ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

імені Івана Боберського

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Нормальна фізіологія людини”

ЛЕКЦІЯ № 9

Тема лекції:

ФІЗІОЛОГІЯ СИСТЕМИ КРОВІ

План.

1. Склад та основні функції крові.
2. Фізико-хімічні властивості крові.
3. Фізіологія формених елементів крові.
4. Механізм згортання крові.
5. Групи крові. Переливання крові.
6. Зміни в крові при м’язовій роботі. Регуляція системи крові.

Тривалість лекції: 2 академічні години

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні

кафедри анатомії і фізіології

"27" серпня 2025 р.

протокол № 1

Зав. кафедри Вовканич Л.С.

Львів – 2025

1. Склад та основні функції крові

Об'єм крові в дорослої людини становить 6-8% маси тіла (4-6 л). В нормальних умовах в стані спокою частина крові (40-50% всієї маси) циркулює в судинах - *циркулююча кров*, а решта знаходиться в депо - *депонована кров*. Депонована кров знаходиться в капілярах селезінки (16%), печінки (20%) та підшкірної клітковини (10%). Підвищення температури тіла, м'язова робота, сильні емоції (викид адреналіну) викликають збільшення кількості циркулюючої крові за рахунок крові з депо.

Кров складається з плазми і завислих в ній клітин - форменних елементів. До формених елементів належать: червоні кров'яні тільця (*еритроцити*), білі кров'яні тільця (*лейкоцити*) і кров'яні пластинки (*тромбоцити*). Об'єм плазми складає 55-60% об'єму крові, решта 40-45% належать форменним елементам. Найчисельнішими із них є еритроцити. Частина об'єму крові, яку займають еритроцити, називається у відсотках називається *гематокритом*. Він становить у чоловіків – 44-46 %, а у жінок – 41-43 %.

У людини плазма крові містить 90-91% води і 9-10% сухого залишку, що складається з *органічних* (*білки та органічних сполуки небілкової природи) та неорганічних (солі)* речовин. Переважну частину становлять органічні сполуки, і лише близько 1% - неорганічні.

У дорослих людей *білки* складають 6,6-8,2% плазми. Найважливіші з них *альбуміни* (біля 4,5%), *глобуліни* (2,8-3,1%) і фібриноген (біля 0,4%). *Білки плазми* мають велике значення:

- для створення онкотичного тиску (30 мм. рт. ст.);
- для транспорту ряду речовин (альбуміни): гормонів, білірубіну, металів, і ін.
- для підтримання кислотно-лужної рівноваги;
- забезпечують певну в'язкість крові;

- сприяють стабілізації крові, перешкоджаючи осіданню еритроцитів;
- беруть участь в зсіданні крові (фібриноген);
- є важливими факторами імунітету (гама-глобуліни).

Загальна кількість *небілкового (залишкового) азоту* в плазмі - 30-40 мг%. Половина його складає сечовина. Крім того в плазмі є ще амінокислоти, поліпептиди, сечова кислота, креатин, креатинін, аміак. В плазмі знаходяться ще безазотисті *органічні речовини*: глюкоза (80-120мг% або 4,44-6,66 мМ) та молочна кислота (9-12 мг% або 0,33-0,78 мМ).

Мінеральні речовини крові складають 0,9%. Основними іонами плазми крові є Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, PO_4^-, HCO_3^- та ін. Мінеральні речовини плазми створюють певний *осмотичний тиск*.

Кров, лімфа і тканинна рідина утворюють *внутрішнє середовище організму*, що омиває всі клітини і тканини тіла. Внутрішнє середовище характеризується сталим складом і фізико-хімічними властивостями, що постійно контролюється і коректується певними органами для забезпечення відносно постійних умов існування клітин організму. *Ця відносна стабільність концентрації розчинених речовин, температури і pH називається гомеостазом*. Таким чином, крові належить важлива роль у підтриманні гомеостазу внутрішнього середовища нашого організму. У цьому зв'язку вона виконує ряд *функцій*:

1. *Транспортну* функцію. Кров переносить
   1.1. *дихальні гази* (кисень та вуглекислий газ), виконуючи *дихальну функцію*. Кисень переноситься від легенів до органів, а вуглекислий газ - від тканин до легенів.
   1.2. поживні речовини: *глюкозу, амінокислоти, поліпептиди, жири, вітаміни, мінеральні речовини*, виконуючи *трофічну функцію (функцію живлення)*.
   1.3. кров виносить з тканин *кінцеві продукти обміну* речовин: аміак, сечовину, сечову кислоту та ін., які потім виділяються з організму

нирками, потовими залозами, легенями і кишечником. Це лежить в основі *видільної* (*екскерторної*) функцію крові.

1.4. *гормони та інші біологічно-активні* речовини і тим самим бере участь в гуморальній регуляції. Це *регуляторна функція* крові.

