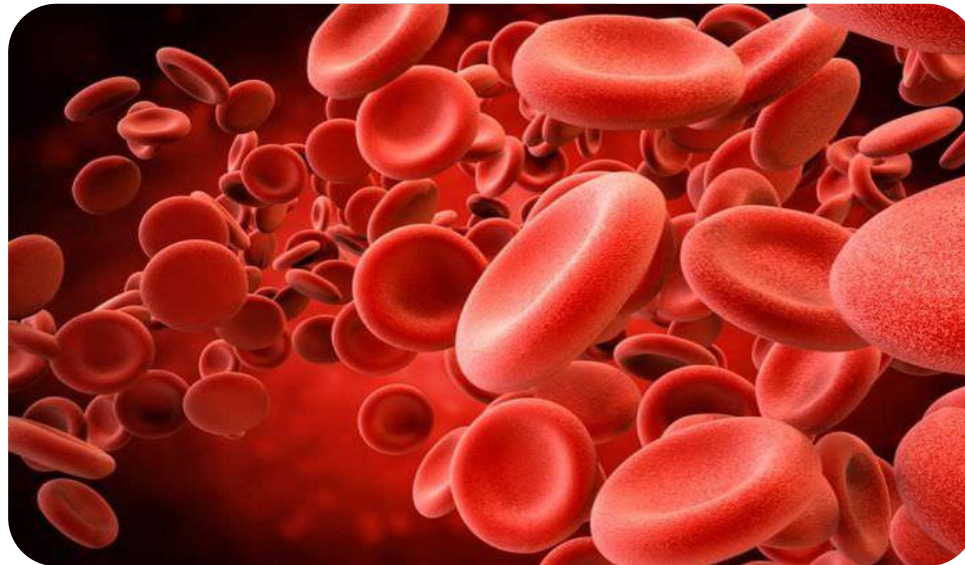


ФІЗІОЛОГІЯ ЕРИТРОЦИТІВ

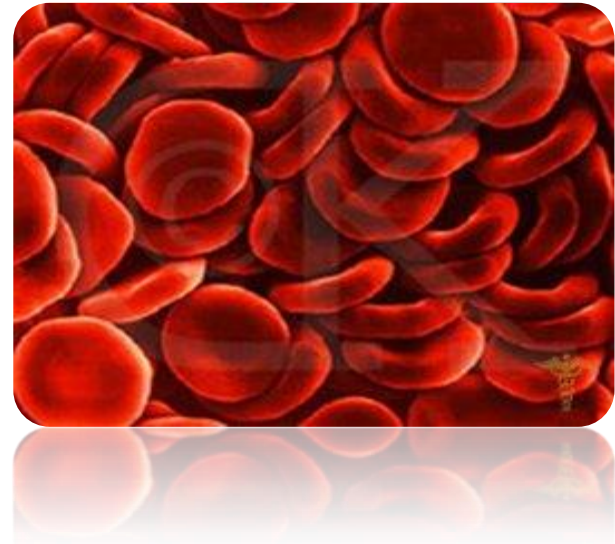
ГРУПИ КРОВІ

Проф. Весніна Л.Е.



Усі формені елементи крові - еритроцити, лейкоцити і тромбоцити - утворюються в кістковому мозку з єдиної *поліпотентної стовбурової клітини (ПСК)*

- Еритроцити - вперше виявлені в крові жаби - Мальпігі (1661), в крові людини і ссавців - Левенгуком (1673)
- Еритроцити – без'ядерні клітини,
- втрачають ядро на стадії пронормоцита,
- на стадії ретикулоцитів виходять в кровоносне русло,
- циркулюють в крові:
 - у чоловіків *120 днів*,
 - у жінок *110 днів*



