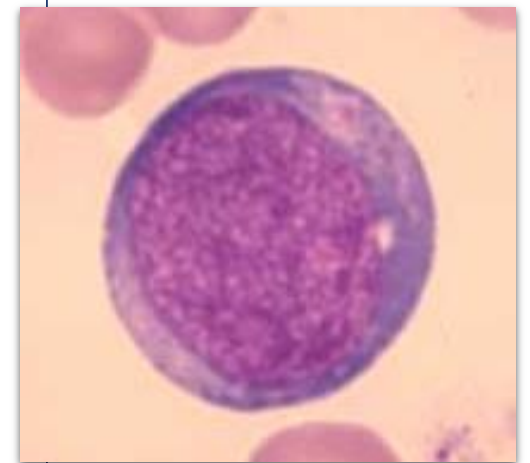
Мегакаріобласт



Еритробласт



Мієлобласт

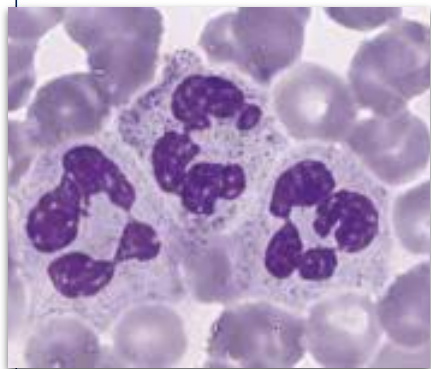


П'ятий клас – морфологічно впізнавані проліферуючі і дозріваючі клітини всіх кровотворних паростків