1.5. завдяки безперервному руху і значній теплоємкості кров сприяє перерозподілу *тепла* в організмі. Це *терморегулююча функція* крові.

2. *Гомеостатичну функцію.* Кров бере участь у підтриманні гомеостазу (підтримання водно-сольового балансу кислотно-лужної рівноваги, концентрації глюкози і ін.).
3. *Захисну функцію.* Ця функція виконується різними складовими крові, які забезпечують знешкодження збудників захворювань та чужорідних білків, тобто *рідинний і клітинний імунітет*. До захисної функції належить також система *зсідання*, що запобігає виникненню великих втрат крові при пошкодженнях судин.

2. Фізико-хімічні властивості крові.

Питома вага крові людини дорівнює 1,050-1,060 г/мл. Вона залежить в основному від кількості еритроцитів або кількості гемоглобіну, який в них міститься. Питома вага зростає після втрати води організмом і зменшується при втраті крові. Кров має властивості суспензії, тобто в нормі формені елементи знаходяться у зрівноваженому стані.

В'язкість крові зумовлена внутрішнім тертям при переміщенні. Якщо в'язкість води прийняти за одиницю, то в'язкість плазми дорівнює 1,7-2,2, а в'язкість цільної крові біля 5,0. В'язкість залежить в основному від кількості еритроцитів і менше - від складу плазми. Тривала робота середньої важкості знижує в'язкість крові, а важка робота підвищує її.

Реакція крові (pH) залежить від концентрації водневих (H^+) і гідроксильних (OH^-) іонів. Показник активної реакції (pH) артеріальної крові - 7,4; pH венозної - 7,35 (більший вміст вуглекислоти). Фізіологічні процеси

та біохімічні реакції оптимально протікають при певній величині pH. pH підтримується в організмі на досить стійкому рівні за рахунок:

- буферних систем рідин внутрішнього середовища та тканин
- виділення вуглекислого газу легенями
- виділення кислот чи затримки основ нирками.

Буферні властивості мають розчини, які містять слабку (малодисоційовану) кислоту та її сіль, утворену сильною основою. При додаванні до такого розчину кислоти або лугу pH змінюється мало. До *буферних систем крові* належать: *карбонатна* (вугільна кислота - двовуглекислий натрій і калій)*; фосфатна* (одноосновний - двоосновний фосфорнокислий натрій)*; білків крові; гемоглобінова.* Приблизно 75% буферної здатності крові зумовлено гемоглобіном.

У випадку крбонатної буферної системи аніони сильної кислоти витісняють аніон вугільної кислоти із сполук з натрієм чи калієм. При цьому утворюється вільна вугільна кислота, що під впливом ферменту *карбоангідрази* розпадається до води і вуглекислого газу, який видаляється у легенях. Основи з'єднуються з вугільною кислотою, утворюючи карбонати. В обох випадках зсув pH відсутній. Компоненти фосфатноїх буферної системи мають різні властивості – слабкої кислоти чи слабкої основи. Тому кислоти чи луги взаємодіють із ними за незмінного pH.

Як правило, в організмі утворюється більше кислот (напр. молочна кислота), ніж лугів. Тому запаси лужних речовин у крові (в основному це солі слабких кислот) багатократно перевищують запаси кислот. Їх ще називають *лужним резервом крові*. Вимірюють ці резерви у кількості вуглекислого газу, який може бути зв'язаний 100 мл крові без зсуву його напруження.

Не зважаючи на наявність буферних систем при деяких фізіологічних, а особливо патологічних станах спостерігається зсув активної реакції в кислу сторону (*ацидоз*) і зсув у лужну сторону (*алкалоз*). Крайніми межами є величини 7,0-7,8. Більші зрушення можуть привести до важких патологій і до

смерті. Тривале зміщення pH у людини навіть на 0,1-0,2 в порівнянні з нормою може бути згубним для організму. Слід зазначии, що під час фізичних навантажень pH крові може знижуватись до 6,9-6,8.

Осмотичний та онкотичний тиск. Мінеральні речовини крові складають 0,9%. Фізіологічне значення сольового складу має величезне значення для : 1) підтримання відносно постійного осмотичного тиску крові; 2) підтримання pH крові; 3) обміну речовин і 4) стану колоїдів.

Осмотичний тиск - це сила, що зумовлює рух води через напівпроникну мембрану. Мінеральні речовини плазми (в основному хлористий натрій) створюють певний *осмотичний тиск*. (7,3 атм., 5600 мм. рт. ст.), що є важливим для збереження цілісності еритроцитів. Штучні розчини, які мають однаковий з кров'ю осмотичний тиск називаються *ізотонічними*. Ізотонічним для людини та теплокровних тварин є 0,9% розчин NaCI (фізіологічний розчин). Розчини, які мають більший осмотичний тиск, ніж кров, називаються *гіпертонічними*, а менший - *гіпотонічними*. Різкі коливання осмотичного тиску в тканинах приводить до порушення їх діяльності і навіть до загибелі. Сталість осмотичного тиску зберігає цілісність еритроцитів.

