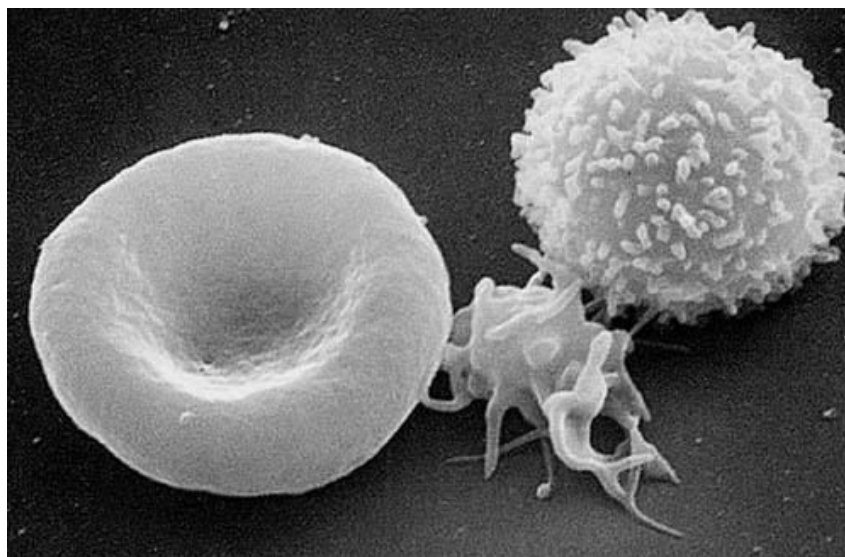


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет
імені Г.С. Сковороди

Іонов І.А., Комісова Т.Є., Слюсарев В.Ф., Шаповалов С.О.



ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА



Харків - 2017

**Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет
імені Г.С. Сковороди**

Іонов І.А., Комісова Т.Є., Слюсарев В.Ф., Шаповалов С.О.



ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**Методичні рекомендації
для студентів вищих навчальних закладів
до лабораторних занять з курсу
«Фізіологія людини»
Частина 3. Фізіологія крові та внутрішнього середовища**

Затверджено редакційно-видавничою
радою Харківського національного
педагогічного університету
імені Г.С. Сковороди
Протокол № 4 від 14.09.2016

Харків – 2017

УДК 612.11/15
ББК

Укладачі:

Іонов І.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор
Комісова Т.Є. – кандидат біологічних наук, доцент
Слюсарєв В.Ф. - кандидат біологічних наук, доцент
Шаповалов С.О. – доктор біологічних наук, ст. н. співробітник

Рецензенти:

Бондаренко Валерій Антонович – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Маракушин Дмитро Ігорович – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри фізіології Харківського національного медичного університету

Іонов І.А., Комісова Т.Є., Слюсарєв В.Ф., Шаповалов С.О. **Фізіологія крові та внутрішнього середовища: методичні рекомендації / І.А. Іонов, Т.Є. Комісова, В.Ф. Слюсарєв, С.О. Шаповалов. – Х. : ЧП Петров В.В., 2017. – 48 с.**

Методичні рекомендації підготовлено відповідно до навчальної програми з курсу «Фізіологія людини і тварин» розділу «Фізіологія крові та внутрішнього середовища» для студентів біологічних спеціальностей педагогічних вузів, а також для студентів природничих факультетів та факультетів фізичної культури, магістрантів, аспірантів.

У методичних рекомендаціях на основі новітніх досягнень сучасної фізіології розглянуто процеси кровотворення, властивості крові, її функції в організмі, механізм згортання крові, приділено особливу увагу механізму зв'язування кисню та вуглецю гемоглобіном еритроцитів, характеристиці його форм та їх властивостей. Багато уваги приділено розкриттю особливостей будови та функцій еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів як формених елементів крові, розкриттю методів контролю різних клінічних показників крові.

Висвітлено роль формених елементів крові у регуляції процесів обміну та адаптації організму до фізичних навантажень, підтримки сталого стану гомеостазу.

Кожний розділ методичних рекомендацій містить теоретичні відомості з теми, опис процедури проведення лабораторної роботи з малюнками та схемами, контрольні питання, тестові завдання та рекомендована література.

Для студентів біологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Може бути корисним студентам, магістрантам та аспірантам вищих педагогічних, біологічних та інших навчальних закладів, де вивчають фізіологію людини.

Затверджено редакційно-видавничою радою Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди
Протокол № 4 від 14.09.2016

ЗМІСТ

Розділи	Стор.
ВСТУП	6
ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	7
РОЗДІЛ І. ФУНКЦІЇ, СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ КРОВІ	7
Функції, об'єм та склад крові	7
Колір крові	8
Відносна щільність крові	9
В'язкість крові	9
Осмотичний тиск крові	9
Онкотичний тиск крові	10
Кислотно-лужний стан крові	10
РОЗДІЛ ІІ. ПЛАЗМА КРОВІ	12
Білки плазми (альбуміни, глобуліни, фібриноген)	12
РОЗДІЛ ІІІ. ФОРМЕНИ ЕЛЕМЕНТИ КРОВІ	13
1. Еритроцити	15
Вміст еритроцитів у крові	16
Синтез еритроцитів	16
Гемоліз еритроцитів	17
Будова еритроциту	17
Швидкість осідання еритроцитів	20
Механізм підвищення ШОЕ	22
2. Лейкоцити	23
Функції і види лейкоцитів	23
Лейкоцитарна формула	24
Лімфа та її фізіологічне значення	25
3. Тромбоцити	26
Система гемостазу	28
РОЗДІЛ ІV. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	30
Лабораторна робота № 1. Визначення швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ) за методом Панченкова	30
Лабораторна робота № 2. Визначення кількості гемоглобіну в крові людини за способом Салі	31
Лабораторна робота № 3. Підрахунок кількості еритроцитів у крові людини	32
Лабораторна робота № 4. Підрахунок кількості лейкоцитів у крові людини	35
Лабораторна робота № 5. Підрахунок кількості тромбоцитів у крові людини за методом Джавадяна	36
Лабораторна робота № 6. Визначення часу згортання крові за методом Альтгаузена	37
Лабораторна робота № 7. Визначення груп крові	38

Лабораторна робота № 8. Визначення резус-фактору крові людини експрес-методом	43
Норми показників крові	46
Рекомендована література	47

ВСТУП

Програма курсу «Фізіологія людини і тварин» розділ «Фізіологія крові та внутрішнього середовища» вимагає розуміння властивостей крові та її функцій при забезпеченні життєдіяльності клітин, тканин, органів, фізіологічних систем організму та організму в цілому. У зв'язку з цим, під час лабораторних занять студенти повинні реєструвати показники, які відображають основні клінічні показники крові при різних станах організму, їх аналізувати та робити висновки.

Методичні рекомендації за своїм змістом відповідають чинній програмі з фізіології людини. Метою методичних рекомендацій є засвоєння студентами основних методик та методичних прийомів дослідження системи крові та кровотворення, допомога студентам у реєстрації, аналізі та оцінці отриманих результатів дослідження.

Методичні рекомендації містять теоретичні відомості за темою занять, опис методик дослідження, процедури проведення лабораторних даних та контрольні питання. У теоретичній частині висвітлені відомості щодо характеристики основних формених елементів крові, їх будови та функцій в організмі, вікові особливості клінічних показників крові. Наводяться матеріали щодо визначення груп крові та резус-фактора, значення в механізмі згортання крові та способи переливання крові. Лабораторні роботи містять практичні завдання по засвоєнню фізіологічних методів дослідження кількості формених елементів крові, способів визначення груп крові та резус-фактора. По завершенню кожної роботи пропонується побудувати графіки, заповнити таблиці, проаналізувати отримані дані, зробити висновки. Для оцінки результатів досліджень, практичні рекомендації містять оцінювальні таблиці, літературні дані у вигляді таблиць та рисунків.

Методичні рекомендації розраховані на студентів біологічних, валеологічних спеціальностей, фізичної культури, учителів середніх шкіл та широке коло читачів, які не байдужі до проблем збереження свого здоров'я.

ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Розділ I

ФУНКЦІЇ, СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ КРОВІ

Клітини організму омиваються низькою рідин. Кров, лімфа, тканинна, спинномозкова, плевральна, суглобова та інші рідини утворюють внутрішнє середовище організму. Ці рідини утворюються з плазми крові шляхом її фільтрації через капілярні судини системи кровообігу. Вони грають роль амортизатора при різких зовнішніх змінах і забезпечують виживання клітин; крім того, вони є засобом транспортування поживних речовин і продуктів розпаду. «Дзеркалом організму» назвав Клод Бернар кров, яка є складовою внутрішнього середовища.

Функції крові. Кров безперервно циркулює в замкнутій системі кровоносних судин, виконує в організмі різні функції:

- 1. Транспортна** - здійснюється як плазмою, так і форменими елементами, в ній виділяють ряд підфункцій:
 - дихальна - перенесення кисню від легень до тканин і вуглекислого газу від тканин до легень;
 - поживна - доставляє поживні речовини до клітин тканин;
 - екскреторна (видільна) - транспорт продуктів обміну до легень і нирок для їх екскреції (виведення) з організму;
 - терморегуляторна - регулює температуру тіла, розподіляючи тепло;
 - регуляторна (гуморальна) – пов'язує між собою різні органи і системи, будучи переносником сигнальних речовин (гормонів), що в них утворюються.

2. Захисна - забезпечення клітинного та гуморального захисту від чужорідних агентів. З наявністю в крові лейкоцитів пов'язані специфічний (імунітет) і неспецифічний (головним чином, фагоцитоз) захист організму. У складі крові містяться всі компоненти так званої системи комплементу, що грає важливу роль, як у специфічному, так і неспецифічному захисті. До захисних функцій відноситься також збереження циркулюючої крові в рідкому стані і зупинка кровотечі (гемостаз) у разі порушення цілісності судин.

3. Гомеостатична - збереження сталості внутрішнього середовища організму (підтримання гомеостазу), водного і сольового балансу тканин і температури тіла, кислотно-лужної рівноваги, водно-електролітного балансу та ін., контроль за інтенсивністю обмінних процесів, регуляція гемопоезу та інших фізіологічних функцій.

Об'єм і склад крові. Кількість крові у людини відносно постійна і залежить від маси тіла і віку. У новонароджених кров становить 15-20 %, немовлят -13 % від маси тіла. З семирічного віку, кількість крові – 6-8 %, як і в дорослих, що відповідає 4-6 л. Кожен день ця кількість крові проходить через серце більше 1000 разів. Кров, що нагнітається серцем, рухається по

судинам зі швидкістю 11 м/с, тобто 40 км/год. Кровотік - це суцільний потік щільністю 1,06 г/см³. Він розходитья по мережі кровоносних судин, яка включає в себе великі вени і артерії, що багаторазово розгалужуються і поступово зменшуються до розмірів крихітних капілярів. Через найтонші стінки капілярів легко просочуються різні речовини, завдяки тому в живих тканинах відбувається безперервний обмін: кров віддає клітинам організму речовини, що підтримують життя, і виводяться продукти розпаду.

Коли людина перебуває в стані спокою, лише 40-50 % її крові тече по кровоносних судинах, решта міститься у кров'яному депо, якими є печінка – 20 %, селезінка – до 16 %, підшкірна клітковина – 10 %. Після великих втрат крові, при м'язовій роботі, підвищенні температурі тіла кров з депо надходить до загального кров'яного русла. Кров'яні депо забезпечують підтримання постійної кількості крові в організмі.

Кров складається з рідкої частини плазми і зважених у ній формених елементів: еритроцитів, або червоних кров'яних тілець, лейкоцитів, або білих кров'яних тілець і тромбоцитів, або кров'яних пластинок. На частку формених елементів припадає 40-45 %, на частку плазми - 55-60 % від об'єму крові. Це співвідношення одержало назву гематокритного співвідношення, або гематокритного числа.

Оновлення плазми крові відбувається протягом двох тижнів. Кров відноситься до тканин, що швидко відновлюються. Фізіологічна регенерація формених елементів крові здійснюється за рахунок руйнування старих клітин і утворення нових органами кровотворення. Головним з них у людини та інших ссавців є кістковий мозок. У людини червоний, або кровотворний, кістковий мозок розташований в основному в тазових кістках і в довгих трубчастих кістках. Основним фільтром крові є селезінка (червона пульпа), що здійснює в тому числі і імунологічний контроль (біла пульпа).

Протяжність кровоносної системи людини може доходити до 100 000 кілометрів і для її заповнення потрібно 200 000 літрів, тобто по 2 літри крові на один кілометр, тоді як наш організм має лише 5-7 літрів. Тобто, кровоносна система людини заповнена на 1/40 000 її потенційного обсягу.

Величина загального обсягу крові може зазнавати значних і тривалих відхилень в залежності від ступеня тренуваності, кліматичних і гормональних чинників. Так, у осіб, які займаються певними видами спорту, обсяг крові може перевищувати 7 л. Короткочасні зміни обсягу крові спостерігаються при переході у вертикальне положення і при м'язовому навантаженні.

Підвищення загального обсягу крові називають **гіперволемією**, зменшення - **гіповолемією**.

Колір крові. Визначається наявністю в еритроцитах особливого білка - гемоглобіну. Артеріальна кров характеризується яскраво-червоним забарвленням, що залежить від вмісту в ній гемоглобіну, насиченого киснем (оксигемоглобін). Венозна кров має темно-червоне з синюватим відтінком забарвлення, що пояснюється наявністю в ній не тільки окисленого, але і

відновленого гемоглобіну. Чим активніший орган і чим більше віддав кисню тканинам гемоглобін, тим темнішою виглядає венозна кров.

Відносна щільність крові. Коливається від 1,058 до 1,062 і залежить в основному від вмісту еритроцитів. Відносна щільність плазми крові в основному визначається концентрацією білків і становить 1,029-1,032.

В'язкість крові. Визначається по відношенню до в'язкості води і відповідає 4,5-5,0. В'язкість крові залежить головним чином від вмісту еритроцитів і в меншій мірі від білків плазми. В'язкість венозної крові дещо більша, ніж артеріальної, що обумовлено надходженням в еритроцити CO_2 , завдяки чому незначно збільшується їх розмір. В'язкість крові зростає під час виходу крові з депо, де міститься більша кількість еритроцитів. В'язкість плазми не перевищує 1,8-2,2. При посиленому білковому харчуванні в'язкість плазми, а, отже, і крові може підвищуватися.

Осмотичний тиск крові. Осмотичним тиском називається сила, яка змушує переходити розчинник (для крові це вода) через напівпроникну мембрану з менш концентрованою в більш концентрований розчин. Осмотичний тиск крові обчислюють криоскопічним методом за допомогою визначення депресії (точки замерзання), яка для крові становить $0,56-0,58^\circ\text{C}$. Депресія молярного розчину (розчин, в якому розчинено 1 грам-молекула речовини в 1 л води) відповідає $1,86^\circ\text{C}$. Осмотичний тиск крові дорівнює приблизно 7,6 атм.