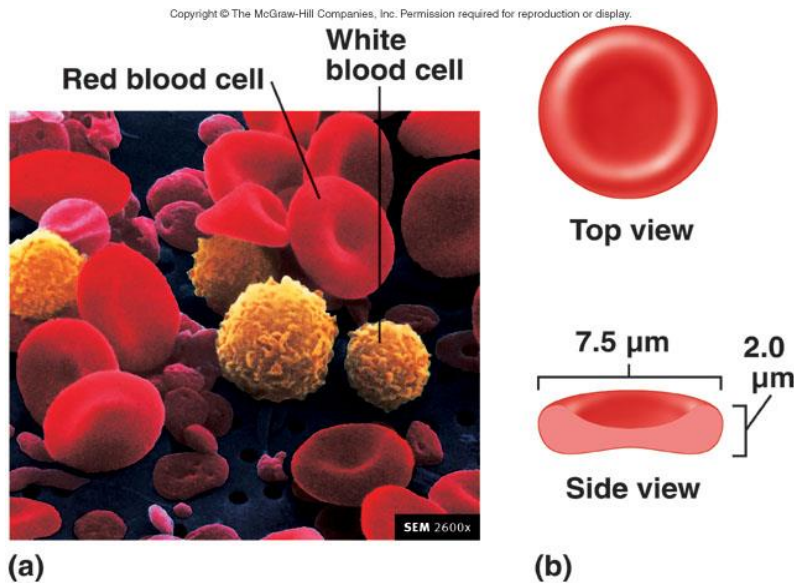
Властивості еритроцитів

форма - двоввігнутий диск діаметром 7,5-8,3 мкм (6-9 мкм)

товщина - 1 мкм з збільшенням у країв до 2,2 мкм

площа поверхні - 145 мкм²

обсяг - 86 мкм³



- Еритроцити такої форми називаються **нормоцити**:
- поверхня диска в 1,7 рази більше, ніж поверхня сферичної форми
- диск помірно змінюється без розтягування мембрани клітини





























Зміни форми еритроцитів в нормі:

- двоввігнута діскоцит (нормоцит)
- сферична (сфероцит, ехіноцит)

- Поява еритроцитів різного діаметра - **анізоцитоз**,
- зменшення діаметра еритроцитів - **мікроцитоз**,
- збільшення - **макроцитоз**

- **мікроцитоз** -
залізодефіцитні і гемолітичні анемії
- **макроцитоз** -
- В₁₂-дефіцитні
- фолієводефіцитні
- гіпопластичні анемії



RED BLOOD CELL MORPHOLOGY					
Size variation	Hemoglobin distribution	Shape variation		Inclusions	Red cell distribution
Normal 	Hypochromia 1+ 	Target cell 	Acanthocyte 	Pappenheimer bodies (siderotic granules) 	Agglutination 
Microcyte 	2+ 	Spherocyte 	Helmet cell (fragmented cell) 	Cabot's ring 	
Macrocyte 	3+ 	Ovalocyte 	Schistocyte (fragmented cell) 	Basophilic stippling (coarse) 	Rouleaux 
Oval macrocyte 	4+ 	Stomatocyte 	Tear drop 	Howell-Jolly 	
Hypochromic macrocyte 	Polychromasia  (Reticulocyte)	Sickle cell 	Burr cell 	Crystal formation	
				HbSC 	HbC 

Поява еритроцитів різної форми - **пойкілоцитоз**:

- залозодефіцитна анемія,
- гемоглобінопатії
- серповидно-клітинна анемія,
- таласемія

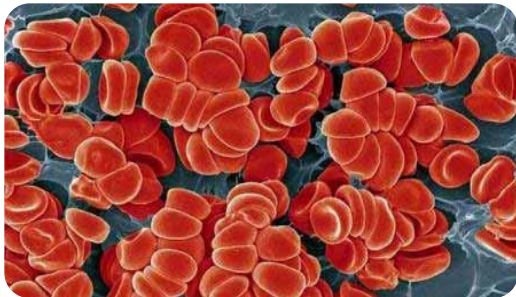
Кількість еритроцитів:

Чоловіки	-	$4,5-5,1 \times 10^{12}/\text{л}$
Жінки	-	$3,7-4,5 \times 10^{12}/\text{л}$
Новонароджені	-	$5,9-7,0 \times 10^{12}/\text{л}$