Особливе значення для підтримання осмотичного тиску має сталість білкового складу плазми. Осмотичний тиск, що залежить від білків в плазмі, називається *онкотичним* і складає 1/20-1/30 атм. (30-35мм рт.ст.). Онкотичний тиск має важливе значення для процесів фільтрації та розподілу води між кров'ю та тканинами організму. Білки, поглинаючи воду, затримують її всередині судинної системи. При пошкодженні нирок білок з'являється в сечі, падає онкотичний тиск крові і в хворої людини виникають набряки. Такі зміни деколи спостерігаються у спортсменів при бігу на наддовгі дистанції.

На коливання осмотичного тиску плазми крові особливо чутливо реагують еритроцити. В гіпотонічних розчинах вода входить всередину еритроцитів, вони набрякають і тріскають. Відбувається руйнування

або *гемоліз* еритроцитів. При концентрації солей нижче 0,44% отримують розчин гемоглобіну у воді (лакова кров). В гіпертонічних розчинах вода виходить з еритроцитів, вони зморщуються і руйнуються. При незначному коливанні осмотичного тиску еритроцити володіють здатністю зберігати цілісність своєї структури - *осмотичною стійкістю або резистентністю*.

Крім осмотичного існують інші види гемолізу:

- хімічний (руйнування еритроцитів під впливом хлороформу, ефіру та ін. хімічних чинників та отрут);
- механічний (при струшуванні і т.д.);
- термічний (позмінне заморожування і відтаювання крові);
- фізіологічний (проходить постійно в селезінці та печінці).

3. Фізіологія формених елементів крові.

До формених елементів належать: червоні кров'яні тільця (*еритроцити*), білі кров'яні тільця (*лейкоцити*) і кров'яні пластинки (*тромбоцити*).

Еритроцити. (червоні кров'яні тільця) – найбільш численні формені елементи. У чоловіків в 1 мкл крові міститься в середньому 5 млн. еритроцитів, у жінок - 4,5 млн. Збільшення кількості еритроцитів у крові має назву *еритроцитоз*, а зменшення – *еритропенія* або *анемія*. Кількість еритроцитів у крові визначають шляхом підрахунку у камері Горяєва, та за допомогою автоматичних приладів, що реєструють світлопоглинання суспензії чи зміну опору у трубці при проходженні через неї еритроцитів.

Форма еритроцита дорослої людини - двоввігнутий диск, діаметр - 7-8 мкм, ядро відсутнє, цитоплазма однорідна, містить гемоглобін. Форма еритроцита забезпечує більшу поверхню для контакту з дихальними газами (загальна площа усіх еритроцитів – 3600 $м^2$) та більшу здатність до зворотної деформації при проходженні через вузькі зігнуті капіляри. В міру старіння клітин пластичність еритроцитів зменшується, що є однією з причин їх руйнування.

Хоча клітини крові у нормі знаходяться у стані суспензії, проте при відстоюванні у пробірці чи при центрифугуванні форменні елементи, питома вага яких вища, осідають на дно пробірки. При цьому зверху формується тонкий жовтуватий прошарок плазми, нижче – білий шар лейкоцитів і найнижче – товстий червонуватий шар еритроцитів. Це явище покладене в основу визначення *ШОЕ* – швидкості осідання еритроцитів, яка у чоловіків у нормі становить 4-6 мм/год, а у жінок – 6-10 мм/год. На цей показник впливає функціональний стан організму. Зокрема, при запальних процесах ШОЕ зростає, а посилені фізичні навантаження супроводжуються зменшенням ШОЕ.

Еритроцити утворюються в червоному кістковому мозку плоских кісток (хребці, грудина, ребра). Для цього необхідні вітаміни B_{12} і фолієва кислота. Незрілі еритроцити мають ядро і наз. ретикулоцитами. При дозріванні ядро зникає, цитоплазма заповнюється дихальним пігментом - гемоглобіном (Hb), що складає 95% сухої речовини еритроцита. Дозрілі еритроцити циркулюють в крові 100-120 днів і руйнуються клітинами ретикуло-ендотеліальної системи печінки, селезінки та кісткового мозку. Крім цього, будь-яка інша тканина здатна руйнувати кров'яні тільця, про що свідчить зникнення "синців" (підшкірних крововиливів).

Еритроцити виконують кілька *функцій*: транспорт газів, підтримання pH крові, участь у водно-сольовому обміні та в різних ферментативних процесах розчеплення білків, жирів і вуглеводів.

