

Розділ 1. КЛІНІЧНА АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ НИРОК

Нирки – парний орган, який міститься в заочеревинному просторі обабіч хребта на рівні нижньої межі XII грудного й I-II поперекових хребців. Права нирка знаходиться зазвичай на 2-3 см нижче від лівої; XII ребро проектується на ліву нирку приблизно посередині, а на праву – на межі верхньої і середньої її третини. У жінок нирки розміщені нижче ніж у чоловіків.

Нирки розташовані під гострим кутом до хребта так, що їхні верхні полюси перебувають один до одного ближче, ніж нижні. Маса кожної нирки в дорослої людини становить близько 150-200 г, до того ж ліва нирка зазвичай важча за праву: довжина нирки дорівнює 12-15 см, ширина – 7-8 см, товщина – 4-5 см. Нирка вкрита власною фіброзною капсулою, зверху якої розміщений шар жирової клітковини (жирова капсула нирки).

Кожна нирка має форму кvasолини з увігнутістю, що називається **ворітьми нирки** й спрямована в бік хребта. Кризь ворота проходять ниркові судини, нерви і сечовід. Нирки трохи рухомі, вони зміщуються під час дихання вгору-вниз приблизно на 3 см, утримуючись за допомогою судин, що входять у них, але, головним чином, – за допомогою фіброзної та жирової капсули й внутрішньочеревного тиску, зниження якого внаслідок зниження тонуусу м'язів черевної стінки може супроводжуватись опущенням нирок.

Нирки складаються із **зовнішньої, або кіркової, та внутрішньої, або мозкової речовини**. Вони відрізняються забарвленням, яке значною мірою залежить від їх неоднакового постачання кров'ю. Кіркова речовина – жовто-червоного кольору, а мозкова – темно-лілово-червоного. У кількісному відношенні кіркова речовина істотно переважає мозкову (3:1).

У мозковій речовині знаходиться 8-12 і більше **ниркових пірамід** – конусоподібних утворень із мозкової речовини. Верхівки пірамід і ниркові сосочки звернені до ниркової миски, а основи – до кіркової речовини, утворюючи лінію, за якою простежується її межа з мозковою речовиною. Між пірамідами розташовані глибинні шари кіркової речовини – **ниркові стовпи**. Піраміди закінчуються **малими чашками**, куди відкриваються сосочкові протоки. Маленькі чашки об'єднуються у великі, утворюючи ниркову миску (мал. 1, див. стор. 9), з якої починається сечовід довжиною – 25-30 см і шириною – 4-8 мм, що впадає у сечовий міхур. Він розташований ретроперитонеально і забезпечує проходження сечі внаслідок скорочування його мускулатури (4-5 скор./хв).

Структурно-функціональною одиницею нирки є **нефрон** (мал. 2), що складається з **клубочка**, капсули проксимального канальця, петлі нефрону (петлі Генле), дистального канальця та збиральної трубочки. У кожній нирці дорослої людини в нормі налічується близько 1-1,5 млн. нефронів. Основна маса клубочків міститься в кірковій речовині, через що вони називаються кірковими. Сюди надходить близько 90% крові, яка проходить через нирки, а решта – 10% припадає на клубочки, розташовані на межі між кірковою та мозковою речовинами. Ці клубочки називаються **юкстамедулярними**.

Кров до нирок надходить з ниркової артерії, що відходить від черевної частини аорти. Розгалужуючись вона утворює мережу міжчасточкових

артерій, які, розташовуючись радіарно між пірамідами, досягають межі кіркової і мозкової речовини. Тут від них відходять дугові артерії, які пролягають уздовж цієї межі і міжчасточкової артерії, що проходять радіарно через кіркову речовину до **капсули нирки**. Із дугових і міжчасточкових артерій беруть початок **приносні (аферентні) артеріоли**, які утворюють капілярну мережу клубочків, її продовженням являються **виносні (еферентні) клубочкові артеріоли**, якими кров від кіркових клубочків надходить у капілярну мережу, що обплітає **проксимальні та дистальні звивисті ниркові каналці** у кірковій речовині. Виносні еферентні артеріоли юкстамедулярних клубочків переходять у широкі капіляри, розташовані поблизу каналців мозкової речовини. Із навколочанальцевої капілярної мережі кров надходить у **венули**, що збираються у міжчасточкові вени і ниркову вену, котра впадає у нижню порожнисту вену.

