ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

імені Івана Боберського

КАФЕДРА АНАТОМІЇ ТА ФІЗІОЛОГІЇ

“Нормальна фізіологія людини”

ЛЕКЦІЯ № 17

Тема лекції:

ФІЗІОЛОГІЯ ВИДІЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

План.

1. Функції нирок. Будова нефрону.
2. Механізм утворення і виділення сечі.
3. Регуляція сечоутворення та сечовиділення.
4. Видільні функції шкіри.

Тривалість лекції: 2 академічні години

Матеріальне забезпечення: мультимедійна презентація.

Склав: доц. Вовканич Л.С.

Затверджено на засіданні

кафедри анатомії і фізіології

"_____" _____ 2019 р.

протокол № _____

Зав. кафедри _____Вовканич Л.С.

Львів – 2019

1. Функції нирок. Будова нефрону.

Підтримання оптимальних відношень організму із середовищем і підтримання гомеостазу забезпечується як надходженням життєво необхідних речовин ззовні, так і виділенням кінцевих продуктів обміну речовин. *Видільні функції* здійснюються багатьма системами організму: *нирками, шлунково-кишковим трактом, органами зовнішнього дихання, потовими, сальними, слізними, молочними і іншими залозами*. Через *шлунково-кишковий тракт* із організму виводяться залишки травних соків, неперетравлені продукти, сполуки азоту (сечовина, сечова кислота.), солі, воду, різні лікарські речовини і токсичні сполуки (ртуть , вісмут, морфій, фарби, йодисті сполуки та ін.). Через органи зовнішнього дихання виділяються газоподібні речовини – вуглекислий газ, лікарські речовини, і ін. Проте головну роль у процесах обміну відіграють видільні функції *нирок* та *потових залоз*.

Основні функції нирок:

1. регуляція об'єму рідин внутрішнього середовища організму;
2. регуляція pH крові, кислотно-лужної рівноваги, концентрації іонів та осмотичного тиску в тканинах тіла;
3. видалення з організму кінцевих продуктів білкового обміну, чужорідних (в тому числі лікарських) речовин, надлишку органічних і неорганічних речовин;
4. секреція фізіологічно активних речовин, зокрема реніну, еритропоетину та інших, які впливають на тонус кровоносних судин, артеріальний тиск, утворення еритроцитів.

Функціональною одиницею нирок є *нефрон*. В нирках людини є понад 2 млн. нефронів. Кожний *нефрон* починається *мальпігієвим тільцем*, яке складається з *капсули Шумлянського-Боумена*, в якій знаходиться *судинний клубочок*. Капсула Шумлянського-Боумена має подвійну стінку, внутрішня стінка капсули тісно контактує із стінками капілярів судинного клубочка, утворюючи *базальну фільтруючу мембрану*. Між нею і зовнішньою стінкою

капсули знаходиться порожнина, в яку надходить плазма, яка фільтрується через базальну фільтруючу мембрану із капілярів клубочка.

Судинний клубочок складається з складної *сітки артеріальних капілярів, приносної і виносної артеріоли*. Діаметр виносної артеріоли менший в порівнянні з приносною, що сприяє підтриманню в капілярах клубочків відносно високого кров'яного тиску (70 мм рт.ст.).

Зовнішня стінка капсули Шумлянського-Боумена безпосередньо переходить в *проксимальний звивистий каналець*. Це каналець 1 порядку. На деякій відстані від капсули проксимальний звивистий каналець випрямляється і утворює *петлю Генле*, яка переходить в *дистальний звивистий каналець* (2 порядку), який в свою чергу відкривається в *збиральну трубку*.

Крім таких нефронів, які називаються *корковими*, в нирці є ще і інші – *юкстамедулярні нефрони*. Вони знаходяться в мозковому шарі нирок, виробляють ренін, який регулює кров'яний тиск.

За 1 хв. через нирок проходить близько 1200 мл крові, тобто 25% ХОК. Беручи до уваги те, що маса нирок становить лише 0,4% маси тіла, очевидним стає виключно високий рівень кровопостачання нирок. При цьому 90-93% всієї крові проходить через коркову речовину нирок. Слід зазначити, що цей кровообіг досить постійний і не змінюється при зміні артеріального тиску у два рази – від 90 до 190 мм рт. ст. Особливістю кровопостачання нирок є наявність подвійної сітки капілярів. Перша сітка капілярів утворює клубочки ниркових тілець, а друга – обплітає каналець нефрона. Капіляри збираються у дрібні вени, які утворюють ниркові вени, що впадають у нижню порожнисту вену.

