

## Розділ 10.3. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРОВІ

**Відносна щільність** (питома вага) крові обумовлена наявністю формених елементів, білків і ліпідів і лежить у межах:

- для цільної крові — 1,050–1,060 г/мл;
- для еритроцитів — 1,090 г/мл;
- для плазми — 1,025–1,034 г/мл.

Щільність лейкоцитів і кров'яних пластинок (тромбоцитів) значно нижча, ніж в еритроцитів.

**В'язкість** – внутрішнє тертя, яке зумовлене тертям формених елементів між собою та із судинною стінкою. В'язкість створює опір кровотоку. В'язкість рідини визначають відносно в'язкості води, яку беруть за 1.

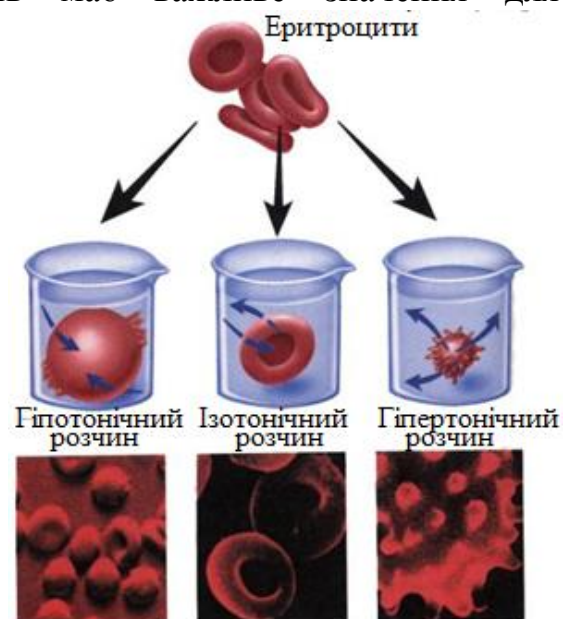
- В'язкість плазми = 1,7 - 2,2.
- В'язкість цільної крові = 5.

**Осмотичний тиск** – сила, що визначає рух розчинника через напівпроникну мембрану з менш концентрованою розчину в більш концентрований, тобто осмотичний тиск регулює розподіл води між тканинами і клітинами.

Плазматична напівпроникна мембрана здатна пропускати розчинник (воду) і не пропускати розчинені в ній речовини, зокрема, солі, концентрація яких як у плазмі, так і в клітинах однакова і складає близько 0,9 %. Таким чином, *осмотичний тиск* залежить від кількості неорганічних сполук, розчинених у рідині.

Осмотичний тиск плазми крові в нормі складає 7,6 атм (5600 мм рт. ст., чи 745 кПа) і обумовлений, в основному, концентрацією NaCl. Розчини, що мають однаковий з плазмою осмотичний тиск, одержали назву фізіологічних чи *ізотонічних*. Ізотонічність розчинів має важливе значення для життєдіяльності клітин і, зокрема, для еритроцитів, у цитоплазмі яких кількість NaCl відповідає його вмісту в плазмі. Це вирівнює осмотичний тиск з обох боків мембрани і не приводить до руйнування еритроцитарної клітини, що виконує важливу функцію переносу газів.

Розчини, осмотичний тиск яких вищий (вміст хлориду натрію вищий 0,9 %), ніж у плазмі, належать до *гіпертонічних*, і в їхньому середовищі еритроцити будуть втрачати воду (збезводнюватися). До *гіпотонічних* розчинів належать розчини, осмотичний тиск яких, а отже і вміст NaCl, буде



нижчим, ніж у плазмі. У цих розчинах еритроцити за рахунок поглинання води будуть набухати аж до розриву мембрани (гемоліз).

**Онкотичний тиск** – це осмотичний тиск органічних речовин плазми.

Цей тиск складає 30 мм рт. ст., тобто 1/200 осмотичного тиску плазми. Це пояснюється тим, що органічні речовини, маючи велику молекулярну масу, менш рухливі, ніж іони, і кількість білкових молекул у плазмі значно менша, ніж молекул кристалоїдів. У плазмі крові містяться, в основному, альбуміни, розмір молекул яких значно менше, ніж глобулінів і фібриногену. Тому онкотичний тиск плазми більш ніж на 80 % визначається альбумінами. Онкотичний тиск є основним чинником, що забезпечує перехід води з тканин у судини. Однак, онкотичному тиску протидіє гідростатичний тиск крові, що в артеріальній частині капілярів складає 35 мм рт. ст., він перевищує онкотичний тиск, і рідина переходить із крові в тканину. В області венозних капілярів гідростатичний тиск крові нижчий онкотичного, у зв'язку з чим рідина переходить із тканин у кров. Обидва механізми забезпечують безперервний обмін між кров'ю і тканинною рідиною.

**Активна реакція крові (рН).**

**рН крові** – зворотний логарифм концентрації іонів водню. рН обумовлено співвідношенням у крові водневих ( $H^+$ ) та гідроксильних ( $OH^-$ ) іонів.

рН арт. крові = 7,4.

рН вен. крові = 7,36.

Зменшення рН (закислення крові) називається ацидозом. Підвищення рН (улучнення крові) називається алкалозом.

Тривалий зсув рН навіть на 0,1-0,2 може стати смертельним. Крайніми межами змін рН, сумісними із життям, є значення 7,0-7,8. Але ці коливання не повинні бути тривалими, бо порушення рН може призвести до загибелі організму.

