

Розділ 15.5. СЕЧОУТВОРЕННЯ: КЛУБОЧКОВА ФІЛЬТРАЦІЯ

Утворення сечі є результатом трьох послідовних процесів

1. **Клубочкова фільтрація** – процес (механізм) переходу речовин з крові капілярів мальпігієва клубочка в порожнину капсули Шумлянського-Боумена

2. **Канальцева реабсорбція** – процес зворотного всмоктування клітинами канальців з ультрафільтрата і перенесення в міжклітинну рідину і капіляри нирок, необхідних організму речовин

3. **Канальцева секреція:**

а) процес перенесення речовин з крові в просвіт канальця в незмінному вигляді, що збільшує швидкість екскреції речовин

б) виділення з клітин канальців в кров синтезованих в нирці фізіологічно активних речовин (брадикінін, простагландини)

в) виділення з клітин канальців в просвіт канальця екскретуємих речовин (гіпурова кислота, аміак)

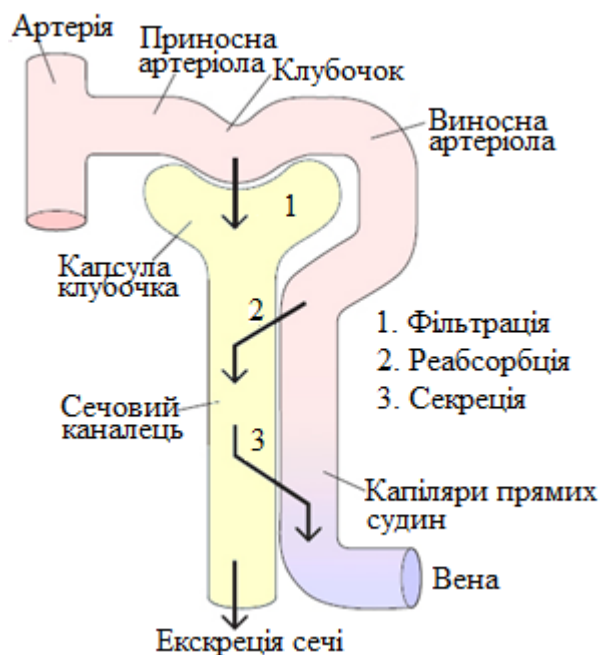


Рис. 1. Схема утворення сечі

КЛУБОЧКОВА ФІЛЬТРАЦІЯ

Ультрафільтрація води і низькомолекулярних компонентів із плазми крові відбувається через клубочковий фільтр. Цей фільтраційний бар'єр майже непроникний для високомолекулярних речовин.

Фільтруюча мембрана (фільтраційний бар'єр), через яку проходить рідина з просвіту капіляра в порожнину капсули клубочка, складається з трьох шарів: *ендотеліальних клітин капілярів, базальної мембрани й епітеліальних клітин вісцерального (внутрішнього) листка капсули – подоцитів.*

Клітини *ендотелія* стоншені, товщина цитоплазми бічних частин клітини менша 50 нм. У мембрані є круглі або овальні отвори (*пори*) розміром 50-100 нм, що займають до 30 % поверхні клітини. При нормальному кровотоці найбільш великі білкові молекули утворюють шар на поверхні пор і ускладнюють рух через них формених елементів крові і білків. Інші компоненти плазми крові і вода можуть вільно досягати базальної мембрани.