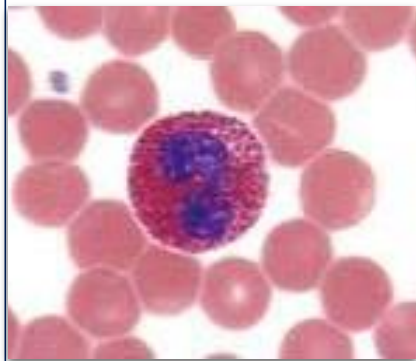


Шостий клас – зрілі клітини, які потрапляють в периферичну кров

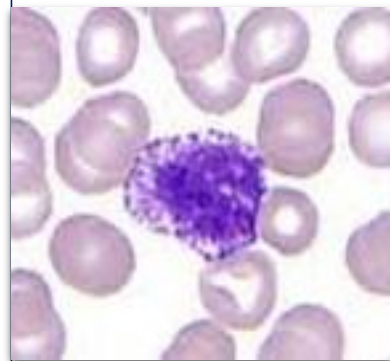
Сегментоядерні
нейтрофіли



Еозинофіли



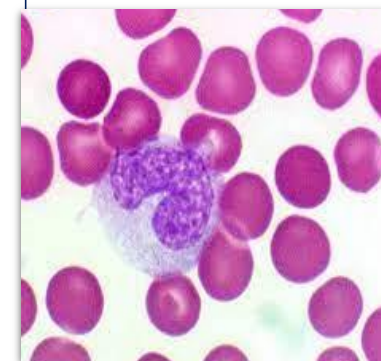
Базофіли



Лімфоцити

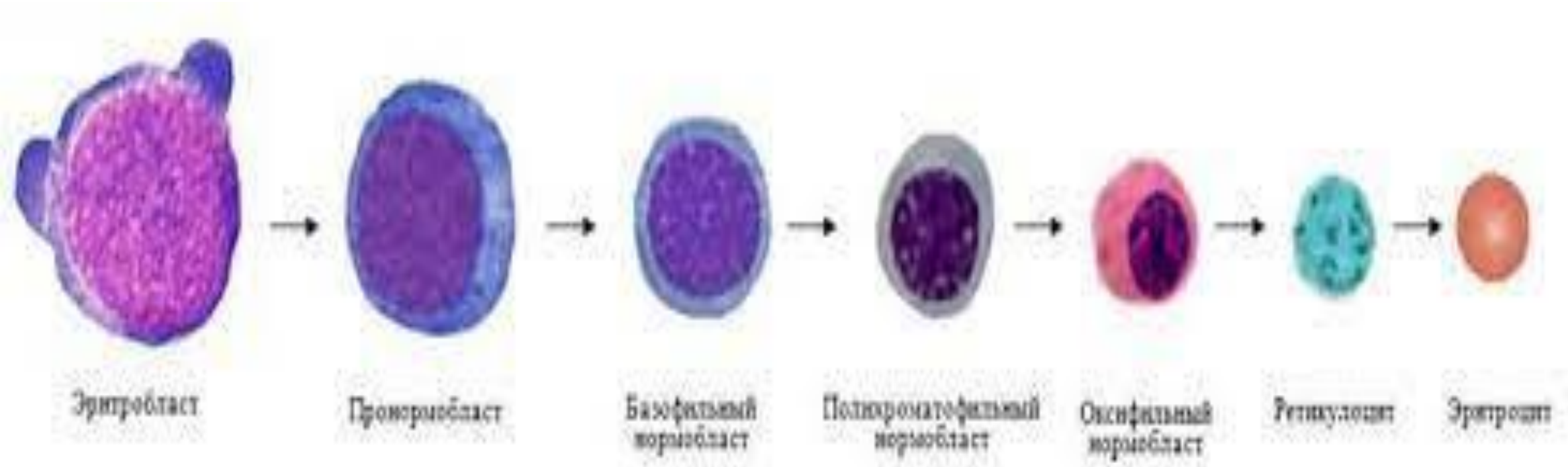


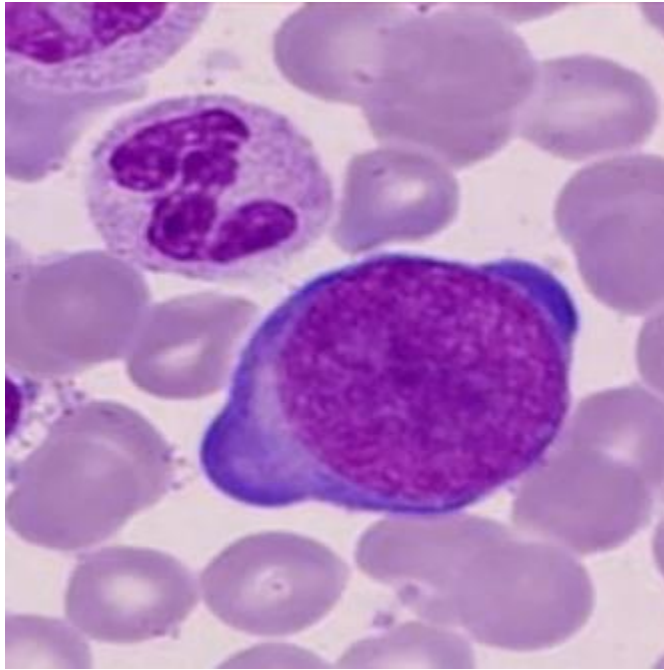
Моноцити



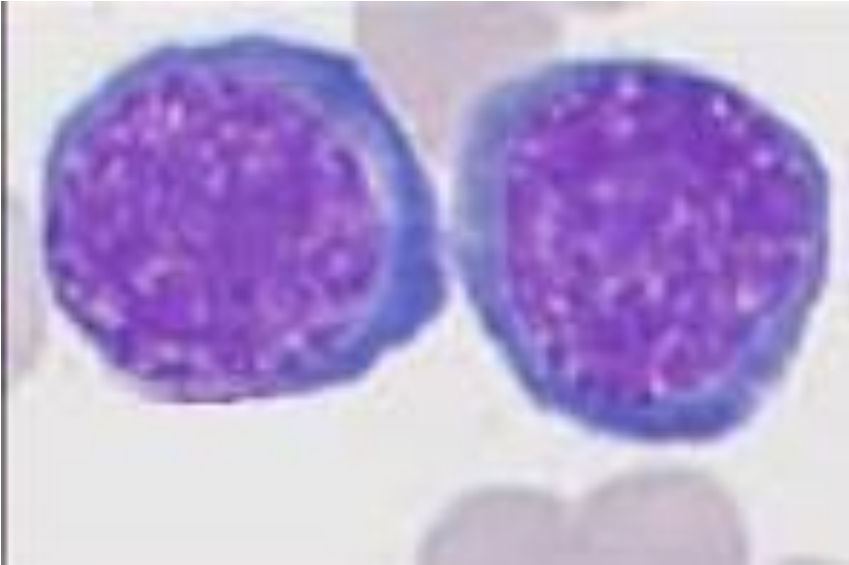
МОРФОЛОГІЯ І ВЛАСТИВОСТІ ЕРИТРОЦИТІВ

МОРФОЛОГІЧНО ВПІЗНАВАНІ СТАДІЇ ЕРИТРОПОЕЗУ



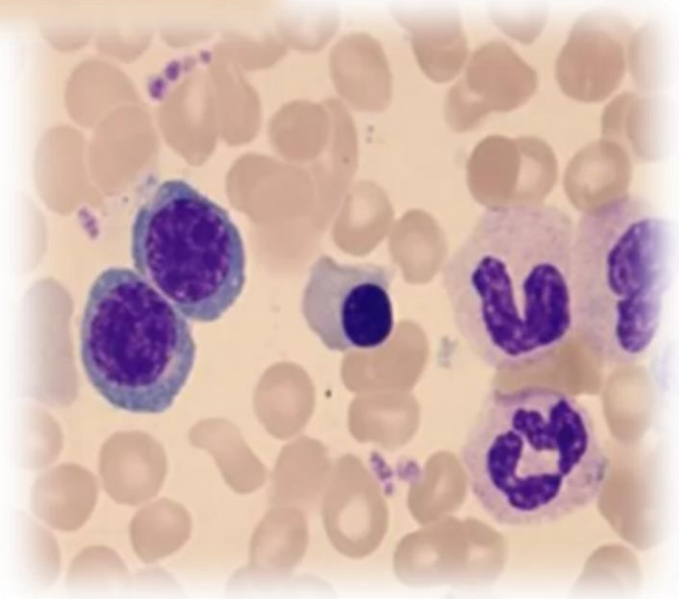
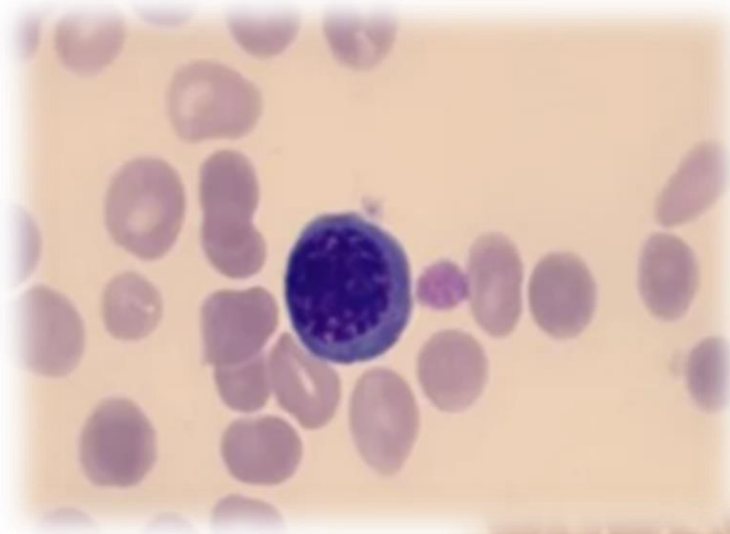


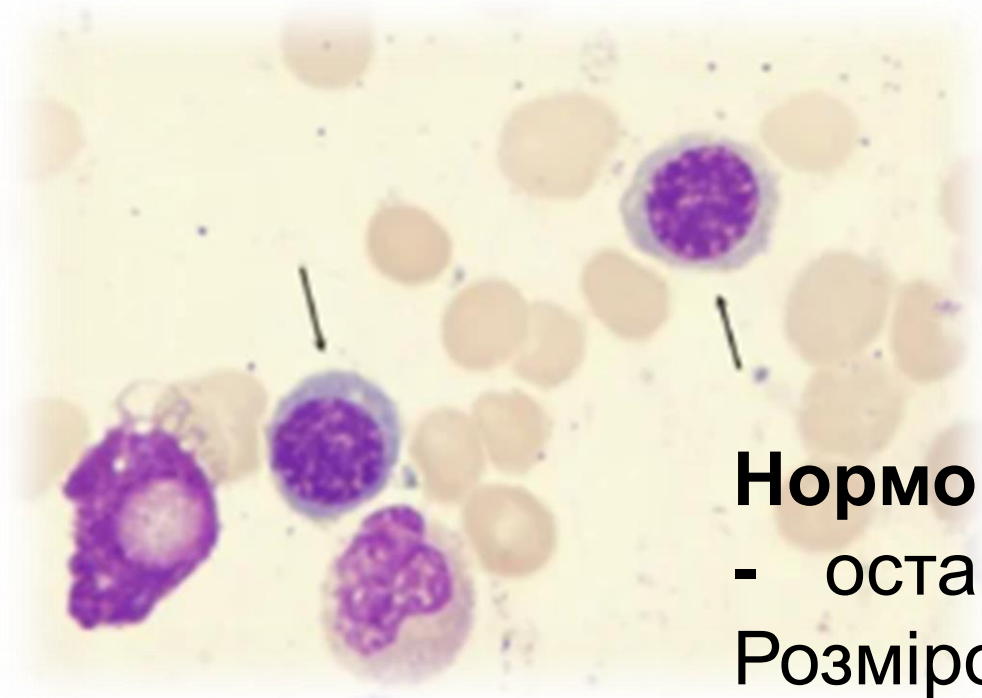
Еритробласт (проеритробласт) - перша морфологічно впізнавана клітина еритроїдного ряду. Вона має розмір 20-25 мкм, круглу форму. Ядро велике червоно-фіолетове, кругле, з дрібнозернистою хроматиною структурою, з вміщує 1-3 ядерець, має перинуклеарну зону просвітлення. Цитоплазма базофільна (темно-синя), часто виступає в виді «вушок». Один еритробласт здійснює 3-7 поділів і в середньому з нього утворюється 32 еритроцити



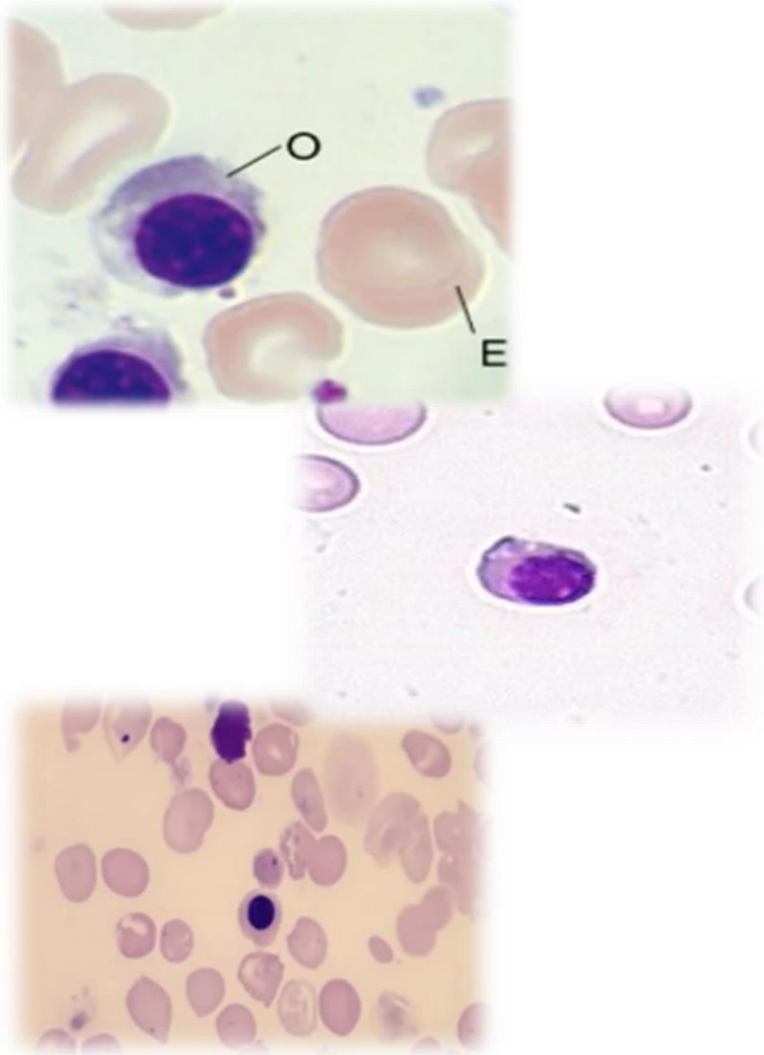
Пронормоцит (пронормобласт) - розмір 12-18 мкм, ядро червоного фіолетового кольору, менше за розміром, не містить ядерця, цитоплазма базофільна. У міру дозрівання пронормоциту перетворюється в нормоцити. Кількість гемоглобіну в них прогресивно збільшується, відбувається конденсація хроматину ядра, розмір клітин зменшується. Залежно від ступеня гемоглобінізації, що впливає на колір цитоплазми, виділяють три типи нормоцитів.

