

## РОЗДІЛ 10 ОБМІН ВОДИ І МІНЕРАЛЬНИХ СОЛЕЙ В ОРГАНІЗМІ СПОРТСМЕНА

**В о д а** - важливіша складова частина будь-якого живого організму. Вона являється розчинником різних речовин, сприяє підвищенню стійкості колоїдних систем та їх набуханню; за участю води відбувається реакція гідролізу і гідрування в процесі окислення; вона утворюється як продукт окисних реакцій.

Позбавлення води згубно для організму. Якщо без їжі (але отримуючи воду) людина в умовах обмеженої рухливості може прожити 30 і навіть більше днів, то при відсутності води вона гине менше ніж через тиждень. Втрата 20% води, яка міститься в організмі, призводить до смерті.

У ранньому віці (дитинстві) вміст води в організмі дещо вищий, ніж у зрілому віці, а в похилому - нижчий. Особливо багато води в найбільш активно функціонуючих органах (сіра речовина мозку - 84% , нирки - 81% , серце - 78% , печінка і м'язи - 75% ). Найнижчий вміст води в жировій (25%) і кістковій тканині (20-40%). Цільна кров містить 80% води, а плазма крові - 92% .

Біля 13-14% тканинної води знаходиться у зв'язаному стані; вона гідратаційно зв'язується білками, а також рядом іонів, наприклад, (Na/H O), (Cl/H O), і т.д. Г і д р а т а ц і й н а в о д а не може служити розчинником, вона не замерзає при зниженні температури нижче 0 . Найбільша частина води заключена між молекулами волокнистих білкових структур і внутрішньоклітинних мембран. Навіть при подрібненні тканини вода не витікає з неї. Це і м о б і л ь н а в о д а. На відміну від гідратаційної вона являється розчинником і здатна до замерзання.

Кількість в і л ь н о ї води в тканинах дуже невелика; знаходиться вона в міжклітинному просторі, яка утримується силами капілярності, а тому не витікає при розрізі тканини. Лише при набряках (при хворобах нирок, серцевій недостатності) вміст вільної води збільшується настільки, що при проколі або розрізі тканин вона витікає з них.

Вільну воду містять всі біологічні речовини - плазма крові, лімфа, спинномозкова рідина, травні соки, сеча.

З допомогою вільної води (і з участю води іммобільної) відбувається доставка до тканин і клітин поживних речовин і видалення з них кінцевих продуктів обміну речовин.

Добова потреба дорослої людини у воді складає 2,6 л. Таку кількість води людина губить за добу (з сечею 1,5 л, з калом 0,15 л, випаровування через шкіру 0,6 л, з видихаючим повітрям 0,35). Потреба у воді задовільняється за рахунок питної води і напоїв (0,9 л), рідких страв (0,65 л) і харчових продуктів (0,7 л). Крім того, біля 0,35 л води утворюється в організмі при окисленні органічних речовин (е н д о г е н н а в о д а). При окисленні 100 г жирів утворюється 107 г води, вуглеводів 55 г і білків - 41 г.

Виділення води залежить від стану організму і зовнішніх умов. В сухому, жаркому кліматі різко зростає втрата води через шкіру (до 3-6 л), при інтенсивній м'язовій діяльності у зв'язку із збільшенням легеневої вентиляції зростає виділення води з видихаючим повітрям, а якщо фізичні навантаження супроводжуються значним потінням, то і через шкіру. В горах у зв'язку з низьким парціальним тиском водяних парів у повітрі значно збільшуються легеневі втрати води. Висока вологість повітря обмежує віддачу води через шкіру і легені. Так як випаровування води з поверхні шкіри являється одним з важливіших механізмів тепловіддачі, виконання значних фізичних навантажень в умовах жаркого вологого клімату може призводити до перегрівання організму і навіть до теплового удару. Другою обставиною являється небажаність використання при фізичному регулюванні ваги парною банею (порівняно мала ефективність, можливість перегрівання) і переважне користування фінською банею або сухоповітряною тепловою ванною, де випаровування поту відбувається легко, а потовиділення не обмежується.

Поступлення і виділення води регулюється в організмі рядом функціональних систем; чим більше поступає в кров води (внаслідок всмоктування її в тонких кишках), тим значніше зростає виділення її з сечею або потом. Крім того частина води тимчасово затримується (депонується) в шкірі і печінці. Тому при одночасному прийманні навіть великих кількостей води (1-2 л) кров не зріджується. Тим не менше надмірне споживання води несприятливе для організму, так як видалення надлишкових кількостей її потребує посиленої роботи серця і нирок. При підвищеному сечовиділенні і потовиділенні з організму разом з водою видалається і ряд інших потрібних йому солей і деякі органічних речовин (амінокислот і ін.).

