

Лекція 5

Тема: Значення системи крові у забезпеченні життєдіяльності організму

План

1. Кров: загальні уявлення.
2. Форменні елементи крові. Еритроцити: функція та будова.
3. Тромбоцити: будова і функції.
4. Лейкоцити: класифікація, будова і функції.

Кров: загальні уявлення.

Кров – рідка сполучна тканина, яка циркулює в судинах, на частку якої припадає 6-8 % маси тіла (4-6 л у дорослої людини). Кров як тканина складається із клітин (формених елементів крові 40-45 %) і міжклітинної рідини – плазми 55-60 %. Кров разом із лімфою і тканинною рідиною утворює внутрішнє середовище організму.

Основні функції крові.

- **дихальна** – полягає в перенесенні кисню від легень до тканин і вуглекислого газу в зворотньому напрямку;
- **трофічна** (поживна функція) – здійснюється шляхом перенесення поживних речовин від органів травлення або від органів, в яких ці речовини депонуються, до тканин, в яких відбувається їхнє подальше перетворення;
- **видільна** (екскреторна) функція – пов'язана із видаленням із тканин продуктів метаболізму і їх виділення із організму (з сечею, через шкіру, легені, травний апарат);
- **регуляторна функція** – транспорт гормонів та біологічно активних речовин до клітин і тканин організму;
- **терморегуляторна функція** – реалізується завдяки високій теплопровідності та теплоємності крові. Циркуючи по судинах, збільшує втрату тепла у випадку перегрівання, або навпаки, зберігає його при охолодженні організму. Це відбувається в результаті зміни просвіту кровоносних судин у шкірі, підшкірній клітковині, м'язах і внутрішніх органах;
- **гомеостатична функція** – підтримання постійності внутрішнього середовища організму, в тому числі лужно-кислотної рівноваги та осмотичного і водного балансу, температури тіла, біохімічного складу тканинної рідини;
- **захисна функція** – знищення чужорідних антигенів, знешкодження мікроорганізмів шляхом фагоцитозу і специфічного імунітету. До захисної функції необхідно також віднести здатність крові до зсідання, в результаті чого припиняється кровотеча при пораненні.

Плазма крові є середовищем, в якому знаходяться форменні елементи крові (pH=7.36).

Склад плазми: 90 % води, 9 % органічних сполук і 1 % неорганічних. Головні органічні компоненти плазми – білки, які забезпечують її в'язкість, онкотичний тиск, зсідання, переносять різні речовини і виконують захисні функції.

Основні білки плазми:

- **альбуміни** – вони переважають кількісно у 1.3 – 2.2 рази глобуліни та переносять низку метаболітів, гормонів, іонів, підтримують онкотичний тиск крові;
- **глобуліни** – переносять іони металів і ліпіди; γ -глобуліни є фракцією антитіл (імуноглобулінів);
- **фібриноген** – білок, який забезпечує зсідання крові, перетворюючись у згусток нерозчинного білка фібрину під впливом ферменту тромбіну;
- **компоненти комплемента** – приймають участь у неспецифічних захисних реакціях.

Білки плазми крові виробляє печінка.

Сироватка крові – рідина, яка залишається після зсідання крові. За своїм складом вона відповідає плазмі, проте в ній відсутні фібриноген.

Формені елементи крові. Еритроцити: функція та будова.

Формені елементи крові включають: еритроцити, тромбоцити і лейкоцити (рис. 34). Із них тільки лейкоцити є істинними клітинами, а еритроцити і тромбоцити людини відносяться до пост-клітинних структур.

