



Система крові, її основні функції

Склад крові

Внутрішнє середовище організму - сукупність рідин (кров, лімфа, тканинна рідина та ін), які беруть безпосередню участь в процесах обміну речовин і підтримки гомеостазу в організмі.

Кров – це фізіологічна система, яка включає в себе:

- 1) периферичну (циркулюючу і депоновану) кров;**
- 2) органи кровотворення;**
- 3) органи руйнування крові;**
- 4) механізми регуляції.**

Особливості системи крові

- 1) динамічність, тобто склад периферичного компоненту може постійно змінюватися;
- 2) відсутність самотійного значення, так як всі свої функції виконує в постійному русі, тобто функціонує разом з системою кровообігу.
- Її компоненти утворюються в різних органах.

Функції крові :

1. Дихальна функція.
2. Трофічна функція.
3. Забезпечення водно-сольового обміну.
4. Екскреторна функція.
5. Гуморальна регуляція.
6. Захисна функція.
7. Гемостатична функція.
8. Терморегуляторна функція.



✓ Транспортна функція заключається в перенесенні більшості біологічно активних речовин з допомогою білків плазми (альбумінів і глобулінів).

✓ Дихальна функція здійснюється у виді транспорту кисню та вуглекислого газу.

✓ Живильна функція полягає в тому, що кров доставляє до всіх органів і тканин поживні речовини – білки, вуглеводи, ліпіди.



✓ За рахунок наявності високої теплопровідності, високої тепловіддачі та здатності легко і швидко переміщатися з глибоких органів до поверхневих тканин кров регулює рівень теплообміну організму з навколишнім середовищем.



✓Через кров доставляються до місць виділення продукти метаболізму.

✓Органи кровотворення та кроворуйнування підтримують на постійному рівні різні показники, тобто забезпечують гомеостаз.



✓Захисна функція полягає в участі в реакціях неспецифічної резистентності організму (вроджений імунітет) і в набутому імунітеті, системі фібринолізу за рахунок наявності в складі лейкоцитів, тромбоцитів і еритроцитів

Кров є суспензією, так як складається з зважених в плазмі формених елементів – лейкоцитів, тромбоцитів і еритроцитів.

% СПІВВІДНОШЕННЯ ПЛАЗМИ І ФОРМЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРОВІ – ГЕМАТОКРИТ

Співвідношення плазми і формених елементів залежить від того, де знаходиться кров.

В циркулюючій крові переважає плазма – 55-60 %, вміст формених елементів – 40-45 %.

У депонованій крові, навпаки, плазми – 40-45 %, а формених елементів – 50-60 %.

Об'єм циркулюючої крові (ОЦК)

- Об'єм циркулюючої в судинах крові (ОЦК) є однією з **констант** організму.
- У **чоловіків** ОЦК близько 7% маси тіла.
- У **жінок** близько 6% маси тіла.
- У **новонароджених** крові близько 10% маси тіла.
- Лише до періоду статевого дозрівання ОЦК поступово приходить до рівня дорослих.
- У **спортсменів**, здатних виконувати фізичне навантаження протягом тривалого часу, ОЦК доходить до 10% маси тіла.

Плазма крові

- Плазма складає рідку частину крові і є **водно-сольовим розчином білків**.
- Складається на **90-95 % води і 8-10 % сухого залишку**.
- До складу сухого залишку входять неорганічні та органічні речовини. До органічних відносяться білки, азотовмісні речовини небілкової природи, безазотисті органічні компоненти, ферменти.

Білки становлять 7-8 % сухого залишку
(що становить 67-75 г/л)

- Вони відрізняються за будовою, молекулярною масою, вмістом різних речовин.
- При збільшенні концентрації білків виникає **гіперпротеїнемія**, при зменшенні – **гіпопротеїнемія**, при появі патологічних білків – **парапротеїнемія**, при зміні їх співвідношення – **диспротеїнемія**.
- В нормі у плазмі присутні альбуміни і глобуліни. Їх співвідношення визначається білковим коефіцієнтом, який дорівнює 1,5–2,0.

Альбуміни

У плазмі їх міститься близько 50-60 %, що становить 37-41 г/л.