2. Механізм утворення і виділення сечі.

Сечоутворення – це складний процес, який згідно з сучасної фільтраційно-реабсорбційної теорії складається з 2 фаз – *фільтрації* і

реабсорбції. На сьогодні вважають також, що у виділенні окремих речовин задіяні процеси *секреції*.

Фільтрація. Завдяки високому тиску крові в судинному клубочку (60-70 мм рт. ст.) відбувається перехід рідини із просвіту кровоносних капілярів через *клубочковий фільтр* у порожнину капсули клубочка. *Клубочковий філь*тр складається з *ендотелію капілярів*, *базальної мембрани* і *внутрішнього листка капсули Шумлянського-Боумена*. Ендотелій капілярів не пропускає формені елементи крові і білки, проте через нього вільно проходять низькомолекулярні речовини, розчинені у плазмі крові. Наступні шари обмежують фільтрацію альбумінів плазми та інших речовин із великою молекулярною масою. В результаті у порожнину капсули Шумлянського-Боумена проходить практично безбілкова плазма крові із всіма розчиненими солями. Цей фільтрат називається *первинною сечею*. У людини з кожного літра плазми крові утворюється 190-200 мл первинної сечі, що складає 150-180 л за добу. У той же час кінцевий об'єм сечі становить 1-1,5 л, тобто переважна частина рідини реабсорбується у ниркових канальцях.

Реабсорбація. Первина сеча надходить в звивисті канальці і петлю Генле, де відбувається зворотне всмоктування, тобто *реабсорбція*. Основною метою цього процесу є повернути у кров усі необхідні організму речовини. Так, у *проксимальному канальці* реабсорбується *глюкоза, амінокислоти, вітаміни, невеликі кількості білка. пептиди, іони* Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}. Одночасно з цими речовинами реабсорбується вода. У наступних відділах органічні речовини не всмоктуються, у них реабсорбуються лише іони і вода. Слід зазначити, що при високій концентрації речовини можуть реабсорбуватись не повністю і тому виводитись з організму. Наприклад, якщо концентрація глюкози більша I50-I80 мг%, то в сечі є її надлишок, тобто спостерігається глюкозурія.

Механізми реабсорбції різних речовин неоднакові. Наприклад, глюкоза реабсорбується у котранспорті з Na^+, переміщення якого здійснюється за градієнтом концентрації, створеним Na, K-АТФазою. Молекули білків

транспортуються за механізмом *піноцитозу*. Наявні також спеціальні системи транспорту амінокислот.

Найбільших енерговитрат вимагає реабсорбція іонів Na^+, Cl^-, HCO_3^-, які профільтрувались у клубочках. При цьому транспорт натрію є первинно-активним, тобто на його забезпечення витрачається енергія АТФ. Основну роль у цьому процесі відіграє Na,K-АТФаза. При цьому у проксимальному канальці реабсорбується 2/3 натрію. У проксимальному відділі реабсорбуються й інші іони.

В результаті реабсорбіції у проксимальному канальці більшості компонентів ультрафільтрату та води об'єм первинної сечі різко зменшується і у початковий відділ петлі Генле надходить лише близько 1/3 первинного фільтрату. Тут також тривають процеси всмоктування. Зокрема, у ділянці петлі Генле всмоктується до 25% натрію, а у дистальному відділі канальця – близько 9%. Всмоктування тут відбувається проти високих концентраційних градієнтів.

Кінцеві продукти обміну білків - *сечовина, сечова кислота, креатинін, аміан, сульфати, лікарські речовини* і інші не реабсорбуються і виводяться із сечею.

Секреція. Секреція прискорює видалення нирками ряду чужорідних речовин, кінцевих продуктів обміну, іонів. Зокрема, секретуються такі органічні кислоти як пеніцилін і сечова кислота, органічні основи – холін, гуанідин та неорганічні іони – калій. Секреція органічних кислот і основ відбувається у проксимальному сегменті нефрону, а секреція калію – у клітинах дистального звивистого канальця і збірних трубок. Секреторна функція полягає в тому, що деякі шкідливі речовини, які не проходять через "сито", виводяться з організму внаслідок секреції.