Обмеження споживання води також небажано; воно підвищує навантаження на серце (внаслідок збільшення в'язкості крові) і утруднює виділення з організму кінцевих продуктів азотистого обміну.

Крім обміну води з зовнішнім середовищем (введення її в організм і виділення з нього) відбувається постійний перерозподіл води в середині організму. Так, за добу з травними соками в шлунково-кишковий тракт виділяється до 8 л води (1,5 л з слиною, 2 л з шлунковим соком, майже стільки ж з панкреатичним і кишечним соками, з жовчю). Майже вся ця вода через кишкову стінку потім всмоктується назад в кров. При функціональній активності тканин (наприклад, м'язів при їх активній діяльності) оводненість їх трохи підвищується, а в період відпочинку зростає до початкової величини.

Обмін води регулюється центральною нервовою системою і гормонами. Підвищення осмотичного тиску крові і лімфи рефлекторно збуджує відповідні центри головного мозку, викликаючи відчуття спраги. Важливим гормоном, який регулює обмін води, є в а з о п р е с и н, який виділяється задньою долею гіпофізу. Він підвищує зворотне всмоктування води в ниркових каналцях, тим самим зменшує діурез.

Від справжньої спраги, яка пов'язана із зниженням вмісту води в організмі, слід відрізнити "несправжню спрагу", яка виникає при втомі, емоційному збудженні (особливо, якщо це пов'язано з виконанням фізичних навантажень в умовах змагань). Пояснюється "несправжня спрага" пригніченням секреції слюни і пов'язаним з цим почуття сухості слизової оболонки рота і гортані. Усувати цю "спрагу" слід не поповненням запасу води, а посиленням секреції слюнных залоз (смоктання кислих цукорків, прополоскування ротової порожнини водою, підкисленою органічними кислотами - лимонною, яблучною або кислими фруктовими і ягідними соками - лимонним, журавлиним).

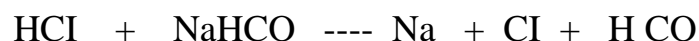
Суттєве значення в регуляції поступання води мають катіони лужних металів: іон Na сприяє затримці води в організмі, а іон K стимулює її віддачу.

Вміст мінеральних сполук в організмі людини порівняно невеликий, приблизно 2/3% від маси тіла. Але вони виконують надзвичайно важливі і різноманітні функції. Недостатнє або надлишкове надходження в організм мінеральних сполук, порушення їх обміну може призвести до дуже тяжких наслідків і навіть смерті.

Напружена трудова і спортивна діяльність, особливо, якщо вона супроводжується сильним потовиділенням, приводить до великих втрат мінеральних речовин, прискоренню їх обміну. В зв'язку з цим постає питання про збільшення їх надходження в організм, створення спеціальних препаратів, які містять мінеральні сполуки. Такі препарати отримали вже достатньо широке розповсюдження в спортивній практиці. Але їх раціональне використання можливе тільки на базі знань про роль їх в організмі, про вплив їх на обмін речовин в спокої і при виконанні м'язових навантажень.

Мінеральні сполуки представлені в організмі деякими кислотами і солями. Частина цих сполук іонізована. Іони можуть знаходитися як у вільному, так і в зв'язаному стані, в складі різних сполук організму. Велике значення мають в організмі іони металів: Na, K, Ca, Mo, Fe. Їх вміст достатньо великий. У значно менших кількостях містяться іони Zn, Ni, Cr, Mn, Ca, Ba, Cu, Co, Mo і деяких інших металів. Через невеликий вміст в організмі їх називають мікроелементами.

З мінеральних кислот в організмі знаходяться соляна (HCl), фосфорна (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) і вугільна (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Соляна кислота утворюється в залозах стінки шлунка. Джерелом іонів Cl для її синтезу являється поварена сіль. Зона впливу соляної кислоти на обмінні процеси обмежується переважно шлунком. В дванадцятипалій кишці вона нейтралізується бікарбонатами шлункового соку. Реакція проходить за рівнянням:



Надлишок вугільної кислоти розпадається на воду і вуглекислий газ.

Соляна кислота, створюючи в шлунку кислу реакцію середовища, виконує захисну функцію, вбиваючи мікроорганізми, які поступають в організм з продуктами харчування. Вона сприяє набухання і денатурації харчових білків, забезпечуючи перехід неактивної форми ферменту, який прискорює гідроліз білків в шлунку, - пепсиногену в активну - пепсин, який має оптимум дії в сильно кислому середовищі.

Фосфорна кислота міститься у всіх тканинах і органах. Вона зустрічається як у вільному стані, так і в складі багатьох надзвичайно важливих для життєдіяльності сполук: нуклеїнових кислотах (ДНК і РНК), фосфопротеїдах, фосфоліпідах, креатинфосфаті, АТФ, АДФ і інших нуклеотидах, фосфорних ефірах вуглеводів і т.д.