Осмотичний тиск крові залежить в основному від розчинених в ній низькомолекулярних сполук, головним чином солей. Близько 60 % цього тиску створюється NaCl . Осмотичний тиск крові, лімфи, тканинної рідини приблизно однаковий і характеризується постійністю. Навіть у випадках, коли в кров надходить значна кількість води або солі, осмотичний тиск не зазнає істотних змін. При надмірному надходженні води в кров вона швидко виводиться нирками, що відновлює вихідну величину осмотичного тиску. Якщо ж в крові підвищується концентрація солей, то в судинне русло переходить вода з тканинної рідини, а нирки починають посилено виводити солі. Продукти перетравлення білків, жирів і вуглеводів, всмоктуються в кров і лімфу.

Осмотичний тиск визначає розподіл води між тканинами і клітинами. Функції клітин організму можуть здійснюватися лише при відносній стабільності осмотичного тиску. Якщо еритроцити помістити в сольовий розчин, що має осмотичний тиск, однаковий з кров'ю, вони не змінюють свій об'єм. Такий розчин називають ізотонічним, або фізіологічним. Це може бути 0,85 % розчин хлористого натрію. У розчині, осмотичний тиск якого вищий від осмотичного тиску крові, еритроцити зморщуються, так як вода виходить з них в розчин (рис. 1). У розчині з більш низьким осмотичним тиском, в порівнянні з тиском крові, еритроцити набухають в результаті переходу води з розчину в клітину. Розчини з більш високим осмотичним тиском, ніж тиск крові, називаються гіпертонічними, а мають більш низьким тиском - гіпотонічними.

Підтримка сталості осмотичного тиску відіграє надзвичайно важливу роль в життєдіяльності клітин.

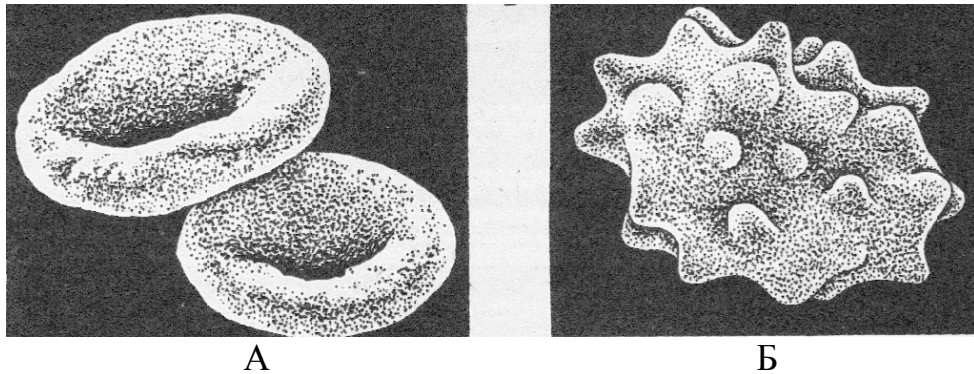


Рис. 1. Нормальні (А) і зморщені (Б) еритроцити в гіпертонічному розчині

Онкотичний тиск крові є частиною осмотичного і залежить від вмісту великомолекулярних з'єднань (білків) в розчині. Хоча концентрація білків в плазмі досить велика, загальна кількість молекул через їх велику молекулярну масу відносно мала, завдяки чому онкотичний тиск не перевищує 30 мм рт.ст. Онкотичний тиск більшою мірою залежить від альбумінів (80 % онкотичного тиску створюють альбуміни). Через малі розміри і високу гідрофільність вони володіють вираженою здатністю притягувати до себе воду, за рахунок чого вона утримується в судинному руслі.

Онкотичний тиск грає важливу роль в регуляції водного обміну. Чим більша його величина, тим більше води утримується в судинному руслі і тим менше її переходить в тканини і навпаки. Онкотичний тиск впливає на утворення тканинної рідини, лімфи, сечі і всмоктування води в кишечнику. Тому кровозамісні розчини повинні містити в своєму складі колоїдні речовини, здатні утримувати воду.

При зниженні концентрації білка в плазмі розвиваються набряки, так як вода перестає утримуватися в судинному руслі і переходить в тканини.

Кислотно-лужний стан крові. Активна реакція крові обумовлена співвідношенням водневих і гідроксильних іонів. Для визначення активної реакції крові використовують водневий показник рН - концентрацію водневих іонів. У клітинах і тканинах рН досягає 7,2 і навіть 7,0, що залежить від утворення в них в процесі обміну речовин «кислих» продуктів метаболізму. У нормі рН крові - 7,36 (реакція слаболужна), артеріальної - 7,4, венозної - 7,35. При різних фізіологічних станах рН крові може змінюватися від 7,3 до 7,5. Активна реакція крові є жорсткою константою, що забезпечує ферментативну діяльність. Крайні межі рН крові, сумісні з життям, рівні 7,0 - 7,8. Зрушення реакції в кислий бік називається **ацидозом**, обумовлюється збільшенням в крові водневих іонів. Зрушення реакції крові в лужний бік називається **алкалозом**. Це пов'язано зі збільшенням концентрації гідроксильних іонів ОН і зменшенням концентрації водневих іонів.

В організмі людини завжди є умови для зсуву активної реакції крові в бік ацидозу або алкалозу, які можуть привести до зміни рН крові. У процесі обміну речовин тканини виділяють в тканинну рідину, а отже, і в кров «кислі» продукти обміну, що повинно призводити до зсуву рН в кисле середовище. Так, в результаті інтенсивної м'язової діяльності в кров людини може надходити протягом декількох хвилин до 90 г молочної кислоти. Якщо цю кількість молочної кислоти додати до обсягу дистильованої води, що дорівнює об'єму циркулюючої крові, то концентрація іонів H^+ зростає в ній в 40 000 разів. Реакція ж крові при цих умовах практично не змінюється.

Накопиченню кислих сполук сприяє споживання білкової їжі. При різних фізіологічних станах рН крові може змінюватися як в кислу (до 7,3), так і в лужну (до 7,5) сторону. Більш значні відхилення рН супроводжуються важкими наслідками для організму. Так, при рН крові 6,95 настає втрата свідомості, і якщо ці зрушення в найкоротший строк не ліквідуються, то настає неминуча смерть. Якщо ж концентрація іонів H^+ зменшується і рН стає рівним 7,7, то наступають важкі судоми (тетанія), що також може привести до смерті.

Підтримка сталості рН крові має важливе фізіологічне завдання і забезпечується буферними системами крові. До буферних систем крові відносяться гемоглобінова, карбонатна, фосфатна і білкова.

Найпотужнішою є буферна система гемоглобіну. На її частку припадає 75 % буферної ємності крові.

Білки плазми крові також грають роль буфера, оскільки володіють амфотерними властивостями: в кислому середовищі поведуться як луги, а в основному - як кислоти.

Буферні системи крові більш стійкі до дії кислот, ніж лугів. Основні солі слабких кислот, що містяться в крові, утворюють так звані лужний резерв крові.

Буферні системи нейтралізують значну частину кислот і лугів, тим самим перешкоджаючи зрушенню активної реакції крові. Крім того, в організмі постійність рН зберігається за рахунок роботи нирок, легенів, потових залоз, шлунково-кишкового тракту та інших органів, діяльність яких спрямована на відновлення вихідної величини рН.

Температура крові. Багато в чому залежить від інтенсивності обміну речовин того органу, від якого відтікає кров, і коливається в межах 37-40°C. Під час руху крові не тільки відбувається деяке вирівнювання температури в різних судинах, а й створюються умови для віддачі або збереження тепла в організмі.

РОЗДІЛ II

ПЛАЗМА КРОВІ

Плазма крові – жовто-біла рідина (90 % - вода; 10 % - розчинені і зважені у ній речовини; 7-8 % - білки; 1,1 % - інші органічні з'єднання; 0,9 % - неорганічні).

Склад плазми відрізняється лише відносною сталістю і багато в чому залежить від прийому їжі, води і солей. У той же час концентрація глюкози, білків, всіх катіонів, хлору і гідрокарбонатів утримується в плазмі на досить постійному рівні і лише на короткий час може виходити за межі норми. Значне відхилення цих показників від середніх величин на тривалий час призводять до важких наслідків для організму, часто несумісних з життям. А зміст інших складових елементів плазми - фосфатів, сечовини, сечової кислоти, нейтрального жиру може варіювати в досить широких межах, не викликаючи розладів функцій організму. В цілому мінеральні речовини плазми становлять близько 0,9%, вміст глюкози в крові 4,5-6,5 ммоль/л.

В середньому 1 літр плазми людини містить 900-910 г води, 65-85 г білка і 20 г низькомолекулярних сполук.

Білки плазми. Найважливішою складовою частиною плазми є білки, вміст яких становить 7-8 % від маси плазми. Кілька десятків різних білків об'єднані в 3 основні групи: альбуміни (близько 4-5 %), глобуліни (2-3 %) і білки системи згортання крові, з яких головним є фібриноген (0,2-0,4 %).

Білки плазми крові виконують різноманітні функції:

- підтримають колоїдно-осмотичний і водний гомеостаз;
- забезпечують агрегатний стан крові;
- регулюють кислотно-основний гомеостаз;
- регулюють імунний гомеостаз;
- виконують транспортну функцію;
- виконують функцію живлення;
- беруть участь в згортанні крові.

Альбуміни складають близько 60 % всіх білків плазми. Завдяки відносно невеликій молекулярній масі (70000) і високій концентрації альбуміни створюють 80 % онкотичного тиску. Альбуміни здійснюють функцію живлення, є резервом амінокислот для синтезу білків. Їх транспортна функція полягає в перенесенні холестерину, жирних кислот, білірубину, солей жовчних кислот, солей важких металів, лікарських препаратів (антибіотиків, сульфаніламідів). Альбуміни синтезуються в печінці.

Глобуліни поділяються на кілька фракцій: α -, δ - і λ -глобуліни. α -глобуліни включають глікопротеїни, тобто білки, простетичною групою яких є вуглеводи. Близько 60 % всієї глюкози плазми циркулює в складі глікопротеїнів. Ця група білків транспортує гормони, вітаміни, мікроелементи, ліпіди. До α -глобулінів належать еритропоетин, плазміноген, протромбін. δ -глобуліни беруть участь в транспорті фосфоліпідів, холестерину, стероїдних гормонів, катіонів металів. До цієї фракції належить

білок трансферин, що забезпечує транспорт заліза, а також багато факторів згортання крові. λ -глобуліни включають в себе різні антитіла або імуноглобуліни 5 класів: Jg A, Jg G, Jg M, Jg D і Jg E, що захищають організм від вірусів і бактерій. Введення їх хворим підвищує опірність організму по відношенню до інфекцій. До λ -глобуліну відносяться також α - і δ -аглоутиніни крові, що визначають її групову приналежність.

Глобуліни утворюються в печінці, кістковому мозку, селезінці, лімфатичних вузлах.

Фібриноген - перший фактор згортання крові. Під впливом тромбіну переходить в нерозчинну форму - фібрин, забезпечуючи утворення згустку крові. Фібриноген утворюється в печінці.

З плазми крові утворюються тілесні рідини: рідина склоподібного тіла, рідина передньої камери ока, перилімфа, цереброспінальна рідина, целомічна рідина, тканинна рідина, кров, лімфа.

Існує широка практика збирання донорської плазми крові. Плазма відділяється від еритроцитів центрифугуванням за допомогою спеціального апарату, після чого еритроцити повертаються донору. Цей процес називається плазмафарезом.

Плазма з високою концентрацією тромбоцитів знаходить все більше застосування в медицині в якості стимулятора загоєння і регенерації тканин організму. Така плазма широко використовується в стоматології та косметології.

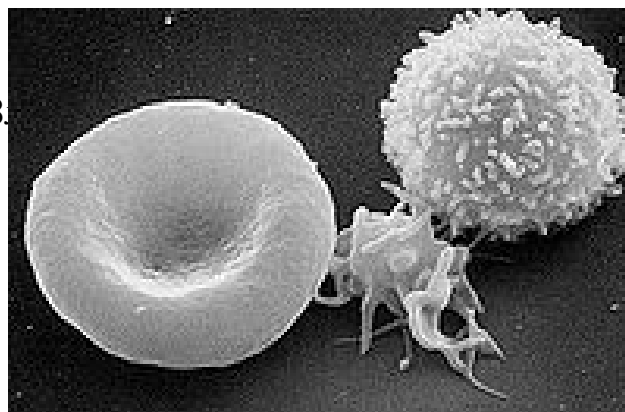
РОЗДІЛ III

ФОРМЕНІ ЕЛЕМЕНТИ КРОВІ

До формених елементів крові належать **еритроцити, лейкоцити і тромбоцити** (рис. 2-4):

- 96% представлено еритроцитами, які переносять кисень і вуглекислий газ;
- 3% - лейкоцити - клітини імунної системи;
- 1% - тромбоцити - сприяють згортанню крові.

Рис. 2. 3.



лейкоцит

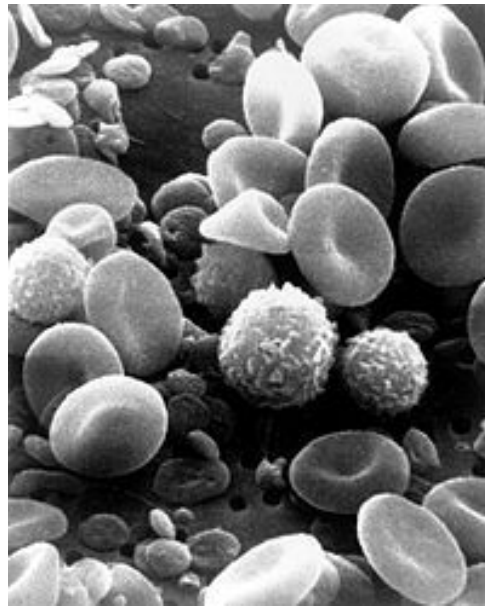


Рис. 3. Клітинні елементи крові (зображення отримано за допомогою скануючого електронного мікроскопу) (видно двояковвігнуті еритроцити і сферичні лейкоцити з шорсткою поверхнею)

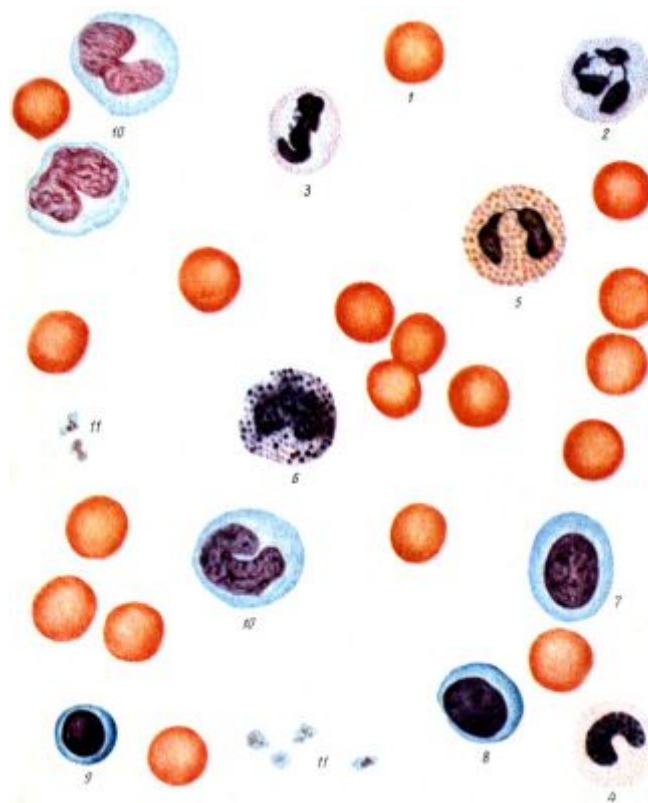


Рис. 4. Формені елементи крові

1 - еритроцит; 2 - сегментоядерний нейтрофіл; 3 - паличкоядерний нейтрофіл;
4 - юний нейтрофіл; 5 - еозинофіл; 6 - базофіл; 7, 8, 9 - лімфоцити; 10 -
моноцити; 11 - кров'яні пластинки (тромбоцити) (Татарінов О.Р., 1967)

У дорослої людини формені елементи крові складають близько 40-50 %, а плазма - 50-60 %. Всі формені елементи утворюються в кістковому мозку з єдиної поліпотентної, або стовбурової клітини (ПСК).