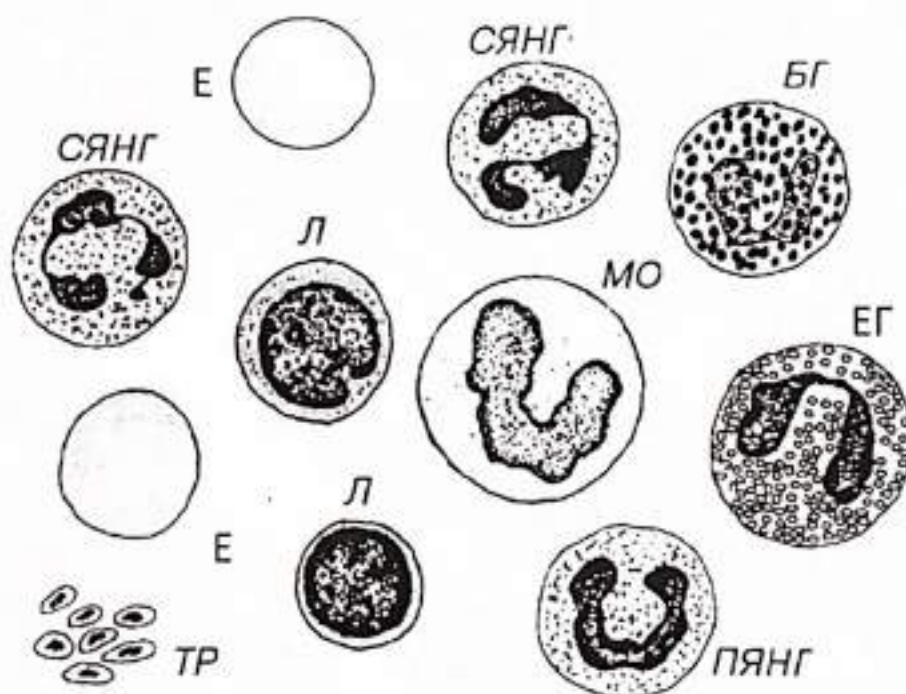


Рис. 34. Формені елементи крові

Е – еритроцити; TP – тромбоцити; СЯНГ – сегментоядерний нейтрофільний гранулоцит; ПЯНГ – паличкоядерний нейтрофільний гранулоцит; ЕГ – еозинофільний гранулоцит; БГ – базофільний гранулоцит; Л – лімфоцит; МО – моноцит.

Еритроцити – найбільш чисельні оформлені елементи крові. Всього у крові дорослої людини циркулює 25×10^{12} /л еритроцитів. Еритроцити утворюються в червоному кістковому мозку, звідки поступають у кров, вони функціонують протягом

100-120 днів (період їхнього життя), проходячи через систему кровообігу більше 100 тис. раз, а потім руйнуються макрофагами селезінки і в меншій мірі печінки і червоного кісткового мозку.

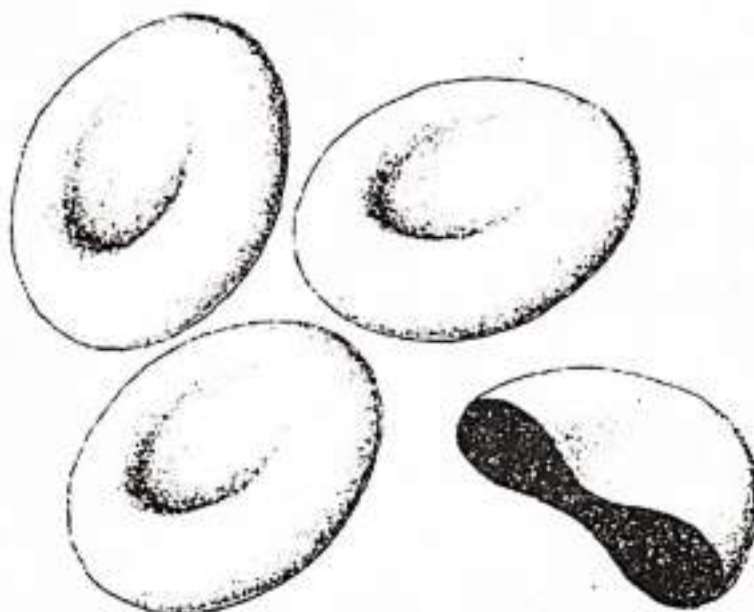


Рис. 35. Еритроцити

Функції еритроцити реалізують виключно у кровоносному руслі, яке в нормі ніколи не покидають.

1. Дихальна функція забезпечується наявністю в цитоплазмі еритроцита залізовмісного кисень-зв'язуючого білкового пігменту – гемоглобіну (33 % їхньої маси).