Дуже важливу роль виконує фосфорна кислота в енергетичному обміні. Не тільки креатинфосфат, АТФ і АДФ, але і багато проміжних продуктів перетворення вуглеводів, жирів, білків, які використовуються в якості джерела енергії, являються фосфоровмістними сполуками.

Присутність в організмі вугільної кислоти обумовлено розчиненням у воді вуглекислого газу, який утворюється в процесі обміну речовин. Вугільну кислоту можна розглядати як транспортну форму  $\text{CO}_2$ . Вугільна кислота являється складовою частиною протоплазми, всіх біологічних рідин, впливає на їх активну реакцію. Вона являється також складовою частиною бікарбонатної буферної системи, яка бере участь у підтримці кислотно-лужної рівноваги крові і деяких інших біологічних рідин.

Вугільна кислота крові відіграє важливу роль як регулятор зовнішнього дихання. Парціальний тиск в крові продукту розпаду вугільної кислоти ( $\text{CO}_2$ ) являється одним з найважливіших факторів, який визначає рівень легеневої вентиляції і, відповідно, споживання  $\text{O}_2$ .

В організмі людини знаходяться як розчинні у воді солі, так і нерозчинні. Нерозчинні солі знаходяться переважно в кістковій тканині. До них відносяться сполуки кальцію і магнію. Сполуки кальцію в кістковій тканині представлені важкорозчинними кристалами кальцієвого апарату  $\text{Ca/PO}_4/\text{OH}$ . Ці поверхневі шари кістки виконують роль "кальціостата", тобто тканини, що забезпечує постійний рівень кальцію в крові.

В кістковій тканині міститься також фосфорнокислий магній і вуглекислий кальцій. В складі зубної емалі є фтористий кальцій. Крім вказаних шарів, в кістковій тканині в невеликих кількостях є ряд інших мінеральних сполук.

Концентрація мінеральних солей в кістковій тканині залежить від віку: у дорослих їх вміст суттєво вищий, ніж у дітей (табл.1).

Вікові зміни мінеральних і органічних  
компонентів кісткової тканини

Віковий період	Вода	Органічні речовини	Мінеральні солі
Діти	20%	30-35%	45-50%
Дорослі	10%	20%	70%

Мінеральні солі надають міцності і твердості кістковій тканині. Як підвищений так і понижений вміст мінеральних речовин в кістковій тканині погіршує її властивості. у дітей недостатня мінералізація кісткової тканини затруднює нормальний ріст трубчастих кісток, приводить їх до викривлення. Негативний вплив на міцність кісткової тканини виявляє її недостатня мінералізація і в зрілому віці. При надлишковому вмісті мінеральних солей кістка стає крихкою, значно знижуються її міцність.

Розчинні солі знаходяться в організмі в іонізованому стані. В організмі широко представлені іони: Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cr, Mo, Ni, Cu, HCO<sub>3</sub>, HPO<sub>4</sub>, Cl та інші. Частина цих іонів міститься в організмі у вільному стані, частина у зв'язаному. Деякі іони (Ca, Mo і інші) можуть переходити із зв'язаного стану у свободний і навпаки. Функції вільних і зв'язаних іонів різноманітні.

Іони визначають осмотичний тиск біологічних рідин, створюють електричний потенціал клітинних мембран, виступають в - 7 - ролі активаторів, кофакторів або складових частин ферментів та інших біологічно активних речовин.

Зупинимося більш детально на вмісті і ролі в організмі окремих іонів.

Вміст і роль іонів Ca<sup>++</sup> організмі.

Іони кальцію знаходяться як в крові, так і в клітинах організму. Вміст кальцію в цільній крові складає приблизно 5,7 мг% . Розподіл його між плазмою і форменими елементами нерівномірний. Еритроцити містять приблизно 1 мг% Ca, лейкоцити біля - 4,0-5,0 мг% . В плазмі його концентрація вища. В загальній кількості Ca, що міститься в плазмі крові, можна виділити частину, яка міцно зв'язана з білками. Решта його кількість, в свою чергу, представлена іонізованим і комплексно зв'язаним з бікарбонатами, фосфатами, цитратами та іншими сполуками. Найбільш фізіологічно активним є іонізований кальцій, який складає біля половини всього кальцію крові.

Іони Са активують фагоцитарну функцію лейкоцитів, підвищують опір організму до інфекцій і інтоксикацій. Кальцій знижує проникність капілярів і тим самим викликає протизапальну і протиалергічну дію. Він забезпечує нормальну збудливість периферійної нервової системи і стимулює діяльність симпатичної нервової системи.

В клітинах організму кальцій локалізується головним чином в мітохондріях, саркоплазматичному ретикулумі і рибосомах.