Основною функцією еритроцитів є транспорт газів – кисню та вуглекислого газу. Цю функцію вони виконують завдяки наявності пігменту *гемоглобіну*. В середньому у крові дорослої людини міститься 140-158 г/л гемоглобіну (14%, 7-8,1 мМ, 70-82 одиниці по Салі). Кількість гемоглобіну визначають методом Салі за світлопоглинанням стабільної форми гемоглобіну, методом колориметрії за кольоровим показником, за рівнем заліза у крові, чи за здатністю крові поглинати O_2.

Гемоглобін зв'язує кисень і бере участь в транспорті вуглекислого газу. Гемоглобін (МВ 68000) складається з білка глобіну і чотирьох молекул гема. Молекула гема містить атом заліза і має здатність приєднувати та від'єднувати молекулу кисню. Гемоглобін, який приєднав кисень перетворюється в *оксигемоглобін* (HbO_2), цей процес має назву *оксигенації*. Оксигемоглобін віддає кисень в тканинах і перетворюється у *відновлений або редукований гемоглобін* (Hb), який ще називають *дезоксигемоглобіном.*. Процес цей називається дезоксигенацією. В тканинах гемоглобін приєднує вуглекислий газ і перетвороється на *карбогемоглобін* ($HbCO_2$). При цьому він дещо змінює колір. Оксигемоглобін характеризується яскраво-червоним забарвленнм, яке визначає колір артеріальноїх крові, а дезоксигемоглобін – темнішого кольору, що відповідає венозній крові. Різниця у забарвленні гемоглобіну і оксигемоглобіну є основою для вивчення насиченості крові киснем – *оксигемометрії*.

В результаті отруєння сильними окислювачами (анілін, перманганат калію) можуть утворюватись досить стійка сполука - *метгемоглобін* (MetHb) коричневого кольору. При отруєнні окисом вуглецю (чадним газом) утворюється *карбоксигемоглобін* ($HbCO_2$). Ця сполука у 150-300 разів стійкіша, ніж HbO_2 і не здатна транспортувати кисень. Тому домішка навіть 0,1% чадного газу веде до зв'язування 80% гемоглобіну, є небезпекою для життя. Чадний газ міститься в газах міського середовища (транспорт, підприємства зі шкідливим виробництвом), димі сигарет.

Кількість еритроцитів і гемоглобіну може змінюватись під впливом зовнішніх факторів (атмосферний тиск, клімат і ін.), систематичних занять спортом. У спортсменів часто реєструється підвищений вміст еритроцитів (6 млн у мкл) та гемоглобіну. Саме кількість гемоглобіну обумовлює *кисневу ємкість крові*, тобто кількість кисню, яку здатна зв'язати кров людини. Киснева ємкість 100 мл крові, що містить 14% гемоглобіну становить 20 мл кисню.

Крім того, в скелетних м'язах та серці є ще м'язовий гемоглобін - *міоглобін*, який відіграє важливу роль в забезпеченні киснем працюючих м'язів.

Лейкоцити.

Лейкоцити або білі кров'яні тільця відіграють важливу роль в захисних процесах в організмі. У них наявні ядро і цитоплазма, живуть від 2-4 до 12-15 днів. Кількість лейкоцитів в 1 мкл крові дорослої людини - 6-8 тис, ця кількість коливається у залежності від часу доби і функціонального стану організму. Збільшення їх кількості називається *лейкоцитозом* , а зменшення - *лейкопенією*.

Головні функції лейкоцитів:

- *фагоцитоз* – поглинання чужорідних часточок;
- *діапедез* - здатність до амебоїдного руху;
- продукція *антитіл*;
- знешкодження і видалення токсинів білкової природи.

Лейкоцити поділяються на дві великі групи: *зернисті* (*гранулоцити*) і *незернисті* (*агранулоцити*).

Зернисті (70-75% від усіх лейкоцитів) в свою чергу поділяються на три підгрупи, в залежності від барвника, яким вони забарвлюються:

Еозинофіли (2-4% всіх лейкоцитів) забарвлюються кислими фарбами (еозин - рожевий). Вони знешкоджують токсини білкового походження (глистна інвазія, алергічні захворювання). Збільшення числа еозинофілів (більше 6%) - *еозинофілія*.

Базофіли (0,5-1%) фарбуються основними барвниками (сині). Протоплазма має гранули, що містять *гепарин*, який запобігає зсіданню крові. Їх кількість змінюється лише при тяжких патологічних процесах. у їх гранулах також міститься *гістамін*, що викликає розширення судин, спазм бронхів, сверблячу висипку.

Нейтрофіли (65-70% всіх лейкоцитів) фарбуються нейтральними барвниками (рожево-фіолетові). Основна їх функція - *фагоцитоз* і *виділення*

антитіл. *Фагоцитоз* (від гр. фаго - пожираю) - явище відкрите І.І.Мечніковим - це здатність до захоплення і знешкодження бактерій. Один лейкоцит здатний захопити до 15-20 бактерій. Виділяють кілька форм нейтрофілів:

- юні (0-1%);
- паличкоядерні (3-5%)
- зрілі, сегментоядерні нейтрофіли (50-70%) здатні виконувати свої функції.