Незважаючи на те, що всі клітини крові є нащадками єдиної кровотворної клітини, вони несуть різні специфічні функції, в той же час спільність походження наділила їх і загальними властивостями. Так, всі клітини крові, незалежно від їх специфіки, беруть участь в транспорті різних речовин, виконують захисні та регуляторні функції.

1. Еритроцити

Еритроцити (від грец. *ερθρός* - червоний і *κύτος* - вмістилище, клітина), також відомі під назвою червоні кров'яні тільця, найчисленніші з формених елементів. Еритроцити вперше виявив в крові жаби Мальпігі (1661), а Левенгук (1673) показав, що вони також присутні в крові людини і ссавців. У крові людини зрілі еритроцити не містять ядра, мають переважно форму двояковвігнутого диска. Еритроцити такої форми називаються нормоцити. Поверхня диска в 1,7 рази більше, ніж поверхня тіла такого ж обсягу, але сферичної форми, при цьому диск помірно змінюється без розтягування мембрани клітини. Така форма двояковвігнутого диска збільшує поверхню еритроцита, забезпечуючи транспорт більшої кількості різних речовин. Крім того, така форма дозволяє еритроцитам закріплюватися в фібриновій мережі при утворенні тромбу. Але головна перевага полягає в тому, що форма двояковвігнутого диска забезпечує проходження еритроцита через капіляри. При цьому еритроцит перекручується у вузькій середній частині, його вміст з більш широкого кінця перетікає до центру, завдяки чому еритроцит вільно входить у вузький капіляр. Форма еритроцитів здорових людей дуже варіабельна - від двояковвігнутої лінзи до тузової ягоди.

У цитоплазмі еритроцитів міститься білкова речовина - гемоглобін. Він забезпечує головну функцію еритроцитів - транспорт газів, в першу чергу кисню. Саме гемоглобін надає крові червоного забарвлення.

Основні функції еритроцитів обумовлені наявністю в їх складі білка класу хромопротеїдів - гемоглобіну:

- основною функцією є дихальна - перенесення кисню від альвеол легенів до тканин і вуглекислого газу від тканин до легким;

- регуляторну функцію еритроцити здійснюють завдяки одній з найпотужніших буферних систем крові - гемоглобіновій - регулюють рН крові, іонний склад плазми і водний обмін. Проникаючи в артеріальний кінець капіляра, еритроцит віддає воду і розчинений в ній O_2 і зменшується в об'ємі, а переходячи в венозний кінець капіляра, забирає воду, CO_2 і продукти обміну, що надходять з тканин і збільшується в об'ємі;

- транспортна функція еритроцитів полягає в тому, що вони транспортують O_2 і CO_2 , поліпептиди, білки, вуглеводи, ферменти, гормони, жири, холестерин, різні біологічно активні сполуки (простагландини,

лейкотрієни і ін.), мікроелементи та ін., переносять на своїй поверхні амінокислоти від органів травлення до клітин організму;

➤ захисна функція еритроцитів полягає в тому, що вони грають істотну роль в специфічному і неспецифічному імунитеті, - адсорбують на своїй поверхні токсичні речовини;

➤ беруть участь в процесі згортання крові за рахунок вмісту факторів згортальної та антизгортальної систем крові;

➤ еритроцити є носіями різноманітних ферментів (холінестерази, вугільна ангідраза, фосфатаза) і вітамінів (В₁, В₂, В₆, аскорбінова кислота);

➤ еритроцити несуть в собі групові ознаки крові.

Вміст еритроцитів у крові позначають їх числом в одному кубічному міліметрі. Кількість еритроцитів залежить від зовнішніх чинників: м'язової роботи, емоцій, втрати рідини (концентрація еритроцитів підвищується). У людини з масою тіла 60 кг загальна кількість еритроцитів дорівнює 25 трильйонів. Якщо покласти все еритроцити однієї людини один на одного, то вийде «стовпчик» висотою понад 60 км.

У нормі кількість еритроцитів може змінюватися з незначними коливаннями. При різних захворюваннях кількість еритроцитів може зменшуватися. Подібний стан носить назву еритропенія і часто супроводжує недокрів'я або анемію. Збільшення числа еритроцитів позначається як еритроцитоз.

У нормі в крові у чоловіків міститься $4,0 - 5,0 \times 10^6$ /л, або 4-5 млн еритроцитів в 1 мкл, у жінок – $4,0-4,5 \times 10^6$ /л, або 4,0-4,5 млн в 1 мкл.

В кровотоці еритроцити живуть 80-120 днів. Тривалість життя еритроцитів у чоловіків дещо більше, ніж у жінок.

Руйнування еритроцитів відбувається в печінці, селезінці, в кістковому мозку за допомогою клітин мононуклеарної фагоцитарної системи. Продукти розпаду еритроцитів також є стимуляторами кровотворення.

При зміні кислотно-лужного балансу крові в бік закислення (рН від 7,43 до 7,33) відбувається склеювання еритроцитів у вигляді монетних стовпчиків, або їх агрегація.

Синтез еритроцитів відбувається в кістковому мозку в результаті еритропоезу. Утворення йде безперервно, тому що кожен секунду макрофаги селезінки знищують близько двох мільйонів старих еритроцитів, які потрібно замінити.

Для утворення еритроцитів потрібні залізо, вітаміни і мікроелементи. Залізо організм отримує з гемоглобіну при руйнуванні еритроцитів, із депо, а також з їжею і водою. Дорослій людині для нормального еритропоезу потрібно в добовому раціоні 12-15 мг заліза. Якщо заліза в організм надходить недостатньо, то розвивається залізодефіцитна анемія. Всмоктуванню заліза в кишечнику сприяє аскорбінова кислота. Для нормального еритропоезу необхідні вітаміни і в першу чергу вітамін В₁₂ (ціанокобаламін) і фолієва кислота (вітамін В₇). В організм людини вітамін В₁₂ надходить з їжею - особливо його багато в печінці, м'ясі, яєчному жовтку.

Фолієва кислота є водорозчинним вітаміном, що міститься в багатьох рослинних продуктах, а також у печінці, нирках, яйцях.

Для утворення еритроцитів необхідні мікроелементи - мідь, нікель, кобальт, селен. Важливим компонентом еритропоезу є мідь, яка засвоюється безпосередньо в кістковому мозку і бере участь в синтезі гемоглобіну. Якщо мідь відсутня, то еритроцити дозрівають лише до стадії ретикулоцитів. Мідь каталізує утворення гемоглобіну, сприяючи включенню заліза в структуру гема. Нестача міді призводить до анемії.

Важливу роль в регуляції еритропоезу грають інші вітаміни групи В, а також залози внутрішньої секреції. Всі гормони, що регулюють обмін білків (соматотропний гормон гіпофіза, гормон щитоподібної залози - тироксин і ін.) і кальцію (паратгормон, тиреокальцитонін), необхідні для нормального еритропоезу. Чоловічі статеві гормони (андрогени) стимулюють еритропоез, тоді як жіночі (естрогени) - гальмують його, що обумовлює меншу кількість еритроцитів у жінок в порівнянні з чоловіками.

Гемоліз. Процес руйнування оболонки еритроцитів і вихід гемоглобіну в плазму крові називається гемолізом. При цьому плазма забарвлюється в червоний колір і стає прозорою. Розрізняють декілька видів гемолізу.

У штучних умовах гемоліз еритроцитів може бути викликаний розміщенням їх в гіпотонічний розчин.

Причини гемолізу:

➤ Осмотичний гемоліз може виникнути в гіпотонічному середовищі. Концентрація розчину NaCl, при якій починається гемоліз, носить назву осмотичної резистентності еритроцитів. Для здорових людей межа мінімальної і максимальної стійкості еритроцитів знаходиться від 0,4 до 0,34%.

➤ Хімічний гемоліз може бути викликаний хімічними агентами - хлороформом, ефіром, які руйнують білково-ліпідну оболонку еритроцитів. У клініці нерідко зустрічається гемоліз при отруєнні оцтовою кислотою.

➤ Біологічний гемоліз зустрічається при дії отрут змій, комах, мікроорганізмів, при переливанні несумісної крові під впливом імунних гемолізинів. Останнє є причиною виникнення анемії і нерідко супроводжується виносом гемоглобіну і його похідних з сечею (гемоглобінурія).

➤ Температурний гемоліз виникає при заморожуванні і розморожуванні крові в результаті руйнування оболонки еритроцитів кристаликами льоду.

➤ Механічний гемоліз відбувається при механічних впливах на кров: наприклад, при сильному струшуванні ампули з кров'ю спостерігається руйнування мембрани еритроцитів. Він може проявлятися у хворих з протезуванням клапанного апарату серця і судин. Крім того, механічний гемоліз іноді виникає при тривалій ходьбі, бігу, стрибках (маршова гемоглобінурія) через травмування еритроцитів в капілярах стоп.

Будова еритроциту. На долю гемоглобіну приходить 34 % загальної маси еритроцита і до 90 % від сухої речовини, клітина має двояковвігнуту форму диска, загальна площа еритроцитів складає біля 3,800 м² (в двічі

більше ніж поверхня шкіри). Особлива форма сприяє перенесенню газів (збільшується дифузна поверхня), еритроцити пластичні (здатні до зворотної деформації при проходженні через кров'яне русло). Під час старіння пластичність еритроцитів зменшується. Пластичність знижена у еритроцитів з патологічною зміною форми – сфероцити, серпоподібні еритроцити. Тривалість життя до 110-120 діб. Руйнуються в печінці й селезінці. Щоденно їх руйнується близько 200 млрд.

Забарвлення еритроцитів зумовлене наявністю дихального пігменту червоного кольору – гемоглобіну (від греч. *αμα* — кров і лат. *globus* — куля). Тваринний світ має значну різноманітність дихальних пігментів. У хребетних кров на основі гемоглобіну має червоний колір (від блідо- до темно-червоного) (залізовмісна). У деяких молюсків, членистоногих і деяких павукоподібних кров має блакитний колір за рахунок наявності гемоціаніну (мідьвмісна кров). Гемоглобін складається з білка глобіну і простетичної групи гема, який містить Fe^{2+} (рис. 5).

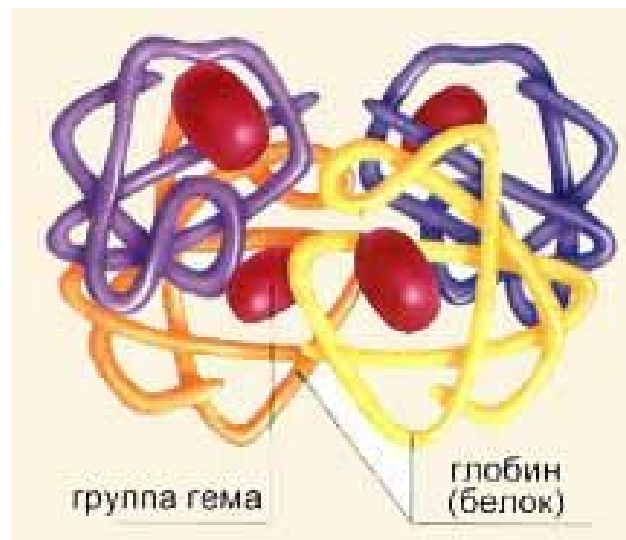


Рис. 5. Хімічна будова гемоглобіну людини

Здатність крові до транспортування газів зумовлена властивістю гемоглобіну, що утворює нестійкі сполуки з киснем і вуглекислим газом. У легенях гемоглобін утворює з киснем нестійку сполуку – **оксигемоглобін**. Кров, яка містить гемоглобін, яскраво-пурпурова. Оксигемоглобін, який віддав кисень називається **відновленим гемоглобіном**. Ця кров темно-вишневого кольору (венозна). Гемоглобін може вступати в сполуки з чадним газом (CO) - це **карбоксигемоглобін**. Ця сполука стійкіша. Слабке отруєння CO – зворотний процес. При концентрації у повітрі 1 % CO – організм гине. В нормальних умовах на карбоксигемоглобін приходиться 1 % загального гемоглобіну крові, у тих, хто палить – 3 %, після глибокої зatkanня – 10 %.

Гемоглобін, при поєднанні з сильнодіючим окисником (перманганат калію) зветься **метгемоглобіном** (HvOH). Кров насичена таким гемоглобіном має коричневий колір, при цьому залізо у гемоглобіні переходить у форму:

$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$. В результаті справжнього окислення такий гемоглобін міцно утримує O_2 і перестає бути його переносником, такий стан може наставати після введення ліків, що мають окисні властивості.

Міоглобін (аналог гемоглобіну) – O_2 -зв'язуючий білок скелетних м'язів і м'язів серця - постачає м'язи киснем.

Вміст гемоглобіну у крові дорослих жінок: 120-140 г/л; чоловіків: 140-160 г/л. У дітей нормальний рівень гемоглобіну залежить від віку і має значні коливання. Так, у дітей через 1-3 дні після народження нормальний рівень гемоглобіну максимальний і складає 145-225 г/л, а до 3-6 місяців знижується до мінімального рівня 95-135 г/л, потім з 1 року до 18 років відзначається поступове збільшення нормального рівня гемоглобіну в крові. Для порівняння в табл. 1 наводиться вміст гемоглобіну в крові різних видів здорових тварин.