Нирковий клубочок (мал. 3) – це капілярна мережа, яка є продовженням приносної артеріоли й складається із близько 50 капілярних петель, між якими є **анастомози**. Остання петля переходить у виносну (еферентну) артеріолу. В обох артеріолах є гладенькі м'язи, які регулюють тонус і просвіт цих судин (це має важливе значення для регуляції клубочкової фільтрації).

Капілярна стінка – це клубочковий фільтр, який складається з: ендотелію; базальної мембрани та епітелію.

Базальна мембрана капілярів клубочка має товщину 300-330 нм, складається з трьох шарів та є решіткою із фрагментів колагену, з'єднаних із ліпо- й глікопротеїнами. Стан і просторове розміщення цих філаментів визначають розмір пор фільтрації. Крізь неушкоджену базальну мембрану проходять лише білки з молекулярною масою до 160 000 ОД. Середній, найщільніший шар базальної мембрани – lamina densa – становить близько 2/3 її товщини. Внутрішній шар під ендотеліальними клітинами називається lamina rara interna, а зовнішній, під клітинами епітелію, – lamina rara externa. У нормі базальна мембрана має негативний заряд, носіями якого є глікопротеїни, розташовані переважно у laminae rarae interna. Завдяки цьому заряду мембрана ефективно відштовхує негативно заряджені молекули білків, зокрема антигени та антитіла. Втрата електричного заряду базальної мембрани поліпшує перехід і відкладання у клубочку імунних комплексів, що має важливе значення у патогенезі гломерулонефриту.

Загальна поверхня капілярів клубочка досягає $1,5 \text{ м}^2/100 \text{ г}$ нирки, фільтруюча мембрана (мал. 4), яка стоїть на шляху рідини з просвіту капілярів у порожнину капсули клубочка, складається з 3 шарів: ендотеліальних клітин, базальної мембрани і епітеліальних клітин – подоцитів. Клітини ендотелію дуже сточені, вони мають пори розміром 100-150 нм, що займають до 30% поверхні клітини й прикриті тонкою мембраною, через які за допомогою піноцитарної активності цих клітин відбувається ультрафільтрація.

Між капілярними петлями міститься **мезангіальний матрикс**, структура якого подібна до базальної мембрани і плавно переходить у неї. У мезангіальному матриксі знаходяться мезангіальні клітини (по 1-2 на кожен ділянку матрикса між сусідніми капілярами). Вони синтезують речовину матриксу й

базальної мембрани, а також амілоїду, і разом з моноцитами, що є у мезангіальному матриксі, виконують фагоцитарну функцію.

Зовнішній щодо просвіту капіляра бік базальної мембрани вкривають **епітеліальні клітини, або подоцити**. Вони складаються з "тіла", що містить ядро, та довгих відростків (трабекул), від яких відходять короткі відростки, – педикули, вени звернені до базальної мембрани і вистилають її поверхню. Між педикулами є щілиноподібні пори (так звана щілинна діафрагма), просвіт котрих залежить від розмірів і кількості педикул, вони регулюють величину клубочкової фільтрації. При захворюваннях нирок, особливо тих, що перебігають із нефротичним синдромом, подоцити зазнають великих змін – зникають педикули, що супроводжується підвищенням проникності клубочкового фільтра.

Капілярний клубочок разом з оточуючою його капсулою складає **ниркове тільце**.

Капсула ниркового клубочка (Шумлянського-Боумена), яка оточує судинний клубочок, має округлу форму, діаметр її – близько 0,2 мм і складається вона з 2 листків – внутрішнього і зовнішнього. Внутрішній (вісцеральний) листок утворюється подоцитами. Зовнішній листок, вистелений плоским епітелієм, трохи відстає від внутрішнього, внаслідок чого між ними утворюється щілиноподібний простір, де збирається профільтрована клубочковими капілярами первинна сеча. Зовнішня поверхня капсули тісно пов'язана зі сполучною тканиною нирки. Тому різні патологічні стани, особливо запальні, часто призводять до змін як клубочків, так і сполучної тканини (це спричиняє розвиток склерозу й хронічної ниркової недостатності – ХХН).

Порожнина капсули клубочка переходить у просвіт проксимального каналця (звивистий каналець I порядку). Особливістю його епітелію є наявність щіткової смужки – великої кількості мікрворсинок, які збільшують поверхню клітин у 40 разів і звернені у просвіті каналця. Клітини цієї ділянки багаті на макроенергічні сполуки й відіграють важливу роль у реабсорбції цілої низки речовин, що профільтрувалися у клубочку (натрію, хлору, глюкози тощо). Через них відбувається виділення з організму різних отрут і токсинів, тому у разі інфекційних захворювань та інтоксикації вони можуть зазнавати дистрофічних і навіть некротичних змін.