Дуже важливу роль виконують іони кальцію у спряжені збудження зі скороченням в серцевому і скелетних м'язах. Іони кальцію являються кофактором ферменту АТФ-ази м'язової тканини. В стані спокою іони Са зв'язані з фосфатидилсеринном мембран Т-системи. Деполяризація, яка настає при збудженні м'язового волокна, веде до зменшення дипольних моментів і вивільнення іонів Са. Вивільнені іони Са активують АТФ-азу і забезпечують можливість взаємодії актину і міозину в процесі м'язового скорочення. Слідом за цим, з припиненням дії рухового імпульсу, настає респоляризація мембрани і іони кальцію зв'язуються електронною парою атомів азоту фосфотидилсеринів мембрани Т-системи.

Таким чином, м'язове скорочення забезпечується постійною зміною циклів виділення і поглинання іонів кальцію.

Вказаним не обмежується роль кальцію в організмі. Він входить в склад клітинних мембран забезпечуючи їх стабілізацію, бере участь в механізмах синаптичної передачі нервових імпульсів, займає ключеву позицію в регуляції активності багатьох ферментів. Кальцій необхідний для здійснення діяльності ряду ендокринних залоз (гіпофізу, наднирників) і залоз травної системи, він приймає участь в процесах зсідання крові.

### Вміст і роль іонів Na і K в організмі.

Значення натрію в організмі надзвичайно велике. Натрій являється основним іоном плазми крові і позаклітинної рідини, від якого залежить в найбільшій мірі зміна їх осмотичного тиску. Він відіграє важливу роль в підтриманні водного балансу організму. Загальний вміст натрію в організмі визначає об'єм позаклітинної рідини, і будь-яке порушення в обміні натрію негативно приводить до перерозподілу, затримки або втрати води.

Концентрація іонів натрію в рідинних середовищах організму є фактором, який визначає активність ряду ферментів, які приймають участь в аеробному і анаеробному гліколізі і нагромадженні в формі макроергічних фосфорних сполук.

Натрій виступає також в ролі інгібітора ряду ферментів, зокрема, фосфотрансфераз, які приймають участь в обіні АТФ і піровиноградної кислоти.

Іони натрію виконують функції по підтримці кислотно-лужної рівноваги в організмі. Ця їхня дія проявляється, зокрема, в нирках. В ниркових каналцях відбувається реабсорбція іонів натрію в обмін на секретуючий іон водню. Таким чином здійснюється збереження постійності рН при утворенні кислих метаболітів і збереження іонів натрію в організмі. Буферна здатність нирок настільки велика, що співвідношення концентрації іонів водню сечі і крові складають 800:1.

В протизвагу натрію калій міститься в основному в клітинах органів і тканин. Загальна кількість калію в організмі складає біля 140 г. З цієї кількості тільки біля 25 г знаходиться в позаклітинному просторі. Найбільш високий вміст калію в еритроцитах, в м'язових волокнах, в клітинах печінки.

Велика частина внутріклітинного калію зв'язана з білками, вуглеводами, фосфатами, креатинфосфатом. Багато процесів синтезу в організмі вимагають для свого перебігу присутності калію. Так, калій приймає участь в синтезі глікогену. При посиленні глікогенезу в печінці і м'язах спостерігається зниження концентрації калію. Навпаки, при інтенсивному розпаді глікогену, наприклад, при напруженій м'язовій роботі, концентрація вільного калію помітно зростає.

Зв'язування калію відбувається також при синтезі білка, АТФ, креатинфосфату. Кожні 2 г. білка зв'язують приблизно 1 мекв калію. При дефіциті калію в організмі порушується синтез цих сполук. Калій приймає активну участь в передачі нервового імпульсу в синаптичних утвореннях. Він бере участь в синтезі ацетилу з холіну і руйнуванні холінестерази і тим самим впливає на передачу нервового збудження.

Поряд з іонами натрію, калій приймає безпосередню участь в поляризації клітинної мембрани, збудженні клітини. Поляризація клітинної мембрани забезпечується різницею між внутрішньої позаклітинним вмістом калію і натрію. З приходом нервового імпульсу змінюється проникненість клітинної мембрани і відбувається переміщення іонів натрію і калію: клітини втрачають калій і забезпечуються натрієм. У спокої відновлюється градієнт між натрієм і калієм і клітини знову здатні збуджуватися.

Таким чином, обмін іонів калію на іони натрію через клітинну мембрану являється робочим механізмом процесу збудження. Збереження же іонної асиметрії в умовах постійних коливань її впевних межах є обов'язковою умовою нормальної функції тканини.