Збільшення кількості еритроцитів - еритроцитоз

Еритроцитоз відносний

зменшення обсягу плазми
внаслідок зневоднення
організму



Еритроцитоз абсолютний

- - новонароджені
- - фізичне навантаження
- - умови високогір'я
- - хронічні захворювання легенів, серця, ішемія нирок
- - патології кровотворення (пухлинне захворювання системи еритропоезу - хвороба Вакеза)

Зменшення кількості еритроцитів – еритропенія

Еритропенія

відносна

- розведення крові внаслідок введення великої кількості рідини
- патологія нирок (утруднення виведення рідини з організму)



Еритропенія

абсолютна

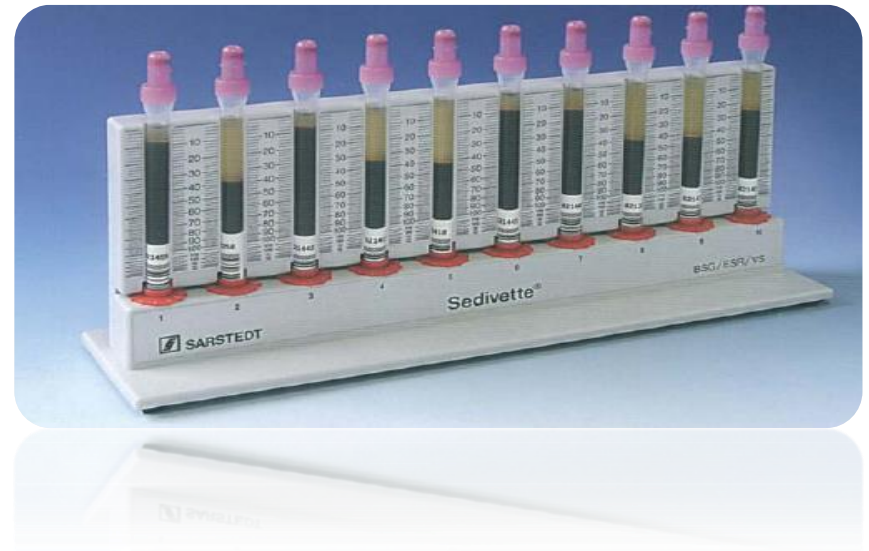
- зменшення кількості еритроцитів внаслідок крововтрати
- порушення утворення гемоглобіну
- Абсолютне зниження числа еритроцитів - це основний критерій *анемії*

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)

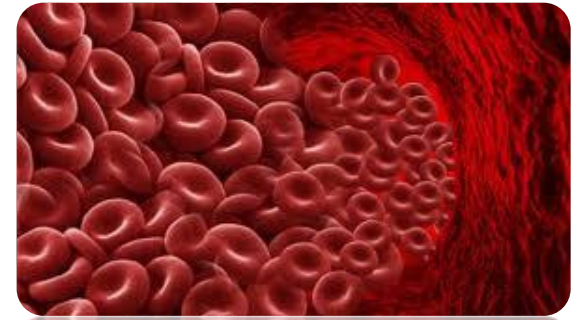
Erythrocyte sedimentation rate (ESR)

Величина СОЭ залежить від віку і статі -

- - у новонароджених
1-2 мм/год
- - у дітей старших 1 року
6-12 мм/год
- - у чоловіків
1-10 мм/год
- - у жінок
2-15 мм/год
- - у людей похилого віку обох статей
15-20 мм/год



Функції еритроцитів:

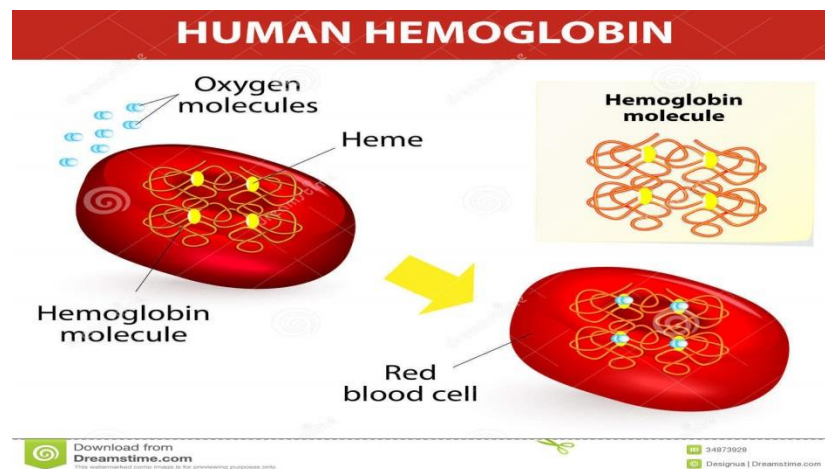


- дихальна - транспорт газів (кисень та вуглекислий газ)
- підтримання рН крові (гемоглобінова буферна система)
- антигенні властивості крові (групова та резус належність)
- обмін білків, жирів і вуглеводів
- обмін води та електролітів
- обмін заліза
- депо ферментів (холінестераза, карбоангідраза, фосфатаза) і вітамінів (В1, В2, В6, С)
- адсорбція та виведення токсинів
- участь у процесах згортання крові та фібринолізу

Транспорт газів здійснюється хромопротеїдом *гемоглобіном*, що складається з білка глобіну та простетичної групи – гема
На 1 молекулу глобіну приходитья 4 молекули гема
Молекулярна маса гемоглобіну людини 68 800

Функції гемоглобіну:

- - транспорт O₂ та CO₂
- - формування буферної системи
- - зв'язок токсичних речовин
- - 1 г гемоглобіну зв'язує
1,34 мл кисню
- - гемоглобін, приєднуючи кисень, перетворюється в оксигемоглобін, не змінюючи валентності заліза (Fe²⁺)



Норми гемоглобіну:	чоловіки	130-160 г/л
	жінки	120-140 г/л
	новонароджені	200-210 г/л

Види гемоглобіну

- 95-98% фракція А
(adultus — дорослий)
- 2-3% фракція А2
- 1-2% фракція F
(fetus — плод),
виявляється не завжди
- Гемоглобін F міститься переважно у плода
- до моменту народження дитини - гемоглобін F **70-90%**
- у гемоглобіна F більша спорідненість до O₂, що дозволяє не відчувати гіпоксію при відносно низькій напрузі O₂ в крові
- гемоглобін F важче вступає в зв'язок з 2,3-дифосфогліцериновою кислотою, що зменшує утворення оксигемоглобіну та легку віддачу O₂ тканинам

Особливості дитячого віку

У новонароджених –

- еритроцити поліхроматофільні
- переважають макроцити
- виражений *ретiculoцитоз* **20-40%**
- старше 1 міс **6-8%**
- зустрічаються *ядерні* форми еритроцитів

З кінця 1 дня життя і до 5-7 дня кількість еритроцитів знижується

- до $4,5-5 \times 10^{12} / \text{л}$
- в 5-6 міс $4,1 \times 10^{12} / \text{л}$
- від 1 до 12 років $4,2-4,6 \times 10^{12} / \text{л}$
- в 12-14 років значні індивідуальні коливання
- в 16-18 років - *норми дорослих*

- Процес інтенсивного руйнування і утворення еритроцитів у новонароджених необхідний для *заміни фетального гемоглобіну на дорослий*
- новонароджені 170-240 г / л
- на 5-й день 116-130 г / л
- Середня тривалість життя еритроцитів у новонароджених менше



Гемоглобін володіє здатністю утворювати сполуки з O_2 , CO_2 та CO

- - з'єднання гемоглобіну з O_2 - **оксигемоглобін** (HbO_2)
- - гемоглобін, віддавши O_2 - **відновлений**, або **редукований** (Hb)
- - в артеріальній крові переважає оксигемоглобін, забезпечуючи червоне забарвлення
- - у венозній крові до 35% всього гемоглобіну – Hb
- - частина гемоглобіну через амінну групу зв'язується з CO_2 , утворюючи **карбгемоглобін** ($HbCO_2$), транспортуючи 10-20% CO_2
- - гемоглобін утворює міцний зв'язок з CO (угарний газ) - **карбоксихемоглобін** ($HbCO$)
- - спорідненість гемоглобіну до CO значно вище, ніж до O_2 , тому гемоглобін, приєднавши CO , не зв'язує O_2
- - швидкість розпаду карбоксихемоглобіну різко зростає при вдиханні чистого O_2 (лікування отруень CO)
- - сильні окислювачі (ферроціанід, бертолетова соль, перекис водню) змінюють заряд Fe^{2+} до Fe^{3+} - окислений гемоглобін **метгемоглобін**, не транспортує O_2