Нормоцит (нормобласт) базофільний - розмір 10-12 мкм, ядро округле, бордово-фіолетове, горбкуватий хроматин розподілений нерівномірно, його структура нагадує спиці в колесі, цитоплазма синьо-блакитна.

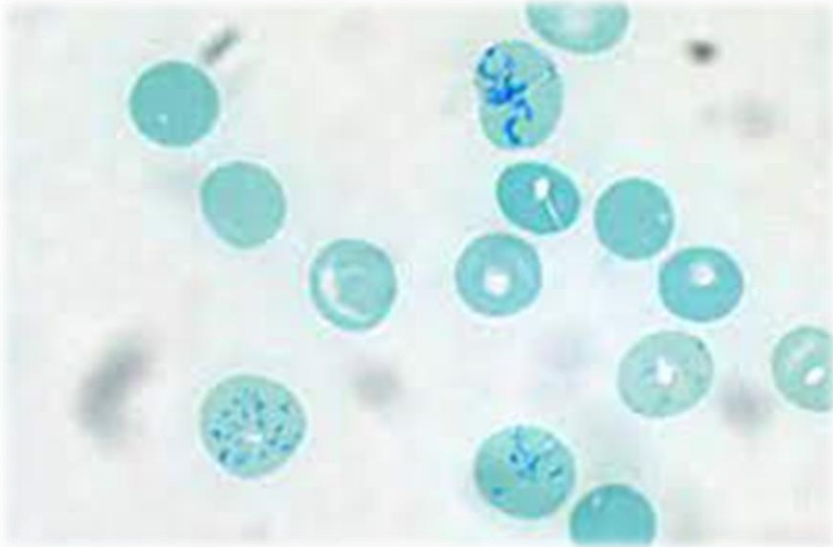




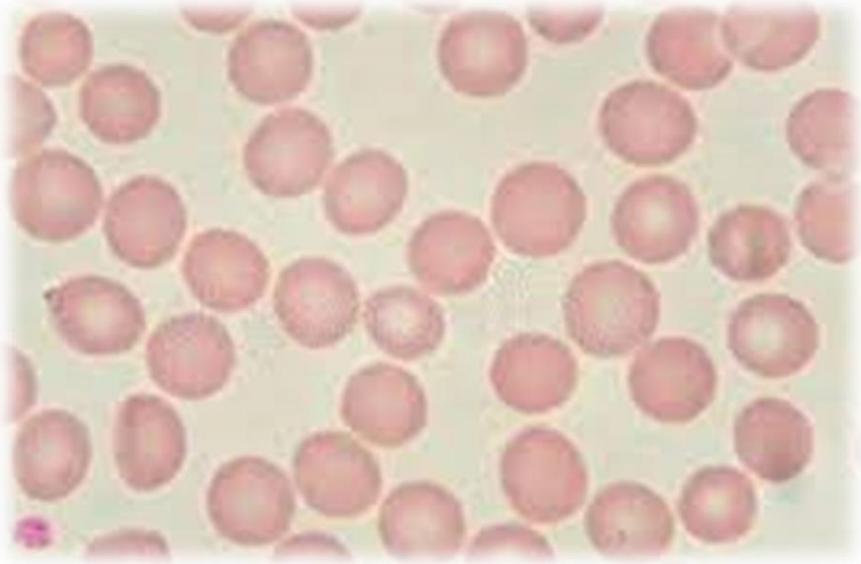
Нормоцит (нормобласт) поліхроматофільний - остання клітина, здатна до проліферації. Розміром 9-12 мкм ядро з шорсткою колесоподібної структурою. Цитоплазма через накопичення гемоглобіну сприймає як кислотні, так і основні барвники, забарвлюється в сіро-бузковий, сіро-рожевий колір (поліхромазія).



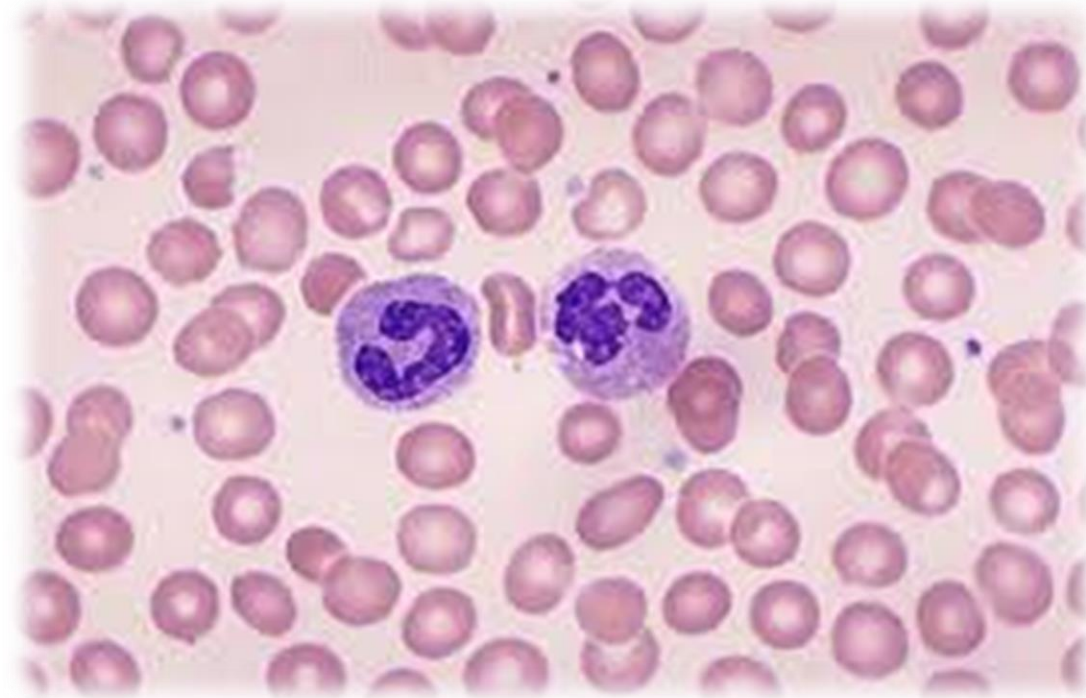
Нормоцит (нормобласт) оксифільний - клітина розміром 7-10 мкм, ядро щільне, пікнотичне у вигляді «вишневого зернятка», «чорнильна пляма», забарвлена в темно-фіолетовий колір і втрачається в період знаходження клітини в кістковому мозку. Цитоплазма оксифільна (рожева), насичена гемоглобіном. На цьому етапі дозрівання еритроцитів припиняється синтез гемоглобіну і поділ клітин.



Ретикулоцит - сітчаста клітина, в якій зберігаються фрагменти мітохондрій, рибосом, невелика кількість РНК. Ретикулоцит крупніше еритроцита, його діаметр становить 9-11 мкм. Ретикулоцит дозріває протягом 1-2 днів в кістковому мозку і 1-3 днів в периферичній крові, втрачає базофільну речовину і перетворюється в зрілий еритроцит. У нормі в периферичній крові кількість ретикулоцитів становить 0,6-1,2% від кількості циркулюючих еритроцитів. Підвищене вивільнення ретикулоцитів з кісткового мозку і збільшення їх периферичної крові розвиваються як компенсаторно-приспосувальна реакція з масивною крововтратою і гемолізом еритроцитів.



