

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ; БІОЛОГІЧНА РОЛЬ, ЗАСТОСУВАННЯ В
МЕДИЦИНІ**

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів I курсу з дисципліни
«Медична хімія»

«Затверджено»
Вченою радою Харківського
національного медичного
університету
Протокол №11
від 27 листопада 2014 р.

Харків 2014

Біогенні елементи; біологічна роль, застосування в медицині: Метод. вказ. для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, С.А. Наконечна, Л.Г. Шаповал, В.М. Петюніна, Є.Р. Грабовецька, В.О. Макаров, С.В. Андрєєва, Л.В. Лук'янова, С.М. Козуб, Т.С. Тішакова, Р.О. Бачинський, О.Л. Левашова, О.В. Савельєва, Н.В. Копотєва, Н.М. Чаленко. – Харків: ХНМУ, 2014. – 22 с.

Укладачі:

Г.О. Сирова

С.А. Наконечна

Л.Г. Шаповал

В.М. Петюніна

Є.Р. Грабовецька

В.О. Макаров

С.В. Андрєєва

Л.В. Лук'янова

С.М. Козуб

Т.С. Тішакова

Р.О. Бачинський

О.Л. Левашова

О.В. Савельєва

Н.В. Копотєва

Н.М. Чаленко

ТЕМА ЗАНЯТТЯ «БІОГЕННІ ЕЛЕМЕНТИ; БІОЛОГІЧНА РОЛЬ, ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЦИНІ»

1. Кількість годин: 4.

2. Матеріальне та методичне забезпечення теми:

Таблиці:

1. Графологічна структура теми.

1. Розподіл в періодичній системі елементів, що викликають мікроелементози.

2. Гем.

3. Характеристика деяких ферумвмісних білків.

4. Іони металів в металоферментах.

5. Вітамін В₁₂.

6. Функції d-елементів в організмі людини.

7. Купрумвмісні білки.

8. Карбоксиангідраза.

Навчально-методична література:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

3. Робочий зошит для самостійної роботи студентів з курсу «Медична хімія» Харків, ХНМУ, 2013. – 72 с.

4. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Медицина хімія» за темою «Біогенні елементи; біологічна роль, застосування в медицині».

5. Конспект лекції

3. Обґрунтування теми: із 117 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва доведена наявність в організмі людини 82, для 62 з них встановлена біологічна функція. А 12 елементів вважаються життєво - необхідні. Біологічна роль хімічних елементів в організмі людини багатогранна. Вони входять в структури медіаторів, гормонів, ферментів, вітамінів. Беруть участь в їх біосинтезі, підсилюють і регулюють активність як їх самих, так і синтетичних замінників.

Фізіологічна дія елементів залежить від їх концентрації. Мікроелементи залежно від їх концентрації необхідні для збереження здоров'я, а у великих дозах токсичні. Тому вивченням різних сторін дії мікроелементів на організм займаються біохіміки, патофізіологи, гігієністи і представники клінічних дисциплін. Вивчаючи дану тему, студенти набувають знань, які допоможуть їм досконаліше вивчити біохімічні процеси, які протікають в організмі людини, фізіологію людини в умовах екологічної кризи на нашій планеті, а також застосування похідних хімічних елементів як лікарських препаратів.

4. Мета заняття:

- загальна: уміти трактувати взаємозв'язок між місцезнаходженням s-, p-, d- елементів в періодичній системі і їх біогенну роль.

- конкретна: уміти використовуючи знання будови, властивостей s-, p-, d- елементів, їх розповсюдження в природі, уміти трактувати взаємозв'язок між біологічною роллю біогенних елементів і формою їх знаходження в організмі.

а) **знати** місце розташування біогенних елементів у таблиці Д.І. Менделєєва, їхні характеристики атомів, електронну будову атомів та біогенну роль;

б) **вміти** проводити якісні реакції, розпізнавати електронні формули будови атомів, передбачати хімічні властивості елементів; в) практичні

навички: знати біогенну роль найважливіших s- і p-елементів: H, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Pb, Sn, N, P, As, O, S, Se, F, Cl, Br, I. Знати біогенну роль найважливіших d-елементів: Cr, Mo, Fe, Co, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg. Вміти поставити якісні реакції на іони: CO_2^{-3} , SO_4^{-2} , NO_2^{-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, MnO_4^{-} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ag^{+} .

5. Графологічна структура теми:



6. Орієнтована карта роботи студентів:

№ п/п	Етапи	Час (хв.)	Навчальні посібники	Місце проведення
Заняття I				
1.	Корекція знань і вмінь студентів шляхом вирішення навчальних завдань	70	Довідкові таблиці, навчальний посібник, набір завдань	Навчальна лабораторія
2.	Тестовий контроль	15	Тести	
3.	Підведення підсумків заняття	5		
Заняття II				
1.	Корекція знань і вмінь студентів шляхом вирішення навчальних завдань	40	Довідкові таблиці, навчальний посібник, набір завдань	Навчальна лабораторія
2.	Обговорення порядку виконання лабораторної роботи	5		
3.	Виконання лабораторної роботи й оформлення протоколу	25	Набір реактивів, хімічний посуд	
4.	Тестовий контроль	15	Тести	
5.	Підведення підсумків заняття	5		

7. Завдання для самостійної роботи:

- перелік питань, що підлягають вивченню:

1. Загальні відомості.