В організмі вони виконуються наступні функції:

- 1) є депо амінокислот;
- 2) забезпечують суспензійну властивість крові, оскільки є гідрофільними білками і утримують воду;
- 3) беруть участь у підтримці колоїдних властивостей за рахунок здатності утримувати воду в кровоносному руслі;
- 4) транспортують гормони, нестероїдні жирні кислоти, неорганічні речовини і т. д.

При нестачі альбумінів виникає набряк тканин (аж до загибелі організму).

Глобуліни

Концентрація - 30-35 %, що становить близько 30-34 г/л.

При електрофорезі глобуліни розпадаються на **кілька видів**:

- 1) β_1 – глобуліни;
- 2) β_2 -глобуліни;
- 3) β -глобуліни;
- 4) γ -глобуліни.

За рахунок такої будови глобуліни виконують **різні функції**:

- 1) захисну;
- 2) транспортну;
- 3) патологічну.

Захисна функція пов'язана з наявністю **імуноглобулінів** – антитіл, здатних зв'язувати антигени. Беруть участь в процесах **згортання крові** за рахунок наявності фібриногену, що займає проміжне положення між β -глобулінами та γ -глобулінами, що є джерелом фібринових ниток. Утворюють в організмі **систему фібринолізу**, основним компонентом якої є плазміноген.

Транспортна функція пов'язана з перенесенням металів **з допомогою гаптоглобіну і церулоплазміну**. Гаптоглобін відноситься до β_2 -глобулінів і утворює комплекс з трансферином, який зберігає для організму залізо. Церулоплазмін є β_2 -глобуліном, який здатний з'єднувати мідь.

Патологічні глобуліни утворюються в ході запальних реакцій, тому в нормі не виявляються. До них відносяться інтерферон (утворюється при проникненні вірусів), С-реактивний білок, або білок гострої фази (є β -глобуліном і присутній у плазмі при важких, хронічних захворюваннях).



Неорганічні речовини є електролітами, тобто аніонами і катіонами. Вони виконують ряд функцій:

- 1) регулюють осмотичний тиск;
 - 2) підтримують рН крові;
 - 3) беруть участь у збудженні клітинної мембрани.
- 

Осмотичний (ОТ) і онкотичний тиск крові

Эритроциты крови



Эритроцит в гипотоническом растворе

ОТ регулює трансмембранний обмін води.

- Величина осмотичного тиску визначається кількістю розчинених молекул, а не їх розмірами.
- У нормі осмотичний тиск плазми крові **близько 7,6 атм. (5700 мм рт.ст.)**.
- Білки плазми створюють **онкотичний тиск, що дорівнює лише 0,03 - 0,04 атм. (25-30 мм рт.ст.)**.

Значення онкотичного тиску в обміні води

- Онкотичний тиск крові служить основою утримання води в ній.
- Осмотичний і онкотичний тиск **забезпечують** обмін води між:
 - а) плазмою крові і форменими елементами,
 - б) плазмою і тканинами організму.
- Якщо в плазмі **зменшується** осмотичний тиск, то вода:
 - а) надходить в еритроцит і він може лопнути – відбудеться осмотичний гемоліз;
 - б) надходить у тканини – набряк тканин.

Фізико-хімічні властивості крові

- **Щільність плазми** становить 1,025-1,034 г/см³, щільність еритроцитів близько - 1,09 г/см³, а цільної крові - 1,05-1,06 г/см³.
- **В'язкість крові** розчин плазми в 1,7-2,2 рази більш в'язкий, ніж вода. В'язкість цільної крові вище води приблизно в 4,5-5 разів.
- **Реакція крові (рН)** артеріальної крові рН 7,4, а у венозній трохи нижче - 7,36. Зазначені величини характерні для плазми крові. Всередині еритроцитів рН коливається від 7,27 до 7,29.

Реакція крові - рН

- При ряді станів (інтенсивне фізичне навантаження, деякі види патологій) можливі коливання рН . Максимально можливі межі коливання рН від 6,9 до 7,8.
- При алкалозі рН крові стає вище 7,43, при ацидозі нижче 7,36.
- Але ці відхилення є небезпечними для життя.