Еритроцит - без'ядерна клітина, забарвлена гемоглобіном оксифільно в рожевий колір. Вона має форму двоввігнутого диска товщиною 2,1-2,4 мкм, діаметром 7,5-8 мкм з просвітленням в центрі



Етапи диференціації мегалобластних клітин

Промегалобласт. Має округлу або неправильну форму, розмір 25-30 мкм. Ядро велике червоно-фіолетове, кругле або овальне з ніжним хроматиновим ретикулумом і 2-5 ядерцем, цитоплазма базофільна.

Мегалобласт базофільний. Форма округла, розмір - 20-25 мкм, велике фіолетове ядро з рихлою сіткою хроматину розташоване ексцентрично, базофільна цитоплазма з перинуклеарною зоною просвітлення, утворена синтезуючим гемоглобіном.

Мегалобласт поліхроматофільний. Овальної форми, діаметр 15-25 мкм, з більш компактним ядром і сіро-бузкової цитоплазмою.

Мегалобласт оксифільний. Діаметр 13-23 мкм, овальної форми, компактне темно-фіолетове ядро часто ексцентричне, цитоплазма інтенсивно рожева.

Мегалоцит. Велика без'ядерна клітина розміром 12-20 мкм, часто овальної форми, без просвітлення в центрі, забарвлена в інтенсивно рожевий колір.

Еритроцити

Розмір: товщина 2,1-2,4 мкм, діаметр 7,5-8 мкм з просвітленням в центрі.

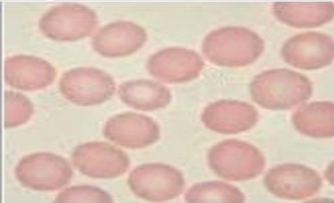
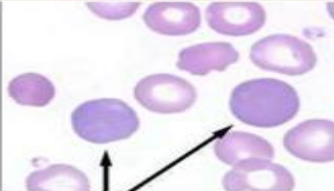
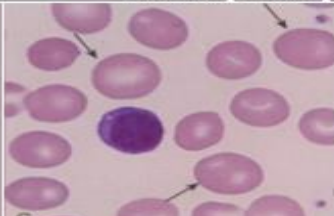
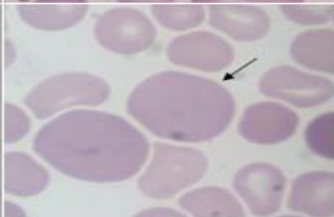
Функції:

- ✓ транспорт кисню і вуглекислого газу,
- ✓ участь в регуляції рН крові,
- ✓ антиоксидантний захист,
- ✓ метаболізм заліза, вітаміну В₁₂ і фолієвої кислоти,
- ✓ адсорбція токсинів, антитіл та інших біологічно активних речовин.

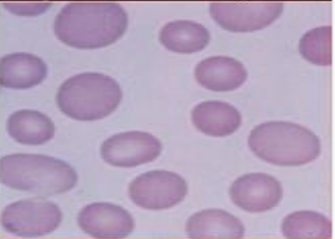
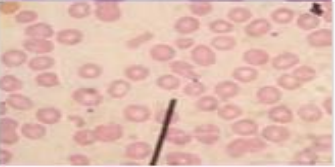
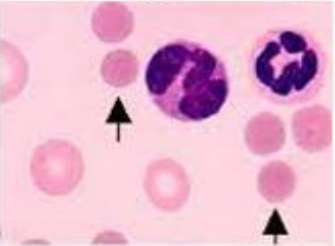

Особливості будови: форма двоввігнутого диска добре забезпечує газообмін і високу пластичність еритроцитів; особливості будови мембрани і цитоскелету дозволяють еритроциту легко деформуватися (подовжуватися, згинатися, закручуватися) і проходити через капіляри з просвітом 3-5 мкм



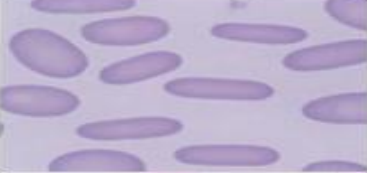
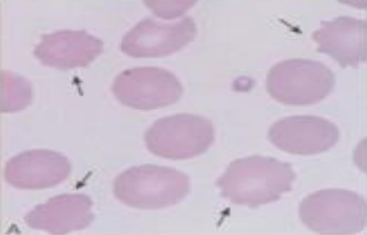
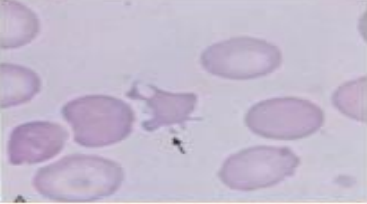

ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Еритроцит		Круглі форми, діаметр 7–7,5 мкм, бідніші в центрі	Виявляються у здорових людей та при нормохромній анемії
Поліхроматофіл (незрілий еритроцит)		Цитоплазма сіро-бузкового кольору, СерОЕ збільшено	Посилена регенерація червоного паростка кісткового мозку
Зміна розмірів, форми та забарвлення еритроцитів			
Макроцит		Діаметр > 8 мкм, бліда ділянка у центрі відсутня, СерОЕ збільшено	Дефіцит вітаміну В12, фолієвий кислоти, цироз печінки, алкоголізм, рак шлунку, терапія цитостатиками та імунодепресантами
Макроцит (мегацит)		Діаметр > 8 мкм, бліда ділянка у центрі відсутня, СерОЕ збільшено	Мегалобластні анемії, зумовлені дефіцитом вітаміну В12 та фолієвої кислоти

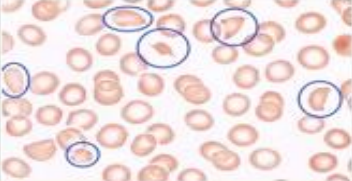
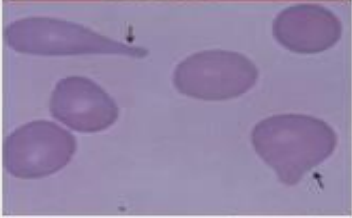

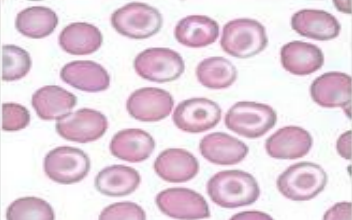
ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Зміна розмірів, форми та забарвлення еритроцитів			
Мікроцит гіпохромний		Діаметр < 6,5 мкм, при дефіцит заліза гіпохромний, має просвітлення в центрі, СерОЕ зменшений	Залізодефіцитна анемія, таласемія
Анулоцит		Мікроцит у вигляді порожнього кільця	Тяжкий дефіцит заліза
Мікросфероцит		Діаметр 4-6 мкм, має форму кулі, немає просвітлення в центрі, СерОЕ зменшено, СКГЕ підвищено	Спадковий мікросфероцитоз, набуті гемолітичні анемії
Стоматоцит (ротоподібна клітина)		Має центральне просвітлення у формі вузької смужки, за формою нагадує рот	Спадковий стоматоцитоз, набуті гемолітичні анемії, тяжкі захворювання печінки.