2. Вчення Вернадського про біосферу і роль живої речовини.

3. Зв'язок між вмістом біогенних елементів в організмі людини і їх вміст в навколишньому середовищі. Ендемічні захворювання.

4. Проблеми забруднення і очищення біосфери від токсичних речовин техногенного походження.

5. Електронна структура і електронегативність *s*-, *p*-, *d*- елементів. Типові хімічні властивості *s*-, *p*-, *d*- елементів і їх сполук.

6. Біологічна роль найважливіших хімічних елементів. Застосування в медицині їх сполук. Токсична дія сполук.

Елементи, необхідні для побудови й життєдіяльності клітин і організмів, називають біогенними. В організмі людини знайдені 82 елемента із 91-го, які зустрічаються в природі, біогенна функція встановлена для 62-х.

Основу всіх живих систем становлять 6 елементів – H, O, C, N, P, S. Це елементи-органогени. Їхній вміст в організмі становить 97 %, основна ознака цих елементів полягає в тому, що вони мають малі значення атомних радіусів, проміжні значення електронегативностей і тому утворюють міцні ковалентні зв'язки. Органогени входять до складу білків, нуклеїнових кислот, ліпідів та інших фізіологічно активних сполук. Крім того елементи-органогени утворюють важливі для функціонування живих систем неорганічні сполуки й іони: (CO₂; NO; CO₃²⁻; PO₄³⁻; SO₄²⁻ і т.д.).

Для нормальної життєдіяльності організму необхідні також неорганічні макроелементи – кальцій, калій, натрій і мікроелементи – купрум, ферум, молібден, цинк, флуор, йод, селен, арсен, силіцій, хром, нікол, станум, ванадій.

Макроелементи – елементи, вміст яких у біосередовищах перевищує 10⁻² %. *Мікроелементи* – 10⁻³–10⁻⁵ %. *Ультрамикроелементи* – елементи, вміст яких в організмі менше 10⁻⁵ %.

Десять елементів – Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Co - життєво необхідні. Біологічна роль хімічних елементів в організмі людини багатогранна. Макроелементи виконують роль пластичного матеріалу в побудові тканин, підтримують осмотичний тиск, рН середовища, кислотнолужний стан, стан колоїдів і т.ін. Мікроелементи разом з ферментами, гормонами, вітамінами та іншими біологічно активними речовинами беруть участь у процесах розмноження, росту, обміну білків, жирів, вуглеводів.

Участь мікроелементів у фізіологічних процесах здійснюється двома шляхами:

1. Атом надходить до структури ферменту в якості комплексоутворювача.
2. Елемент являється ланкою, що з'єднує систему фермент – субстрат.

Біологічні функції мікроелементів у живому організмі пов'язані головним чином із процесами комплексоутворення між біологічними лігандами (амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, вітаміни, ферменти, гормони, вода та ін.) і іонами відповідних металів.

Істотний вплив на фізіологічну активність елемента має його концентрація в організмі. Організму шкідлива й недостатня також надлишкова доза елемента. Вміст хімічних елементів в організмі залежить від хімічного складу навколишнього середовища (земна кора, вода річок, морів, океанів, повітря). Ці питання знайшли глибоке наукове обґрунтування в роботах В.І. Вернадського і його послідовників. В.І. Вернадський, вивчаючи геохімічні перетворення в земній корі, встановив, що зміни елементного складу верхнього шару земної кори впливає на хімічний склад живих організмів. В організмі людини є всі хімічні елементи, які має морська вода. У морській воді присутні всі елементи земної кори. Речовини неживої й живої природи складаються з однакових хімічних елементів і між ними діють однакові сили хімічної взаємодії: ковалентні, іонні, водневі й т.ін. Молекулярними мішенями, тобто об'єктами атаки іонів важких металів є:

1. Білки й ферменти, що містять гем.
2. Системи пероксидного й вільнорадикального окислювання ліпідів і білків, а також системи антиоксидантного і антиперекисного захисту.
3. Ферменти транспорту електронів і синтезу АТФ.
4. Білки клітинних мембран і іонні канали мембран.

Іони Pb, Hg, Co, Cd утворюють міцні комплекси з амінокислотами й іншими біомолекулами, які містять меркапто - (-SH-) - групи або алкілтіогрупи – (RS-). Багато комплексів металів з органічними лігандами близькі за своїми параметрами (розмірами, розподілом зарядів і ін.) до «звичайних» субстратів

(амінокислот, гормонів, нейромедіаторів) і тому можуть зв'язуватися з відповідними рецепторами (ефект мімікрії). Наприклад, комплекс, утворений ртуттю й амінокислотою цистеїном, імітує амінокислоту метіонін, необхідну для біосинтезу адреналіну й холіну.