Калій приймає участь в м'язовому скороченні. В м'язовому волокні він виконує роль своєрідного хімічного ізолятора, який розділяє актоміозин і АТФ. При зменшенні внутрішньоклітинної концентрації іонів калію під час збудження стає можливим контакт між актоміозином і АТФ, який являється безпосереднім джерелом енергії для м'язового скорочення. Іони калію приймають участь в регуляції серцевої діяльності, серце дуже чутливе до коливань концентрації калію в крові.

Калій володіє судинорозширюючою дією і особливо чутливі до нього хеморецептори каротидної ділянки і аорти.

Вміст і роль іонів хлору в організмі. Загальний вміст хлору в організмі людини масою 70 кг складає біля 2500 мекв, або 88,7 г. Хлор є основним аніоном плазми крові і складає біля 75% від загальної їх кількості. Іони хлору приймають участь в підтримці осмотичної активності плазми крові, лімфи і внутріклітинної рідини. Утримання тканинами рідини пов'язане в першу чергу з затримкою хлоридів, а втрата - з їх дефіцитом.

Хлориди приймають участь в дезінтоксикації організму, зв'язуючи отрути і токсичні продукти розпаду тканин.

Іони хлору приймають участь в підтримці кислотно-лужної рівноваги в організмі, а також виконують важливу функцію по виведенню з організму через нирки аміаку і іонів водню. Аміак утворюється в клітинах організму в процесі дезамінування різних азотовмісних сполук. В клітинах організму він зв'язується з глютаміновою кислотою у вигляді глютамата переноситься в печінку і нирки. В нирках відбувається дезамінування глютамата. Аміак який утворюється в просвіті ниркових каналців з'єднується з іонами хлору і водню з утворенням HCl. В складі HCl виводиться з організму з сечею до 60% загальної кількості іонів водню.

#### Вміст і роль в організмі магнію.

Загальна кількість магнію в тілі людини масою 70 кг складає біля 1200 мекв, або 14,4 г. Найбільш високий вміст магнію в кістковій тканині де він знаходиться у вигляді фосфорнокислих, вуглекислих і фтористих солей. Зола кісток містить до 1,5% магнію. В кістковій тканині затримуються також деяка кількість розчинних солей магнію, створюючи своєрідне його депо. Дефіцит солей магнію в кістковій тканині викликає затримку їх росту в довжину і товщину.

Магній являється одною із складових частин крові, м'язів, печінки, нирок і інших тканин. Він виконує важливі функції як активатор ферментів. Магній активує холінестеразу, фосфоглюкомутазу, пірофосфатазу, аргіназу, карбоксилазу, кишкову дипептидазу.

Магній необхідний при синтезі ацетилхоліну, він бере участь в гліколітичних процесах, білковому обміні, сприяє утворенню і розщепленню АТФ, приймає участь в м'язовому скороченні, регуляції серцевої діяльності.

Багаточисленними дослідженнями показана зворотня залежність між смертністю від серцевих захворювань і вмістом Mg в серці та інших органах, а також харчовій воді як основному джерелі Mg для організму.

Крім вказаних функцій, магній виконує в організмі і інші функції. Він необхідний для всмоктування продуктів травлення ліпідів в шлунково-кишковому тракті. Але надлишок магнію понижує швидкість їх всмоктування, напевно, через утворення нерозчинних комплексів з жирними кислотами.



Нестача магнію призводить до значної зміни солевого складу клітин, до збільшення концентрації тригліцеридів в крові і до пониження етерифікації холестерину, а також до жирової інфільтрації печінки, кальцифікації кровоносних судин і до зниження в них вмісту елестинну. Нестача магнію викликає некрози і вогнища кальцифікації в міокарді, гіперемію слизової очей, носа, ротової порожнини, випадання волосся і судорги, і в кінцевому результаті може привести до загибелі організму.

### Вміст і роль мікроелементів в організмі.

Крім нерозчинних солей і іонів Ca, Na, K, Mg, Cl, які містяться в організмі порівняно в великих кількостях, в ньому є і інші іони вміст яких не перевищує 0,001%. До них відносяться Fe, Zn, Mn, Co, Cu і деякі інші. Із-за невисокого вмісту їх прийнято називати мікроелементами.

Функції мікроелементів в організмі дуже різноманітні, хоча роль деяких з них ще недостатньо вивчена. Так, іони Fe є складовою частиною гемоглобіну крові і міоглобіну і тим самим забезпечується постачання до тканин кисню. Крім того, він входить до складу ферментів аеробного окислення, а також каталази - коферменту, який розщеплює утворений в процесі біологічного окислення перекись водню.

Напружена м'язова діяльність супроводжується значним посиленням енергетичного обміну, розпаду вказаних залізовмісних сполук, прискорення обміну заліза. В той же час ступінь засвоєння заліза з продуктів харчування дуже низька. Все це в період напружених спортивних тренувань нерідко приводить до залізодефіцитних станів організму і вимагає використання в якості додаткових факторів харчування спеціальних препаратів, які містять сполуки заліза.