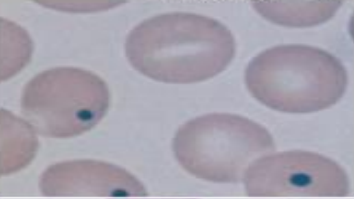
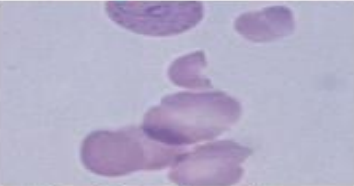
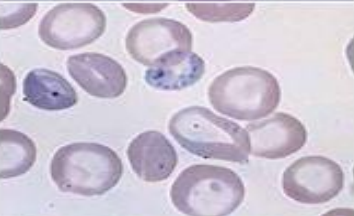
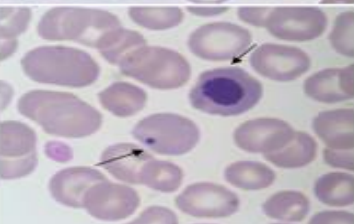
ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Зміна розмірів, форми та забарвлення еритроцитів			
Овалоцит (еліптоцит)		Має форму овалу, без просвітлення у центрі	Спадковий овалоцитоз, таласемія, важкі залізодефіцитні та мегалобластні анемії.
Ехіноцит (шишкоподібна, зубчаста клітини)		Шипи однакових розмірів на поверхні клітин	Недостатність піруваткінази у «старих» еритроцитах, уремія, рак шлунку
Акантоцит (шпороподібна клітина)		Випинання на поверхні еритроциту різної величини	Спадковий акантоцитоз, тяжкі захворювання печінки, алкоголізм
Пойкілоцити		Різноманітна форма еритроцитів	У порівнянні з анізоцитозом є пізнішою ознакою багатьох анемій середньої тяжкості та тяжких

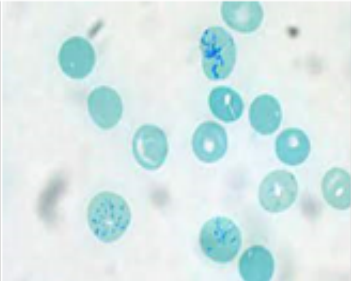
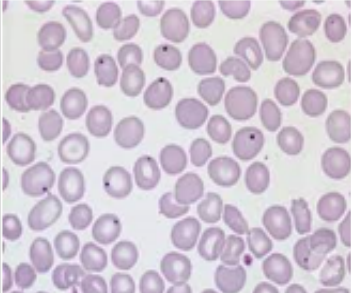
ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Зміна розмірів, форми та забарвлення еритроцитів			
Шистоцити (фрагменти еритроцитів)		Уламки еритроцитів різної величини та форми	Тяжкі гемолітичні анемії, ДВС-синдром, уремія
Дакріоцит (сльозоподібна клітина)		Еритроцити у вигляді крапель	Мієлофіброз, таласемія, токсичні гепатити
Серповидний еритроцит (дрепаноцит)		Еритроцити у вигляді серпів, напівмісяців	Серповидноклітинна анемія
Мішенеподібний еритроцит (кодоцит, або дзвоноподібна клітина)		Еритроцит із центральним скупченням гемоглобіну. у центрі у вигляді мішені	Таласемія, важка залізодефіцитна та серповидноклітинна анемії, захворювання печінки, спленектомія

ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Внутрішньоклітинні включення в еритроцитах			
Тільце Жоллі		Залишок ядра у вигляді 1-3 базофільних включень	Мегалобластні анемії, отруєння гемолітичною отрутою, спленектомія
Кільце Кабо (Кебота)		Залишок ядерної оболонки червоно-фіолетового кольору у вигляді вісімки, кільця	Мегалобластні, метапластичні анемії, отруєння солями важких металів
Базофільна зернистість (пунктація)		Зернистість темно-синього кольору різної величини	Інтоксикація свинцем та іншими важкими металами, алкоголем, лікарськими препаратами
Оксифільний нормоцит		Остання стадія диференціювання еритроциту перед видаленням ядра	Гемолітичний криз, гостра постгеморагічна анемія, мета- та апластичні анемії

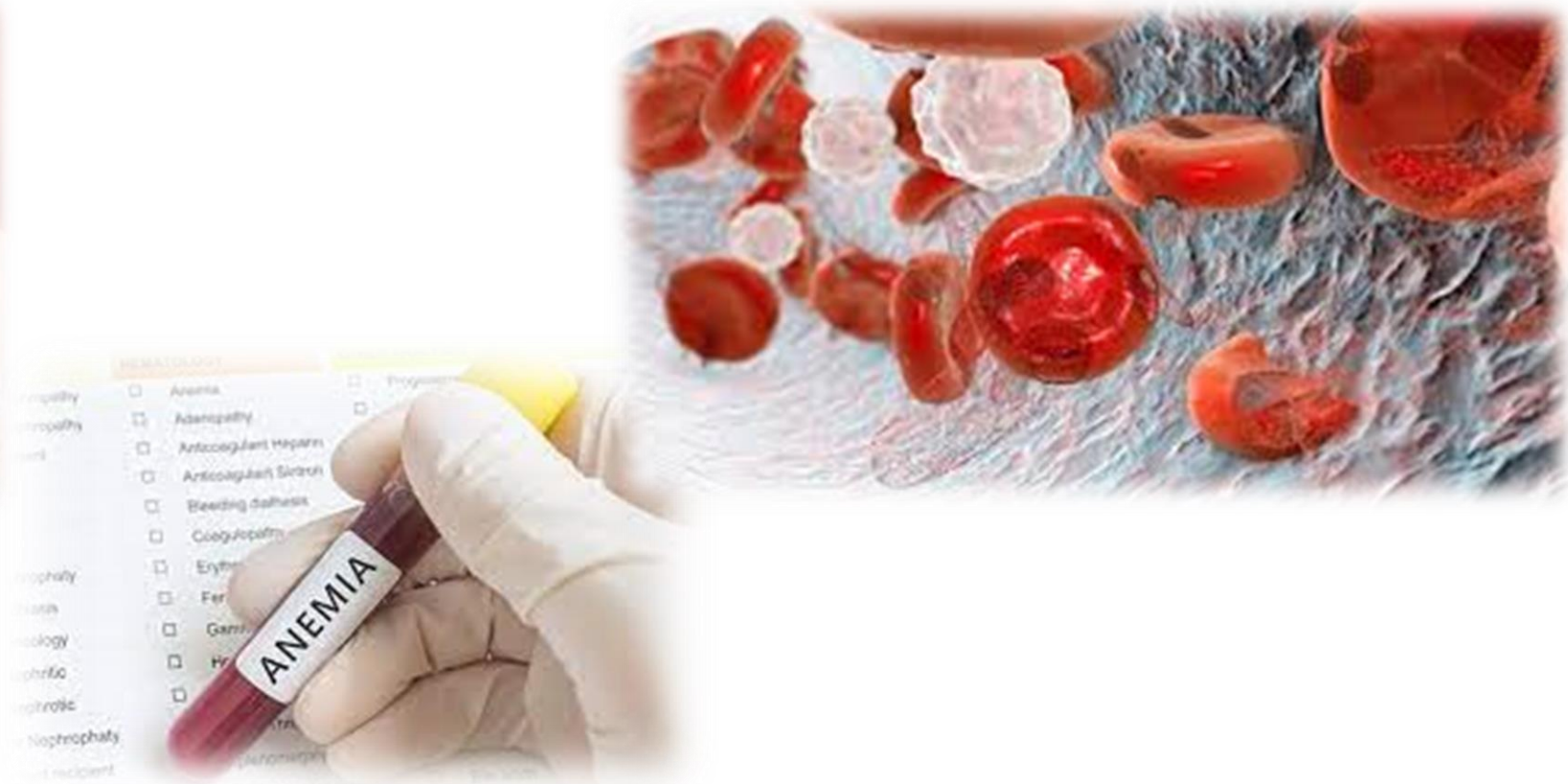
ЗМІНИ МОРФОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕРИТРОЦИТІВ

Назва клітини	Вид при мікроскопічному дослідженні	Опис	Причини змін
Внутрішньоклітинні включення в еритроцитах			
Ретикулоцит		У цитоплазмі видно базofilні зернисті часті структури	Посилена регенерація кісткового мозку при гострій постгеморагічній анемії, гемолітичному кризі
Тіляця Гейнца		Включення, розташовані на периферії еритроцитів	Недостатність Г-6-ФДГ еритроцитів, нестабільність гемоглобіну та інші гемолітичні анемії, дія окиснювачів гемоглобіну