Інший механізм токсичної дії полягає в заміні біометалів у металвміщуючих біокомплексах, що призводить до втрати їхньої біологічної активності. Так, у результаті заміни Zn ртуттю або плумбумом відбувається дезактивація ферменту карбоангідрази й амінолевулінатдегідратази, які беруть участь у синтезі гема. У такий спосіб виникає анемія. Важкі метали також активують пероксидне й вільнорадикальне окислення. У результаті цього ушкоджуються білки, нуклеїнові кислоти, а також біомембрани.

s-елементи IA й IIA груп

Електронна конфігурація зовнішнього електронного рівня, відповідно ns^1 і ns^2 . Ці електрони є валентні. Тому атоми цих елементів мають сталу валентність і сталий ступінь окислення. Елементи I групи — I і +1; IIA групи — II і +2. Вони легко віддають свої *s-електрони*, являють собою метали-відновники. Тому що потенціал іонізації (енергія іонізації) зменшується в групі зверху вниз, їх відновні (металеві) властивості зростають. Електронегативність атомів зменшується в тому ж напрямку.

Іонні радіуси збільшуються в групі зверху вниз; у тому ж напрямку зменшується теплота гідратації, радіус гідратованого іона, число гідратації (число молекул води, які надходять до складу гідратної оболонки іона).

Основними біометалами є елементи із середніми значеннями цих величин – натрій, магній, калій, кальцій, літій. Берилій, стронцій, барій – токсичні.

Величиною гідратованого іону можна пояснити таку обставину, що іон K^+ – внутрішньоклітинний, а іон Na^+ – позаклітинний.

p-елементи IIIA — VIIA груп

Електронні конфігурації зовнішнього енергетичного рівня (валентного рівня) *p*-елементів такі: IIIA- ns^2np^1 ; IVA- ns^2np^2 ; VA- ns^2np^3 ; VIA- ns^2np^4 ; VIIA- ns^2np^5 . Характерні валентності й ступені окислення:

ІІІА-ІІІ, +3, для Тl-I, +1; сполуки $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Tl}_2\text{O}_3$.

ІІІА-ІІ, ІІІ; -4. +2. +4; сполуки $\text{CH}_4, \text{CO}, \text{CO}_2$.

VА-ІІІ; V; -3. +3. +5; сполуки $\text{PH}_3; \text{P}_2\text{O}_3, \text{P}_2\text{O}_5$.

Особливе місце займає **нітроген**. Валентність його в сполуках: I, II, III, IV; ступені окислення: від -3 до +5. Сполуки: $\text{NH}_3; \text{N}_2\text{O}; \text{NO}; \text{N}_2\text{O}_3; \text{NO}_2; \text{N}_2\text{O}_5$.

VІА — II; IV, VI; -2; +4; +6. Сполуки $\text{H}_2\text{S}, \text{SO}_2, \text{SO}_3$.

Оксиген у сполуках переважно виявляє валентність II і ступінь окислення -2. Наприклад, H_2O . Виключення становлять пероксиди, у яких кисень має ступінь окислення -1. Наприклад: H_2O_2 .

VІІА. Можливі валентності від I до VII. Найбільш характерні I, III, V, VII. Ступені окислення – від -1 до +7. Найбільш характерні -1; +1; +3; +5; +7. Сполуки: $\text{HCl}, \text{Cl}_2\text{O}, \text{Cl}_2\text{O}_3, \text{Cl}_2\text{O}_5, \text{Cl}_2\text{O}_7$.

Виключення становить **флуор**. Його валентність I і ступінь окислення -1 (HF).

У групах *p*-елементів зверху вниз збільшуються атомні радіуси, зменшується потенціал іонізації, зменшується спорідненість до електрону, зменшується електронегативність. У зв'язку із цим у групах збільшуються відновні (металеві) властивості. Починається група неметалом, закінчується металом.

p-Елементи ІІІА групи в мікрокількостях надходять до складу біомолекул, утворюючи зв'язок з атомами кисню й нітрогену. Виключення становить талій, який утворює зв'язок із сульфуром, тому і є дуже токсичним.

p-Елементи ІІІА групи надходять до складу біомолекул, з'єднуючись із атомами різних елементів. Карбон у біомолекулах утворює полімерні ланцюги карбон-карбон і міцно зв'язується з воднем, киснем, нітрогеном, сульфуром, селеном, йодом. Si, Ge, Sn, Pb утворюють зв'язки з атомом кисню, а свинець – із сульфуром. Властивість свинцю утворювати міцний зв'язок із сульфуром обумовлює його високу токсичність.

p-Елементи VА групи також надходять до складу біомолекул, утворюючи зв'язки з атомами багатьох елементів. Для нітрогену характерні зв'язки з

карбоном і гідрогеном через кисень; арсен, стибій, вісмут – через кисень і сульфур. Це визначає малу подібність нітрогену й фосфору, а також відмінність нітрогену й фосфору від інших елементів цієї групи. Здатність As, Sb, Bi до зв'язування із сульфуром білків визначає їхню токсичність і в цілому синергізм в живих організмах.

p-Елементи VIA групи, утворюють у біомолекулах зв'язки з різними елементами. Однак, сильно електронегативний кисень різко відрізняється за фізико-хімічними характеристиками від родини селену, водночас останні подібні за властивостями і виступають у якості синергістів.