2. Регуляторні і захисні функції забезпечуються здатності еритроцитів переносити на своїй поверхні низку біологічно активних речовин, в тому числі імуноглобуліни, імунні комплекси. Кисень (O_2) в капілярах легень за високого парціального тиску розчиняється в плазмі крові та проникає в еритроцити, де зв'язується з гемоглобіном утворюючи оксигемоглобін (HbO_2), що обумовлює яскраво-червоний колір артеріальної крові. За низького парціального тиску O_2 (в капілярах периферійних тканин) відщеплюється від гемоглобіну. Гемоглобін, який звільнився приєднує близько 10 % CO_2 . Решта вуглекислого газу транспортується плазмою крові у вигляді карбонатних сполук, в утворенні та руйнуванні яких приймають участь ферменти еритроцитів.

Концентрація еритроцитів у крові мужчин складає $4.5-5.5 \times 10^{12}/л$, а в жінок – $4.0-5.0 \times 10^{12}/л$.

Анемія – зменшення кількості еритроцитів у крові, що приводить до кисневого голодування тканин.

За будовою еритроцити є без'ядерні двояковгнуті клітини округлої форми діаметром 7-8 мкм і 1-2 мкм завтовшки (рис. 35). Плазмолема еритроцита товста (до 20 нм), цитоплазма оксифільна і має високу електронну щільність. Органели в ній

відсутні, містить воду, гранули гемоглобіну, глюкозу, АТФ, низку ферментів. Джерело енергії є анаеробний гліколіз.

Тромбоцити: будова і функції.

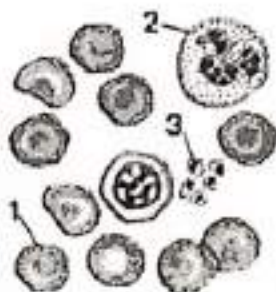


рис. 36. Тромбоцити

- еритроцити;
- нейтрофільний зерулоцит;
- тромбоцити.

Тромбоцити, або кров'яні пластинки – дрібні, дископодібні двояковипуклі без'ядерні постклітинні структури діаметром 2-4 мкм, які циркулюють у крові (рис. 36). Вони утворюються в червоному кістковому мозку в результаті фрагментації ділянок цитоплазми мегакаріоцитів (гігантських клітин кісткового мозку), поступають у кров, циркулюють у ній протягом 5-10 днів, після чого фагоцитується макрофагами селезінки і легень.

Загальна кількість тромбоцитів у крові людини $200-400 \times 10^9/\text{л}$. В нормі у крові циркулює $2/3$ загального числа тромбоцитів, а $1/3$ із них поза циркуляцією в червоній пульпі селезінки.

Функції тромбоцитів реалізуються як в середині судинного русла, так і поза ним. До них відносяться:

1. Зупинка кровотечі при пошкоджені судин – первинний гемостаз.
2. Забезпечення зсідання крові – вторинний гемостаз.
3. Участь у реакціях загоєння ран.
4. Забезпечення нормальної функції судин.

Лейкоцити: класифікація, будова і функції.

Лейкоцити – білі кров'яні клітини, є групою морфологічно і функціонально розмаїтих рухомих формених елементів, які циркулюють у крові та приймають участь у різних захисних реакціях після міграції в сполучну тканину. Деякі лейкоцити здатні повторно повертатись із тканин у кров (рециркулювати).

Концентрація лейкоцитів у крові є важливим діагностичним показником, яким дуже часто користуються в клінічній практиці. В нормі кількість лейкоцитів складає $4-8 \times 10^9/\text{л}$.

Класифікація лейкоцитів. За наявності специфічної зернистості в цитоплазмі всі лейкоцити ділять на **гранулоцити** (ті, які мають зерна) і **агранулоцити**, в цитоплазмі яких гранули відсутні, **гранулоцити** в свою чергу за забарвленням гранул (зерен) діляться на: базофільні, оксифільні (еозинофільні) та нейтрофільні. В гранулоцитах є присутні неспецифічні, або азурофільні зерна, які є не чим іншим, як лізосомами. Ядро гранулоцитів має сегменти (частки).