Таблиця 1. Кількість гемоглобіну у крові здорових тварин

Вид тварини	Середній показник у % Салі	Інтервал коливань	г/100 мл крові
Велика рогата худоба	65	56-74	11,0
Вівці	68	54-80	11,6
Кози	63	45-81	10,7
Буйволи	49	28-70	8,3
Яки	57	36-78	9,6
Верблюди	90	66-114	15,2
Коні	80	50-110	13,6
Свині	67	55-79	10,2
Собаки	80	65-95	13,6
Кішки	65	47-83	11,0
Кролики	69	51-87	11,7
Кури	75	51-99	12,7
Гуси	95	80-110	16,1

Кольоровий показник – відносна насиченість еритроцитів гемоглобіном. У нормі становить 0,8-1.

Кількість гемоглобіну в еритроцитах створює кисневу ємність крові. Киснева ємність – це кількість O_2 , що зв'язана 1 cm^3 крові. Середня нормальна величина у людини вважається 14 г/100 cm^3 крові.

Протягом перших 7-12 тижнів розвитку зародка його еритроцити містять **примітивний** гемоглобін (HbP). На 9 тижні з'являється фетальний гемоглобін (HbF), а перед народженням – гемоглобін дорослих ((HbA). Фетальний гемоглобін характеризується більшою спорідненістю до O_2 , ніж гемоглобін дорослих.

Недокрів'я (анемія) – хвороба, яка пов'язана із зниженням вмісту гемоглобіну в крові. Причини цього явища різноманітні: перш за все зниження здатності крові переносити кисень у зв'язку з нестачею гемоглобіну. При анемії може бути зменшена кількість еритроцитів, або вміст в них гемоглобіну. Частіше за все зустрічається залізодефіцитна анемія, яка може бути наслідком нестачі заліза в їжі (особливо у дітей) або порушення його всмоктування. Іншими причинами анемії можуть бути глистяні захворювання, кровотечі як наслідок виразкової хвороби, нестача вітаміну В₁₂. При будь-якій формі анемії виникає кисневе голодування. Дитина стає млявою, швидко втомлюється, у неї виникає задишка, серцебиття та шум у вухах. У них знижується працездатність.

Швидкість осідання еритроцитів.

Оскільки густина плазми крові становить 1,025-1,030, а форменних елементів – 1,085-1,090, це зумовлює поступове зсідання еритроцитів на дно пробірки в крові, що позбавлена здатності згортатися. Для кількісної характеристики цього явища використовують методику вимірювання швидкості осідання еритроцитів.

На цій властивості й ґрунтується визначення швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ). Показником ШОЕ користуються в медицині для діагностики деяких захворювань. Під час захворювань (запаленнях, пухлинах) еритроцити здатні утворювати агрегати, у зв'язку з чим вони швидше осідають. При цьому ШОЕ збільшується при значному зменшенні кількості еритроцитів, так як при цьому зменшується в'язкість крові.

Значення ШОЕ залежить від статі і віку. Норма ШОЕ залежить від віку і статі: у жінок нормальний рівень ШОЕ вище, ніж у чоловіків, а у літніх - вище, ніж у молодих. Крім того, існує ще індивідуальна варіабельність норми ШОЕ.

Нормальні величини ШОЕ:

- у новонароджених ШОЕ дуже повільна - близько 2 мм/год, що пов'язано з високою величиною гематокриту і низьким вмістом глобулінів; до 4 тижнів ШОЕ злегка прискорюється;
- для дітей старших 1 року і дорослих чоловіків - 2-12 мм/год;
- для дорослих жінок - 4-15 мм/год, що може бути пояснено різним рівнем андрогенних стероїдів;
- у літніх людей нормальний рівень ШОЕ коливається в межах від 2 до 38 мм/год. у чоловіків і від 2 до 53 мм/год у жінок.

Під час вагітності в результаті зміни білкового складу крові відзначається підвищення ШОЕ, починаючи з 10-11 тижня вагітності, і утримується на підвищеному рівні до 4 тижнів після пологів. При нормальній вагітності ШОЕ може підвищуватися до 30-40 мм/год.

На величину швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ) впливають багато фізіологічних чинників.

Збільшення ШОЕ вище вказаних величин є ознакою патології. Причин прискорення ШОЕ досить багато: запальні процеси і інфекційні захворювання, хвороби обміну речовин, аутоімунні захворювання типу

ревматоїдного артриту і ревматизму, тромбози, захворювання печінки, гіпертиреоз, гіпотиреоз, цукровий діабет; злоякісні новоутворення; інфаркти міокарда, захворювань мозку, кишечника, туберкульоз легень, виснаження, крововтрата, вагітність, післяпологовий період, під час менструацій. ШОЕ прискорена і при анемії, пов'язаній зі зменшенням кількості еритроцитів в крові. Але тут причина інша: еритроцитів в крові менше, і у них більший «розгін» для падіння.

Значне прискорення ШОЕ - до 40-50 мм/год - достатня причина, щоб почати серйозне обстеження. Винятком є вагітність, яка теж може викликати значне прискорення ШОЕ.

Помилково високі значення ШОЕ спостерігаються при анемії, підвищенні рівня холестерину в плазмі, на тлі прийому пероральних контрацептивів. Помилково ж низькі значення ШОЕ спостерігаються при порушенні розмірів і форми еритроцитів, підвищенні концентрації жовчних солей в плазмі крові, прийомі нестероїдних анальгетиків.

Можливі причини або фактори, які впливають на показники ШОЕ наведено у табл. 2, а перелік захворювань, що супроводжуються підвищенням ШОЕ, представлений в табл. 3.

Таблиця 2. Фактори, що впливають на ШОЕ

Прискорення ШОЕ	Уповільнення ШОЕ
Анемія	Поліцитемія
Вагітність	Зміна розмірів (спадковий мікросфероцитоз) і форми еритроцитів (серповидно-клітинна анемія)
Прийом пероральних контрацептивів	Прийом нестероїдних анальгетиків
Підвищений вміст ліпідів у крові (холестерин)	Підвищений вміст жовчних кислот у крові
Алкалоз	Ацидоз
Температура зовнішнього середовища, в якій знаходився капіляр для дослідження ШОЕ, перевищує 27 градусів	Температура зовнішнього середовища, в якій знаходився капіляр для дослідження ШОЕ, нижче 22 градусів

Уповільнення ШОЕ буває при виразковій хворобі шлунка, деяких захворюваннях печінки, при еритроцитозі (підвищенні числа еритроцитів в крові), епілепсії і неврозах. При захворюваннях, що супроводжуються змінами форми еритроцитів (серпоподібно-клітинна анемія, гемоглобінопатія, сфероцитоз, анізоцитоз; захворюваннях, пов'язаних зі збільшенням в крові жовчних пігментів і жовчних кислот (гепатити різної етіології, вплив деяких лікарських препаратів).

При поліцитемії осіданню еритроцитів перешкоджає підвищення в'язкості крові і ШОЕ настільки мала, що її неможливо визначити або вона дорівнює 1-2 мм/год.

Таблиця 3. Причини підвищення ШОЕ та перелік захворювань, що супроводжуються її підвищенням

1. Інфекції	Перелік захворювань
1.1. Більшість бактеріальних інфекцій (переважно гострі)	Інфекції верхніх і нижніх дихальних шляхів Інфекції сечовивідних шляхів Туберкульоз легень
1.2. Вірусні інфекції	Вірусні гепатити
1.3. Системні грибкові інфекції	
2. Злоякісні захворювання	
2.1. Онкогематологічні захворювання	Лейкоз, лімфома Макроглобулінемія Вальденстрема Плазмоцитома, мієломна хвороба
2.2. Злоякісні пухлини	Легень, бронхів, носоглотки; молочної залози, яєчників, матки; нирок, передміхурової залози; підшлункової залози, товстої кишки
3. Ревматологічні захворювання	Ревматизм, ревматична поліміалгія, ревматоїдний артрит, системний червоний вовчак
4. Захворювання нирок	Гломерулонефрит, нефротичний синдром, пієлонефрит
5. Інші стани	Анемія, запальна патологія органів малого тазу (аднексит, простатит та ін.), товстого кишечника, жовчного міхура, підшлункової залози, зубні гранульоми, лор-патологія (синусити, тонзиліти, отити), Стани після хірургічних втручань

Механізм підвищення ШОЕ.

Осідання еритроцитів у вертикально розташованому капілярі відбувається під впливом сили земного тяжіння за рахунок того, що відносна щільність еритроцита більша від щільності плазми. У нормі зовнішня поверхня кожного еритроцита має негативний заряд, обумовлений присутністю сіалових кислот, що входять до складу клітинних мембран. Однаковий заряд викликає сили відштовхування між клітинами. В результаті еритроцити знаходяться в підвішеному стані, осідають повільно, що і визначає нормальну ШОЕ.

Процес осідання (седиментації) еритроцитів можна розділити на 3 фази, які відбуваються з різною швидкістю. Спочатку еритроцити повільно осідають окремими клітинами. Потім вони утворюють агрегати - «монетні стовпчики», і осідання відбувається швидше. У третій фазі утворюється дуже багато агрегатів еритроцитів, їх осідання спочатку сповільнюється, а потім поступово припиняється.

При патологічних процесах на поверхні еритроцита накопичується велика кількість молекул білка (фібриногену, гамма-глобуліну та ін.), які не тільки послаблюють електростатичний заряд, а й сприяють склеюванню (агрегації) еритроцитів між собою у вигляді монетних стовпчиків. Відносна щільність кожного агрегату в розрахунку на одиницю його обсягу збільшується, агрегати починають швидше опускатися вниз і швидкість осідання еритроцитів збільшується. ШОЕ іноді ще називають пробою на колоїдну стійкість крові, оскільки саме розчинені в ній білки мають найбільший вплив на даний показник. Причому, альбуміни, складові в нормі до 60% від загальної кількості білка крові, перешкоджають осіданню еритроцитів, а збільшення глобулінів і фібриногену, навпаки, прискорює ШОЕ.

Таким чином, підвищена ШОЕ відображає стандартну ситуацію в білковому складі крові (за рідкісним винятком): збільшення фібриногену, збільшення альфа- і гамма-глобулінів, зниження альбуміну.

2. Лейкоцити

Лейкоцити (від греч. λευκος — білий; κύτος - клітина). Це безбарвні кров'яні клітини, які містять ядро й цитоплазму. Здатні до самостійного пересування, тому лейкоцити є не тільки в кров'яному руслі, а й у будь-якій іншій ділянці нашого тіла.

У крові дорослої людини лейкоцитів міститься в 1000 разів менше, ніж еритроцитів, і в середньому їх кількість становить в 1 мм^3 крові дорослих 6-8 тис. У новонароджених дітей, особливо в перші дні життя, кількість лейкоцитів може сильно варіювати від 9 до 30 тис/мл.

Вміст лейкоцитів в крові не є постійним, а динамічно змінюється в залежності від часу доби і функціонального стану. Найменше лейкоцитів в крові вранці, але зазвичай їх кількість дещо підвищується до вечора, після прийому їжі, а також після фізичного та емоційного напруження. У здорових людей співвідношення між усіма видами лейкоцитів досить постійне і зміна його служить ознакою різних захворювань. При інфекційних і деяких інших захворюваннях їх число різко збільшується (лейкоцитоз). При променевій хворобі спостерігається значне зменшення числа лейкоцитів (лейкопенія). Лейкоцитози можуть бути фізіологічні і патологічні, тоді як лейкопенії зустрічаються тільки при патології.

Функції лейкоцитів:

1. Проникнення через стінку капілярів і вихід за межі вогнища запалення.

2. Фагоцитоз - процес поглинання і перетравлення мікроорганізмів.

3. Лейкоцити виробляють лейкоїни, які призводять до загибелі мікроорганізмів і нейтралізації їх токсинів.

4. Лейкоцити формують імунітет.

Види лейкоцитів.

Лейкоцити розрізняються за походженням, функціями і зовнішнім виглядом. Деякі з лейкоцитів здатні захоплювати і перетравлювати чужорідні мікроорганізми (фагоцитоз), а інші можуть виробляти антитіла.

За будовою лейкоцити поділяють на дві великі групи: зернисті, або **гранулоцити**, і незернисті, або **агранулоцити**. У перших є ядро різних форм, вони здійснюють фагоцитоз.

Зернисті лейкоцити, або гранулоцити - клітини, з великим сегментованим ядром, що мають в цитоплазмі велику кількість гранул. У гранулах містяться ферменти, необхідні для здійснення внутрішньоклітинного перетравлення чужорідних речовин.

Залежно від здатності сприймати барвники вони поділяються на нейтрофіли, еозинофіли і базофіли. Своє найменування клітини зернистого ряду отримали від здатності забарвлюватися фарбами: еозинофіли (4 % від загального числа) сприймають кислу фарбу (еозин), базофіли (1 % від загального числа) - лужну (гематоксилін), а нейтрофіли - і ту, і іншу. Найчисленніші і найактивніші - це нейтрофіли (70 % від загального числа). Ядра всіх гранулоцитів розділені на 2-5 частин, з'єднаних між собою нитками. Тому їх ще називають сегментолейкоцитами. Молоді форми нейтрофілів з ядрами у вигляді паличок називаються палочкоядерними, а у вигляді овалу - юними.

Незернисті лейкоцити, або агранулоцити - клітини, які не мають специфічної зернистості і містять просте несегментоване ядро; до них відносяться лімфоцити і моноцити. Найбільші агранулоцити - моноцити - мають ядро в формі боба або овалу. Лімфоцити, найменші з лейкоцитів, мають велике округле ядро, оточене тонким обідком цитоплазми; що поділяються на малі (90 %) і великі (10 %).

Лейкоцитарна формула

У клініці має значення не лише загальна кількість лейкоцитів, а й відсоткове співвідношення всіх видів лейкоцитів, що отримало назву лейкоцитарної формули, або лейкограми (табл. 4). Дослідження кількості і співвідношення лейкоцитів є важливим етапом в діагностиці захворювань. Лікарі стежать за кількістю лейкоцитів, оскільки будь-яка її зміна часто є ознакою хвороби або інфекції.

Кількість лейкоцитів може змінюватися, підвищення їх кількості називається лейкоцитозом: фізіологічний лейкоцитоз відзначається під час вживання їжі, при вагітності, м'язовій роботі, сильних емоціях, болі.

Реактивні запальні й інфекційні захворювання викликають втрату основних функцій лейкоцитів та зміну їх кількості у крові. Найважче захворювання - **лейкоз**. При лейкозі лейкоцити недиференційовані і не здатні виконувати свої захисні функції. Хронічні інфекційні захворювання

супроводжуються лімфоцитозом; при глистяних захворюваннях підвищується процент вмісту еозинофілів – їх кількість може досягати більше 10000 в мм³; при кількості менш ніж 4000 тис/мм³ настає лейкопенія, яка може виникати при пригніченні діяльності кровотворних тканин (променева хвороба, підвищення радіоактивності).