p-Елементи VIIA групи – бром і хлор звичайно перебувають в організмі у вигляді гідратованих галогенід-іонів, а F і I – у зв'язаному стані. F зв'язується з металами у важко розчинні солі (Ca, Mg, Fe). За величиною електронегативності й здатністю до координації з біогенними елементами фтор різко відрізняється від інших галогенів, тому майже не приймає участі в заміщенні іонів хлору, броду, йоду. Три останніх елементи близькі за властивостями і можуть заміщати один одного в організмі. Йод з його низькою електронегативністю утворює із карбоном ковалентні зв'язки.

d-елементи IB — VIIIВ груп

Електронну будову й властивості цих елементів розглянемо в порядку, в якому вони представлені в періодичній системі. IIIВ група. $_{21}\text{Sc}—3d^14s^2$; $_{30}\text{Y}—4s^15d^2$; $_{57}\text{La}—5d^16s^2$; $_{89}\text{Ac}—6d^17s^2$; Валентність - III; с.о. +3.

IVВ група. $_{32}\text{Ti} — 3d^24s^2$; $_{140}\text{Zr} — 4d^25s^2$; $_{172}\text{Hf} — 5d^26s^2$; $_{104}\text{Ku} — 6d^27s^2$.

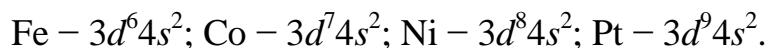
VВ група. Склад групи V; Nb; Ta; Ns (штучний). Валентний шар має будову d^3s^2 . Максимальна валентність V, с.о. +5.

VIB група. Склад Cr, Mo, W. Валентний шар має будову d^4s^2 . Максимальна валентність - VI. Ступінь окислення +6. Для хрому притаманна також с.о. +3.

VIIIВ група. Склад: Mn, Tc, Re. Валентний шар має будову d^5s^2 . Максимальна валентність VII, ступінь окислення +7. Крім того для Mn характерні ступені окислення +2, +3, +4, +6. Як і в інших *d-елементів* основні

властивості оксидів і гідроксидів зі збільшенням ступеня окислення слабшають, а кислотні підсилюються. MnO – нерозчинний у воді оксид. $Mn(OH)_2$ – слабка основа.

VІІВ група. Поділяється на 2 родини – родина феруму (Fe, Co, Ni) і родина платіни (Rn, Os, Rh., Ir, Pd, Pt). Структура валентного шару атомів:



Для феруму найбільш характерні ступені окислення +2 і +3 (с.о. +6 відповідає не існуюча у вільному стані ферумна кислота H_2FeO_4). Відомі її солі – ферати, які мають сильні окисні властивості.

Для кобальту с.о. – +2, +3 ; для нікелю – +2, для платіни – +2 і +4.

ІВ група. Склад Cu, Ag, Au. Конфігурація валентного шару $d^{10}s^1$.

Для купруму притаманна с.о. +2 (можлива +1). Для аргентуму +1, для ауруму +3 (можлива +1). Радіуси елементів ІВ групи в 2 рази менші, ніж у елементів ІА групи.

ІІВ група. Склад: Zn, Cd, Hg. Валентні шари елементів мають структуру $d^{10}s^2$. Тому у своїх сполуках ці елементи мають ступінь окислення +2. Меркурій у деяких сполуках утворює іон $(Hg_2)^{2+}$. Цинк і його аналоги виявляють більшу схильність до комплексоутворення. Координаційне число цинку – 4, кадмію – 6, меркурію – 4 і 6.

Для *d-елементів* більш характерна горизонтальна подібність ніж вертикальна. Іони Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} мають подібні фізико-хімічні характеристики: електронну конфігурацію, близькі радіуси іонів, однотипні координаційні числа – 4 і 6 (відповідно тетраедричне або квадратне й октаедричне оточення лігандів). Подібність характеристик цих елементів обумовлює взаємну заміність і паралелізм у біологічній дії. У вигляді відповідних біокомплексів (у тому числі металоферментів) усі вони беруть участь у регуляції обміну речовин, виступаючи каталізаторами біосинтезу.

Більшість із них стимулює кровотворення. Їх синергізм у цьому процесі пов'язаний з участю їхніх іонів на різних етапах синтезу ферментних систем крові. Більш того, молекули – переносники кисню для людини й більшості

вищих тварин містять у своєму складі ферум, у хробаків – купрум, асцидій – ванадій. Іони нікелю, мангану й феруму заміщують один одного в живих організмах, беручи участь в однотипних перетвореннях.

Біогенна роль елементів

Водень. Один із шести елементів органогенів. 10 % маси тіла людини відповідає гідрогену. Він є складовою частиною важливих органічних і неорганічних сполук, які відіграють велику біологічну роль в організмі людини: білки, нуклеїнові кислоти, вітаміни, гормони, ферменти й т.ін.

Літій – мікроелемент ($10^{-4}\%$). Солі літію нормалізують водно-електролітний обмін у мозку; володіють антистресорною дією: активно придушують патологічну емоційну лабільність і порушення, агресивність при психічних захворюваннях.