Цинк входить в склад ряду ферментів, які беруть участь як в реакціях синтезу так і в катаболічних процесах. Доведено, що Zn необхідний для здійснення процесів передачі генетичної інформації в клітині для синтезу гемоглобіну. Іони цинку беруть участь в стабілізації багаточислинних макромолекул в організмі. Цинк необхідний для росту організму, забезпечення нормального імунологічного статусу, процесів заживання ран, розвитку мозку в плоді. Він стимулює гормональну функцію підшлункової залози.

Кремній виконує важливі функції в обміні сполучної тканини, впливаючи тим самим на ріст організму. Встановлена потреба кремнійю для формування (в зародковому або ростучому організмі) і підтримці нормального стану хрящів та інших сполучних тканин, які містять глікозамінглікани. Кремній входить в склад протеїнних комплексів, а також в склад калогену. Виявлено присутність кремнійю в остаобластах.

Деякі мікроелементи являються невіддільними компонентами не тільки ферментів, але і гормонів. Так, наприклад, йод є структурним компонентом щитовидної залози: тироксину, трийодтироніну.

Марганець (Mn) приймає участь в обміні глюкозаміногліканів, які входять до складу сполучної тканини, вуглеводів, ліпідів. Особливо важливу роль він відіграє в обміні речовин в головному мозку. При нестачі Mn порушується обмін речовин в сполучній тканині, знижується швидкість синтезу глікогену.

Механізм дії марганцю в багато чому ще невияснений, покищо показана тільки його роль в якості кофактора в ряду ферментів - глікозилтрансфераз.

Кобальт (Co) приймає участь в еритропоезі і регуляції обміну заліза. Важливу роль відіграє він також в регуляції вмісту ліпідів і в крові і в ряді реакції обміну речовин, які відбуваються в серці, в нервовій тканині, в стінках шлунково-кишкового тракту.

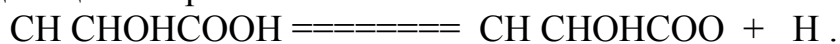
Важливі функції виконують в організмі мідь, нікель, хром і інші мікроелементи. Так, мідь приймає участь в утворенні флавопротеїдів і цитохромоксидази - ферментів енергетичного обміну, активно впливає на гліколіз.

#### Склад і роль в організмі мінеральних буферних систем.

З мінеральних буферних систем організму найважливіші дві: бікарбонатна і фосфатна. Перша складається зі слабодисоціуючої вугільної кислоти і її дисоційованої кислоти солі ( $\text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$ ), друга з двох фосфорних солей фосфорної кислоти ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  і  $\text{NaHPO}_4$ ).

Буферні системи беруть участь в підтриманні відносної постійності рН внутрішнього середовища організму, являючись першою найбільш швидко діючою, "лінією захисту". Вони здатні в лічені секунди нейтралізувати надлишок кислот або лугів.

Механізм дії мінеральних буферних систем заключається у зв'язуванні в недисоціуючі або слабодисоціуючі сполуки іонів водню або гідроксиду, які утворюються при розпаді продуктів кислого або лужного характеру. Розглянемо механізм дії буферних систем на прикладі бікарбонатного буферу крові. При напруженій м'язовій роботі в м'язах утворюється значна кількість молочної кислоти, яка поступає в кров. Молочна кислота є сильною кислотою, яка дисоціює за рівнянням:



Іон водню, який продукований молочною кислотою, зв'язується одним із компонентів бікарбонатної буферної системи в слабо дисоціуючу кислоту:  $\text{H}^+ + \text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{CO}_3$ .

Надлишок  $\text{H}_2\text{CO}_3$  розпадається в легеннях під дією ферменту карбоангідрази на воду і вуглекислий газ, який усувається з організму диханням.

У випадку нагромадження в організмі надлишку продуктів лужного характеру в реакцію вступають інші компоненти буферної системи - вугільна кислота. Вільні гідроксильні іони при цьому зв'язується в слабодисоціюючу молекулу води.

Компонент бікарбонатної буферної системи у великих кількостях міститься в крові, в шлунково-кишковому тракті - (дванадцятипалій кишці). Фосфатна система в найбільшій мірі проявляє себе в тканинах нирок.

### Регуляція обміну мінеральних сполук в організмі.

Існує повний взаємозв'язок між обміном мінеральних сполук і водою: їх надходження, розподілення в тканинах і органах і усунення їх з організму. Посилення виділення з організму води, особливо з потом, при розладах в діяльності шлунково-кишкового тракту не менше приводить до збільшення втрат мінеральних сполук.