Агранулоцити (незернисті лейкоцити) мають у своїй цитоплазмі лише неспецифічні гранули (лізосоми). Їх ядра, зазвичай, мають округлу або бобовидну форму. До агранулоцитів відносять лімфоцити і моноцити.

Лейкоцитарна формула – відсоткове співвідношення між окремими видами лейкоцитів. За низки захворювань характер лейкоцитарної формули змінюється, а тому підрахунок різних форм лейкоцитів має діагностичне значення.

Лейкоцитарна формула, %

Б	Е	нейтрофіли				Л	Мон.
		М	Ю	П	С		
0,5-1	2-5	-	0,5	3-5	60-65	20-35	6-8

Б – базофіли; Е – еозинофіли; М – мієлоцити; Ю – юні; П – паличкоядерні; С – сегментоядерні; Л – лімфоцити; Мон. – моноцити.

Нейтрофільні гранулоцити (нейтрофіли) – найбільше представлений вид гранулоцитів. Вони попадають у кров із червоного кісткового мозку, циркулюють до 10 год., із крові мігрують у тканини, де функціонують від 1-2 до 5-8 діб.

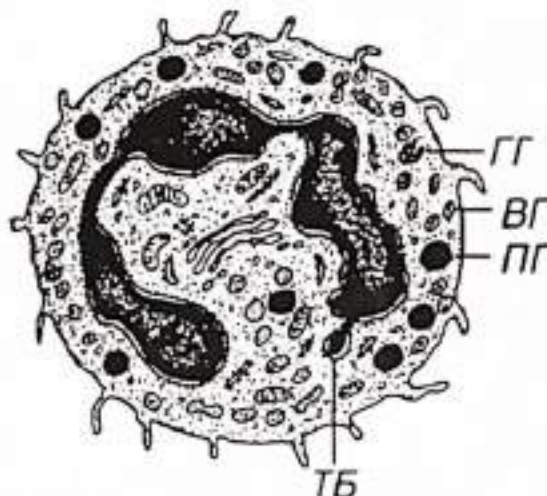


Рис. 37. Сегментоядерний нейтрофільний гранулоцит

ГГ – гранули глікогену; ВГ – вторинні гранули; ПГ – азурофільні гранули; ТБ – тільце Бара

Функції нейтрофільних гранулоцитів:

- Знищення мікроорганізмів – збудників інфекції – саме вони вважаються пріоритетними клітинами елементами неспецифічного захисту організму. У зв'язку із здатністю до фагоцитозу і знищенню мікроорганізмів. І. Мечніков назвав нейтрофіли – мікрофагами.
- Руйнування і перетравлення пошкоджених клітин і тканин.
- Участь в регуляції діяльності інших клітин за рахунок цитокінів, які продукують нейтрофіли.

Вміст нейтрофілів у крові дорослої людини в нормі складає 65-75 % від загальної кількості лейкоцитів. Розміри нейтрофілів у 1.5 рази перевищують еритроцитів і складають 10-15 мкм. на мазках крові.

Плазмолема клітини забезпечує рецепторну, транспортну функцію та рух клітини, а також ендо- і екзоцитоз. Ядро зрілого нейтрофільного гранулоцита має сегменти (сегментоядерний нейтрофіл). Сегментів у клітині, зазвичай, 3-4, рідше більше. Сегменти ядра з'єднані вузькими ниткоподібними перетяжками. В ядрі домінує гетерохроматин, тому ядро фарбується інтенсивно.

Цитоплазма нейтрофільних гранулоцитів на світлооптичному рівні слабооксифільна. За електронно-мікроскопічного дослідження органели цитоплазми малочисельні: окремі короткі каналці гранулярної ендоплазматичної сітки, поодинокі мітохондрії, вільні рибосоми. Цитоплазматичних гранул багато від 50 до 200 в кожній клітині. Гранули діляться на первинні (азурофільні або неспецифічні), складають 10-30 % від усіх гранул і є типовими лізосомами. Вторинні (специфічні) гранули – це міхурці мембранної будови, округлої, овальної або гантелеподібної форми, в яких знаходяться речовини, які приймають участь у руйнуванні мікроорганізмів. Таких гранул є від 80 до 90 % (рис. 37).