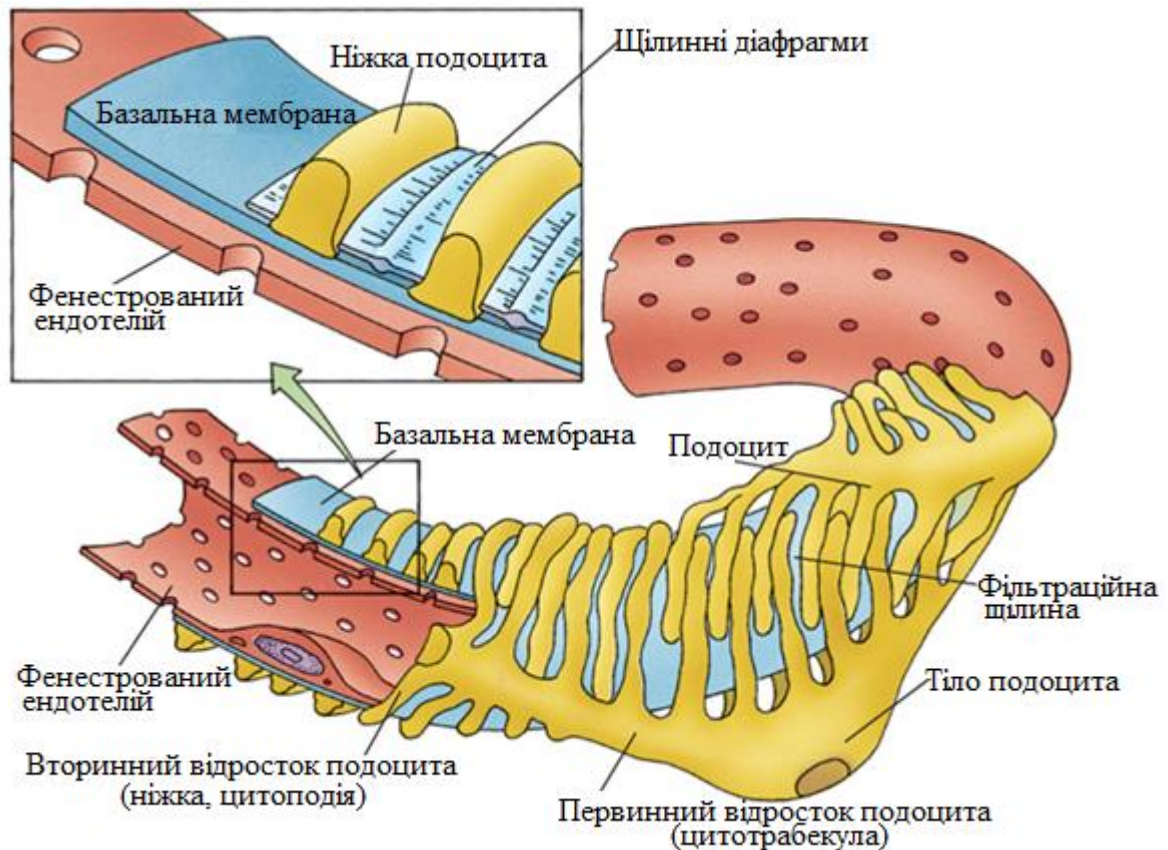


Рис. 2. Будова фільтруючої мембрани

Базальна мембрана є однією з найважливіших складових частин фільтруючої мембрани клубочка. Її товщина 250-400 нм. Ця мембрана складається з трьох шарів: центрального і двох периферичних. Пори в базальній мембрані перешкоджають проходженню молекул діаметром більше 6 нм.

Важливу роль у визначенні розміру фільтрованих речовин відіграють *щілинні мембрани* між «ніжками» подоцитів. Ці епітеліальні клітини звернені в просвіт капсули ниркового клубочка і мають відростки – «ніжки», якими прикріплюються до базальної мембрани. Базальна мембрана і щілинні мембрани між цими «ніжками» обмежують фільтрацію речовин, діаметр молекул яких більше 6,4 нм. Тому в просвіт нефрону вільно проникає інулін (радіус молекули 1,48 нм), фільтрується лише 22 % яєчного альбуміну (радіус молекули 2,85 нм), 3 % гемоглобіну (радіус молекули 3,25 нм) і менше 1 % сироваткового альбуміну (радіус молекули 3,55 нм).

Проходженню білків через клубочковий фільтр перешкоджають негативно заряджені молекули, що входять до складу базальної мембрани. Обмеження для фільтрації білків, що мають негативний заряд, обумовлено розмірами пор клубочкового фільтра і їх електронегативністю.

Таким чином, склад клубочкового фільтрату залежить від властивостей епітеліального бар'єра і базальної мембрани.

Процес ультрафільтрації забезпечує **фільтраційний тиск** ($P_{\text{фільтр}}$), **обумовлений різницею між гідростатичним тиском крові** ($P_{\text{гідр}}$), **гідростатичним тиском у капсулі клубочка** ($P_{\text{гідр. фільтр}}$) **й онкотичним тиском плазми крові** ($P_{\text{онк}}$). Ефективний фільтраційний тиск, що визначає швидкість клубочкової фільтрації, становить 10–15 мм рт. ст.:

- тиск крові в судинному клубочку – 50 мм рт. ст.
- онкотичний тиск, створюваний білками плазми крові становить близько 30 мм рт. ст.
- тиск фільтрату в капсулі клубочка – 10 мм рт. ст.

$$P_{\text{фільтр}} = P_{\text{гідр}} - P_{\text{онк}} - P_{\text{гідр. фільтр}} = (50 - 30 - 10) = 10 \text{ мм рт. ст.}$$

Фільтрація відбувається лише в тому випадку, якщо тиск крові в капілярах клубочків перевищує суму онкотичного тиску білків у плазмі і тиску рідини в капсулі клубочка.

В результаті процесу фільтрації утворюється **ультрафільтрат** – **первинна сеча** в кількості 150-180 л на добу. До складу ультрафільтрату входять *органічні речовини*: білки (низькомолекулярні), сечова кислота, креатинін, глюкоза, вітаміни, амінокислоти, гормони, та *неорганічні речовини*: Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , PO_4^{3-}