Нейтрофіли становлять найважливіший елемент неспецифічного захисту організму. Вони накопичуються у місцях пошкодження тканин чи проникнення мікроорганізмів та знешкоджують їх.

До *агранулоцитів* належать

- моноцити (6-8%)
- лімфоцити (25-30%).

Моноцити - це гігантські фагоцитуючі клітини. При розвитку запалення вони допомагають нейтрофілам. Збільшення числа моноцитів (більше 10%) - *моноцитоз*.

Лімфоцити розвиваються переважно в лімфатичних вузлах, а також частково в тимусі, селезінці і беруть участь у формуванні імунітету. Збільшення числа лімфоцитів (більше 40%) - *лімфоцитоз*. Зменшення числа лімфоцитів - *лімфопенія* (може розвиватись під впливом іонізуючої радіації).

Лімфоцити відіграють основну роль у розвитку захисних реакцій організму, зокрема *специфічного клітинного та гуморального імунітету.*. У загальному, в організмі наявні *неспецифічні та специфічні захисні механізми.* Кожен із них представлений *клітинними* (обумовленими клітинами) та *гуморальними* (обумовленими розчиненими речовинами) реакціями. Неспецифічні механізми знешкоджують усі чужорідні тіла, специфічні – лише ті, що уже надходили в організм. Специфічні механізми базуються на вибіркових хімічних реакціях – *імунних відповідях*. *Антигени* – це потенційно хвороботворні речовини (бактерії, чужорідні білки і ін.), при контакті з

якими в організмі виробляються *антитіла*. *Антитіла* - це специфічні захисні речовини, що виробляються в організмі при контакті з антигенами. Роль антитіл відіграють імуноглобуліни плазми, для захисту також мають велике значення лімфоцити із специфічними функціями. В результаті зв'язування формується комплекс антиген-антитіло, у якому антиген втрачає патологічну активність.

До речовин, що забезпечують *неспецифічний гуморальний імунітет* належать *"природні антитіла"* (утворюються при контакті із природною мікрофлорою), білок *лізоцим* (пригнічує ріст бактерій і вірусів), білок *інтерферон* (утворюється після попадання у клітину живих чи мертвих вірусів). *Неспецифічний клітинний імунітет* забезпечується фагоцитарною здатністю гранулоцитів, моноцитів, тромбоцитів і лімфоцитів.

Специфічний гуморальний імунітет обумовлений антитілами до білків, що раніше уже надходили в організм. Обумовлений він функціонуванням В-лімфоцитів, що складають лише невелику частину лімфоцитів крові. Дозрівши, вони виходять у кров і розносяться її потоком у селезінку, лімфатичні вузли. Після контакту з антигеном вони розмножуються, частина перетворюється у *клітини імунологічної пам'яті*, а частина – у *плазматичні клітини,* що осідають у лімфатичних вузлах і виробляють антитіла. *Специфічний клітинний імунітет* обумовлений тією частиною лімфоцитів, яка проходить дозрівання у вилочковій залозі або *тимусі.* Після дозрівання утворені Т-лімфоцити надходять у кров, становлячи переважну фракцію лімфоцитів. Після контакту з антигеном частина цих клітин зв'язується з антигеном та руйнує його, а частина – перетворюється у *Т-клітини імунологічної пам'яті*.

Тромбоцити.

Тромбоцити (кров'яні пластинки) - утворення овальної або круглої форми, діаметром 2-5 мкм, у людини без'ядерні, тривалість життя – 5-11 днів. Кількість тромбоцитів у крові людини в 1 ммл 200-400 тисяч. Для тромбоцитів характерна здатність до *адгезії* (прилипання до стінок судин з

утворенням агрегатів), здатність до переміщення, участь у процесах зсідання крові. Вони здатні до фагоцитозу, беруть участь у забезпеченні імунітету. Утворюються кров'яні пластинки в червоному кістковому мозку і селезінці. Тромбоцити запобігають кровотечам. Вони виділяють речовину (*серотонін*), яка звужує судини, а також підвищує зсідання крові.

4. Механізм згортання крові.

Зсідання крові (*гемокоагуляція*) - перехід крові з рідкого стану в желеподібний згусток. Це біологічно важлива захисна реакція організму, що запобігає крововтратам. На місці поранення дрібної судинки утворюється тромб - кров'яний згусток, який закриває її і проходить зупинка кровотечі - *гемостаз*.