Нейтрофільні гранулоцити після виходу із судинного русла активно рухаються і **першими** появляються в ділянках пошкоджених тканин, швидко поглинають і знищують більшу частину мікроорганізмів. Після виконання своєї функції вони гинуть і фагоцитуються макрофагами.

Базофільні гранулоцити (базофіли) – найменш чисельна група лейкоцитів. Вони попадають у кров із червоного кісткового мозку, циркулюють у крові від 6 год. до доби, після чого мігрують у сполучну тканину, де знаходяться також від декількох годин до декількох діб.

Базофіли значно менш рухливі та мають малу здатність до фагоцитозу в порівнянні з нейтрофілами.

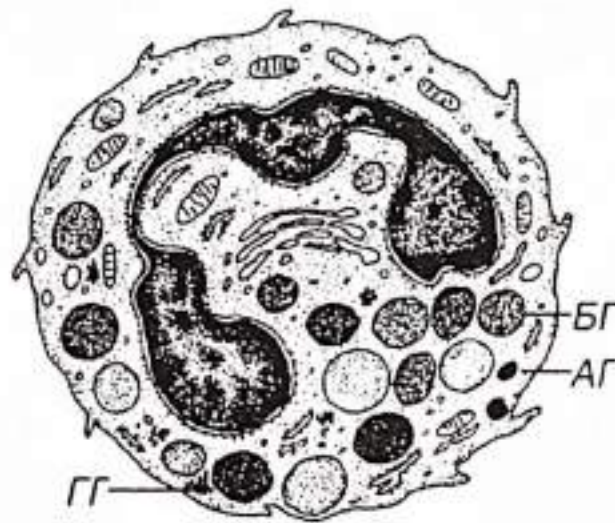


Рис. 38. Базофільний гранулоцит

ГГ – гранули глікогену; БГ – специфічні гранули (базофільні); АГ – азурофільні гранули.

Функції базофілів у фізіологічних умовах вивчені недостатньо.

1. Регуляторна і гомеостатична – здійснюється завдяки біологічно активним речовинам, які нагромаджуються у гранулах. Ці речовини впливають на скорочення гладких міоцитів, проникливість судин, систему згортання крові, секрецію залоз.

2. Захисна – шляхом локальної масивної секреції медіаторів запалення, забезпечуючи втягнення низки клітин (еозинофілів) у захисні реакції організму.

Вміст базофільних гранулоцитів у крові складає в нормі 0.5-1.0 %, їхні розміри на мазках дорівнюють 9-12 мкм.

Ядра базофільних гранулоцитів – сегментовані (містять 2-3 сегменти), щільні.

Цитоплазма базофільних гранулоцитів є слабооксифільна. В електронному мікроскопі в ній є мітохондрії, погано розвинутий синтетичний апарат, зерна глікогену та гранули 2 типів – специфічні та азурофільні (лізосоми). Специфічні (базофільні) гранули – крупні (діаметром 0.5-2.0 мкм), частіше сферичної форми, обмежені мембраною і заповнені дрібнозернистою речовиною (матриком). В гранулах міститься протеоглікан, гепарин, гістамін, ферменти та хемотаксичні чинники еозинофілів і нейтрофілів (рис. 38).

Еозинофільних гранулоцитів (еозинофілів) в крові є мало проте вони легко пізнаються на мазках через чисельні еозинофільні (червоні) гранули, які заповнюють їх цитоплазму. Клітини утворюються в червоному кістковому мозку з нього попадають у кров, циркулюють у ній від 3 до 12 год. Після цього вони покидають кров і оселяються у сполучній тканині переважно шкіри, слизової дихальної та травної систем, статевого тракту, де функціонують, напевно, протягом декількох діб (точно не встановлено, але, очевидно, довше, ніж нейтрофіли).

