

Розділ 13.7. ГАЗООБМІН В ЛЕГЕНЯХ І ТКАНИНАХ

ГАЗООБМІН В ЛЕГЕНЯХ

Сутність процесу газообміну полягає в переході кисню з альвеолярного повітря у венозну кров, яка циркулює по легеневи́х капілярах (поглинання кисню), і в переході вуглекислого газу з венозної крові в альвеолярне повітря (виділення вуглекислого газу).

Обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю відбувається через **альвеоло-капілярну (дифузійну, дихальну) мембрану**, яка має такі шари:

1. Шар сурфактанту
2. Альвеолярний епітелій.
3. Епітеліальна базальна мембрана
4. Тонкий інтерстиціальний простір між альвеолярним епітелієм і мембраною капіляра
5. Базальна мембрана капіляра, яка в багатьох місцях зливається з базальною мембраною альвеолярного епітелію
6. Ендотелій капіляра
7. Плазму крові
8. Мембрана еритроцита

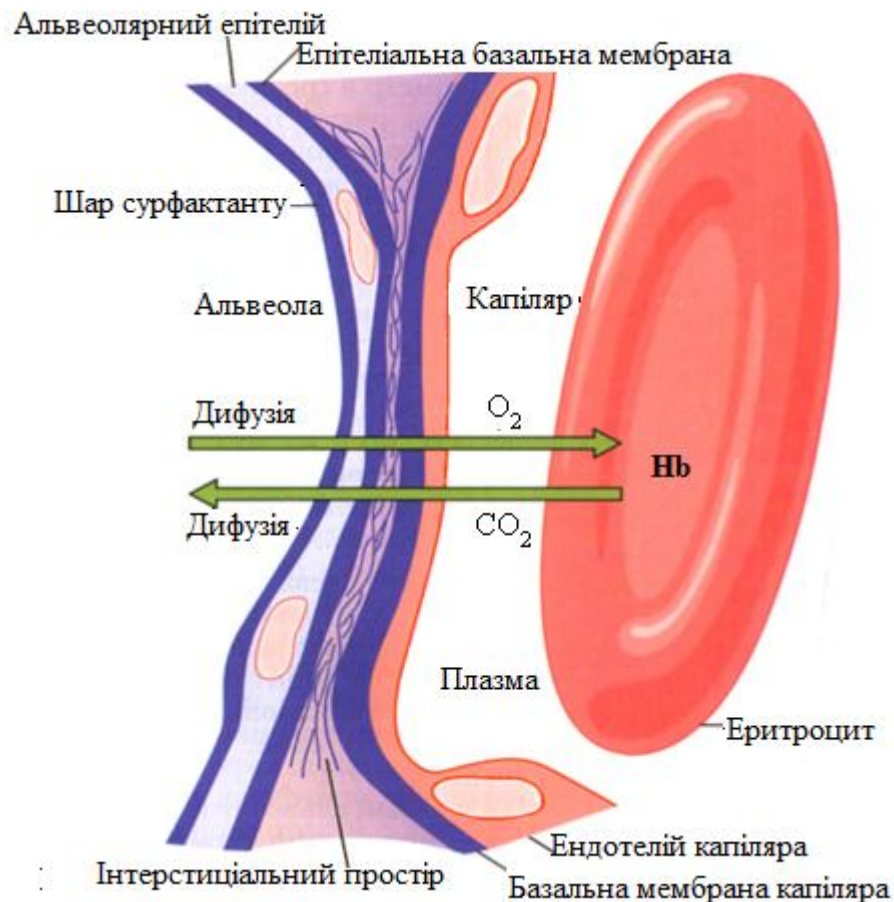


Рис. 1. Ультраструктура альвеолярної дихальної мембрани

Газообмін проходить за законами дифузії. Дифузія газів через альвеоло-капілярну мембрану проходить за **законом Фіка** – швидкість дифузії газів (O_2 і CO_2) через альвеоло-капілярну мембрану прямо пропорційна площі поверхні і градієнту тиску газу та обернено пропорційна товщині мембрани:

$$D_{gas} = \frac{S \times D_c}{T} \times (P_1 - P_2)$$

де, D_{gas} – швидкість дифузії газу(об’ємна)
 S – площа поверхні газообміну (cm^2)
 T – товщина легеневої мембрани (cm^2)
 D_c – коефіцієнт дифузії газу
 $P_1 - P_2$ – різниця парціального тиску газу по обидва боки мембрани (мм рт.ст.)

Фактори, що впливають на обмін газів між альвеолярним повітрям і кров’ю

- Різниця тиску газів в альвеолярному повітрі та крові
- Товщина дифузійної мембрани
- Площа альвеол, які беруть участь у газообміні (площа дифузії)
- Коефіцієнт дифузії газу
- Час проходження крові по капілярах легенів (в нормі – 0,6-1,1с)

Різниця тиску газів в альвеолярному повітрі та крові

Парціальний тиск – частина тиску, яка приходить на кожний газ у суміші газів (мм.рт.ст.).