Важлива роль в регуляції мінерального балансу в організмі належить гормонам щитовидної залози, навколо щитовидних залоз, кори наднирників і інш.

Так, при недостатній продукції гормонів щитовидної залози спостерігається затримка води, натрію і хлоридів в позаклітинному просторі. При гіперфункції щитовидної залози збільшується діурез і виділення натрію і калію з сечею, а також посилюється потовиділення і, відповідно, втрата мінеральних сполук з потом. Механізм впливу гормонів щитовидної залози на водно-мінеральний обмін ще недостатньо вивчений. Встановлено, що їх вплив припиняється при виділенні наднирників. Напевно, гормони щитовидної залози впливають на водно-мінеральний обмін не прямо, а опосередковано, регулюючи функцію кори наднирників.

З гормонів кори наднирників найсильніший вплив на обмін води і мінеральних сполук має альдостерон і глюкокортикоїди.

Основним ефектом альдостерону є активування зворотнього всмоктування натрію в ниркових каналцях. Одночасно відбувається зменшення всмоктування калію. Між виділенням натрію і калію існує тісне зворотне взаємовідношення: затримка натрію супроводжується посиленням виділення калію, а при посиленні екскреції натрію зменшується вміст калію в сечі. Альдостерон і глюкокортикостероїди впливають і на обмін калію. При надходженні калію в організм вони підвищують виділення калію. Відбувається також обмін внутріклітинного калію на натрій. Вийшовши у міжклітинну рідину калій швидко виділяється нирками.

Існує тісний взаємозв'язок не тільки між обміном натрію і калію, але і між обміном натрію і хлору. Активний транспорт натрію через епітелій ниркових каналців викликаний шляхом електростатичної взаємодії перехід негативно заряджених іонів хлору в просвіт каналців. Таким чином, адсорбція або зворотнє всмоктування іонів натрію тягне за собою відповідний перенос іонів хлору.

Зі сказаного вище випливає, що регулюючий вплив гормонів на обмін натрію тягне за собою відповідні зміни і в обміні калію і хлору.

Для гормонів кори наднирників на водно-електролітичний баланс не обмежується функцією нирки: є відомості про їх участь в регуляції надходження мінеральних речовин в організмі і встановленні динамічної рівноваги між клітинами і позаклітинним простором. Так, виявлено значне сповільнення всмоктування мінеральних речовин в кишечнику у тварин позбавлених кори наднирників. Тобто кортикостероїди забезпечують якимось покищо невідомим чином, надходження мінеральних речовин із просвіту шлунково-кишкового тракту в кров. Виявлено, зокрема, вибіркочу дію альдостерону, який значно збільшує швидкість адсорбції натрію із шлунково-кишкового тракту і понижує швидкість адсорбції калію.

Регулюючий вплив гормонів позначається не тільки на обміні натрію, калію, і хлору, але і на обміні кальцію, з'єднань фосфору. Обмін кальцію в організмі регулюється паратгормоном, який виробляється навколощитовидними залозами, і кальцитоніном, що продукується щитовидною залозою. Посилення секреції цих гормонів викликає підвищення рівня кальцію в крові, зменшення - пониження. Вказані гормони стимулюючи діють на остеобласти і викликають перехід кальцію з кісткового депо в кров.

Одночасно з кальцієм з кісткового депо вивільняються сполуки фосфору які входять в кров у вигляді фосфорнокислого кальцію.

Діяльність осеобластів стимулюються також гормоном щитовидної залози - тироксинам. Паратгормон і кальцитонін впливають на обмін кальцію і фосфору шляхом дії на нирки (регулюють швидкість зворотнього всмоктування), а також в шлунково-кишковому тракті регулюють обмін вітаміну Д. Вітамін Д суттєво впливає на обмін сполук кальцію і фосфору, регулюючи їх всмоктування в шлунково-кишковий тракт і депонування в кістковій тканині. Механізм дії вітаміну Д заключається в його участі в утворенні кальційзв'язуючого білка в стінках тонкого кишечника і кісткової тканини.

Без сумніву, гормони беруть участь в регуляції обміну і інших мінеральних сполук, але дані літератури з цього питання в край мізерні і суперечливі.

## ОСОБЛИВОСТІ ОБМІНУ МІНЕРАЛЬНИХ СПОЛУК ПРИ ЗАНЯТТЯХ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ І СПОРТОМ

Важка м'язова робота, заняття фізичними вправами і спортом, викликають зміни в мінеральному балансі організму. Багаточисленні наукові дані свідчать про суттєве збільшення під впливом систематичного тренування вмісту в організмі багатьох мінеральних сполук. При тренуванні відбувається підвищення вмісту в крові заліза, міді, марганцю і цинку. При цьому виявляється пряма залежність між кваліфікацією спортсменів і вмістом в крові вказаних елементів. Вміст мікроелементів в крові спортсменів підвищується з ростом тренуваності і знижується зі спадом спортивної тренуваності (працездатності).