Натрій – макроелемент (0,25%). Основний позаклітинний іон. Забезпечує осмотичний тиск; підтримує кислотно-основний стан організму; бере участь у нервово-м'язовій передачі (виникнення біопотенціалів); бере участь у водно-сольовому обміні; впливає на роботу ферментів. При блокуванні натрієвих каналів на клітинній мембрані не відбувається деполяризація й не виникає потенціал дії. Крім того іони натрію сприяють набряканню колоїдів тканин, що приводить до затримки води в організмі й сприяє її нагромадженню (формування набряків).

Калій – макроелемент (0,22 %). Основний внутрішньоклітинний іон. Забезпечує осмотичний тиск; забезпечує виникнення біопотенціалів, що пов'язане із процесом нервової й м'язової збудливості й провідності; підтримує кислотно-основний стан; бере участь у водно-сольовому обміні; бере участь у синтезі білків, вуглеводів; впливає на активність ферментів. Підвищення змісту іонів калію знижує скорочувальну функцію міокарда (брадикардія); зниження вмісту іонів калію збільшує частоту серцевого ритму (тахікардія).

Кальцій – макроелемент (1,4 %). Добова потреба 0,8-0,9 г. В організм надходить із молоком, злаками, овочами. Концентрація іонів кальцію регулюється гормонами паращитоподібної залози. Для засвоєння іонів кальцію

необхідний вітамін D і солі фосфатної кислоти. Кальцій – основний компонент кісткової й зубної тканини, куди він надходить у вигляді гідроксиапатиту $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ і $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ – фторапатиту. Іони кальцію беруть участь: у передачі нервових імпульсів (кальцій знижує збудливість кліток ЦНС); зменшення його концентрації приводить до збільшення збудливості (тетанія). Регулює роботу серця., бере участь у згортанні крові, надходить до складу ферментів (лецитінази) і впливає на їхню активність, впливає на кислотно-основний стан організму, проявляє протизапальні й десенсибілізуючу дію. Іони кальцію – біологічні антагоністи іонів натрію, калію, магнію.

Магній – макроелемент (0,04 %). Добова потреба організму в магнії - 10 мг на 1 кг маси тіла людини. Внутрішньоклітинний іон. Великий вміст магнію в рослинах. Він у якості комплексоутворювача надходить до складу хлорофілу. Залежно від концентрації блокує або забезпечує нервово-м'язову передачу; гнітить центр подиху; гнітить судинно-рухальний центр, внаслідок чого знижує артеріальний тиск; компонент і активатор деяких ферментів; стимулює перистальтику кишечника й жовчовиділення.

Стронцій – мікроелемент (10^{-3} %). Концентрується в кістках, частково заміщуючи кальцій. Радіоактивний стронцій ^{90}Sr , що утворюється при ядерних вибухах, викликає променеву хворобу, саркому кісток і лейкоз крові. Водночас цей нуклід використовується для лікування пухлин кісток.

Барій – мікроелемент (10^{-5} %). Концентрується головним чином у сітківці ока, але біологічна роль не з'ясована. Препарат барію – сульфат барію, застосовують у якості рентгеноконтрастного засобу при діагностиці захворювань шлунково-кишкового тракту. Це можливо тому, що речовина нерозчинна ні у воді, ні в кислотах, ні в лугах і інтенсивно затримує рентгенівські промені. **Іони барію дуже токсичні!**

Бор – мікроелемент (10^{-5} %). Топографія в організмі: легені, щитоподібна залоза, мозок, печінка, нирки й т.ін. Бере участь у вуглеводно-фосфатному обміні. Сполуки бору мають протизапальну й антибактеріальну дію. Препарати бору проявляють протиепілептичну дію. Препарати бору – борна кислота

застосовується як дезінфікуючий засіб в офтальмології, отоларингології, дерматології. Тетраборат натрію ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) – антисептичний засіб, зовнішнє.

Алюміній – незамінний мікроелемент (10^{-5} %). Вміщується в крові, легенях, нирках, печінці, кістках, надходить до складу оболонки нервових клітин головного мозку людини. Бере участь у побудові епітеліальної й сполучної тканини (опорна роль). Бере участь у регенерації кісткової тканини. Бере участь в обміні фосфору.

Карбон – органоген номер один, в організмі його вміст становить 21,5 %. Основа всіх органічних сполук завдяки унікальній здатності утворювати міцні ковалентні зв'язки між собою, а також з атомами інших хімічних елементів, наприклад, гідрогену, кисню, нітрогену, сульфору, галогенів. Вугілля активоване, маючи більшу поверхню, добре адсорбує гази, алкалоїди, токсини. Призначається при метеоризмі, харчових інтоксикаціях, отруєннях алкалоїдами, солями важких металів.

Силіцій – мікроелемент (10^{-3} %). Вміщується в печінці, наднирниках, волоссях, кристалику ока. Впливає на формування й функціонування епітеліальної й сполучної тканини; перешкоджає проникненню ліпідів у плазму крові і їхньому відкладенню на стінках судин. В організм силіцій потрапляє через шлунково-кишковий тракт, а також через легені у вигляді оксиду силіцію (IV). Препарати силіцію (карбід силіцію, оксид силіцію (IV)) застосовуються в ортопедичній стоматології.