Регуляція сталості рН крові

- Буферні системи (пара, що складається з кислоти і лугу) крові знижують вираженість зрушення рН крові при надходженні в неї кислих або лужних продуктів.
- Буферні системи:
- Бікарбонатний буфер
- Буферна система гемоглобіну (Hb)
- Білки плазми
- Фосфатна буферна система

Бікарбонатний буфер

Бікарбонатний буфер крові досить потужний і найбільш мобільний. Значимість його при підтримці параметрів КОС крові зростає за рахунок зв'язку з диханням. Система складається з H_2CO_3 і NaHCO_3 , що знаходяться в певній пропорції один з одним. Принцип її функціонування полягає в наступному. При надходженні кислоти (наприклад, молочної), яка є більш сильною, ніж вугільна, лужний резерв забезпечує реакцію обміну іонами з утворенням слабодисоціюючої вугільної кислоти:



Вугільна кислота, що синтезувалася поповнює пул, наявний в крові, і зрушує реакцію (нижче) вправо:



Гемоглобінний буфер

Ця система може функціонувати самостійно, але в організмі вона тісно пов'язана з попередньою. Коли кров знаходиться в тканинних капілярах, звідки надходять кислі продукти, **гемоглобін** виконує функції лугу:



В легенях **гемоглобін**, навпаки, поводить ся як **кислота**, яка запобігає залуженню крові після виділення вуглекислоти. Оксигемоглобін - більш сильна кислота, ніж дезоксигемоглобін.



Білки плазми завдяки властивостям амінокислот іонізуватися також виконують **буферну функцію (близько 7% буферної ємності крові)**. У кислому середовищі вони ведуть себе як луги, пов'язуючи кислоти. В лужному - навпаки, білки реагують як кислоти, пов'язуючи луги.



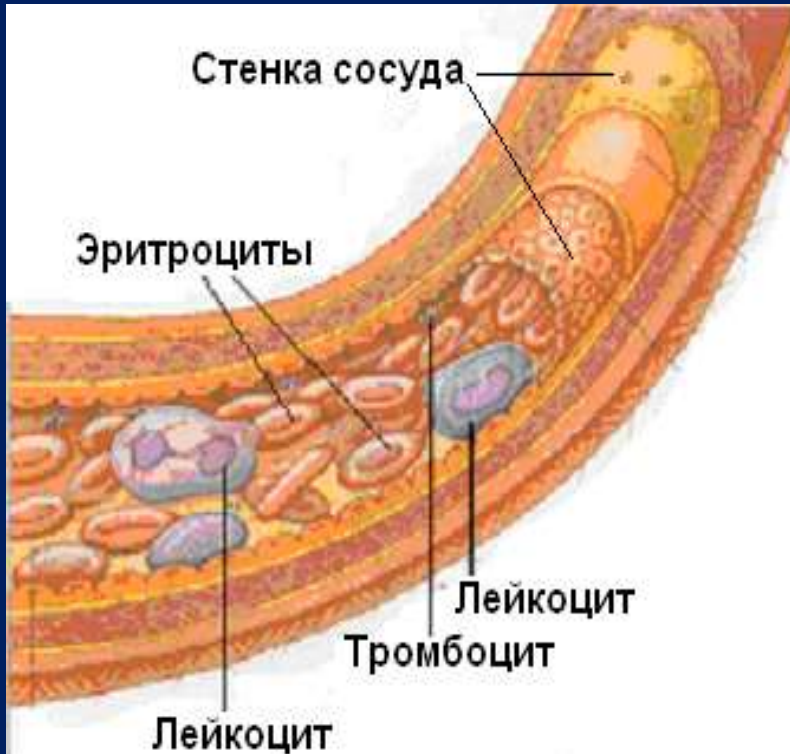
Фосфатна буферна система (близько 5% ємності) утворюється неорганічними фосфатами крові. Кислотні властивості проявляє одноосновний фосфат (H_2PO_4^-), а лужні - двоосновний фосфат (HPO_4^{2-}).

Функціонують вони за таким же принципом, що і бікарбонати. Однак, у зв'язку з низьким вмістом в крові фосфатів ємність цієї системи невелика.

Еритроцити — червоні кров'яні тільця, які **містять** дихальний пігмент — **гемоглобін**. Ці без'ядерні клітини утворюються **в червоному кістковому мозку**, а **руйнуються в селезінці**.

Приблизно 85 % всіх клітин має форму двояковігнутого диска або лінзи з діаметром 7,2—7,5 мкм. Завдяки даній формі еритроцит здатний переносити дихальні гази — кисень і вуглекислий газ.