Основні шляхи підтримки рН:

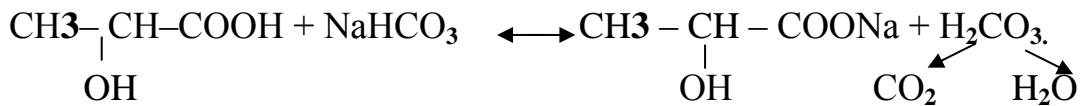
- буферні системи рідких середовищ організму і його тканин;
- органи виділення: легені, що виділяють  $CO_2$ ; нирки, що виділяють кислі продукти й утримують лужні; потові залози.

У крові існує 4 буферні системи:

- 1 Гідрокарбонатна.
- 2 Фосфатна.
- 3 Гемоглобінова.
- 4 Білкова.

**Гідрокарбонатна буферна система** складається з вугільної кислоти –  $H_2CO_3$  і гідрокарбонату натрію –  $NaHCO_3$  у співвідношенні 1:20. Принцип її функціонування полягає в такому: при надходженні в кров кислоти (наприклад, молочної,  $C_3H_6O_3$ ), яка є більш сильною, ніж вугільна, лужний

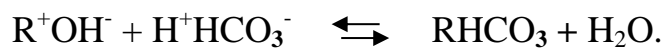
резерв забезпечує обмін іонами з утворенням вугільної кислоти, яка дисоціює на вуглекислий газ і воду:



Молочна кислота

Особливо активно цей процес відбувається в легенях, де  $\text{CO}_2$  одразу вивільнюється з організму, що, у свою чергу, забезпечує підтримку рН на сталому рівні і запобігає ацидозу.

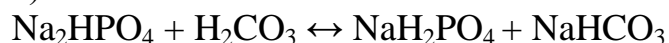
У випадку вивільнення в кров лужних продуктів кислотний резерв забезпечує обмін іонами з утворенням бікарбонату і води:



$\text{RHCO}_3$  іде на поповнення буфера або вивільнюється через нирки. Зв'язування  $\text{HCO}_3^-$  призводить до дефіциту  $\text{CO}_2$  і вивільнення його через легені зменшується.

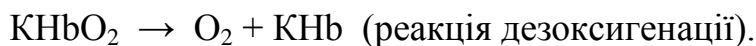
Таким чином, гідрокарбонатний буфер є найбільш мобільним, досить потужним (ємність 13%), тісно пов'язаний з дихальною системою.

**Фосфатна буферна система** складається з кислої натрієвої солі фосфорної кислоти ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) і основної ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) у співвідношенні 1:4. Вона функціонує за тим самим принципом, що й гідрокарбонатний буфер. У зв'язку з невеликим вмістом у крові фосфатів ємність цієї системи низька (5% загальної ємності).

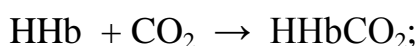
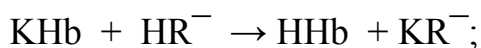


**Гемоглобінний буфер** представлений відновленим гемоглобіном (ННЬ) і калієвою сіллю окисненого гемоглобіну (КНЬ $\text{O}_2$ ).

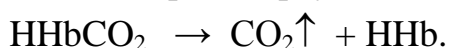
У капілярах тканин у зв'язку з накопиченням кислих метаболітів виникає загроза закиснення крові, і гемоглобін поводить себе як луг:



Гемоглобін, звільнений від кисню, має більшу здатність до приєднання протонів  $\text{H}^+$ :



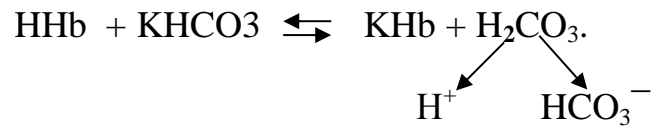
$\text{ННбCO}_2$  транспортується в легені;



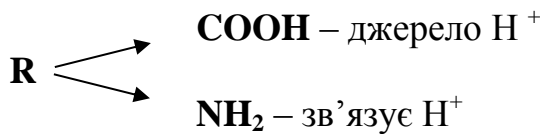
У легенях внаслідок вивільнення  $\text{CO}_2$  виникає загроза улужнення крові, і гемоглобін поводить себе як кислота.



2) сприяє утворенню  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , яка також дисоціює з утворенням протонів:



**Білкова буферна система** представлена білками, які в кислому середовищі поведуть себе як луги, зв'язуючи кислоти, у лужному, навпаки, реагують як кислоти, зв'язуючи луги. Амфотерність білків визначається амінокислотами, особливо карбоксильними групами і аміногрупами:



Ємність цієї буферної системи становить 7%.

Буферні системи є не тільки в крові, а й у тканинах, де вони зберігають рН на сталому рівні. Основними буферами тканин є білковий і фосфатний буфери.

Слід відзначити, що буферні системи лише викликають зменшення вираженості зсуву рН, але не запобігають повністю його змінам. Тому для ефективної підтримки кислотно-основної рівноваги до них приєднуються інші органи і системи. Для швидкої компенсації рН вмикаються легені за рахунок їх здатності регулювати кількість виділеної вуглекислоти. Компенсаторні реакції нирок у вигляді пригнічення реабсорбції гідрокарбонату, процесів ацидогенезу і амоніогенезу розвиваються поступово через 6-12 годин або навіть днів. У підтримці сталого рН беруть участь й інші органи. Так, потові залози здатні виділяти деякі недоокиснені продукти обміну (молочну кислоту), печінка використовує молочну кислоту крові для біосинтезу глікогену, серце використовує молочну кислоту як окислювальний субстрат.