Станум (Sn) і плюмбум (Pb) – мікроелементи, вміст в організмі, відповідно, 10^{-4} % і 10^{-6} %. Біологічна роль не з'ясована. **Сполуки станума й, особливо, плюмбума дуже токсичні.**

Нітроген – органоген, вміст в організмі 3,1 %. Він є складовою частиною більшості органічних сполук організму: амінокислот, білків, ліпідів, вітамінів, гормонів, ферментів і т.ін. Нітроген утворює досить міцні ковалентні зв'язки з гідрогеном, карбоном. Разом із сульфуром, киснем, фосфором нітроген зміцнює «кістяк» з карбонових ланцюгів, завдяки чому утворюються різноманітні органічні сполуки. Азот - основна складова повітря. Дуже добре,

як і кисень, розчиняється в біологічних рідинах, зокрема, у крові. Його присутність у крові може стати причиною кесонної хвороби. Різке падіння тиску (наприклад, при швидкому підйомі водолаза) може привести до виділення азоту (кров «закипає»). Це може привести до паралічу й смерті.

Фосфор – органоген (0,95 %). Добова потреба організму у фосфорі 1,3 г. Є складовою частиною білків, нуклеїнових кислот, АТФ і інших фізіологічно активних сполук. Велика кількість фосфору вміщується в кістковій і зубній тканині. В них він перебуває у вигляді гідроксиапатиту $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ і $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. За умов недостатньої кількості фосфору й вітаміну D не засвоюється кальцій і виникає захворювання рахіт. Значення фосфору полягає в тому, що вуглеводи, жирні кислоти й інші речовини для того, щоб виконати енергетичну функцію, спочатку повинні бути фосфорильовані. Фосфор необхідний для утворення фосфатної буферної системи, що бере участь у підтримці кислотно-основної рівноваги. В АТФ фосфор утворює із киснем макроергічні зв'язки (збагачені енергією).

Арсен – мікроелемент (10^{-6} %). У волоссях і кістках арсен зберігається довгі роки, що має значення для судово-медичної експертизи. Найбільша його концентрація спостерігається в мозку й м'язах. Концентрується в еритроцитах і бере участь у синтезі гемоглобіну. Бере участь в окислювально-відновних процесах. Бере участь в обміні нуклеїнових кислот. У великих дозах сполуки арсену – сильні отрути.

Кисень – органоген, загальний вміст в організмі 62,43%. Бере участь у всіх видах обміну. Кисень необхідний для найважливішого життєвого процесу - подиху. Всі реакції окислення-відновлення в організмі відбуваються за наявності кисню. Кисень входить до складу таких біологічно важливих сполук як білки, амінокислоти, вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, вітаміни, гормони й ін. Фагоцитарні функції організму залежать від рівня кисню. Зниження рівня кисню приводить до зниження захисних функцій організму. Кисень необхідний для розкладання загиблих тварин і рослин (кругообіг речовин у природі). Кисень разом з оксидом карбону (IV) збуджує дихальний і судинно-

рушійний центри. Кисень застосовується для лікування серцево-судинних, інфекційних, пухлинних захворювань (оксигенотерапія й оксигенобаротерапія).

Озон O_3 – бактерицидна речовина. Озонотерапія проводиться при лікуванні багатьох захворювань: серця й судин, нирок, органів травлення, туберкульозу й т.ін. У високих концентраціях озон токсичний. Озон затримує шкідливе для життя ультрафіолетове випромінювання Сонця й поглинає інфрачервоне випромінювання Землі, перешкоджає її охолодженню. Тому озоновий пояс Землі має велике значення для забезпечення життя на Землі.

Сульфур – органоген (0,16 %). Добова потреба організму в сульфурі 4-5 г. Входить до складу амінокислот, білків, ферментів, гормонів, вітамінів (вітамін B_1 – тіамін), є складовою частиною сульфгідрильних груп — SH. Великий вміст сульфуру у волоссях, кістках, нервовій тканині. В організмі сульфур окислюється до сульфатної кислоти, що знешкоджує токсичні речовини - продукти обміну (феноли, крезол, скатол, індол).

Селен – мікроелемент. Топографія в організмі: печінка, нирки, серце, гіпофіз, кісткові м'язи. Значна кількість селену вміщується в сітківці ока. Тому він необхідний для процесу зору. Селен необхідний для функції полових залоз, наприклад, для нормального протікання вагітності. Сполуки селену токсичні. Але в мікродозах застосовуються в медицині для лікування й попередження захворювань ока, печінки, підшлункової залози, дистрофій і т.ін.

Флуор – мікроелемент (10^{-5} %). Топографія в організмі: волосся, зуби, кістки. Добова потреба складає 1-2 мг. Необхідний для формування кісткової тканини, зубної емалі й дентину. Недолік флуору викликає карієс зубів, надлишок — флюороз. Норма F^- у питній воді 1,5 мг/л. До складу зубної емалі й дентину надходить у вигляді флуорапатиту $Ca_5(PO_4)_3F$.