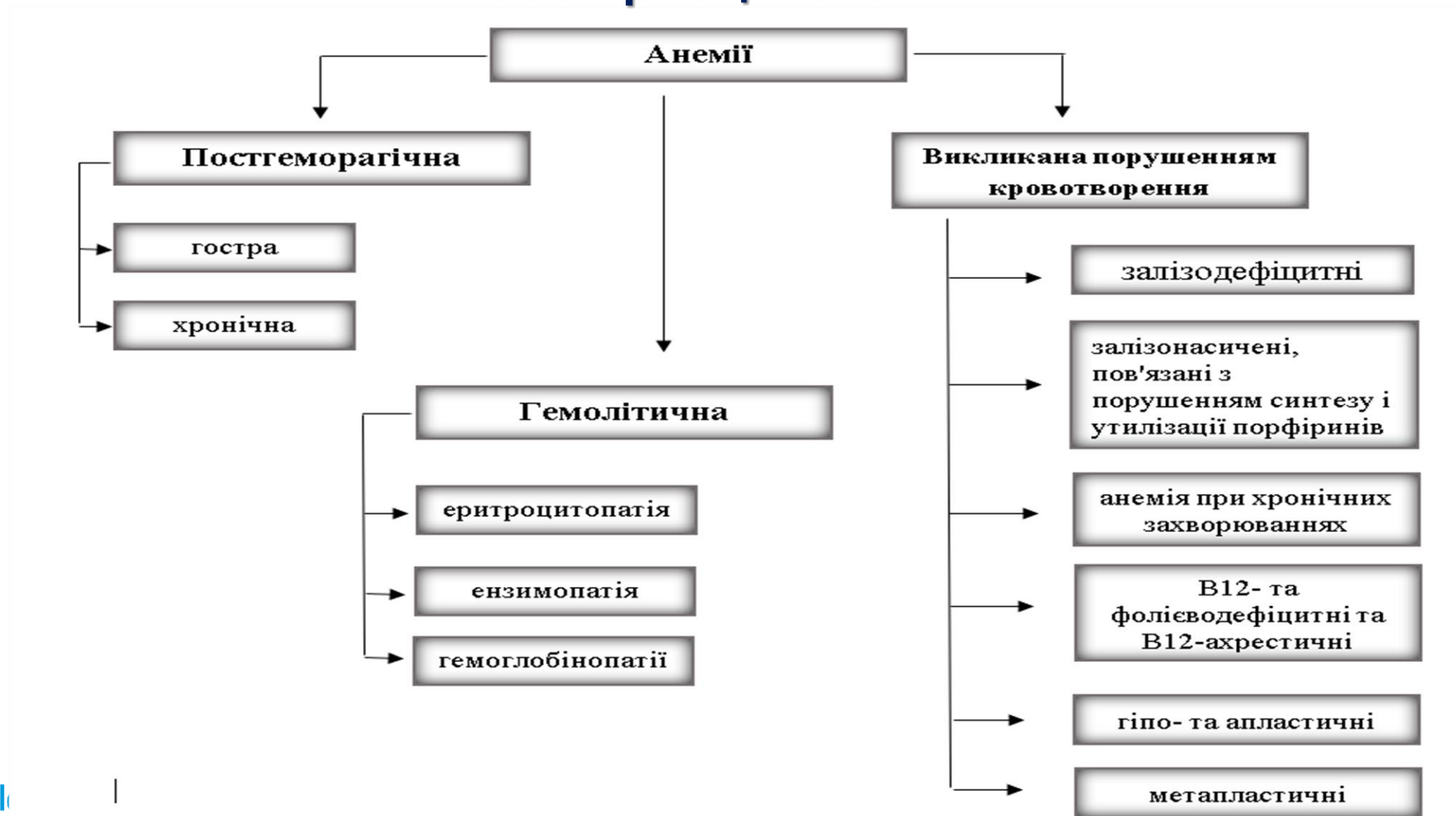
Еритроцитоз - це збільшення кількості еритроцитів і гемоглобіну на одиницю об'єму крові.

Відносний еритроцитоз	Абсолютний еритроцитоз	
<p>Виникає при: зниження об'єму плазми і згортанні крові без збільшення еритроцитарної маси.</p> <p>Причини:</p> <ul style="list-style-type: none">• зневоднення організму (рясний понос, блювота, підвищене потовиділення);• затримка рідини в міжклітинному просторі (набряк легенів, опіковий шок, серцево-судинна недостатність, артеріальна гіпертензія).	Первинний	Вторинний
	<p>Виникає при: підвищений еритропоез під впливом гіпоксії, надмірному виробленні еритропоетину або активації еритропоезу, незалежного від еритропоетину.</p> <p>Причини:</p> <ul style="list-style-type: none">• клональні порушення попередників еритроцитів (не обумовлені підвищеним виробленням еритропоетину). Такий еритроцитоз характерний для спадкової еритремії, яка проявляється тільки еритроцитозом, і хвороби Вакеса (справжня поліцитемія) - мієлопроліферативного захворювання з підвищеною продукцією не тільки еритроцитів, а й інших клітин крові.	<p>Виникає при: тканинній гіпоксії, яка стимулює секрецію еритропоетину</p> <p>Розвивається як компенсаторна реакція:</p> <ul style="list-style-type: none">• при хронічній дихальній недостатності;• при тривалому отруєнні;• при захворюваннях нирок;• При еритропоетин-видувних пухлинах різної локалізації.

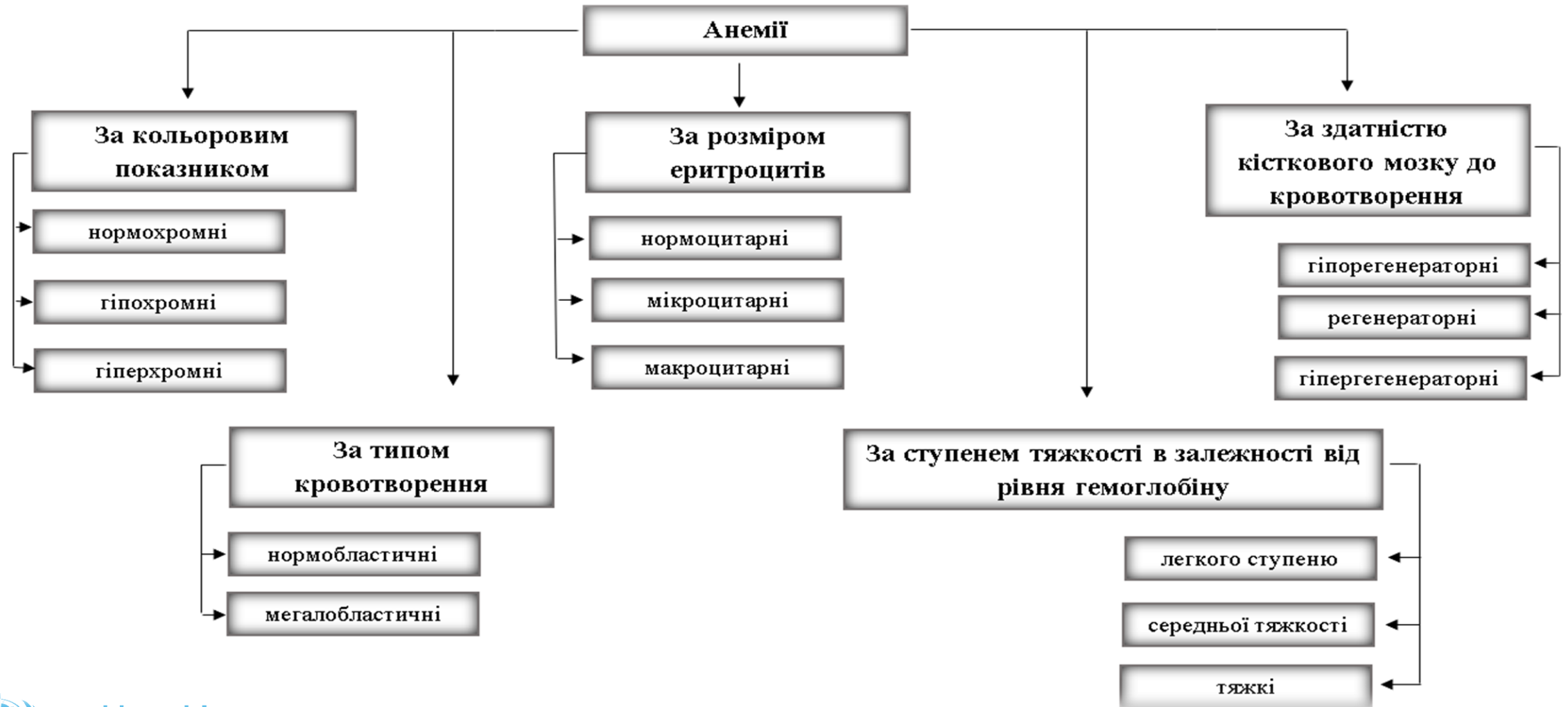
Анемія - патологічний стан, що характеризується зниженням вмісту гемоглобіну і / або еритроцитів на одиницю об'єму крові, часто супроводжується їх якісними змінами. Анемією вважається зниження вмісту Hb в крові <140 г / л або гематокриту $<42\%$ у дорослих чоловіків, Hb <120 г / л або гематокриту $<37\%$ у дорослих жінок.