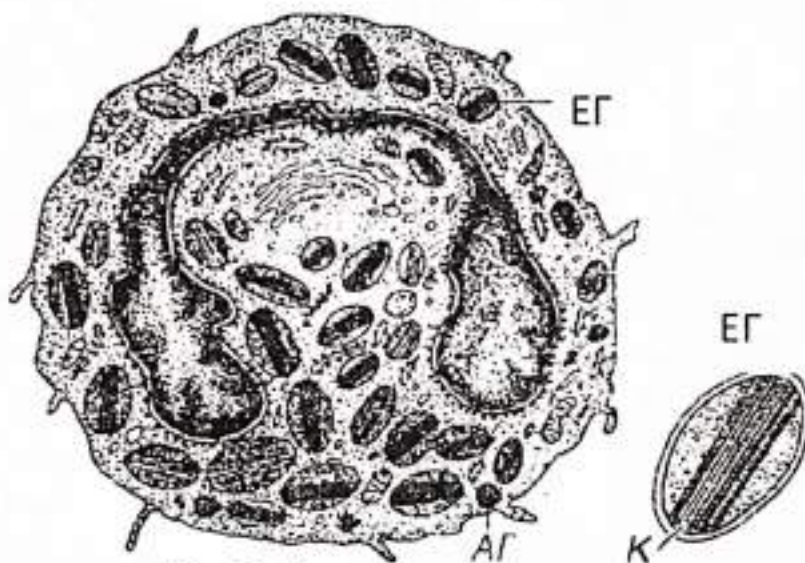


Рис. 39. Еозинофільний гранулоцит

ЕГ – еозинофільні гранули; АГ – азурофільні гранули; К – кристалоїд.

Функції еозинофільних гранулоцитів:

1. Захисна – поглинання та знищення бактерій шляхом фагоцитозу і знищення паразитів (гельмінтів) не фагоцитарними механізмами.
2. Імунорегуляторна – а) обмеження алергічної реакції шляхом знищення антигенів; б) продукція низки медіаторів запалення і цитокінів.

Вміст еозинофілів у крові в нормі 2.0-5.0 %. Розміри клітин на мазках 12-17 мкм.

Ядра еозинофілів сегментовані, сегментів, як правило, два. Цитоплазма еозинофілів містить в міру розвинуті органели, чисельні міхурці, зерна глікогену і гранули двох основних типів: специфічні та азурофільні.

Найбільш характерними для еозинофілів є наявність у їхній цитоплазмі специфічних гранул до 200 на клітину. Вони обмежені мембраною, мають овальну або круглу форму, крупні (0.5x1.5x1.0 мкм), середньої електронної щільності. Зрілі гранули поділені навпіл щільною кристалоїдною структурою, яка знаходиться в менш електроннощільному дрібнозернистому матрексі. Ці кристалоїди мають білкову природу. Основний білок, який формує кристалоїд і зумовлює еозинофілію є аргінін, який має добре виражений антигельмінтний, антипротозойний і антибактеріальний ефект. В склад специфічних гранул крім аргініну входять еозинофільний катіонний білок, пероксидаза, гістаміназа та інші. Азурофільні (неспецифічні, первинні) гранули – малочисельні (<5 % від усіх гранул) і є не чим іншим, як лізосомами (рис. 39).

Моноцити – найбільші із лейкоцитів: відносяться до агранулоцитів. Утворюються у червоному кістковому мозку, з якого попадають у кров, в якій знаходяться 3-4 доби. Після виходу із крові у тканини вони дають початок макрофагам сполучної тканини (гістіоцитам), в печінці – клітинам Купфера, в легенях – альвеолярним макрофагам, в кістковому мозку – макрофагам кісткового мозку, макрофагам селезінки, вилочкової залози, лімфатичних вузлів, порожнин тіла (перитонеальним, плевральним, перикардіальним), центральної нервової системи – мікроглії, остеобластам. Моноцити в сокупності із макрофагами утворюють єдину моноцитарно-макрофагальну систему або систему мононуклеарних фагоцитів.