Хлор – макроелемент (10^{-2} %). Він концентрується в позаклітинній рідині разом з іонами натрію. Регулює осмотичний тиск; сприяє відкладенню глікогену в печінці; бере участь у водно-сольовому обміні; входить до складу ферментних систем, активує амілазу слини. Атоми хлору – потужні окислювачі й тому мають дезінфікуючі властивості.

Бром – мікроелемент (10^{-4} %). Найбільше броду вміщується в нирках, щитоподібній залозі, гіпофізі, крові, сечі. Підсилює процеси гальмування в центральній нервовій системі. Бере участь у біосинтезі тестостерону й регулює функцію половых залоз.

Иод – мікроелемент (10^{-4} %). Добова потреба – 0,2 мг. У крові людини концентрація іодид-іонів стала (10^{-6} - 10^{-5} %) і називається «иодним дзеркалом крові». Основна біологічна функція - бере участь у біосинтезі гормону щитоподібної залози - тироксину. При нестачі іоду в організмі розвивається захворювання - ендемічний зоб. Крім того, иод бере участь у водно-сольовому обміні, а також позитивно впливає на імуногенез.

Хром – мікроелемент (10^{-5} %). Біологічна дія заснована на здатності до комплексоутворення. Впливає на кровотворення; складова частина травного ферменту – трипсину; стабілізує структуру нуклеїнових кислот; сполуки хрому виявляють протипухлинну дію; бере участь в обміні глюкози. Розчинні сполуки хрому в підвищених дозах є отрутами.

Молібден – мікроелемент (10^{-5} %). Добова потреба 0,15-0,3 мг. Топографія в організмі: печінка, нирки, залози внутрішньої секреції. Активатор ферментів; активує синтез гемоглобіну; впливає на імуногенез. Ферменти, що містять молібден, беруть участь у метаболізмі пуринів і засвоєнні азоту, при цьому утворюється сечова кислота. При підвищеному вмісті молібдену розвивається ендемічна подагра.

Ферум – мікроелемент (10^{-5} %). Добова потреба 15-20 мг. Локалізується в еритроцитах, а також у дихальних ферментах цитохромах. Ферум надходить до складу ферментів гемоглобіну, цитохромів, каталаз, пероксидаз і ін. Ферум бере активну участь в окисно-відновних процесах організму, в імунобіологічних реакціях, необхідних для процесів росту й кровоутворення. Нестача феруму приводить до розвитку анемії.

Кобальт – мікроелемент (10^{-5} %). Добова потреба 0,05-0,1 мг. Топографія в організмі: печінка, нирки, підшлункова залоза. Впливає на всі види обміну речовин. Впливає на функції розмноження й росту.

Збільшує вміст еритроцитів і гемоглобіну (гемопоетичні властивості). Мікродози (1-5 мг) кобальту знижують рівень цукру в крові.

Позитивно впливає на засвоєння кальцію й фосфору. Позитивно впливає на імуногенез. Кобальт надходить до складу вітаміну B₁₂ (ціанокобаламіну), стимулює еритропоез. Надлишок кобальту знижує імунобіологічну реактивність організму.

Купрум – мікроелемент (10⁻⁴ %). Життєво необхідний мікроелемент. Добова потреба 2-3 мг. Біотик, нестача якого веде до значних порушень в організмі. Підсилює дію інсуліну й гормонів гіпофіза. Позитивно впливає на ріст і розвиток організму, тому що сприяє синтезу білка. Впливає на синтез гемоглобіну й утворення еритроцитів. Володіє гіпоглікемічною дією. Впливає на водний і мінеральний обмін. Активатор ферментів.

Аргентум – мікроелемент (10⁻⁶ %). Топографія в організмі: печінка, нирки, кістки, залози внутрішньої секреції. Біогенна роль не встановлена. Сильна ферментна отрута. Іони аргентуму мають антисептичну, протизапальну й бактерицидну дію. Як лікарські препарати застосовують нітрат аргентуму (AgNO₃) (ляпіс), колоїдні препарати – протаргол, коларгол.

Цинк – мікроелемент (10⁻³ %). Добова потреба – 10-15 мг. Топографія в організмі: сітчаста оболонка ока, передміхурова залоза, сперма, молочні залози, печінка, м'язи. Впливає на процеси розмноження, тобто репродуктивну функцію; бере участь в обміні нуклеопротейдів, тому позитивно впливає на ріст і розмноження; поліпшує картину крові при променевої терапії пухлин; є складовою частиною ферментів інсуліну, карбоангідрази, карбоксипептидази й ін.; впливає на обмін кальцію й фосфору; підвищує імуногенез. У великих концентраціях сполуки цинку токсичні.

Кадмій – мікроелемент (10⁻⁴ %). Концентрується в нирках і печінці. Біогенна роль вивчена недостатньо. Антагоніст цинку. На відміну від цинку кадмій - інгібітор ферментів, тому що має велику спорідненість до тіолових (-SH) угруповань. Кадмій токсичний і має кумулятивні властивості.