3. Регуляція сечоутворення та сечовиділення.

Процеси сечоутворення в організмі людини регулюються з допомогою нервових та гуморальних механізмів. Ця регуляція спрямована на

підтримання постійності іонного складу і об'єму міжклітинної рідини. Зокрема, осмотичність внутрішнього середовища може зростати при недостатньому споживанні води чи надлишковій її втраті (напр. з потом). У цій ситуації відбувається рефлекторна та гуморальна регуляція діяльності нирки, спрямована на затримку води в організмі. При цьому аферентні впливи надходять у ЦНС від *осморецепторів*, розміщених у ділянці сонної артерії та гіпоталамусі. Вони реагують переважно на зміну концентрації натрію. Окрім того, інтенсивність сечовиділення регулюється за участю *волюморецепторів*, які контролюють об'єм позаклітинної рідини. Рефлекторні впливи на процес сечоутворення проходять по симпатичних і парасимпатичних нервах. Больові подразнення що надходять через екстра- чи інтерорецептори зменшують або зовсім припиняють утворення первинної сечі. Цей ефект можна відтворити також умовно-рефлекторним шляхом. Показано також, що багатократне введення в організм тварини води у поєднанні з умовним подразником призводить до утворення умовних рефлексів по стимуляції виділення сечі.

Гуморальна регуляція здійснюється гормоном наднирників - *альдостероном* і *антидіуретичним гормоном (вазопресином)* гіпофіза. Слід зазначити, що адреналін та норадреналін також стимулюють виділення альдостерону. Під дією альдестерона посилюються процеси зворотного всмоктування Na^+ і одночасно зменшується реабсорбція K^+. При цьому виникає затримка натрію та води в організмі. *Антидіуретичний гормон* сприяє підвищенню проникності стінки петлі нефрона, а також стінок збиральних канальців. Це призводить до затримки води в організмі. На сечовиділення впливає і *тироксин*, який стимулює його, пригнічуючи реабсорбцію води в канальцях нефронів. Регулюється також процес виділення із сечею кальцію. Так, гормон паращитоподібних залоз *паратгормон* посилює його зворотне всмоктування у ниркових канальцях, у той час як *тиреокальцитонін* посилює виділення кальцію з сечею.

Виділення сечі.

Кінцева сеча по збиральних трубочках надходить в *ниркові миски*, *сечоводи* і *сечовий міхур*. Коли в сечовому міхурі збирається 25О-ЗОО мл сечі, тиск в ньому досягає 15-16 см. водн. ст. Рецептори стінок міхура подразнюються і збудження надходить по аферентних шляхах в куприковий відділ спинного мозку, де розміщений центр мимовільно-рефлекторного сечовиділення. Центри спинного мозку знаходяться під контролем рефлекторних центрів моста, гіпоталамуса та великих півкуль. Еферентна іннервація сечового міхура здійснюється по симпатичних і парасимпатичних волокнах. Імпульси, що надходять по *симпатичних* волокнах із ділянки верхніх поперекових сегментів, розслабляють м'язи міхура. Це сприяє заповненню міхура сечею і утримання її. При надходженні імпульсу по *парасимпатичних* волокнах від 2-4 куприкових сегментів відбувається скорочення гладкої мускулатури стінки сечового міхура, сеча витискається з міхура і виводиться назовні. При цьому відбувається розслаблення внутрішнього гладком'язового сфінктера сечового міхура та розслаблення зовнішнього сфінктера, побудованого із посмугованої м'язової тканини. Зовнішній сфінктер іннервують волокна соромітного нерва, що надходять із середніх куприкових сегментах.

Тривала фізична робота призводить до зменшення кровообігу внутрішніх органів, різкого зниження тиску в капілярах судинних клубочків нирок, а це призводить до зменшення або навіть припинення сечовиділення. Недостатня діяльність нирок компенсується посиленою роботою потових залоз, що одночасно посилює тепловіддачу. За умов анаеробної роботи концентрація молочної кислоти у сечі може досягати 0,22-0,24%, у той час як за аеробної роботи вона не перевищує 0,05-0,06%. При цьому виведенню молочної кислоти сприяє посилена робота потових залоз. За умов фізичних та психоемоційних навантажень у сечі може з'являтись глюкоза та білок.