На зміни мінерального балансу впливає характер виконуючої тренувальної роботи. За даними М.А.Турсунової (1980р) під впливом роботи високої інтенсивності вміст натрію і калію в крові суттєво зменшувався (відповідно на 14,3 і 19,6%), а при тривалій роботі помірної інтенсивності - збільшувався (відповідно на 13,4 і 13,7%).

В досліджах виконаних В.Я.Русинним, В.В.Насолодіним і В.А.Воробйовим (1979), виявлено зміну вмісту в крові спортсменів ряду елементів, які залежать від характеру виконаного м'язового навантаження і кваліфікації спортсменів. Так, біг на 5км супроводжувався у лижниць - майстрів спорту - зниженням концентрації заліза, міді і марганцю в плазмі крові (відповідно на 51,0; 20,4; 20,0%) і нагромадженням їх в клітинах крові (відповідно на 7,0; 8,5; 22,0%). У лижниць-початківців зміна вказаних мікроелементів була менше виражена. Тривала м'язова робота викликала спад вмісту мікроелементів не тільки в плазмі, але і в клітинах крові. Лижний біг на 30 і 50 км у мужчин супроводжувався зменшенням кількості заліза, міді і цинку в формених елементах крові відповідно на 11,0; 8,0 і 14,0%. В той же час існує вид фізичної діяльності, при якій підвищується вміст крові ряду мікроелементів під впливом м'язової роботи.

Вказані зміни вмісту мінеральних речовин обумовлюють в першу чергу значне збільшення їх втрати з потом, так як напружена м'язова робота супроводжується помітним зниженням діурезу і секреції слюни на фоні зростання потовиділення. М.А.Турсунова (1980 р) при тренуванні з використанням інтенсивних навантажень відзначала збільшення потовиділення в 64,7-66,8 разів, а при тривалій роботі помірної інтенсивності в 115,3-149 разів. При цьому нею ж було відзначено значне збільшення втрат з потом натрію і калію відповідно в 33,1-38,3 і 22,6-24,0 рази при тренуванні з використанням високоінтенсивних навантажень і в 167,5-242,5 і 35,2-35,4 рази при тривалій роботі помірної інтенсивності. Враховуючи, що за одне тренування спортсмен губить 1,5-2,5 кг ваги тіла головним чином за рахунок потовиділення, втрати мінеральних сполук можуть бути дуже значними. Так, втрати натрію за тренування складають 2-5 г.

Крім натрію і калію, з потом губиться деяка кількість і інших мінеральних сполук.

Збільшення втрат води і електролітів при потовиділенні супроводжуються пониженням виділення води і окремих мінеральних речовин через нирки. Однак це зниження не може компенсувати втрати з потом. У спортсменів які інтенсивно тренуються в окремих видах спорту і які супроводжуються великим потовиділенням, потреба в NaCl зростає до 25-20 г на добу (при нормі 12 г на добу). Така потреба не може бути задоволена за рахунок звичайного харчування без додаткового прийому NaCl.

Дослідженнями В.Я.Русина з колегами (1979 р) показано збільшення виділення заліза, міді, марганцю і цинку через шлунково-кишковий тракт. Ними ж показано, що в наступний після тренування день відпочинку, недивлячись на підвищену ретенцію мікроелементів з харчового раціону (що вказує на наявність їх дефіцити в організмі), повної компенсації втрат не наступило.

Деякі зміни функціонального стану спортсменів, які виникають в період інтенсивних тренувань і учаснях в змаганнях, можуть бути обумовлені зсувами в організмі. Так, у спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту, в яких вимагається прояв витривалості до тривалих навантажнь, нерідко виявляється виражена гіпотонія - пониження артеріального тиску, цей стан супроводжується зниженням працездатності, швидкою втомою. Одною з причин виникнення подібного стану може бути дефіцит натрію в організмі, викликаний його великими втратами з потом. Пиймання спортсменами на протязі декількох днів підвищених кількостей натрій хлору (NaCl) нерідко повністю усувають вказані явища.

Не тільки гіпотонія, але і багато інших порушень функціонального стану спортсменів можуть бути обумовлені дефіцитом мінеральних сполук, порушенням співвідношення різних мінеральних речовин. З цим пов'язаний інтерес, який проявляється до вивчення мінерального обміну у спортсменів, до використання в їх харчуванні різних мінеральних добавок.

Питання про роль мінеральних речовин в процесах життєдіяльності ще далекі від свого кінцевого вирішення.

Вивчення мінерального обміну при фізичних навантаженнях буде сприяти подальшому підвищенню ефективності тренувань і росту спортивних досягнень.