Меркурій – мікроелемент (10^{-6} %). Концентрується в нирках і печінці. Біогенна роль до кінця не встановлена. Впливає на фагоцитоз, кровотворення. Сполуки меркурію - інгібітори ферментів, токсичні. У медицині препарати меркурію застосовуються в якості антисептичних, протипаразитарних і проносних засобів.

- перелік практичних навичок, якими необхідно оволодіти:

знати біогенну роль найважливіших *s*- і *p*-елементів: H, Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Al, C, Si, Pb, Sn, N, P, As, O, S, Se, F, Cl, Br, I. Знати біогенну роль найважливіших *d*-елементів: Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg.

8. Ситуаційні задачі для визначення кінцевого рівня знань:

Завдання 1.

1. *p*-елементом є:

- | | |
|------------|------------|
| A. Натрій | C. Фосфор |
| B. Кальцій | D. Манган. |

2. Електронегативність *s*- і *p*- елементів у групах:

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| A. Зменшується | C. Не змінюється |
| B. Збільшується | D. Такої властивості атоми не мають. |

3. Кальцій необхідний організму для:

- A. Побудови нуклеїнових кислот
- B. Побудови кістяка й зубів
- C. Лікування гіпертонії
- D. Лікування атеросклерозу

Еталони відповідей: 1 – C, 2 – A, 3 – B, 4 – D

Завдання 2.

1. До *d*- елементів відноситься:

- | | |
|------------|------------|
| A. Натрій | C. Фосфор |
| B. Кальцій | D. Манган. |

2. Електронегативність у періоді:

- | | |
|-----------------|--------------------------------------|
| A. Зменшується | C. Не змінюється |
| B. Збільшується | D. Такої властивості атоми не мають. |

3. Гідрокарбонат натрію застосовують для :

- A. Лікування шкірних захворювань
- B. Зняття судорог
- C. Корекції кислотно-основного стану (ацидозу)
- D. Лікування рахіту.

Еталони відповідей: 1 – D, 2 – B, 3 – C, 4 – A

Завдання 3.

1. Вміст хімічних елементів в організмі відповідає наступній закономірності:

- A. Чим менше порядковий номер, тим більше вміст
- B. Чим більше порядковий номер, тим більше вміст
- C. Положення в періодичній системі не має значення
- D. Порядковий номер не визначає вмісту.

2. Потенціали іонізації в групах *s*- і *p*- елементів зверху вниз:

- A. Збільшуються
- B. Не змінюються
- C. Зменшуються
- D. Немає відповіді

3. Стан зубів залежить від кількості флуору, що надходить в організм. Яка гігієнічна норма флуору в 1 л питної води?

- A. 6 мг
- B. 3,0 мг
- C. 9 мг
- D. 1,5 мг

Еталони відповідей: 1 – A, 2 – C, 3 – D, 4 – B

9. Рекомендації до оформлення результатів роботи:

Запис в робочий зошит загальної характеристики *s*-елементів I та II групи, загальної характеристики *p*-елементів III – VII груп, загальної характеристики *d*-елементів IIIВ – VIIIВ груп: а) електронну будову зовнішнього шару, характерні валентності та ступені окислення, приклади сполук.

Запис в робочий зошит рівнянь реакцій, які характеризують окисно-відновні властивості та кислотно-основні властивості елементів.

Оформлення лабораторної роботи: запис рівнянь реакцій та описання лабораторного дослідження, висновків.

10. Література:

а) основна:

1. Медична хімія : підручник / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, Г.О. Сирова, В.І. Галинська та ін.; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К.: ВСВ «Медицина», 2013. – 336 с. (Затверджено Міністерством освіти і науки України (лист МОН України №1/11-1152 від 05.02.13) та Міністерством охорони здоров'я України як базовий підручник для студентів вищих навчальних закладів IV рівня акредитації (напрями «Лікувальна справа» та «Стоматологія»).

2. Сырoвая А.О., Шапарева Л.П., Грабовецкая Е.Р., Шаповал Л.Г. Биогенные элементы: медицинские аспекты. – Харьков, АП «Апостроф». – 2012. – 152 с.

3. Завгородній І.В., Сирова Г.О., Ткачук Н.М. та ін. Медична хімія. Навчальний посібник рекомендований МОЗ та МОН України як навчальний посібник для самостійної роботи студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації, Харків, ХНМУ, 2010. – 268 с.

4. К. Н. Зеленін, В.В.Алексєєв. Загальна і біоорганічна хімія. – Санкт-Петербург: Елбі-спб, 2003, 711 с.

б) допоміжна:

1. В. Г. Хухрянський, А. Я. Циганенко, Н.В.Павленко. Хімія біогенних елементів. – Київ: Вища школа, 1984, 173 с.

2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина. – 1996. – 192 с.

3. Жаворонкова А.А., Михалева А.М., Кактурский Л.В., Кудрин А.В. Общая патология гипомикроэлементов // Архив патологии. – 1997. – Т. 59. – № 2. – С. 8-11.

4. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Изд. Дом «Оникс 21 век»: Мир. – 2004. – 216 с.

5. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: ОНИКС 21 век. – Изд-во «Мир». – 2004. – 272 с.