Групи крові

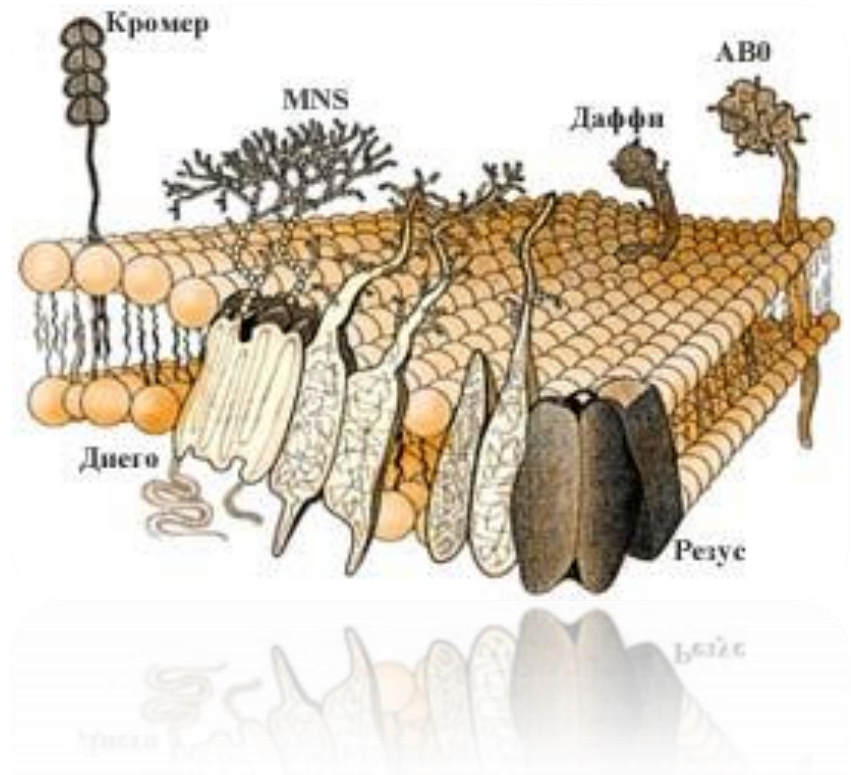
Антигенні властивості крові лежать в основі групової приналежності на мембрані еритроцитів присутні понад **400 антигенів**

- Термін «*група крові*» характеризує системи еритроцитарних антигенів, контрольованих певними локусами, що містять різну кількість алельних генів
- Термін «*тип крові*» відображає її *антигенний фенотип* (повний антигенний профіль) - сукупність всіх групових антигенних характеристик крові, серологічне вираження комплексу успадкованих генів групи крові

Антигенні детермінанти поєднані у системи:

- ABO
- система резус-фактора (Rh)
- MNS, Лютеран, Келл, Л'юїс, Даффі, Кідд

- У клінічній практиці враховується дві системи - **ABO** і **резус-фактора**,
- які мають максимально виражену **антигенну специфічність**, і які необхідно враховувати при переливанні крові



Система АВ0

- Основні алельні гени системи АВ0: A^1 , A^2 , B і 0
- Генний локус цих алелей знаходиться на довгому плечі **хромосоми 9**
- Основні продукти генів A^1 , A^2 і B - специфічні **глікозилтрансферази**, які переносять ***N*-ацетил-*D*-галактозамин і *D*-галактозу**
- Субстрати глікозилування - вуглеводні частини гліколіпідів і глікопротеїдів мембран
- Специфічне глікозилування глікозилтрансферази A або B антигенів еритроцитів ***N*-ацетил-*D*-галактозаміном або *D*-галактозою утворює специфічний агглютиноген**
- Концентрація агглютиногенів на поверхні мембрани еритроцитів:
- один еритроцит групи крові A^1 містить в середньому **900 000 - 1700 000** антигенних детермінант до однойменних агглютинінів
- зі збільшенням порядкового номера агглютиногену число детермінант зменшується
- еритроцит групи A^2 має всього **250 000-260 000** антигенних детермінант (менша активність цього агглютиногену)