Таблиця 4. Лейкоцитарна формула крові здорової людини

Зернисті лейкоцити			Незернисті лейкоцити	
Граничні коливання (%)				
базофіли	еозинофіли	нейтрофіли	лімфоцити	Моноцити
0 - 1	3 - 5	57 - 73	25 - 35	3 - 5
(в абсолютній кількості у 1 мм ³ крові)				
35 - 70	140 - 350	4200 - 5250	1750 - 2450	350 - 560

Для встановлення діагнозу захворювання в клінічній практиці користуються лейкоцитарною формулою, тобто процентним вмістом різних форм лейкоцитів, що змінюється у зв'язку з різними хворобам. Так, наприклад, при бактеріальних інфекціях відмічається збільшення кількості нейтрофілів та зниження кількості еозинофілів та лімфоцитів.

Лімфа та її фізіологічне значення. Тканина рідина, що утворилася при проходженні крові по капілярах, повертається у кров'яне русло двома шляхами: частина тканинної рідини потрапляє в кровеносні капіляри (венозні), а друга частина проникає у замкненні з одного кінця лімфатичні капіляри й з цього моменту має назву **лімфа**. Лімфа – прозора або жовтого кольору рідина (плазма, лімфоцити). Лімфатичні капіляри, з'єднуючись утворюють лімфатичні судини, стовбури. По ходу лімфатичних судин розташовані лімфатичні вузли, у лімфатичних вузлах затримуються й накопичуються лімфоцити, що циркулюють у крові та лімфі. Вони утворюють антитіла й складають важливу частину імунної системи. Крім того, лімфатичні вузли відфільтровують бактерії, чужорідні частки, які поглинаються фагоцитами.

Лімфа рухається по судинам завдяки скороченню оточуючих м'язів, а її зворотному рухові перешкоджають кишенькові клапани. Лімфатичні судини від нижніх кінцівок, з'єднуючись з лімфатичними судинами травного каналу, утворюють грудну лімфатичну протоку. Від правої верхньої частини тіла лімфа збирається у праву лімфатичну протоку, яка впадає в правий венозний кут.

Функції лімфи: транспорт речовин, захист, обмін речовин.

Основну роль виконують захисні речовини (плазма), лізоцим, комплемент, інтерферон. **Лізоцим** (мурамідаза) - білок, що виявляє високу протеолітичну активність, руйнує **пептидоглікан** бактеріальних мембран. Він міститься в білку курячого яйця, у слині, сльозах, у складі кишкового соку, скелетних м'язах, мозку, а також у гранулах нейтрофільних

гранулоцитів. Крім бактеріолітичної дії лізоцим стимулює також синтез антитіл.

Комплемент - термочутливий (інактивується нагріванням) комплекс з більш ніж 20 білків, здатних до самоорганізації в систему. Більшість білків цієї системи перебувають у плазмі крові в неактивному стані у вигляді проферментів, які активуються в певній послідовності у разі контакту з бактеріями й вірусами. Активація комплексу спричинює бактеріолізис, стимулює фагоцитоз, продукцію та виділення тканинами речовин, які беруть участь у запальних процесах. В активації комплексу бере участь білок сироватки крові **пропердин**, який має виражену антибактеріальну та противірусну активність.

Інтерферон – низькомолекулярний білок, що продукується лейкоцитами, діє на клітини, інфіковані вірусом, не прямо, а стимулюючи вироблення противірусних речовин сусідніми неінфікованими клітинами макроорганізму. Утворюється в клітинах у відповідь на вірусну інфекцію і діє в більшій або меншій мірі проти всіх вірусів.

Катіонні білки - **дефензини** та **гістони** - виявляють високу антибактеріальну та противірусну активність; ферменти активного кисню НАД-залежні флавінові оксидази генерують **активні форми кисню** (синглетний O_2 , супероксидний O_2 , H_2O_2), які окиснюють чужорідні внутрішньоклітинні включення; білок **лактоферин** знищує бактерії, конкуруючи з ними за залізо середовища.

3. Тромбоцити

Тромбоцити, або кров'яні пластинки - плоскі клітини неправильної округлої форми діаметром 2 - 5 мкм утворюються з гігантських клітин червоного кісткового мозку - мегакаріоцитів.

Тромбоцити людини не мають ядер - це фрагменти клітин, що менші від половини еритроцита, але мають велику кількість гранул (до 200) різної будови. При зіткненні з поверхнею, що відрізняється за своїми властивостями від ендотелію, тромбоцит активується, розпластується і у нього з'являється до 10 зазубрин і відростків, які можуть в 5-10 разів перевищувати діаметр тромбоцита. Наявність цих відростків важлива для зупинки кровотечі.

Значна частина тромбоцитів депонована в селезінці, печінці, легенях і в разі необхідності надходить в кров. Прийом їжі, м'язова робота підвищують їх вміст в крові. В нормі кількість тромбоцитів у здорової людини становить $2-4 \cdot 10^{11}/л$, або 200-400 тис/мкл. Мають місце добові коливання: вдень тромбоцитів більше, ніж вночі. Збільшення числа тромбоцитів носить найменування «*тромбоцитоз*», зменшення - «*тромбоцитопенія*». У природних умовах число тромбоцитів піддається значним коливанням (кількість їх зростає при больовому подразненні, фізичному навантаженні, стресі), але рідко виходить за межі норми. Як правило, тромбоцитопенія є

ознакою патології і спостерігається при променевої хворобі, вроджених і набутих захворюваннях системи крові.

Основна функція тромбоцитів пов'язана з їхньою участю в згортанні крові, яка запобігає кровотечі і виходу крові з кровоносної судини. Спільно з білками плазми крові (наприклад, фібриноген) вони забезпечують згортання крові, яка витікає з пошкодженої судини, приводячи до зупинки кровотечі і тим самим захищаючи організм від крововтрати (рис. 6).



Рис. 6. Тромбоцити, які прилипли до стінки аорти в зоні пошкодження ендотеліального шару

При пошкодженні кровоносних судин тромбоцити руйнуються. При цьому з них виходить в плазму ряд речовин, необхідних для формування кров'яного згустку - тромбу. Як правило, утворення тромбу супроводжується звуженням кровоносних судин. Цьому сприяє виділення при руйнуванні кров'яних пластинок особливої судинозвужувальної речовини.

Тромбоцити допомагають "ремонтувати" кровоносні судини, прикріплюючись до пошкоджених стінок. Здатність тромбоцитів прилипати до чужорідної поверхні (адгезія), а також склеюватися між собою (агрегація) відбувається під впливом різноманітних причин. Тромбоцити продукують і виділяють ряд біологічно активних речовин: серотонін (речовина, що викликає звуження кровоносних судин, зменшення кровотоку), адреналін, норадреналін, а також речовини, що отримали назву пластинчастих чинників згортання крові. Так у тромбоцитів є різні білки, що сприяють коагуляції крові. Коли лопається кровоносна судина, тромбоцити прикріплюються до стінок судини і частково закривають посуд, виділяючи так званий тромбоцитарний фактор III, який починає процес згортання крові шляхом перетворення фібриногену в фібрин. Тромбоцити здатні виділяти з клітинних мембран арахідонову кислоту і перетворювати її в тромбоксани, які, в свою чергу, підвищують агрегаційну активність тромбоцитів. Ці реакції відбуваються під впливом ферменту циклооксигенази.

Тромбоцити беруть участь в захисті організму від чужорідних агентів. Вони здатні до пересування за рахунок утворення псевдоподій і фагоцитозу сторонніх тіл, вірусів, імунних комплексів, тим самим, виконуючи захисну функцію. Тромбоцити є джерелом лізоциму і β -лізину, здатних руйнувати

мембрану деяких бактерій. Крім того, в їх складі виявлені пептидні фактори, що викликають перетворення «нульових» лімфоцитів (0-лімфоцити) в Т- і В-лімфоцити. Ці сполуки в процесі активації тромбоцитів виділяються в кров і при травмі судин захищають організм від попадання хвороботворних мікроорганізмів.

Тромбоцити містять велику кількість серотоніну і гістаміну, які впливають на величину просвіту і проникність капілярів, визначаючи тим самим стан гістогематичних бар'єрів.

Відносно недавно встановлено також, що тромбоцити грають найважливішу роль в загоєнні і регенерації пошкоджених тканин, звільняючи з себе в пошкоджені тканини чинники росту, які стимулюють поділ і ріст пошкоджених клітин.

Тромбоцити утворюються в червоному кістковому мозку і селезінці з гігантських клітин мегакаріоцитів. Руйнування їх відбувається в селезінці.

Продукція тромбоцитів регулюється тромбоцітопоетинами. Тромбоцітопоетини утворюються в кістковому мозку, селезінці, печінці. Розрізняють тромбоцітопоетини короткочасного і тривалої дії. Перші посилюють відщеплення тромбоцитів від мегакаріоцитів і прискорюють їх надходження в кров. Другі сприяють диференціюванню і дозріванню мегакаріоцитів.

Тривалість життя тромбоцитів становить від 5 до 11 днів. Руйнуються кров'яні пластинки в клітинах системи макрофагів.

Кількість тромбоцітопоетинів підвищується при запаленні, необоротній агрегації тромбоцитів.

Система гемостазу

Під терміном «гемостаз» розуміють комплекс реакцій, спрямованих на зупинку кровотечі при травмі судин, але значення системи гемостазу набагато складніше і ширше. Фактори гемостазу беруть участь в збереженні рідкого стану крові, резистентності судинної стінки, впливають на інтенсивність репаративних процесів і ін.

Прийнято розрізняти судинно-тромбоцитарний гемостаз та процес згортання крові. У першому випадку мова йде про зупинку кровотечі з дрібних судин з низьким кров'яним тиском, діаметр яких не перевищує 100 мкм, у другому - про боротьбу з крововтратою при пошкодженнях артерій і вен. Такий поділ носить умовний характер, тому що при пошкодженні як дрібних, так і великих кровоносних судин завжди поряд з утворенням тромбоцитарної пробки здійснюється згортання крові.

Згортання крові відбувається зазвичай при кровотечі з судин в результаті взаємодії спеціальних білків, ферментів та інших речовин.

У механізмі згортання крові беруть участь понад 40 компонентів. Основними є три:

1. тромбоцити;
2. фермент протромбін (знаходиться в плазмі крові);
3. білок фібриноген (розчинений в плазмі крові).

Протромбін і тромбопластин тромбоцитів є неактивними ферментами, тому в звичайних умовах кровотоку згортання крові не відбувається.

Процес згортання крові при пораненні судин дуже складний і зводиться в кінцевій стадії до того, що фібриноген плазми крові перетворюється на нерозчинний білок фібрин, який має волокнисту будову. В результаті цього і утворюється згусток крові, що складається з переплетених ниток фібрину, між якими знаходяться формені елементи крові. При схематичному викладі процесу згортання крові в ньому можна виділити три фази.

Перша за часом фаза - утворення активного кров'яного (або повного) тромбопластину. Він утворюється в результаті взаємодії тромбопластину тромбоцитів та інших речовин, що містяться в кров'яних пластинках, з деякими білками (різні глобуліни) та іншими компонентами плазми крові. Ця взаємодія відбувається під час кровотечі, при якій кров'яні пластинки від зіткнення з краями рани руйнуються і з них в плазму надходять різні речовини, що беруть участь в згортанні крові. У згортанні крові бере участь також тканинний тромбопластин, що виділяється в плазму крові з тканин при їх пораненні.

Друга фаза полягає в тому, що під впливом активного тромбопластину в присутності іонів кальцію неактивний протромбін плазми крові перетворюється в активний фермент тромбін.

У третій фазі під впливом активного тромбіну фібриноген перетворюється на фібрин - утворюється згусток крові.

Кров людини, що виділилася з організму, згортається через 3-4 хвилини. Висока температура прискорює згортання крові, на холоді ж воно різко сповільнюється.

РОЗДІЛ IV

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота № 1

Визначення швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ) за методом Панченкова

Мета роботи: оволодіти методикою визначення швидкості осідання еритроцитів; розібрати механізм осідання еритроцитів та причини змінення ШОЕ.

Для роботи необхідно: 5% розчин цитрату натрію, апарат Панченкова (рис. 7), капіляри, донорська кров.

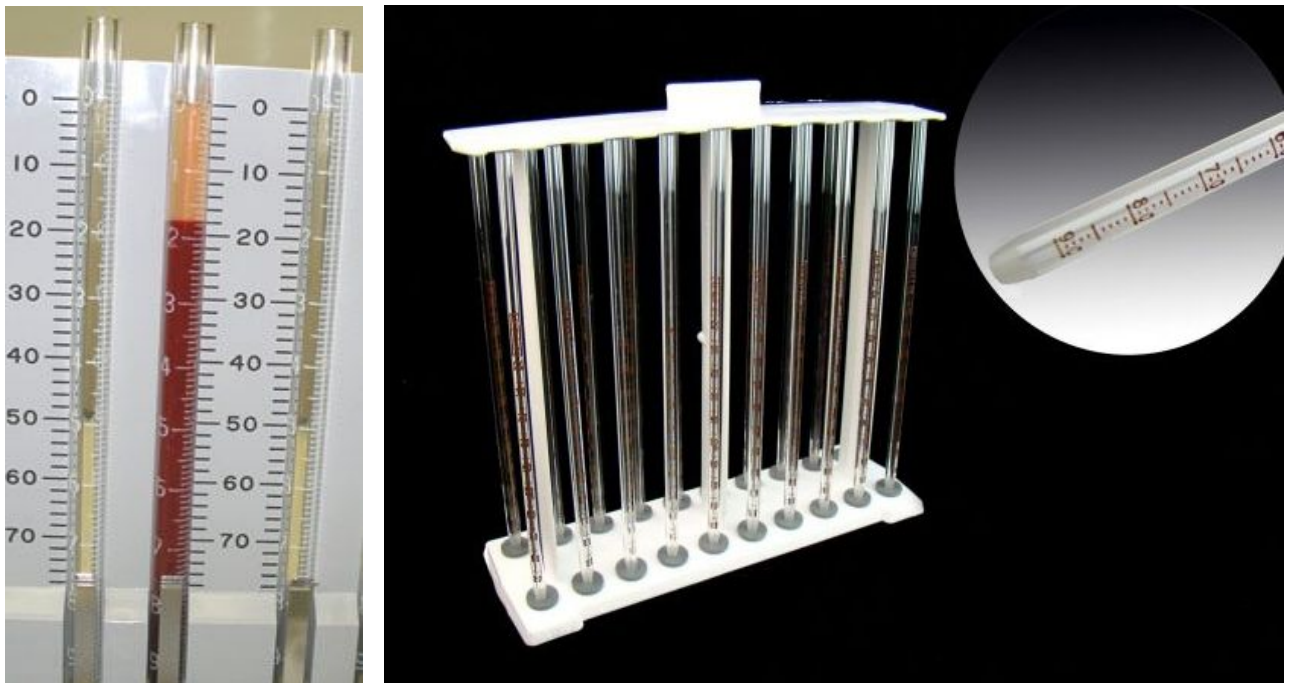


Рис. 7. Визначення ШОЕ за методом Панченкова

Хід роботи. Для визначення швидкості осідання еритроцитів використовується прибор Панченкова, що складається з штативу, в якому затискаються у вертикальному положенні спеціальні капіляри. На капілярах є шкала (в мм), яка складається з 100 поділок, мітки: «К» (кров) на рівні нуля та «Р» (реактиви) на рівні 50 мм.