В здорової людини кров із дрібних судин перестає текти уже через 1-3 хв. Це *первинний гемостаз* майже повністю обумовлений звуженням судин і закупоркою їх агрегатами тромбоцитів. Незворотна агрегація тромбоцитів, обумовлена дією тромбіну, відбувається у ході *вторинного гемостазу*.

Первинний гемостаз розпочинається внаслідок адгезії (прилипання) тромбоцитів до волокон сполучної тканини, наявних по краях рани. При цьому з тромбоцитів виділяється АТФ, АДФ та серотонін. Під впливом серотоніну відбувається звуження кровоносних судин, внаслідок чого просвіт рани зменшується. АДФ викликає агрегацію тромбоцитів, внаслідок чого вони формують щільний тромб, який і закриває просвіт рани.

Вторинний гемостаз включає у себе фазу зсідання крові. Зсідання крові - складний ферментативний процес, в якому беруть участь 13 факторів зсідання, відсутність будь-якого з них порушує протікання цього процесу. Але спрощено цей процес можна представити у вигляді 3-х фаз:

- *утворення тромбопластину;*
- *утворення тромбіну;*
- *утворення фібрину.*

Тромбопластин може бути кров'яного (із тромбоцитів) та тканинного (із пошкоджених клітин судин і інших тканин) походження. Для утворення кров'яного і тканинного тромбопластину необхідна наявність цілого ряду факторів та іонів кальцію. При порушенні процесу зсідання (відсутність антигемофільного фактора чи фактора Крістмаса) виникає захворювання гемофілія - знижена гемокоагуляційна здатність. Гемофілія передається по спадковості.

Тромбопластин взаємодіє із білком плазми крові *протромбіном* ($б_2$-глобулін, 66800 Да), який внаслідок цього у присутності іонів Ca^{2+} перетворюється в *тромбін*. Утворений *тромбін* розщеплює молекулу *фібриногена* (340000 Да) на дві субодиниці. Утворені субодиниці електростатично взаємодіють між собою і, "злипаючись", утворюють нитки *фибрин-полімеру.* Цей процес відбувається у присутності Ca^{2+}, утворенй полімер ще не досить міцний. Закріплення зв'язків відбувається у присутності *фібринстабілізуючого фактора*. Під впливом *тромбостеніна,* що виділяється із тромбоцитів, відбувається стискання, ущільнення (*ретракція*) утвореного фібринового згустку. При цьому із нього витискається *сироватка* – плазма крові без фібрину.

Поряд з системою зсідання в крові є *система антизсідання*, яка запобігає внутрісудинному зсіданню крові і забезпечує розщеплення тромбів у випадку їх виникнення в кровоносному руслі. Завдяки цій системі тромбоутворення не поширюється за межі місця пошкодження. При цьому розщеплення фібрину здійснюється ферментом *плазміном*. Утворюється плазмін за допомогою тканинних та кров'яних *активаторів плазміногену*. Під їх впливом відбувається перетворення глобуліну плазми *плазміногену* у *плазмін.*

Існують природні антикоагулянти. Сюди відноситься *гепарин*, який утворюється базофілами в печінці (від гр. гепар - печінка), нявний у базофілах. Гепарин перешкоджає дії тромбіну на фібриноген (III стадія), а також пригнічує активність тромбопластину (II стадія). *Кумарин* – антагоніст

вітаміну К, який необхідний для утворення протромбіну. До антикоагулянтів належить і речовина із слини п'явок – *гірудин*, що перешкоджає дії тромбіну на фібриноген. До речовин, що запобігають зсіданню, належать оксалати, цитрати, ЕГТА, які зв'язують Ca^{2+}.

Отже, в крові існують одночасно дві системи зсідання та антизсідання. В нормі вони знаходяться в певній рівновазі для запобігання внутрісудинному зсіданню крові. Ця рівновага може порушуватись при деяких захворюваннях та пораненнях, а також при неадекватних для організму фізичних навантаженнях.

5. Групи крові. Переливання крові.

Переливання крові має величезне значення для збереження життя при крововтратах і при деяких захворюваннях. Встановлено, що людині не можна переливати кров тварин, або невідповідну кров іншої людини, бо в такому випадку відбувається *аглютинація* - склеювання еритроцитів, що може спричинити смерть. Кров переливають лише після того, коли вивчені властивості крові *донора* (того, хто дає кров) і *реципієнта* (кому переливають).

Початок дослідження груп крові був покладений у 1901 р., коли Ландштейнер описав систему груп крові АВО. За цією системою кров всіх людей ділиться на чотири основні групи. Існування чотирьох груп пояснюється тим, що в плазмі знаходяться *аглютиніни* (α і β) - склеюючі речовини (антитіла, білки з фракції γ-глобулінів), а на поверхні еритроцитів - *аглютиногени* (А і В) - речовини, які склеюються (антигени). Аглютинація відбувається за умови співпадіння .аглютинінів і аглютиногенів, наприклад α і А.