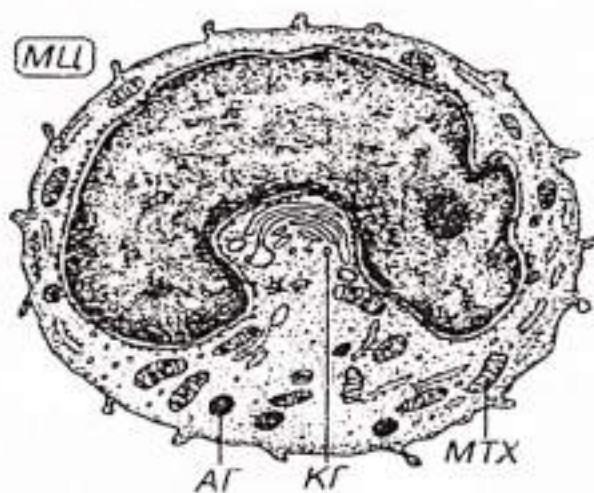


Рис. 40. Будова моноцита

АГ – азурофільні гранули;
КГ – комплекс Гольджі;
МТХ – мітохондрії

Функції моноцитів:

1. Забезпечення реакції неспецифічного захисту організму проти мікробів, пухлин і заражених вірусами клітин.
2. Участь у специфічних (імунних) захисних реакціях – у складі як їх аферентної ланки (в якості антитілопрезентуючих клітин), так і еферентної ланки (в якості ефektorних клітин).

- Захоплення і внутрішньоклітинне перетравлення різних старих і зруйнованих клітин, а також формених елементів крові.
- Секреція розмаїтих речовин, які регулюють: а) склад міжклітинної речовини; б) функціональну активність і проліферацію (розмноження) клітин інших типів.

Вміст моноцитів у крові дорослого в нормі 6-8 %.

Розміри моноцитів на мазках – 18-20 мкм. Вони є самими крупними клітинами серед лейкоцитів.

Ядро моноцитів велике і займає половину площі цитоплазми, розміщене ексцентрично, за звичай, бобовидної форми.

Цитоплазма слабо базофільна, містить багато дрібних мітохондрій, короткі канальці ендоплазматичної сітки, рибосоми, полісоми та комплекс Гольджі. В цитоплазмі присутні азурофільні гранули (лізосоми) (рис. 40).

Антимікробні системи моноцита включають лізоцим, лактоферин, кислу фосфатазу, катіонні білки, мієлопероксидазу та інші активні складники.

Лімфоцити займають друге місце за чисельністю серед лейкоцитів крові дорослої людини. Вони репрезентують групу морфологічно подібних, але різних за функцією лейкоцитів, які належать до агранулоцитів. Джерелом розвитку лімфоцитів є лімфоїдні органи.

Кров має близько 2 % лімфоцитів, а решта – 98 % знаходяться в тканинах. Середній час перебування лімфоцитів у крові складає 30 хв. Тривалість життя різних субпопуляцій лімфоцитів суттєво різниться і складає від декількох годин до багато років, а деякі із них – живуть стільки, скільки років живе індивід. З лімфоцитів крові 65-75 % відносяться до довгоживучих і лише 15-35 % - до короткоживучих (від декількох годин до 5 діб).

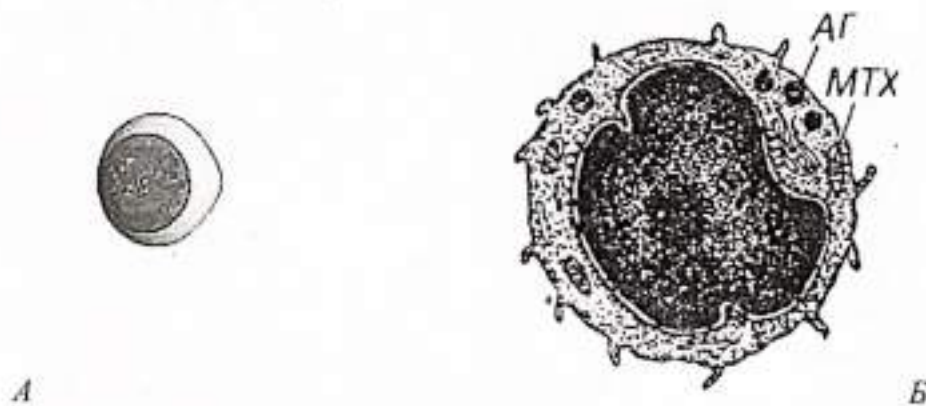


Рис. 41. Будова лімфоцита

А – світлооптична; Б – ультрамікроскопічна; АГ – азурофільні гранули; МТХ – мітохондрії.