1. Капіляр приладу промивають у 5 % розчині цитрату натрію.
2. Набирають розчин у капіляр до позначки Р/50 і виливають його на предметне скло.
3. Двічі набирають капіляром кров до позначки К(0), тримаючи при цьому капіляр горизонтально, випускають обидві порції крові на покривне

скло у розчин цитрату натрію. Таким чином, кров розбавляється у співвідношенні 1:4.

4. Порції крові швидко перемішують і відразу ж набирають у капіляр до позначки К (0).

5. Верхній кінець капіляра затискають вказівним пальцем, а нижній ставлять у штатив вертикально і засікають час.

6. Через годину вимірюють за шкалою капіляра висоту стовпчика плазми (у мм), що утворилась за одну годину внаслідок осідання еритроцитів. Це і являється значенням ШОЕ.

Висновки. Порівнюють отримані дані з нормою і роблять висновки.

Швидкість осідання еритроцитів у здорового чоловіка складає 1-10 мм/г, а у жінок – 2 – 15 мм/г.

Контрольні питання

1. Що таке ШОЕ та її значення.
2. Механізм підвищення ШОЕ.
3. Метод визначення ШОЕ.
4. Нормативні показники ШОЕ у людей різних вікових груп.
5. Фактори, що впливають на ШОЕ.

Лабораторна робота № 2

Визначення кількості гемоглобіну в крові людини за способом Салі

Мета роботи: оволодіти методикою визначення кількості гемоглобіну, визначити його кількість у людини; визначити основні властивості і значення гемоглобіну.

Для роботи необхідно: гемометр Салі (рис. 8), 0,1N розчин HCl, капілярна піпетка, донорська кров, дистильована вода.

Хід роботи.

1. У градуйовану пробірку гемометра Салі піпеткою наливають до нижньої колової риски 0,1N розчин HCl (0,2 мл).

2. Капілярною піпеткою насмоктують 20 мкл крові та, обтерши її кінчик ватою, видувають кров на дно градуйованої пробірки з 0,1N розчином HCl так, щоб верхній шар соляної кислоти залишався прозорим. Не виймаючи капіляру, **тричі** промивають його соляною кислотою, що знаходиться над кров'ю, але так, щоб рідина не спінувалась.

3. Суміш старанно перемішують шляхом струшування пробірки і ставлять на 5 хвилин у корпус гемометра. Еритроцити гемолізуються і розчин набуває інтенсивно бурого кольору (у пробірці утворюється солянокислий гематин).

4. Потім до пробірки додають краплями дистильовану воду до тих пір, поки колір розчину в градуйованій пробірці не буде зовсім однаковим з кольором стандартного розчину у бічних пробірках (додаючи воду, розчин перемішують скляною паличкою).

5. За нижнім меніском визначають за шкалою пробірки концентрацію гемоглобіну в грам-процентах (г%).

6. Порівнюють отримані дані з нормою і роблять висновки.

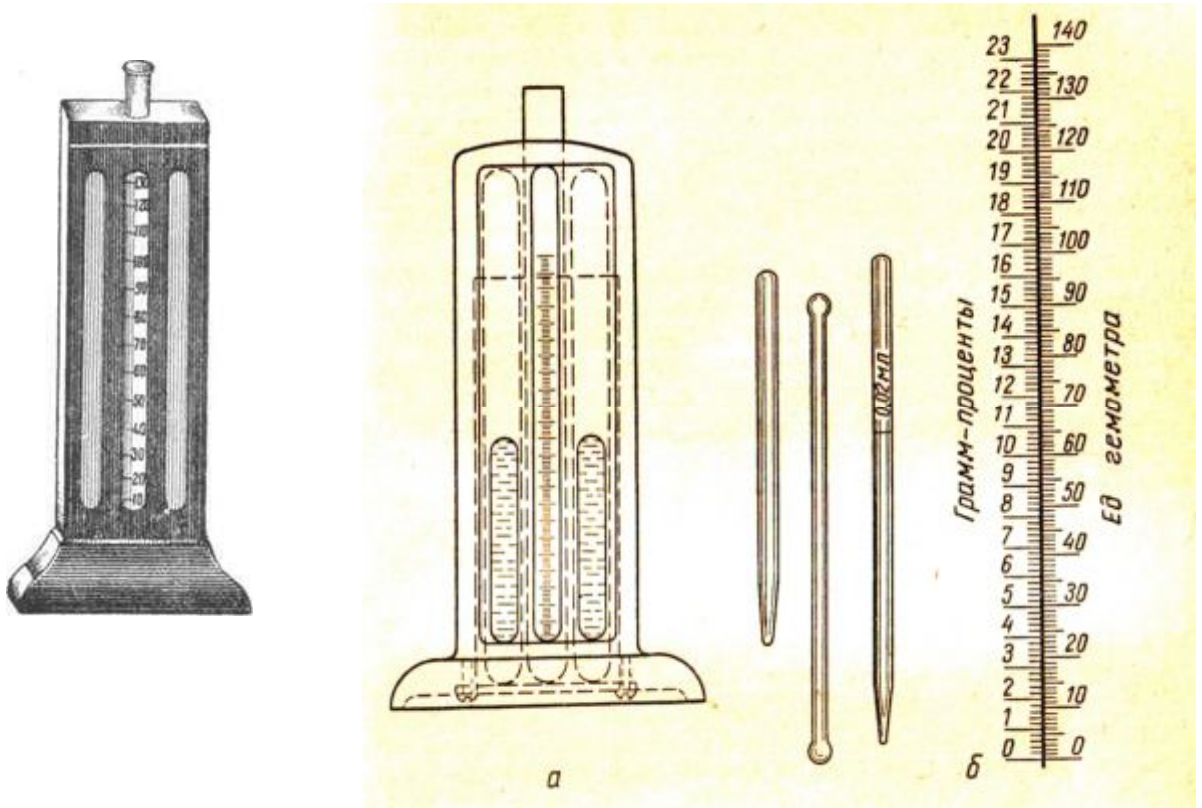


Рис. 8. Гемометр Салі

Контрольні питання

1. Гемоглобін, його склад, властивості та значення.
2. Форми гемоглобіну.
3. Методи визначення кількості гемоглобіну.
4. Нормативні показники вмісту еритроцитів та гемоглобіну.

Лабораторна робота № 3

Підрахунок кількості еритроцитів у крові людини

Мета роботи: оволодіти методикою визначення кількості еритроцитів, визначити їх кількість у людини; визначити основні властивості і значення еритроцитів.

Для роботи необхідно: мікроскоп, камера Горяєва, змішувач, покривне скельце, фізіологічний розчин (3 % розчин NaCl), донорська кров.

Камера Горяєва (рис. 9) виготовлена з товстого скла, поперечні борозни ділять її на три пластинки (дві бічні та одну середню). Середня пластинка розміщена на 0,1 мм нижче від бічних і розділена додатково поперечною борозенкою на дві рівні частини, на кожній з яких є сітка (рис. 10). Камера

має глибину 0,1 мм, а площа сітки становить 9 мм^2 . Сітка розділена на 225 великих квадратів (рис. 11-13), з яких 15 розміщені по горизонталі, а 15 – по вертикалі. Частина великих квадратів, через два на третій, розділена додатково на 16 малих квадратів, сторона кожного такого квадрата дорівнює $1/20 \text{ мм}$. Об'єм камери, що відповідає маленькому квадрату завжди дорівнює $1/4000 \text{ мм}^3$.

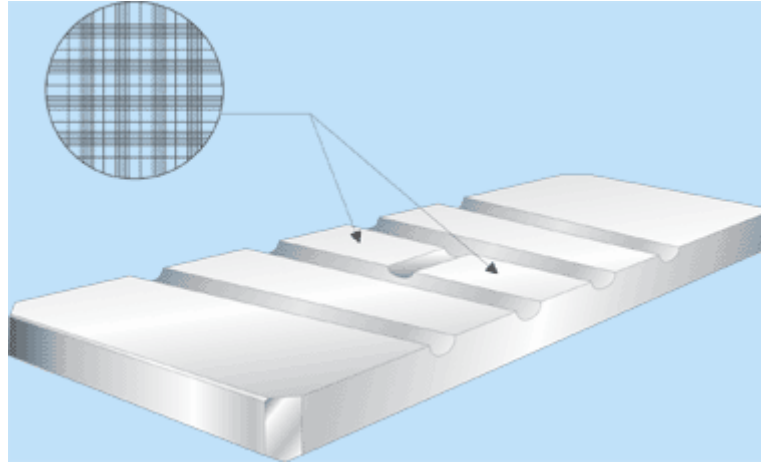


Рис. 9. Зовнішній вигляд камери Горяєва

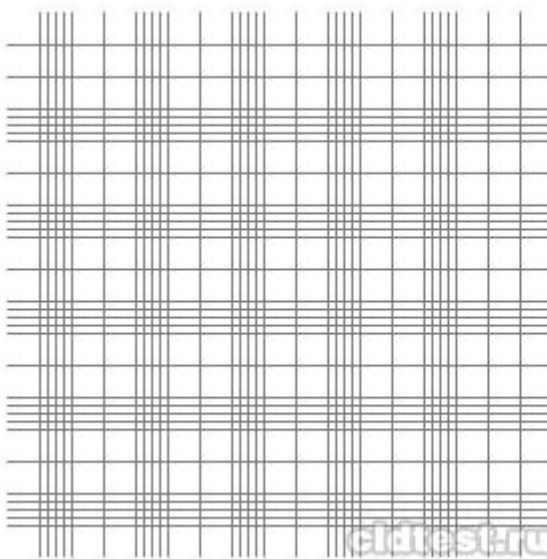


Рис 10. Сітка камери Горяєва

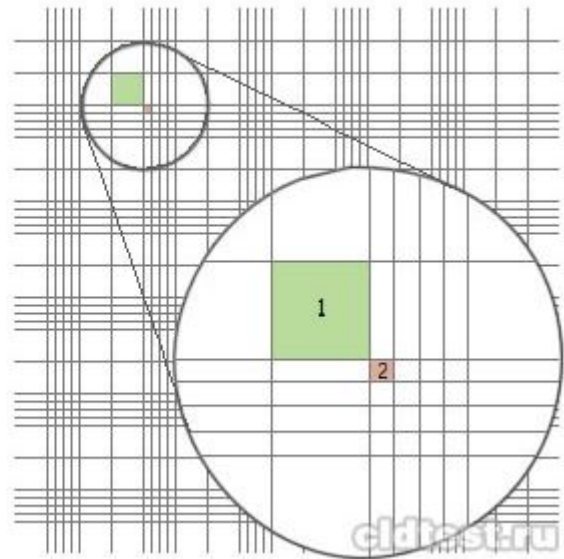


Рис 11. Великий (1) і малий (2) квадрати сітки камери Горяєва

Змішувач являє собою вузький капіляр з широкою ампулою, всередині якої є червона намистинка. Змішувач має позначки 0,5; 1 і 101.

Хід роботи.

1. До бічних країв лічильної камери щільно притирають накривне скло легкими натисканнями на краї великими пальцями правої і лівої рук до появи райдужних кілець (кіляця Ньютона).

2. Донорську кров за допомогою гумової трубочки насмоктують у змішувач еритроцитів до позначки 0,5, тримаючи його при цьому горизонтально.

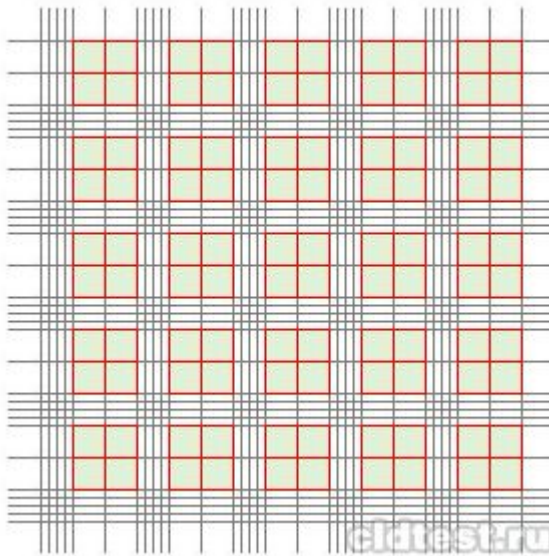


Рис 12. 100 великих квадратів сітки Горяєва

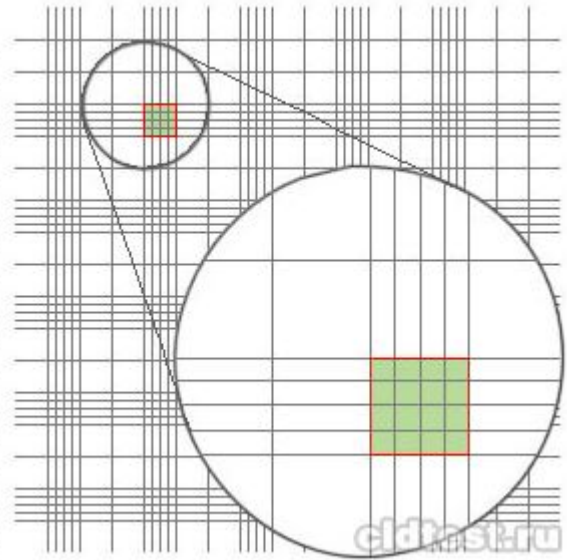


Рис 13. Великий квадрат камери камери Горяєва розділений на 16 малих квадратів

3. Опускають змішувач у склянку з 1 % розчином NaCl і, тримаючи його під кутом, заповнюють змішувач розчином до позначки 101 (кров при цьому розбавляється у 200 разів). Потім, затиснувши змішувач між великим і середнім пальцями, струшують його протягом 2-3 хвилин.

4. Перші 2-3 краплі видаляють, а потім заповнюють лічильну камеру, приклавши змішувач з краплею, що виходить, до краю покривного скла. Після заповнення камеру залишають на 2-3 хвилини, щоб еритроцити осіли на дно і рух їх припинився.

5. Лічильну камеру встановлюють на предметному столику мікроскопа, направляють освітлення і, встановивши окуляр $\times 10$ або $\times 15$ при об'єктиві 8, роблять загальний огляд. Підрахунок еритроцитів роблять при великому збільшенні об'єктива.

6. Приступають до підрахунку еритроцитів в п'яти великих квадратах (що становить 80 маленьких), розташованих по діагоналі. Для усунення дворазового підрахунку клітин, які лежать на межі малих квадратів, керуються **правилом Єгорова**: еритроцитами, які відносяться до даного квадрату, вважаються ті, що лежать як у середині квадрата, так і на лівій та верхній межах (рис. 14).