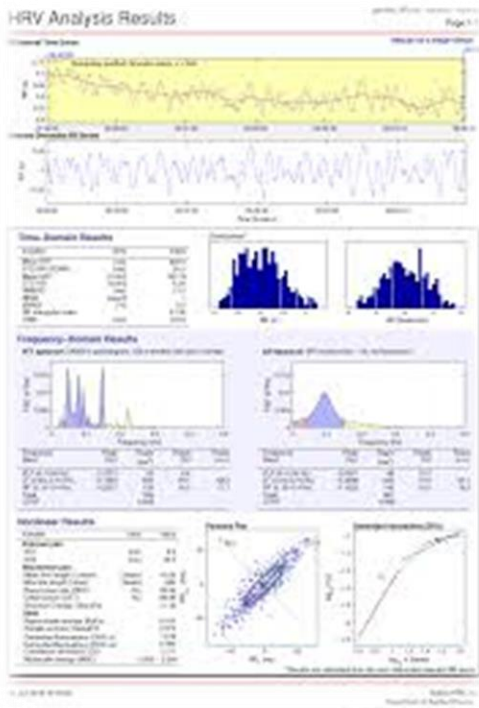
Класифікація анемії



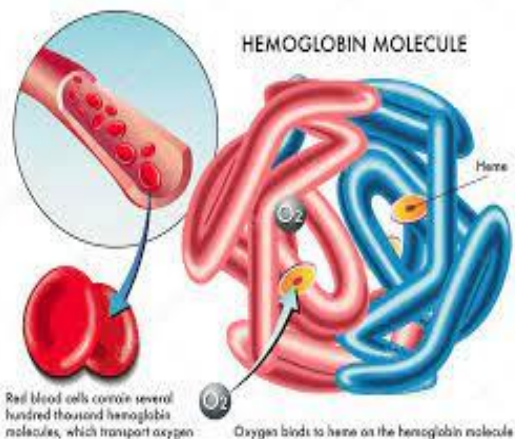
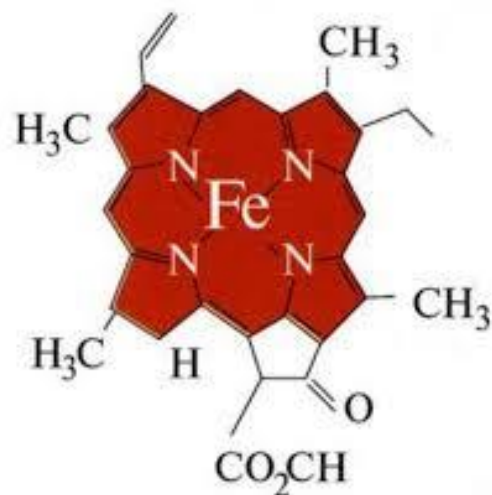
Класифікація анемії



Клінічна оцінка результатів загального аналізу крові на гематологічному аналізаторі (еритроцитарний ряд)



Гемоглобін (HGB)



Підвищена концентрація HGB

- Первинні та вторинні еритроцитози
- Еритремія
- Зневоднення
- Надмірне фізичне навантаження або збудження
- Тривале перебування на великих висотах
- Куріння (утворення функціонально неактивного НЬСО)

Знижена концентрація HGB

- Всі види анемії, пов'язаних:
 - з крововтратою
 - з порушенням кровотворення
 - з підвищеним кроворуйнуванням
- Гіпергідратація

Гематокрит (HCT)

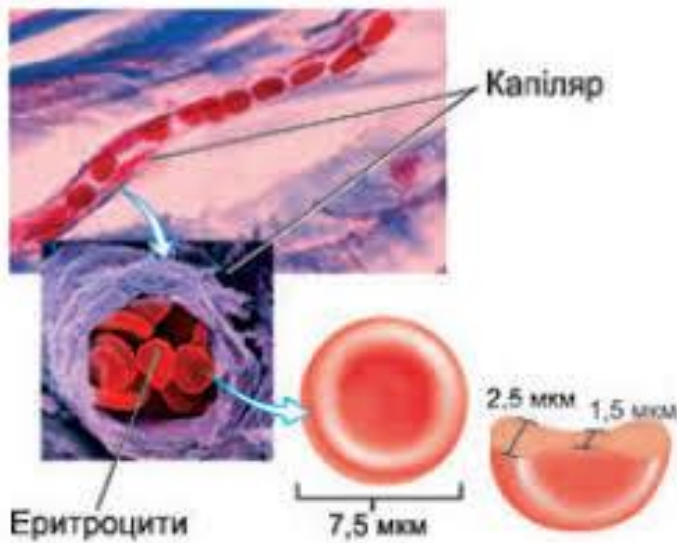


Гематокрит підвищений

- Еритроцитози:
 - первинні (еритремія);
 - викликані гіпоксією різного походження;
 - новоутворення нирок, що супроводжуються посиленням утворенням еритропоетину;
 - полікістоз та гідронефроз нирок
- Зменшення обсягу циркулюючої плазми (Опікова хвороба, перитоніт та ін.)
- Дегідратація

Гематокрит знижений

- Анемії
- Збільшення обсягу циркулюючої крові:
 - вагітність (особливо друга половина);
 - гіперпротеїнемії
- Гіпергідратація



Кількість еритроцитів (RBC)

Захворювання та стани, що супроводжуються збільшенням кількості еритроцитів

Зниження кількості еритроцитів у крові є одним із критеріїв анемії.

При залізодефіцитній анемії на фоні хронічних крововтрат кількість еритроцитів може бути в нормі або нерізко знижено - 3,0-3,6 Т/л.

При гострій крововтраті, В12-дефіцитній, гіпопластичній та гемолітичних неміях після гемолітичного кризу вміст еритроцитів у крові може знижуватися до 1,6-1,0 Т/л, що служить показанням до виконання невідкладних лікувальних заходів.

Кількість еритроцитів, крім анемій, знижується зі збільшенням обсягу циркулюючої крові (ОЦК) - вагітність, гіперпротеїнемія, гіпергідратація.

Підвищення кількості еритроцитів у крові – еритроцитоз (понад 6,0 Т/л у чоловіків і більше 5,0 Т/л у жінок) – одна з характерних лабораторних ознак еритремії.

Еритроцитоз може бути абсолютним (збільшення маси циркулюючих еритроцитів внаслідок посилення еритропоезу) та відносним (внаслідок зменшення ОЦК).