Рушійною силою, що забезпечує газообмін в альвеолах, є *градієнт парціального тиску газів* та *парціальна напруга* цих газів в крові.

Градієнт парціального тиску O_2 і CO_2 – це сила, з якою молекули газів прагнуть проникнути через альвеолярну мембрану в кров. Молекули газів рухаються з області високого парціального тиску в область низького.

Парціальна напруга газу в крові або тканинах – це сила, з якою молекули розчиненого газу прагнуть вийти в газове середовище

Парціальні тиски O_2 і CO_2

Повітря	P_{O_2}, мм рт.ст.	P_{CO_2}, мм рт.ст.
У вдихуваному повітрі	159	46
У видихуваному повітрі	121	45
В альвеолярному повітрі	100-102	40
У венозній крові, що надходить у легені	40	45-48
В артеріальній крові, що відтікає від легень	100-95	40
В інтерстиціальній рідині	40	34
В клітинах тканини	23	0,2

Так, в альвеолярному повітрі PO_2 – 100 мм рт. ст., а у венозній крові – 37 мм рт. ст. Різниця тисків у 63 мм рт. ст. зумовлює дифузію O_2 з альвеол у кров. Найбільш інтенсивна дифузія O_2 відбувається на початку капіляра, де найбільша різниця тисків. Зі зростанням парціального тиску O_2 у крові різниця концентрацій між альвеолярним повітрям і кров'ю знижується, і швидкість руху O_2 зменшується. Градієнт парціального тиску CO_2 протилежний за напрямком. У венозній крові PCO_2 – 48 мм рт. ст., в альвеолярному повітрі – 40 мм рт. ст. Різниця в 8 мм рт. ст. визначає дифузію CO_2 з капілярів в альвеоли.

Площа дифузійної поверхні легенів

Визначає поверхню, у межах якої гази переходять у кров капілярів легень (для O_2) і виходять відтіля в зворотному напрямку (для CO_2). Тому що капілярна мережа в альвеолах дуже розгалужена, можна вважати, що площа дифузії дорівнює площі альвеол, кількість яких складає близько 300 млн. У нормі площа дифузії складає 50–100 м² і залежить від фізичних параметрів тіла, статі, віку, тренуваності дихальної системи.

Також, мають вплив і й інші фактори. Наприклад, видалення однієї легені зменшує загальну площу дихальної мембрани в 2 рази. При емфіземі багато альвеоли з'єднуються, і альвеолярні стінки руйнуються. Утворюються нові альвеолярні камери, які набагато більше звичайних, але загальна площа поверхні дихальної мембрани часто знижується приблизно в 5 разів через руйнування альвеолярних стінок. Коли загальна площа поверхні знижується до 1/3-1/4 частки нормальної поверхні, обмін газів через мембрану навіть в умовах спокою сильно сповільнюється, а під час спортивних змагань та інших великих фізичних навантажень навіть найменше зменшення площі поверхні легенів може викликати серйозні порушення дихального газообміну.

Товщина дифузійної мембрани

Загальна товщина дихальної мембрани в деяких місцях не перевищує 0,2 мкм, а в середньому становить близько 0,6 мкм, крім місць, де розташовані клітинні ядра. **Чим більша товщина бар'єру – тим менша проникність і навпаки.** Крім цього має значення і розчинність газів у аерогематичному бар'єрі.

Величина коефіцієнта дифузії при переході кожного газу через дихальну мембрану знаходиться в прямій залежності від *розчинності газу* в мембрані і в зворотній залежності від квадратного кореня молекулярної маси цього газу. Швидкість дифузії газу в дихальній мембрані майже дорівнює такої у воді, тому при даному градієнті тиску двоокис вуглецю дифундує приблизно в 20 разів швидше, ніж кисень.

ГАЗООБМІН В ТКАНИНАХ

У тканинах кров віддає кисень і поглинає вуглекислоту. Газообмін у капілярах тканин великого кола, так само як і в легеневих капілярах, обумовлений дифузією внаслідок різниці парціальних тисків газів у крові і тканинах:

pO_2 в тканинах – 10-15 мм рт ст
 pO_2 в артеріальній крові – 100 мм рт ст
Дифузійний тиск – 85-90 мм рт ст
 pCO_2 в тканинах – 60-70 мм рт ст
 pCO_2 в артеріальній крові – 40 мм рт ст
Дифузійний тиск – 20-30 мм рт ст

Кров, проходячи по капілярах великого кола, віддає не весь свій кисень. Артеріальна кров містить близько 20 об. % кисню, венозна ж кров – приблизно 12 об. % кисню. Таким чином, з 20 об. % кисню тканини одержують 8 об. %, тобто 40 % усього кисню, що міститься в крові.

Кількість кисню (у відсотках від загального вмісту його в артеріальній крові), яку одержують тканини, називається коефіцієнтом утилізації кисню.