- I група крові (О, αβ). Еритроцити не мають аглютиногенів, а плазма містить аглютиніни α і β .
- II група (А, β). Еритроцити містять А, а плазма - β.
- III група (В, α). Еритроцити містять В, а плазма - α.

- IV група (АВ, О). Еритроцити містять А і В, а плазма не має аглютинінів.

На сучасному етапі найкращим методом переливання крові вважають *аутотрансфузію*, тобто коли реципієнт заздалегідь запасає власну кров і виступає у якості донора. Якщо це неможливо, вважається допустимим переливання крові однієї і тієї ж групи.

Проте за умов відсутності крові групи, аналогічної до групи реципієнта, можна виконувати міжгрупове переливання. При цьому слід керуватись правилами переливання та перевіряти кров на сумісність. Еритроцити I групи (О) не склеюються ніякими сироватками. Отже, кров I групи можна переливати людям всіх груп (універсальний донор), оскільки значно розведені аглютиніни не будуть склеювати еритроцити реципієнта. Тоді, коли в I групу можна влити лише кров I групи. Людям IV групи можна перелити кров всіх чотирьох груп (універсальний реципієнт), оскільки вона не містить аглютинінів. Кров IV групи можна переливати лише людям IV групи. Людям II і III групи можна переливати кров одноіменної групи, а також кров I групи. Кров II і III групи можна переливати людям відповідної групи, а також IV групи.

Для клініки має значення також визначення груп крові за антигеном D - Rh-фактором (резус-фактор). Цей аглютиноген, міститься в еритроцитах 85% людей (резус-позитивна кров). У 15% людей резус-фактор відсутній (резус негативна кров). Цей фактор вперше відкритий Ландштейнером і Вінером в 1940 р. в крові мавп макак (*Macacus resus*). При введенні еритроцитів Rh+ донора Rh- реципієнту, останній може загинути внаслідок гемолізу навіть при сумісній групі крові донора. Аглютингіни у резус-негативного реципієнта утворюються лише після сенсибілізації. тобто першого переливання йому резус-позитивної крові. Тому повторне переливання може призвести до аглютинації і смерті реципієнта.

6. Зміни в крові при м’язовій роботі. Регуляція системи крові.

При короткочасній інтенсивній роботі зростає число *еритроцитів* (до 5,5-6,0 млн. в 1 мм), а вміст гемоглобіну підвищується на 10-15% (міогенний еритроцитоз) внаслідок виходу крові з депо. При тривалій інтенсивній роботі число еритроцитів зменшується, зростає кількість незрілих форм ретикулоцитів, знижується кількість гемоглобіну. При виснажливій роботі (багатоденні велогонки) кількість Hb може становити нижче 11 мг% по Салі. При цьому пригнічується кровотворна функція, і відновний період в такому випадку може тривати 6-7 днів.

Особливо чутливо реагують на м'язову роботу лейкоцити. В розвитку міогенного лейкоцитозу спостерігається три фази.

1. *Лімфоцитарна* (збільшення лейкоцитів до 10-12 тис. в 1 $мм^3$, а лімфоцитів до 40-50%) наступає зразу після невеликих короткочасних фізичних навантажень в результаті виходу крові з депо і надходження лімфоцитів з лімфатичних залоз.

2. *Нейтрофільна* (кількість лейкоцитів зростає до 16-18 тис. в 1 $мм^3$, вміст нейтрофілів збільшується до 70-80%, збільшується кількість незрілих форм - паличкоядерних і юних) наступає через 30-60 хвилин після інтенсивної та тривалої роботи і є результатом стимуляції гемопоезу.

3. "*Ітоксикаційна*" наступає після надмірних тривалих фізичних навантажень. Спостерігається два типи цієї фази: а) при першій (регенеративній) загальне число лейкоцитів збільшується до 30-50 тис. в 1 $мм^3$, зростає число юних і паличковидних форм, а кількість лімфоцитів падає до 3-10%; б) при другій (дегенеративній) зменшується загальне число лейкоцитів, з'являються дегенеративні форми лейкоцитів. "Інтоксикаційна" фаза тривала, число і склад лейкоцитів відновлюється лише за декілька діб.

При інтенсивній м'язовій роботі спостерігається *міогенний тромбоцитоз* - збільшення числа тромбоцитів в 2-5 разів, що підвищує зсідання крові.

При м'язовій роботі великої інтенсивності спостерігається короткочасний зсув реакції крові в кислу сторону (компенсований ацидоз) на

0,05-0,14%. Може спостерігатись зниження pH крові до 6,95 (декомпенсований ацидоз). Зсув реакції крові в кислу сторону зв'язаний з нагромадженням кислот, особливо молочної, концентрація, якої зростає до 190-250 мг/% замість 10-20 мг/% в нормі. Кількість креатину може зростати від 2,6-3,3 мг% до 6,4 мг%, сечовини – від 19-22 мг% до 40 мг%, може спостерігатись зникнення окремих фракцій імуноглобулінів, що призводить до погіршення імунітету. Можливе зменшення вмісту глюкози у крові (від 110 мг% до 50-40 мг%).