4. Видільні функції шкіри

Видільна функція нирок може доповнюватись видільними процесами, що відбуваються і потових залозах. Піт містить 97-99% води, солі (хлориди, фосфати, сульфати), ряд органічних сполук (аміак, сечовина, креатинін, сечова та молочна кислота). Їх робота взаємодоповнююча та часом взаємозмінна. Одним із таких випадків є інтенсивна фізична робота. Розрізняють два типи потовиділення – *термічне* та *емоціональне*. Термічне потовиділення спостерігається по всій поверхні тіла, за винятком долонь та підошовної сторони стопи. Психологічне – на долонях, підошовній стороні стопи, у підпаховій ямці. Причиною термічного потовиділення є підвищення температури оточуючого середовища чи температури тіла внаслідок фізичної роботи. Психологічне потовиділення виникає в результаті емоційних переживань, розумового напруження. Потовиділення, що виникає *при фізичній роботі*, поєднує у собі термічний (внаслідок підвищення теплопродукції при м'язовій роботі) та психічний (емоційні зміни, викликані цією роботою) компоненти.

Хоча потовиділення є постійним процесом, проте в умовах спокою та комфортної температури інтенсивність потовиділення досить низька і становить 500-1000 мл за добу. В умовах підвищення температури оточуючого середовища, м'язової роботи, емоційного напруження інтенсивність потовиділення значно зростає. Так, у чоловіків під час руху із швидкістю 5 км/год із вантажем 10 кг за температури повітря 32-34^{o}C за годину виділяється 1056-1787 г поту. Під час марафонського бігу швидкість потовиділення може досягати 1200-1500 мл/год. Загальне потовиділення за добу в умовах підвищеної температури може досягати 10 л за добу. Під час забігу марафонці можуть втрачати до 6 л води з потом, втрачаючи 13-14% води організму.

Регуляція потовиділення здійснюється нервовим та гуморальним шляхом. Іннервуються потові залози нервами симпатичної нервової системи, закінчення яких, проте, виділяється як медіатор ацетилхолін.

Література

1. Вовканич Л.С. Довідник для студентів із дисципліни «Нормальна фізіологія людини» / Л.С.Вовканич, Д.І.Бергтраум. – Львів : ЛДУФК, 2018. – 32 с.

2. Вовканич Л.С. Фізіологічні основи фізичного виховання і спорту: навч. посібник для перепідготовки спеціалістів ОКР "бакалавр": у 2 ч. / Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. – Л.: ЛДУФК, 2011. – Ч. 1. – 344 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/10059

3. Ганонг В.Ф. Фізіологія людини: підручник / Переклад з англ. Наук. ред.. перекладу М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.

4. Гжегоцький М.Р. Фізіологія людини / Гжегоцький М.Р., Філімонов В.І., Петришин Ю.С., Мисаковець О.Г. – К.: Книга плюс, 2005. – 494 с.

5. Коритко З.І. Загальна фізіологія / Коритко З.І., Голубій Є.М. – Львів: 2002. – 172 с.

6. Нормальна фізіологія / Під. ред. В. І. Філімонова. – К.: Здоров'я, 1994. – 608 с.

7. Фекета В.П. Курс лекцій з нормальної фізіології / В.П.Фекета. – Ужгород: Гражда, 2006. – 296 с.

8. Физиология человека: учебник / под. ред. В.М.Покровсокго, Г.Ф.Коротько. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2003. – 656 с.

9. Физиология человека: Учебник/Под ред. В.М. Смирнова.— М.: Медицина, 2002. — 608 с: ил.

10. Фізіологія людини : навч. посіб. – Вид. 2-ге, доп. / Яремко Є. О., Вовканич Л. С., Бергтраум Д. І. [та ін.]. – Л. : ЛДУФК, 2013. – 208 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/9261

11. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М.Ю. Клевець, В.В.Манько, М.О. Гальків та ін. – Л.: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 326 с.

12. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів /

В.Г.Шевчук, В.М.Мороз, С.М.Бєлан [та ін..] ; за ред.. В.Г.Шевчука. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 448 с.

13. Чайченко Г.М. Фізіологія людини і тварин / Чайченко Г.М., Цибенко В.О, Сокур В.Д. – К: Вища школа, 2003. – 463 с.