ЕРИТРОЦИТИ



- В крові у чоловіків міститься $4,5 - 5,0 \cdot 10^{12}/\text{л}$ еритроцитів, у жінок - $4 - 4,5 \cdot 10^{12}/\text{л}$
- Зниження концентрації еритроцитів нижче норми називається еритроцитопенією (анемією),
- збільшення - поліглобулією (поліцитемією).

ФУНКЦІЇ ЕРИТРОЦИТІВ

- 1) дихальна;
- 2) живильна;
- 3) ферментативна;
- 4) захисна;
- 5) буферна.



✓ Гемоглобін бере участь в
імунологічних реакціях.



✓ Живильна функція пов'язана зі
здатністю мембрани клітин
адсорбувати амінокислоти і ліпіди, які
з током крові транспортуються від
кишечника до тканин.

✓ **Ферментативна функція** обумовлена присутністю на мембрані карбоангідрази, метгемоглобінредуктази, глутатіонредуктази, пероксидази, істинної холінестерази та ін.

✓ **Захисна функція** здійснюється в результаті осідання токсинів мікробів і антитіл, а також за рахунок присутності факторів згортання крові і фібринолізу.

✓ Оскільки еритроцити містять антигени, то їх використовують **в імунологічних реакціях для виявлення антитіл в крові.**

Газотранспортна функція еритроцитів

- Дана функція обумовлена наявністю в ньому киснетранспортного білка - **гемоглобіну** (34% загального та 90% сухої ваги еритроцита).
- У 1 л крові знаходиться 140 - 160 г гемоглобіну. У нормі середній вміст Hb в одному еритроциті у жінок 32-33 пг, а у чоловіків - 36-37 пг.
- Гемоглобін, що приєднав кисень, перетворюється в **оксигемоглобін (HbO_2)** яскраво червоного кольору. Гемоглобін, який віддав в тканинах кисень, іменується відновленим або **дезоксигемоглобіном (HHb)**, що має більш темний колір. У венозній крові частина гемоглобіну приєднує CO_2 - це **карбгемоглобін (HbCO_2)**.

Форми гемоглобіну

Виділяють чотири форми гемоглобіну:

- 1) оксигемоглобін;
- 2) метгемоглобін;
- 3) карбоксигемоглобін;
- 4) міоглобін.

Оксигемоглобін містить двовалентне залізо і здатний зв'язувати кисень. Він переносить газ до тканин і органів. При дії окислювачів (перекисів, нітритів тощо) відбувається перехід заліза з двовалентного в тривалентний стан, за рахунок чого утворюється **метгемоглобін**, який не вступає в зворотну реакцію з киснем і забезпечує його транспорт.

Карбоксигемоглобін утворює сполуку з чадним газом. Він володіє високою спорідненістю з окисом вуглецю, тому комплекс розпадається повільно. Це обумовлює високу отруйність чадного газу. **Міоглобін** за структурою близький до гемоглобіну і знаходиться в м'язах, особливо в серцевому. Він зв'язує кисень, утворюючи депо, яке використовується організмом при зниженні кисневої ємності крові. За рахунок міоглобіну відбувається забезпечення киснем працюючих м'язів.

Киснева ємність крові

- КЕК визначається концентрацією в крові гемоглобіну
- 1 г гемоглобіну може зв'язати 1,34 мл КИСНЮ
- Таким чином: 15 г% (в 100 мл крові)
 $\text{Hb} \times 1,34 \text{ мл} = 21 \text{ мл O}_2$

ШВИДКІСТЬ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ (ШОЕ)

У нормі ШОЕ знаходиться в межах: до 10 мм / год у чоловіків, у жінок - до 15 мм на годину.

Величина ШОЕ залежить від властивостей плазми, від вмісту в ній великомолекулярних білків - глобулінів і фібриногену.

Вважають, що великомолекулярні білки зменшують електричний заряд еритроцитів, а це знижує їх електровідштовшування один від одного.

При запальних процесах концентрація великомолекулярних білків в крові зростає, що сприяє збільшенню ШОЕ.

В кінці вагітності вміст фібриногену може зростати майже в два рази і ШОЕ при цьому досягає 40-50 мм на годину.