Ще один відділ нефрону – тонка низхідна частина петлі нефрону (петлі Генле), стінки якої утворені плоскими епітеліальними клітинами. Каналець може глибоко спускатись у мозкову речовину, де він згинається на 180°, робить петлю і повертає в бік кіркової речовини нирки, утворюючи висхідну частину петлі нефрону – спочатку тонку, потім, дистальніше, товсту. Низхідні й висхідні коліна петлі нефронів, які лежать у мозковій речовині нирки, ідуть паралельно кровноносним капілярам і збиральним трубочкам, завдяки чому досягається осмотичне концентрування сечі.

Висхідна частина петлі Генле підіймається майже до рівня клубочка свого ж нефрону, де починається дистальний звивистий каналець (нирковий каналець II порядку), який на обмеженій ділянці контактує з еферентною артеріолою клубочка свого нефрону. У цьому місці клітини каналцевого

епітелію стають високими й утворюють так звану щільну пляму (*macula densa*), а стінка артеріоли потовщується за рахунок спеціальних міоепітеліальних клітин, що містять великі гранули, які секретують ренін. Ці структури разом із гранулярними блискучими клітинами, які знаходяться між гломерулярними воротами й щільною плямою, утворюють юкстагломерулярний апарат, котрий відіграє важливу роль у регуляції об'єму позаклітинної рідини та її електролітного складу, системного АТ і внутрішньониркового кровотоку.

Клітини висхідної частини петлі нефрону і дистального звивистого каналця переходять у кінцевий відділ нефрону – короткий з'єднувальний каналець, що впадає в збиральну трубочку. Починаючись у кірковій речовині нирки, збиральні трубочки, зливаючись, утворюють сосочкові протоки (каналці Белліні), які відкриваються в чашки.

Юкстамедулярні (юкстагломерулярні) нефрони (мал. 5) – розташовані в мозковій частині нирки, їхні клубочки розміщені на межі між кірковою і мозковою речовиною (у кортико-медулярній зоні), а петля Генле практично межує з нирковим сосочком. Юкстамедулярні нефрони суттєво відрізняються від кортикальних не лише за місцем розташування, а й за ступенем і характером кровопостачання, мають дуже довгу петлю Генле, що опускається до ниркового сосочка. Довгі петлі Генле супроводжуються *vasa recta*, калібр яких лише не набагато менший за калібр еферентних артеріол. Еферентні артеріоли юкстамедулярних клубочків на відміну від кортикальних мають такий же діаметр, як і аферентні. За певних умов, особливо при недостатньому припливі артеріальної крові, *vasa recta* можуть виконувати функцію запасного обхідного анастомозу.

Загальна довжина каналців кожного нефрону – 40-50 мм, загальна протяжність усіх каналців у двох нирках наближається до 100 мм, а поверхня епітелію, що вистилає їх, досягає 5-6 м².

Основні функції нирок:

1) очисна – виведення з організму продуктів метаболізму: води, сечовини, креатиніну, Н⁺, уратів, оксалатів, фосфатів, "уремічних токсинів" тощо.

2) регуляція гомеостазу – збереження сталості внутрішнього середовища організму (води, натрію, калію, кальцію, фосфору, кислото-основної рівноваги).

3) внутрішньосекреторна – утворення біологічно активних речовин – реніну, ангіотензину, еритропоетину, 1,25 – дигідроксिवітаміну D тощо.

4) регуляція артеріального тиску.

Важливість цих функцій наочно проявляється у разі захворювань нирок, яким властива різноманітність симптомів і ознак порушення обміну речовин.

В основі перших двох функцій лежать 3 основні процеси, які забезпечують утворення сечі: фільтрація у клубочках, реабсорбція і секреція в каналцях.

Основною кількісною характеристикою процесу фільтрації є **швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ)** – об'єм ультрафільтрату, який утворюється в нирках за одиницю часу й залежить від таких чинників: об'єму плазми, що проходить через кору нирок за одиницю часу або ниркового плазматому (становить у людини масою 70 кг близько 600 мл на 1 хв); фільтраційного тиску; фільтраційної поверхні (дорівнює 2-3% загальної поверхні капілярів