7. Кількість еритроцитів в 1 мкл крові обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A \times 4000 \times 200}{80} = A \times 10\,000,$$

де: X – кількість еритроцитів 1 мкл крові;

A – кількість еритроцитів у великих квадратах (80 маленьких);

200 – ступінь розбавлення крові;

4000 – фактор перерахунку кількості еритроцитів 1 мкл;

80 – кількість підрахованих квадратів.

8. Порівнюють отримані результати з нормою та роблять висновки.

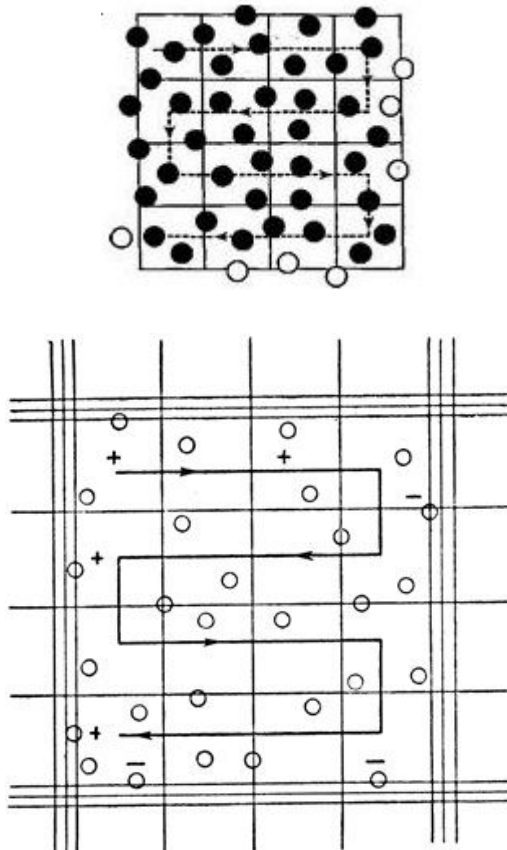


Рис. 14. Підрахунок кількості еритроцитів за правилом Єгорова

Лабораторна робота № 4

Підрахунок кількості лейкоцитів у крові людини

Мета роботи: оволодіти методикою визначення кількості лейкоцитів, визначити їх кількість у людини; визначити основні властивості і значення лейкоцитів.

Для роботи необхідно: мікроскоп, камера Горяєва, змішувач, покривне скельце, 3-5 % розчин оцтової кислоти з метиленовим синім, донорська кров.

Хід роботи.

1. Розвести зразок досліджуваної крові в 20 разів 3-5 % розчином оцтової кислоти з метиленовою синню. Для цього в чисту суху пробірку наливають 0,4 мл 5%-го розчину оцтової кислоти, яка підфарбована метиленовою синню, і вводять туди 20 мкл досліджуваної крові. Оцтова кислота руйнує еритроцити, а метиленова синь забарвлює ядра лейкоцитів.

2. Камеру і покривне скло насуху протерти марлею. Не допускається використання для протирання ватних тампонів, через що волокна залишаються на склі. Обережно притерти покривне скло до камери, злегка натискаючи на нього до появи кольорових кілець Ньютона.

3. Краплю розведеної крові ввести під притерте покривне скло в лічильну камеру. Лейкоцити підраховують при малому збільшенні мікроскопа в 25 великих квадратах сітки Горяєва за правилом Єгорова. Заповнити камеру розведеною кров'ю і витримати 1 хвилину для припинення руху клітин. При малому збільшенні (окуляр $\times 10$, об'єктив $\times 8$) порахувати лейкоцити в 100 великих квадратах.

4. Розрахунок числа лейкоцитів здійснюють, виходячи з розведення крові (20) і числа великих квадратів (100), за формулою:

$$X = \frac{A \times 4000 \times 20}{400},$$

де: X - кількість лейкоцитів в 1 мкл крові;

a - кількість лейкоцитів, порохованих в 25 великих (400 маленьких) квадратах камери Горяєва;

20 – ступінь розведення крові;

4000 - фактор перерахунку для визначення кількості лейкоцитів в 1 мкл

Контрольні питання

1. Склад крові людини.
2. Форма еритроцитів і їх розмір.
3. Функції еритроцитів та лейкоцитів.
4. Кількість еритроцитів та лейкоцитів у крові здорових людей.
5. Фізіологічні коливання кількості еритроцитів та лейкоцитів.
6. Методи визначення кількості еритроцитів та лейкоцитів.
7. Загальні властивості лейкоцитів.
8. Типи лейкоцитів.
9. Лейкоцитарна формула.
10. Метод визначення кількості лейкоцитів.

Лабораторна робота № 5

Підрахунок кількості тромбоцитів у крові людини за методом Джавадяна

Мета роботи: оволодіти методикою визначення кількості тромбоцитів, визначити їх кількість у людини; визначити основні властивості і значення тромбоцитів.

Для роботи необхідно: мікроскоп, камера Горяєва, змішувач, покривне скло, розчин цитрату натрію, хлориду натрію, метиленового синього з формаліном, донорська кров. Для приготування розчину на 100 мл дистильованої води беруть 3,8 г цитрату натрію, 0,57 г хлориду натрію, 0,15 г метиленового синього. Розчин кип'ятять, охолоджують, фільтрують і додають до нього 2-3 краплі формаліну.

Хід роботи. Проколюють скарифікатором палець і набирають в змішувач для еритроцитів кров до позначки 0,5. Негайно розбавляють її розчином до мітки 101 (в 200 разів). Ретельно перемішують, струшуючи

змішувач, кінці якого при цьому затискають першим і третім пальцями правої руки; відкладають змішувач на 10-15 хв для того, щоб тромбоцити забарвилися метиленовим синім.

Після повторного перемішування випускають 2-3 краплі розчину на ватку і одну краплю в лічильну камеру під покривне скло.

Підрахунок тромбоцитів ведеться під великим збільшенням. При правильному дотриманні всіх умов тромбоцити розподіляються в камері рівномірно між еритроцитами і мають вигляд блакитних брил. Підраховують їх кількість в 25 великих квадратах і обчислюють кількість тромбоцитів в 1 мкл крові за формулою:

$$X = \frac{C \times 4000 \times 20}{400},$$

де, X – кількість тромбоцитів в 1 мкл крові;

C – кількість тромбоцитів в 25 великих (400 маленьких) квадратах;

200 - ступінь розведення крові;

4000 - коефіцієнт перерахунку для визначення кількості тромбоцитів в 1 мкл.

Порівнюють отриманий результат з нормою і роблять висновок.

Лабораторна робота № 6

Визначення часу згортання крові за методом Альтгаузена

Мета роботи: оволодіти методикою визначення кількості тромбоцитів, визначити їх кількість у людини.

Для роботи необхідно: предметне скло, скарифікатор.

Хід роботи. Кров беруть з пальця руки людини. Ретельно промивають і сушать скло зігрівають на долоні до температури тіла і наносять на нього 2-3 краплі крові. Через кожні півхвилини проводять через кров скарифікатором, поки за голкою не потягнеться перша нитка фібрину. Скло при цьому або тримають на долоні, або кладуть на марлю.

Порівнюють отриманий результат з нормою і роблять висновок.

Контрольні питання

1. Загальні властивості тромбоцитів.
2. Функції тромбоцитів.
3. Кількість тромбоцитів в крові здорової людини.
4. Методи визначення кількості тромбоцитів.
5. Механізми зупинки кровотечі.
6. Основи процесу згортання крові.
7. Методи визначення часу згортання крові.

Лабораторна робота № 7

Визначення груп крові

При переливанні крові від людини до людини можливі тяжкі реакції, іноді зі смертельним результатом. Це відбувається тому, що еритроцити людини містять антигени або аглютиногени (А і В), які вступають при переливанні у реакцію з антитілами (аглютинінами α і β). Внаслідок починається склеювання (аглютинація) еритроцитів. Тяжкість реакції залежить від групової приналежності крові донора та реципієнта.

У людей – чотири комбінації аглютиногенів і аглютининів системи АВО, які позначаються так: I (O) -, II (A) – A, III (B) – B і IV - (AB).

Характеристика груп крові. система АВО

У крові однієї людини не може бути однойменних аглютиногенів і аглютининів, тому що при цьому відбувалося б масове склеювання еритроцитів, що є несумісним з життям. За наявності в крові тих чи інших аглютиногенів і аглютининів кров людей ділять на чотири групи.

В еритроцитах крові групи I, або, як її називають, групи O, немає аглютиногенів, а в плазмі містяться два аглютинини - α і β .

В еритроцитах крові групи II, або групи A, міститься аглютиноген A, а в плазмі - аглютинин β .

В еритроцитах крові групи III, або групи B, містяться аглютиноген B, а в плазмі - аглютинин α .

Нарешті, в групі IV, або групі AB, в еритроцитах містяться два аглютиногени - A і B, а в плазмі аглютинини відсутні.

Групові властивості крові передаються у спадок і не змінюються протягом індивідуального життя.

Аглютиногени (антигени) - це складні поліцукридно-амінокислотні антигенні комплекси, вмонтовані у мембрани еритроцитів, а також інших клітин організму людини. Вони виявляються вже на 7-8-му тижні розвитку плода.

Аглютинини (антитіла) мають білкову природу. Важливо, що в нормі у крові немає антитіл до власних антигенів. Це пояснюється тим, що імунна система організму запрограмована на заборону продукування антитіл до «своїх» антигенів. З іншого боку, ця ж система виробляє, починаючи з 6-8-місячного віку, аглютинини α і β до антигенів, яких немає в організмі. Пояснення цьому явищу ще немає, але припускають, що такими антигенами в даному разі можуть бути речовини кишкової мікрофлори чи їжі, яку споживає молодий організм.

Аглютиногени A і α , а також B і β називаються однойменними. Аглютинація (склеювання) еритроцитів відбувається у тому випадку, коли еритроцити донора зустрічаються з однойменними аглютинінами реципієнта: A + α , B + β або AB + α β . Звідси видно, що у крові кожної людини знаходяться різнойменні аглютиногени і аглютинини.

При переливанні крові між групами, в яких містяться аглютиногени й аглютиніни, наприклад А (II група) та В (III група), в організмі реципієнта виникає реакція аглютинації — склеювання еритроцитів донорської крові, що може призвести до загибелі хворого. У табл. 6 наведено результати змішування різних груп крові, наявність аглютинації позначено знаком (+).

Таблиця 6. Реакція аглютинації при змішуванні крові людей різних груп

Аглютиніни крові реципієнта	Аглютиногени донорської крові			
	I (O)	II (A)	III (B)	IV (AB)
I (α і β)	-	+	+	+
II (β)	-	-	+	+
III (α)	-	+	-	+
IV (0)	-	-	-	-

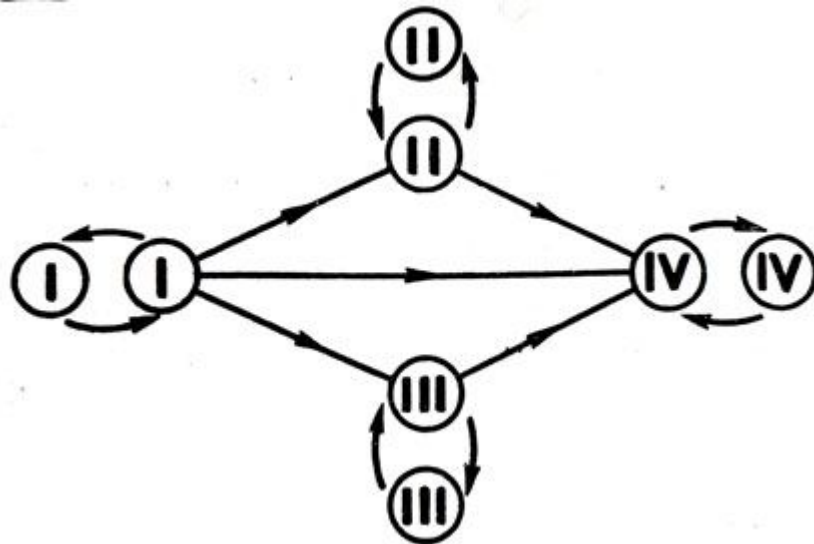


Рис. 12. Схема переливання крові

Хоча дані таблиці 6 та рис. 12 свідчать про можливість переливання крові різнойменних груп, наприклад крові групи 0 (I) усім особам з кров'ю інших груп системи АВО, нині гематологи користуються правилом переливання тільки однойменних груп крові. Це пов'язано з тим, що в крові 0 (I)- і А (II)-груп виділено інші антигени (0, H, A₂, A₃), які не виявляються звичайними методами визначення груп крові, що може призвести до помилки під час установлення групи крові.

Описана система груп крові за своїми ізоантигенами дістала назву системи АВО. Крім того, на мембрані еритроцитів кожної людини міститься також велика кількість інших ізоантигенів, які утворюють інші системи груп крові: MN, P, Lu (Лютеран), Кідд, Даффі та ін. На сьогодні відомо понад 400 ізоантигенів, з яких можна скласти понад 500×10^9 комбінацій, що набагато перевищує населення земної кулі. Наведені числа вказують на те, що за

винятком монозиготних близнюків на Землі не існує двох людей з імунологічно абсолютно ідентичною групою крові. Антигенні властивості переважної більшості антигенів настільки слабкі, що вони не виявляються при переливанні крові. Їх потрібно враховувати при трансплантації органів, коли вони діють на імунну систему реципієнта протягом тривалого часу і можуть провокувати вироблення антитіл та відторгнення трансплантата. Саме тому підбір адекватного донора є однією з найскладніших проблем трансплантології.

Біологічне значення поліморфізму груп крові у людини і тварин (див. нижче) ще не з'ясовано. Можливо, це є проявом постійно діючої еволюції виду. Принаймні можна стверджувати, що практично кожний індивід імунологічно неповторний і, що надзвичайно важливо, імунна система людини здатна відрізнити «свої» клітини і білки від «чужих».

Географічний розподіл груп крові.

Існують певні особливості географічного розподілу груп крові. Так, у Центральній Європі кількісні співвідношення між людьми, що мають різні групи крові, є такими: більше 40 % жителів Центральної Європи мають групу крові II (A), приблизно 40 % - групу I (O), більше 10 % III (B), і близько 6 % - групу IV (AB).

У 90 % корінних жителів Америки відзначена група I (O).

Більше 20 % населення Центральної Азії мають групу крові III (B).

Групи крові у тварин. Групи крові існують у всіх хребетних тварин. Вже у риб виявлено групи крові, причому різні у різних видів однієї родини: у райдужної форелі - 3 групи, у тайменя - 4; у каліфорнійської сардини знайдено дві системи груп крові. Земноводні та плазуни обстежені значно менше, проте і у них виявлено не тільки видові, а й групові (внутрішньо-видові) гемаглютиніни.