ЖИТТЄВИЙ цикл еритроцита

- Еритроцит виник для «упаковки» токсичного гемоглобіну.
- Циркулюючий в крові зрілий еритроцит є диференційованою тупиковою клітиною, нездатною до подальшої проліферації.
- Еритроцит в кровотоці здатен циркулювати протягом 100-120 днів.
- Після цього він гине. Таким чином, за добу оновлюється близько 1% еритроцитів.
- Вийшовши з кісткового мозку еритроцит іменується ретикулоцитом (в ньому ще збереглася і-РНК і триває синтез гемоглобіну).

Гемоліз - руйнування мембран **еритроцитів** з виходом гемоглобіну та інших компонентів у навколишнє середовище.

Види гемолізу:

Осмотичний

Хімічний

Біологічний

Механічний

Температурний:

холодовий;

тепловий

Осмотичний гемоліз відбувається в гіпотонічних розчинах. Під дією осмотичних сил вода надходить з гіпотонічного розчину всередину еритроцитів. Вони набухають, мембрана їх розтягується, а потім під дією механічних сил руйнується. При цьому розчин, що містить кров, стає прозорим і набуває яскраво-червоний колір («лакова кров»). Осмотичний гемоліз еритроцитів здорової людини починається в 0,46-0,48% розчинах натрію хлориду і повністю завершується (руйнуються всі еритроцити, і утворюється «лакова кров») 0,32-0,34% розчинах натрію хлориду.

Механічний гемоліз виникає при механічному пошкодженні мембран еритроцитів (наприклад, при сильному струшуванні пробірки з кров'ю або проходженні крові через апарати штучного кровообігу, гемодіалізу).

Термічний гемоліз виникає при впливі на кров високих або низьких температур.

Хімічний, або біологічний, гемоліз виникає при руйнуванні мембран еритроцитів різними хімічними речовинами (кислотами і лугами, або в результаті аглютинації еритроцитів або дії токсинів, фосфоліпаз отрути комах або плазунів).

Біологічний гемоліз - це процес, що постійно протікає в організмі, в результаті якого в селезінці відбувається захоплення з кровотоку і руйнування «старих» еритроцитів макрофагами. Тому гемоглобін в плазмі циркулюючої крові відсутній (або виявляються його мінімальні кількості — сліди). При укусах бджіл, отруйних змій, переливанні несумісної за груповою приналежністю крові, малярії, дуже великих фізичних навантаженнях може відбуватися гемоліз еритроцитів в судинному руслі. Це супроводжується появою гемоглобіну в **плазмі** циркулюючої крові (гемоглобінемія) і виділенням його з сечею (гемоглобінурія).

КОЛІРНИЙ ПОКАЗНИК КРОВІ

Колірний показник крові (синонім кольоровий показник) — відносний вміст гемоглобіну в одному еритроциті.

Колірний показник = $3 \times \text{Hb в г/л} / \text{три старших розряди числа еритроцитів (у млн)}$

Приклад: гемоглобін 130 г/л, Er $4,70 \times 10^{12}/\text{л}$ КП = $3 \times 130 / 470 = 0,83$

В якості норми колірного показника зазвичай приймається діапазон 0,80 — 1,05.

В даний час, коли лабораторії, завдяки комп'ютеризації підрахунку, вимірювання еритроцитів, видають дані про середній обсяг еритроцита і середню концентрацію гемоглобіну в еритроциті, колірний показник втратив практичне значення, оскільки він дає досить грубе уявлення про якість еритроцитів.

Література

1. В.Г.Ковешников. Анатомія людини . – Луганськ, 2005, Т.1.
2. А. С. Головацький, В.Г. Черкасов, М.Р. Сапін, А.І. Парахін, О.І. Ковальчук. Анатомія людини . – Вінниця, «Нова книга», 2019, Т.1 – 368с.
3. Матешук-Вацеба Л.Р. Нормальна анатомія. – Львів: Поклик сумління, 1997.
4. Міжнародна анатомічна термінологія; за ред. проф. В. Г. Черкасова. –Вінниця : Нова Книга, 2010. – 392 с.
5. Неттер Ф. Атлас анатомії людини. Авторизоване українське видання другого англійського видання / Ф.Неттер, під ред. Ю.Б Чайковського. – Львів: Наутілуc, 2004. – 592 с.
6. Сидоренко П. І., Бондаренко Г. О., Куц С. О. Анатомія та фізіологія людини. – К.: Медицина, 2015. – 248 с.
7. Федонюк Я.І. Анатомія та фізіологія з патологією. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001. – 676 с.