При інтенсивній м'язовій роботі підвищується в'язкість крові внаслідок виходу форменних елементів з депо і значних втрат води організмом, що значно утруднює роботу серця.

Тривалі тренування на витривалість, особливо за зменшеного атмосферного тиску, призводять до збільшення числа еритроцитів та вмісту у крові гемоглобіну. При цьому також відбувається збільшення об'єму циркулюючої крові (20%).

Регуляція системи крові проходить двома шляхами: 1) нервовим, 2) гуморальним. *Нервова система* здійснює рефлекторні перерозподільні реакції, які впливають на об'єм і склад крові, а також впливає на кровотворення. Центрально-нервова регуляція здійснюється в основному через гіпоталамус, а також через інші вегетативні нервові центри. Впливи гіпоталамуса через симпатичну систему стимулюють кровотворення (посилюють еритропоез), а через парасимпатичну - гальмують еритропоез. Нервова система виявляє прямий вплив на діяльність кісткового мозку і опосередкований через специфічний гуморальний стимулятор еритропоезу - *еритропоетин*.

Гуморальна регуляція здійснюється через гемопоетини (еритропоетин, лейкопоетин, тромбопоетин), а також різні залози внутрішньої секреції. Еритропоетин (або гемопоетин, або еритропоетичний стимулюючий фактор) головним чином утворюється в нирках і менше - в печінці та ін. тканинах. Коли концентрація еритроцитів в крові недостатня, тканини відчувають

дефіцит кисню (гіпоксію). Недостатня кількість кисню в тканинах, особливо в нирках посилює утворення еритропоетину. Таким чином, кількість еритроцитів в крові регулюється автоматично: чим є більша необхідність в кисні, тим більше число еритроцитів, і навпаки.

При зниженні вмісту лейкоцитів в крові з'являються лейкопоетини (гуморальні стимулятори лейкоцитозу), які підсилюють утворення гранулярних лейкоцитів (гранулоцитопоез).

Гіпофіз. Аденокортикотропний або соматотропний гормон посилює утворення всіх кістково-мозкових елементів. При цьому в крові зростає кількість еритроцитів і лейкоцитів. Для активації еритропоезу гіпофіз виділяє ще спеціальний еритропоетичний гормон. Глюкокортикоїди стимулюють утворення еритроцитів і гальмують - лімфоцитів.

Наднирники. Глюкокортикоїди впливають на гемопоез, мінералкортикоїди - на об'єм циркулюючої крові. Адреналін і норадреналін регулюють як гемопоез, так і об'єм циркулюючої крові.

Статеві залози. Чоловічі ті жіночі статеві гормони протилежно впливають на кровотворення. Введення жінкам чоловічих статевих гормонів збільшує вміст всіх форменних елементів в крові, а особливо кількість еритроцитів і гемоглобіну.

В регуляції системи крові величезне значення має селезінка. Вона бере участь в кровотворенні (утворюються тут лімфоцити і моноцити), в перерозподілі крові (депо) та в розпаді старих клітин крові. Продукти розпаду еритроцитів стимулюють еритропоез. Для утворення еритроцитів необхідні ще вітаміни B_{12} і фолієва кислота.

Література

1. Вовканич Л.С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л.С.Вовканич, Д.І.Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.

2. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр": у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л.: ЛДУФК, 2011. – Ч. 1. – 344 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/10059

3. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.

4. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.

5. Клінічна фізіологія [Текст] : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / В. І. Філімонов. - К. : Медицина, 2013. – 735 с.

6. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.

7. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. К. Вища школа.- 1991. – С.3-33.

8. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 1. / Джон Е. Голл, Майкл Е. Голл. – К: Медицина, 2022. – 648 с.

9. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом: 14-е видання: у 2 томах. Том 2. / Джон Е. Голл, Майкл Е. Голл. – К: Медицина, 2022. – 584 с.

10. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. – К.: Здоров’я, 1994. – 608 с.

11. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.

12. Фізіологія [Текст] : підруч. для студентів вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / [В. Г. Шевчук та ін.] ; за ред. чл.-кор. НАПН України, проф. В. Г. Шевчука. - Вид. 2-ге, випр. і допов. - Вінниця : Нова Книга, 2015. – 447 с

13. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Л. : ЛДУФК, 2013. – 208 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/9261

14. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м’язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків та ін. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с.

15. Фізіологія людини: підручник / В.І. Філімонов, 4-е видання – К: Медицина, 2021, – 448 с.

16. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів / В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Бєлан [та ін..] ; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.

17. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.