Таблиця 7. Успадкування груп крові

Батько	Мати	У дитини може бути
(O) I	(O) I	I (O)
(O) I	A (II)	I (O); II (A)
(O) I	B (III)	I (O); III (B)
(O) I	(AB) IV	II (A); III (B)
(A) II	(A) II	I (O); II (A)
(A) II	AB (III)	I (O); II (A); III (B); IV (A;B)
(B) III	B (III)	I (O); III (B)
(A) II	(AB) IV	II (A); III (B); IV (A;B)
(B) III	(AB) IV	II (A); III (B); IV (A;B)
(AB) IV	(AB) IV	II (A); III (B); IV (A;B)

Цікаво, що у деяких амфібій знайдено антиген, ідентичний до D-антигену людини. Птахи мають багато груп крові, у курей їх знайдено більше 10.

Групи крові у ссавців, особливо у свійських тварин, вивчено краще, і у більшості з них також виявлено велику кількість груп крові: у коней - 11, великої рогатої худоби і свиней - 10 різних систем груп крові, у овець - 3 системи груп крові, дві з яких є ідентичними до груп крові у великої рогатої худоби. І лише у людиноподібних мавп групи крові подібні до тих, що є у людей. Так, майже у всіх досліджуваних шимпанзе кількісно переважає група А, виявлено антигени Rh (D і M), але не знайдено антигенів груп крові S, P і Lu.

Мета роботи: оволодіти методикою визначення груп крові та резус-фактора, засвоїти принцип розподілу крові людей на групи.

Для роботи необхідно: набір сироваток крові (рис. 13), предметне та накривне скельце, спирт, вата, скарифікатор, донорська кров.

Хід роботи.

Варіант А.

Чисте предметне скло розмішують на білий папір та наносять (не змішуючи) по краплині стандартних сироваток I, II, III груп, які містять відповідно аглютиніни: α ; β ; β та α (Варіант А; рис. 14).



Рис. 13. Набір стандартних сироваток крові

Потім проколюють палець та одним куточком покривного скельця переносять невелику кількість крові, яка виступила, в краплину сироватки I групи. Іншим чистим кутом скельця таку ж кількість крові переносять у сироватку II групи та третім чистим кутом – у сироватку III групи. Кожного разу кров ретельно змішують з краплиною сироватки.

За реакцією аглютинації спостерігають протягом 2-3 хв., періодично коливаючи предметне скельце. При відсутності аглютинації краплина залишається рівномірно зафарбованою. При аглютинації краплина складається з грудочок червоного кольору, розділених прозорою сумішшю плазми та стандартної сироватки. Групу крові встановлюють в залежності від аглютинації (рис. 14).

1. При відсутності аглютинації з усіма трьома сироватками кров належить до I (O) групи.

2. При аглютинації з сироватками I та III груп кров належить до II (A) групи.
3. При аглютинації з сироватками I та II груп кров належить до III (B) групи.
4. При аглютинації з сироватками I, II, III груп кров належить до IV (AB) групи.

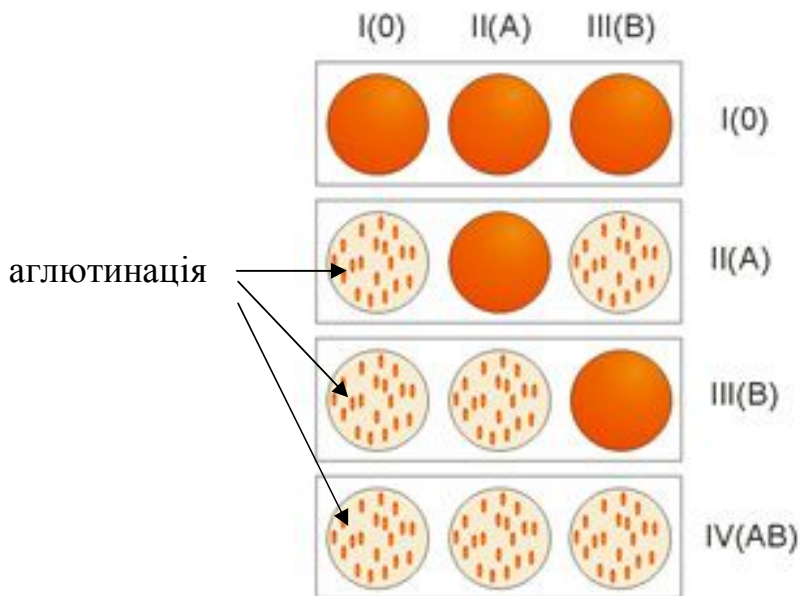


Рис. 14. Схема визначення груп крові при використанні 3-х стандартних сироваток

Варіант Б. При використанні сучасних стандартних сироваток I та II груп, які містять відповідно аглютиніни α і β , групу крові встановлюють в залежності від аглютинації за наступним правилом (рис. 15):

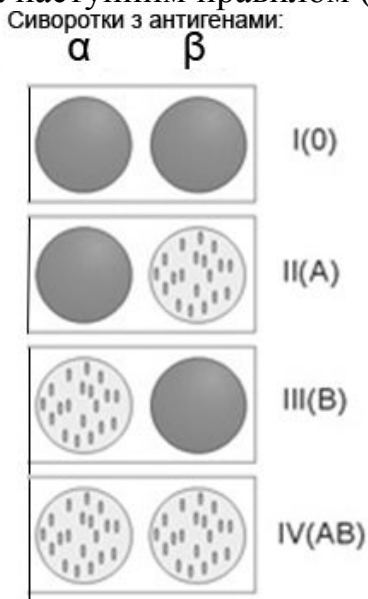


Рис. 15. Схема визначення груп крові при використанні 2-х стандартних сироваток

1. При відсутності аглютинації з обома сироватками кров належить до I (O) групи.
2. При аглютинації з сироваткою I групи кров належить до II (A) групи.
3. При аглютинації з сироваткою II групи кров належить до III (B) групи.
4. При аглютинації з сироватками I і II груп кров належить до IV (AB) групи.

Аналізують одержаний результат та роблять висновок.

Контрольні питання

1. Принцип розподілу крові людей на різні групи.
2. Фактори, які визначають несумісність крові різних людей.
3. Групи крові за системою АВО, способи їх визначення.
4. Поняття гемаглютинації.
5. Яка група крові внесена у краплі сироватки, якщо аглютинація відбулася в I-й та III-й краплях?
6. Яка група крові внесена у краплі сироватки, якщо аглютинація відсутня?
7. Яка група крові внесена у краплі сироватки, якщо аглютинація відбулася в усіх краплях?

Лабораторна робота № 8

Визначення резус-фактору крові людини експрес-методом

Крім системи АВО виражену антигенну несумісність виявляє система резус (Rh). Резус-фактор в еритроцитах людини був виявлений Карлом Ландштейнером та І. Вінером у 1940 році. Резус-фактор - це аглютиноген, точніше група антигенів (С, D, Е та ін.), серед яких найактивнішим є антиген D. Серед аглютиногенів, що не входять в систему АВО, найважливішим є резус-фактор (або резус-аглютиноген). Він міститься у 85 % людей (резус-позитивна кров); у 15 % людей він відсутній (резус-негативна кров). Якщо кров людини, яка містить резус-фактор, перелити людині, яка його не має, то у неї утворюються імунні антитіла антирезус-аглютиніни. Повторне введення такої людині резус-позитивної крові може привести до розвитку гематотрансфузійних ускладнень.

Цілоком природно, що відповідного антитіла анти-D-аглютиніну у резус-позитивних людей у крові немає. Однак немає його і у резус-негативних людей. Тому останні ніяк не реагують на перше переливання їм крові з Rh-позитивним D-антигеном. Проблеми виникають при повторних переливаннях, коли Rh-позитивні еритроцити донора стимулюють вироблення Rh-позитивних антитіл у крові Rh-негативного реципієнта. Цей процес відбувається досить повільно, протягом кількох місяців, і наступне переливання Rh-позитивної крові Rh-негативній людині спричинює аглютинацію з відповідними наслідками.

Резус-конфлікт. Резус-фактор створює певні проблеми в акушерстві. Якщо в утробі Rh-негативної матері розвивається плід, який успадковує батьківський Rh-позитивний фактор, то в результаті може розвинутих резус-конфлікт. Rh-позитивні еритроцити плода, проникаючи крізь плаценту в кров матері, сприяють вироблення Rh-антитіл в її організмі. Останні, як молекули малих розмірів, легко проникають крізь плацентарний бар'єр у кров плода, що може призвести до розвитку гемолітичної хвороби і навіть загибелі плода. Як правило, перша вагітність проходить без ускладнень, але наступні, якщо не вжити спеціальних заходів, можуть становити загрозу життю плода. Подібний імунологічний конфлікт може мати місце і в системі АВО у випадках гетероспецифічної вагітності - коли в крові плода наявний антиген, якого немає в крові матері.

В таблиці 8 наведено дані щодо можливого резус-фактора крові дитини в залежності від резус-фактора крові батьків. Як відомо, при наявності в геномі людини домінуючої алелі гена білка резус-фактора D, кров людини буде завжди Rh-позитивною (DD або Dd). Але навіть якщо обоє батьків будуть мати резус-позитивну кров, в них може народитися дитина (з 25 % ймовірністю) з Rh-негативною кров'ю (якщо один з батьків буде нести гетерозиготну алель Dd: ♀DD × ♂Dd = 75 % **Rh+** 25 % **Rh-**). Якщо батьки будуть мати генотип, який включає дві домінуючі алелі D, то 100 % в них народиться дитина з Rh-позитивною кров'ю: ♀DD × ♂DD = 100 % Rh.

Таблиця 8. Можливий розподіл у відсотках належності крові дитини до Rh-позитивної та Rh-негативної крові від резус-фактора батьків

<i>Батько</i>	<i>Мати</i>	<i>Дитина</i>
+	+	75-100 % Rh+ 0-25 % Rh-
+	-	75-100 % Rh+ 0-25 % Rh-
-	+	75-100 % Rh+ 0-25 % Rh-
-	-	100 % Rh-

Існують певні особливості географічного розподілу крові за резус-фактором (табл. 9). В індіанців Америки та корінних жителів Полінезії антигену D взагалі немає. Нерівномірно поширений і Rh-фактор серед європейців: найбільше Rh-негативних людей в Англії — 15,6 %, а евенки Магадана усі мають Rh-негативну кров.

Мета роботи: оволодіти методикою визначення резус-фактора крові, засвоїти принцип розподілу крові людей на резус-позитивну та резус-негативну кров.

Для роботи необхідно: набір сироваток крові для визначення резус-фактора, предметне та покривне скло, спирт, вата, скарифікатор, донорська кров.

Таблиця 9. Розподіл частоти реєстрації Rh-позитивної та Rh-негативної крові у різних національностях

Національність	Частота реєстрації, %	
	Резус-позитивні	Резус-негативні
Українці	86	15
Норвежці	85	15
Араби	72	28
Ескімоси	99-100	0-1
Мексиканці	100	0
Американські індіанці	90-98	2-10
Австралійські аборигени	100	0
Китайці	98-100	0-2
Японці	99-100	0-1
Баски	64	36

Хід роботи.

1. На предметне скло наносять по краплі стандартної антирезус-сироватки і поряд з сироваткою розміщують краплю досліджуваної крові (розмір краплі крові повинен бути вдвічі меншим від краплі сироватки).

2. Скляною паличкою перемішують краплю крові з краплею стандартної антирезус-сироватки, утворюючи загальну краплю розміром з 1-копійчану монету. Для кращого виявлення наявності або відсутності аглютинації можна додати в проби по краплі фізіологічного розчину.

3. Якщо досліджувана кров резус-позитивна, то в пробі зі стандартною антирезус-сироваткою буде аглютинація еритроцитів; якщо кров резус-негативна, аглютинація відсутня.

Висновки. Аналізують отриманий результат і роблять висновки.

Контрольні питання

1. Що таке резус-фактор та методи його визначення.
2. Обґрунтувати, що треба знати вагітним резус-негативним жінкам?
3. Розкрийте фізіологічні основи переливання крові.

Стандартні нормативні показники крові

Показники крові	Нормативні значення
Загальні білки	біля 7,2 % (в плазмі)
Сироватковий альбумін	4 %
Сироватковий глобулін	2,8 %
Фібриноген	0,4 %
Мінеральні солі	0,9—0,95 %
Глюкоза	3,33—5,55 ммоль/л
Гемоглобін, г/л	
Чоловіки	130 - 160
Жінки	120 - 140
Еритроцити, млн/мл	
Чоловіки	4,5 - 5,0
Жінки	4,0 - 4,5
Гематокрит, %	
Чоловіки	40 - 48
Жінки	36 - 42
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	27 - 31
Середній об'єм еритроциту, мкм ³	80 - 100
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, г/дл	30 - 38
Ретикулоцити, ‰ (або %)	2,0-12,0 (0,2-1,2)
Тромбоцити,	300 тис/мл
Лейкоцити, тис/мкл	4,0 - 9,0
Нейтрофіли, % (10 ⁹ /л)	
паличкоядерні	1,0-6,0 (0,04-0,30)
сегментоядерні	47,0-72,0 (2,0-5,5)
Еозинофіли	0,5-5,0 (0,02-0,3)
Базофіли	0-1,0 (0-0,065)
Лімфоцити	19,0-37,0 (1,2-3,0)
Моноцити	3,0-11,0 (0,09-0,6)
Тромбоцити, *10 ⁹ /л	180 - 320
ШОЕ, мм/год	2 - 20
Чоловіки	1 - 10
Жінки	2 - 15
Жінки вагітні	До 45

Список літератури

1. Чайченко Г.М. та ін. Фізіологія людини і тварин. – К.: Вища шк., 2003. – С. 107 – 134.
2. Гушинский А.А. и др. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии: Учебн. пособие для студентов биол. спец. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1990. – 239 с.
3. Руководство по физиологии. Физиология системы крови. – Л.:Наука, 1968. – 36 с.
4. Батуев А.С., Никитина И.П., Журавлев В.Л., Соколова И.Н. Малый практикум по физиологии человека и животных. – СПб.: Из-во С.-Петербургского ун-та, 2001. – 38 с.
5. Ноздрачев А.Д. и др. Общий курс физиологии человека и животных. – М.: Высш. шк., 1991. – кн.2. – С. 274 – 316.
6. Шмидт Р., Тевс Г. И др. Физиология человека. – М.: Мир, 1996. – том 2. – С. 567 – 603.
7. Физиологические показатели организма здорового человека: Морфологический состав и биохимические показатели крови / Е.К. Алимova и др. – Ростов на Дону., 1985. – 84 с.
8. Физиология кровообращения /Отв. ред. Б.И. Ткаченко. – Л.: Наука, 1984. – 652 с.

Навчальне видання**Укладачі:**

Іонов Ігор Анатолійович
Комісова Тетяна Євгеніївна
Слюсарев Володимир Федорович
Шаповалов Сергій Олегович

ФІЗІОЛОГІЯ КРОВІ ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**Методичні рекомендації
для студентів вищих навчальних закладів
до лабораторних занять з курсу
«Фізіологія людини»**

Частина 3. Фізіологія крові та внутрішнього середовища

**Відповідальний за випуск: Іонов І.А.
Комп'ютерна верстка: Іонов І.А.
Коректор: Коваленко Л.П.**