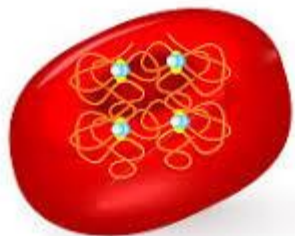
MCV

Mean Corpuscular Volume

Середній об'єм еритроциту (MCV)

MCV (mean corpuscular volume) – середній корпускулярний об'єм – середня величина об'єму еритроцитів, що вимірюється у фемтолітрах (fl) або кубічних мікрометрах.

$$MCV = \frac{HCT}{RBC}$$



Значення MCV < 80 fl	Значення MCV > 80 fl та < 100 fl	Значення MCV > 100 fl
Мікроцитарні анемії: - Залізодефіцитні анемії; - таласемії; - сидеробластні анемії Анемії, які можуть супроводжуватись мікроцитозом: - Гемоглобінопатія; - Порушення синтезу порфіринів Отруєння свинцем	Нормоцитарні анемії: - Апластичні; - Гемолітичні; - Гемоглобінопатія; - анемії після кровотеч Анемії, які можуть супроводжуватись нормоцитозом: - Регенераторна фаза залізодефіцитної анемії	Макроцитарні та мегалобластні анемії: - Дефіцит вітаміну В ₁₂ , фолієвої кислоти Анемії, які можуть супроводжуватись макроцитозом: - Мієлодиспластичні синдроми; - Гемолітичні анемії; - хвороби печінки

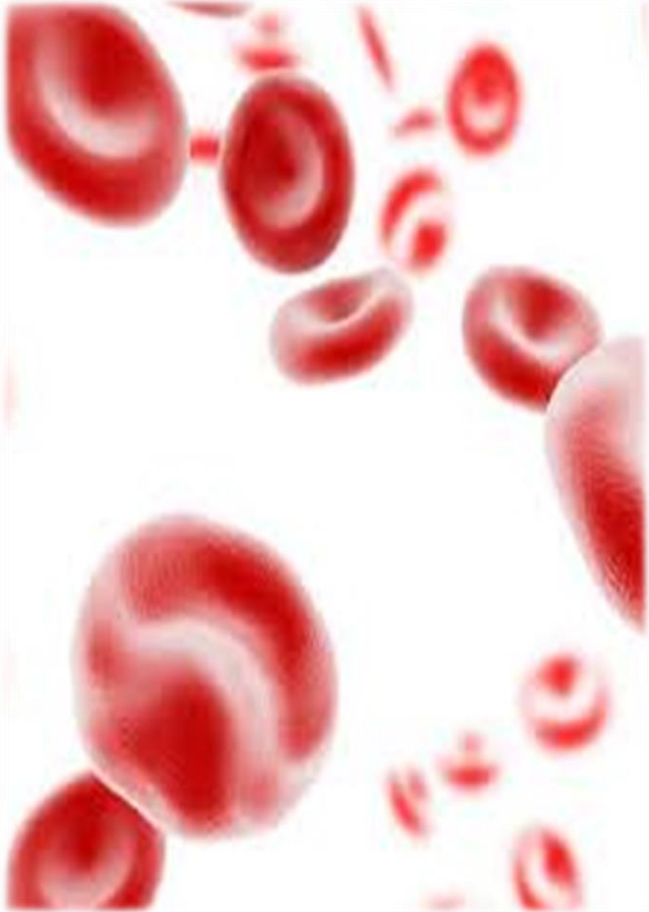
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті (МСН)

Середній вміст гемоглобіну в еритроциті (МСН) – це показник ступеня насичення еритроциту гемоглобіном, що розраховується за формулою:

$$МСН = \frac{HGB}{RBC}$$

Зниження МСН (тобто гіпохромія) характерне для гіпохромних та мікроцитарних анемій, включаючи залізодефіцитну, анемію при хронічних хворобах, таласемію; при деяких гемоглобінопатіях, свинцевому отруєнні, порушенні синтезу порфіринів.

Підвищення МСН (тобто гіперхромія) спостерігається при мегалобластних, багатьох хронічних гемолітичних анеміях, гіпопластичній анемії після гострої крововтрати, гіпотиреозі, захворюваннях печінки, метастазах злоякісних новоутворень; при прийомі цитостатиків, контрацептивів, протисудомних препаратів.



Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті (МСНС)

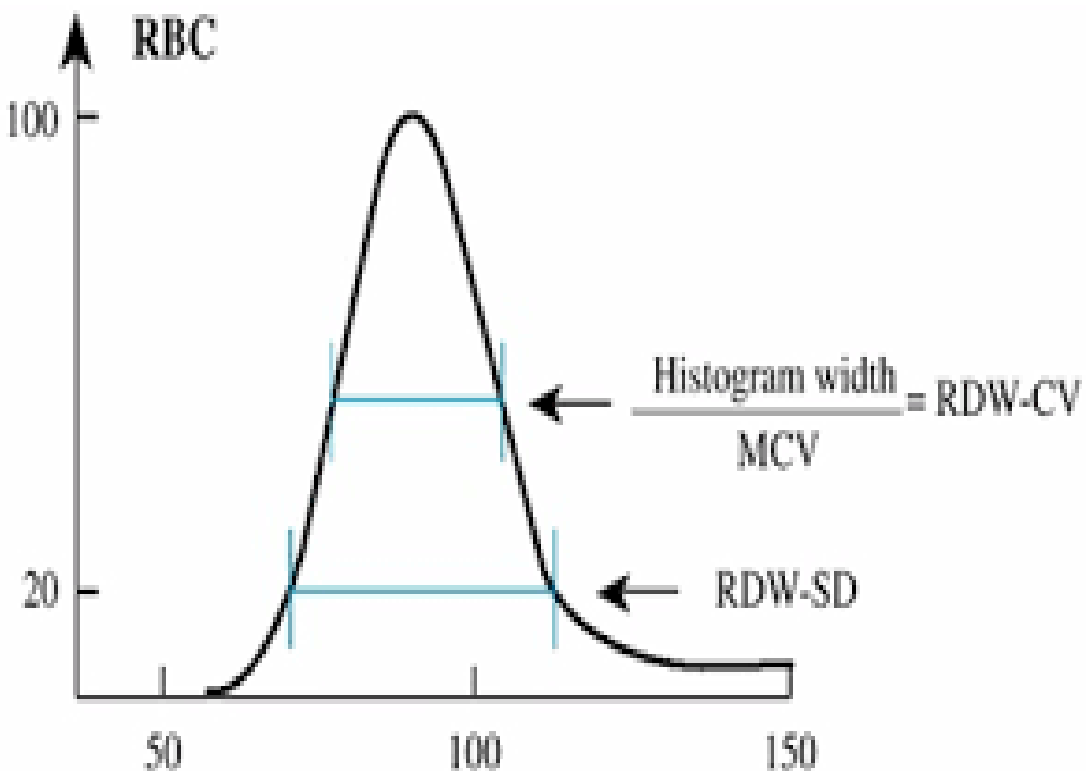
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті (МСНС) – показник насиченості їх гемоглобіном. Цей параметр можна розрахувати за такою формулою:

$$\text{МСНС} = \frac{\text{HGB} * 100\%}{\text{HCT} (\%)}$$

МСНС використовують для диференціальної діагностики анемії. Зниження МСНС притаманно гіпохромних залізодефіцитних анемії, а підвищення — для гіперхромних. Зниження МСНС спостерігається при захворюваннях, що супроводжуються порушенням синтезу гемоглобіну.

Розмір МСНС дозволяє діагностувати характер порушень водно-електролітного балансу. При цьому слід аналізувати спрямованість зміни значень МСНС, а не їх абсолютні величини, оскільки аналізатори вимірюють еритроцити штучного ізоосмотичного середовища.

Показник розподілу еритроцитів за об'ємом (RDW)



Показник розподілу еритроцитів за об'ємом (RDW) характеризує варіабельність еритроцитів. Аналогічну функцію виконує крива Прайс-Джонса. Разом з тим, реєстровані за допомогою гематологічних аналізаторів еритроцитометричні криві (гістограми) не відповідають кривим Прайс-Джонса. Гістограми, отримані за допомогою гематологічних аналізаторів, відображають обсяг еритроцитів, а криві Прайс-Джонса одержують при численних та довгих вимірах діаметра еритроцитів під мікроскопом. Тому не можна визнати правомірним зіставлення кривих розподілу еритроцитів у крові за обсягом та діаметром.

Величини RDW у нормі - 11,5-14,5%.

Високе значення RDW означає гетерогенність популяції еритроцитів або наявність у пробі крові кількох популяцій еритроцитів (наприклад, після переливання крові). RDW слід аналізувати разом із гістограмою еритроцитів, яку представляють гематологічні аналізатори.

Дякую за увагу!

За додатковою інформацією звертайтеся:

Анна Сікуліна
Національний консультант
sikulinaa@who.int



European Region