Функції лімфоцитів:

- Забезпечення реакцій імунітету – специфічного захисту від чужерідних та змінених власних антигенів, який здійснюється за рахунок вироблення антитіл (**гуморальний імунітет**) або контактній взаємодії клітин – ефекторів імунної системи (**клітинний імунітет**). Лімфоцити є основними пріоритетними клітинами імунної системи.

2. Регуляція діяльності клітин інших типів у імунних реакціях, процесах росту, диференціації та регенерації тканин за допомогою контактних взаємодій і секреції низки лімфокінів.

Вміст лімфоцитів у крові дорослого в нормі складає 20-35 %. Розміри лімфоцитів коливаються у широких межах, що дало можливість розділити їх на три групи: малі, середні та великі лімфоцити.

Малі лімфоцити (діаметр на мазках – 6-7 мкм) – найбільш чисельна група (в крові складає до 80-90 % усіх лімфоцитів). Їх вважають зрілими клітинами, проте, вони можуть піддаватись бласттрансформації під впливом антигенної стимуляції (рис. 41).

Ядро малих лімфоцитів – кругле, овальне, темне і займає практично всю цитоплазму клітини (>90 %).

Цитоплазма малих лімфоцитів облягає ядро у вигляді вузької базофільної смужки і містить поодинокі мітохондрії та рибосоми.

Середні лімфоцити (діаметр на мазках – 8-9 мкм), як правило, зустрічаються в лімфоїдній тканині.

Ядро середніх лімфоцитів є світлим округлим з чітко контурованими ядерцями, обширною базофільною цитоплазмою з добре розвинутими органелами. Це, за звичай, баластні форми (активно діляться) клітин, які розвиваються і дістали назву лімфобласти.

Великі гранулярні лімфоцити (ВГЛ) – особлива різновидність великих лімфоцитів, які циркулюють у крові дорослого. Вони складають 5-10 % лімфоцитів крові.

Ядро ВГЛ – бобоподібне, розміщене ексцентрично.

Цитоплазма обширна, містить 30-50 крупних азурофільних гранул діаметром 0.5-2.0 мкм, які локалізуються навпроти ядра. Зерна містять перфорин і гранзими, які забезпечують клітині цитотоксичну активність. В електронному мікроскопі в них видно щільний гомогенний центр, який обмежений дрібнозернистим матриксом низької електронної щільності.

ВГЛ – виконують функцію природніх вбивць (кілерів) і є не чим іншим як ефекторними клітинами імунної системи.

Контрольні запитання

1. Назвіть структурні компоненти крові.
2. Перерахуйте основні функції, які виконує кров.
3. Що таке плазма крові? Назвіть основні білки плазми і функції, які вони виконують.
4. Охарактеризуйте еритроцити, як найбільш чисельні форменні елементи крові і назвіть їх функції.
5. Поясніть, чому еритроцити називаємо клітинами, хоча у них відсутнє ядро.
6. За рахунок чого еритроцити виконують дихальну функцію в організмі?
7. Дайте характеристику тромбоцитам і назвіть функції, які вони виконують.
8. Дайте визначення лейкоцитам і проведіть їхню класифікацію.
9. Що таке лейкоцитарна формула та її практичне значення?
10. Охарактеризуйте нейтрофільні гранулоцити і назвіть їхні функції.
11. Еозинофіли та базофіли, їхня кількість та функції, які вони виконують.
12. Назвіть місця утворення гранулоцитів, ким і куди вони транспортуються, в якій тканині вони виконують свої функції.
13. Зрілі гранулоцити розмножуються чи ні? Поясніть

свою відповідь. 14. Опишіть моноцити і їх функції. 15. Дайте характеристику єдиній моноцитарно-макрофагальній системі організму. 16. Назвіть види лімфоцитів та їх функції.

Завдання: Дати письмово короткі відповіді на питання.