ГРУПИ КРОВІ СИСТЕМИ АВО


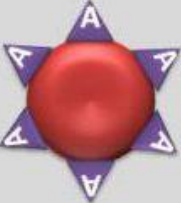


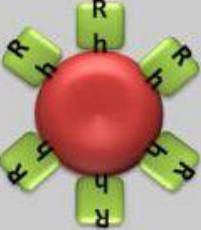
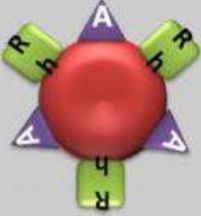

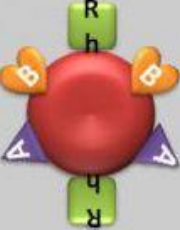
- В системі АВО 4 групи, які діляться за наявністю або відсутністю на мембрані еритроцитів повних *антигенів А і В* і неповного *антигену Н*
- ці антигени називаються аглютиногенами
- у плазмі циркулюють антитіла до антигенів А і В - *аглютиніни α і β*
- у нормі в крові людини *не можуть* бути присутніми однойменні антигени і антитіла

Група крові	Аглютиноген еритроцитів	Аглютинін сироватки крові	Поширеність серед українців
I	Немає	α та β	37 %
II	A	β	40 %
III	B	α	17 %
IV	A, B	немає	6 %



Система резус-фактора

- Система резус-фактора - на еритроцитах три антигени *D (d), C (c), E (e)* максимально значимий антиген *D* або *резус фактор*
- виявлений у 1919 році в крові макак-резус, в кінці 30-х років Ландштейнер і Вінер виявили подібний антиген у людини назвали резус-фактором (*Rh*)
- наявність на мембрані еритроцитів антигену D – *резус-позитивний (Rh +)* - 85% європейців (99% індіанців і азіатів),
- відсутність антигену D - *резус-негативний (Rh-)* - 15% населення
- резус-фактор, на відміну від антигенів групи крові, розташований *всередині* еритроцита і не залежить від наявності або відсутності інших факторів крові

<p>O-</p> 	<p>A-</p> 	<p>B-</p> 	<p>AB-</p> 
<p>O+</p> 	<p>A+</p> 	<p>B+</p> 	<p>AB+</p> 

- ***Система Келл (Kell)***

Групова система Келл (Kell) -2 антигени, 3 групи крові (K-K, K-k, k-k)

За активністю стоять на **другому місці** після системи резус можуть викликати алергічну реакцію при вагітності, переливанні крові причина гемолітичної хвороби новонароджених і гемотрансфузійних ускладнень

Система Кідд (Kidd)

- Групова система Кідд (Kidd) - 2 антигени, 3 групи крові:

$I_k (a + b-)$, $I_k (A + b +)$ і $I_k (a-b +)$

- мають ізоімунні властивості і можуть привести до гемолітичної хвороби новонароджених і гемотрансфузійних ускладнень

- ***Система Даффі (Duffy)***

- Групова система Даффі (Duffy) - 2 антигени, 3 групи крові

$F_y (a + b-)$, $F_y (a + b +)$ і $F_y (a-b +)$













- у рідкісних випадках викликають сенсibiliзацію і гемотрансфузійні ускладнення

- ***Система MNSs***

- Групова система MNSs складна система, складається з 9 груп крові

- антигени активні, можуть викликати утворення ізоімунних антитіл, привести до несумісності при переливанні крові та гемолітичної хвороби новонароджених

Визначення групи крові за системою АВ0

Цоліклони			Досліджувана кров належить до групи
Анти - А	Анти - В	Анти - АВ	
			0 (I)
			A (II)
			B (III)
			AB (IV)

Д**Я****К****У****Ю**
З**А**
У**В****А****Г****У**!