



Вода в організмі людини

Добре відома ключова роль води у виникненні життя на Землі. Так, висока розчинювальна здатність води послужила основою виникнення обміну речовин, завдяки якому з'явилися та існують всі сучасні форми життя. Виникнення найскладніше організованих живих систем, ссавців і, особливо, людини, відбувалося одночасно і з обов'язковою умовою забезпечення їхнього водного обміну. Отже, життя, виникнувши у воді, і до тепер існує завдяки воді, але вже в складних біологічних системах, де існують і працюють точні і могутні механізми, які підтримують водний режим організму.

У здорової дорослої людини вміст води в організмі достатньо постійний і складає в середньому 60% від маси тіла. Він змінюється в різні періоди життя. Найбільша кількість води міститься в організмі новонародженого — більше 70%, найменша у літніх людей — близько 50%. У охворілих людей при ожирінні кількість води також зменшується в процентному відношенні до маси тіла у зв'язку з низьким вмістом води в жировій тканині. На питання про те, чому саме 60% води знаходиться в організмі людини, відповіді досить

складно, оскільки цей показник визначається всією складністю структури і функцій організму. Проте, можна стверджувати, що загальний вміст води в організмі людини повинен забезпечити, в першу чергу, необхідні умови для здійснення обміну речовин. Не дивлячись на всю складність обміну речовин (метаболізму), першою умовою є *певна концентрація всіх розчинних речовин у водній фазі*. Витоки розуміння цієї проблеми треба шукати з часу виникнення життя на Землі. Живі системи (організми) виникли в умовах Первинного океану, і вся подальша еволюція біоти відбувалася на основі необхідності збереження всіх параметрів початкового водного середовища Первинного океану, в першу чергу, його фізико-хімічних параметрів. Першим і основним параметром цього середовища була сукупна концентрація всіх водорозчинних речовин, які у той час були представлені, мабуть, виключно іонами солей. Відомо, що водорозчинні сполуки (солі) здатні взаємодіяти з водою, створюючи осмотичний тиск. Величина цього осмотичного тиску, осмоляльність, в умовах Первинного океану складала 0,3 осмоля/кг або 300 мосмоль/кг, що від-



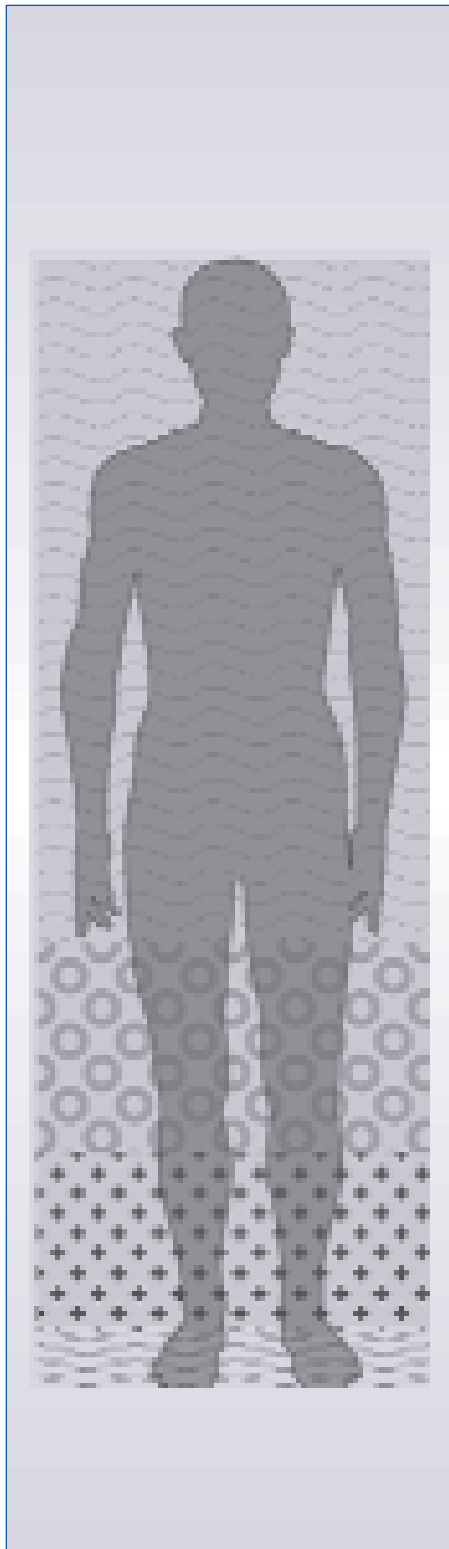
Анатолій Гоженко
доктор мед. наук,
професор,
зав. кафедрою загальної і
клінічної патологічної фізіології
ім. В.В. Подвисоцького
Одеського державного
медичного університету,
директор
Українського науково-
дослідного інституту
медицини транспорту
Міністерства охорони здоров'я
України,
м. Одеса

повідает полярності для недисоційованих молекул або їхньої еквівалентності.

Напевно, *однією з найбільш важливих умов життя був і є консерватизм*. Дійсно, і сьогодні осмоляльність внутрішніх рідин організму і, в першу чергу, крові близька 300 мосмоль/кг води, тобто кожен з нас носить в собі частинку Первинного океану. Проте, в ній вже розчинені не тільки іони солей, але і водорозчинні органічні молекули: глюкоза, амінокислоти, білки і багато інших продуктів обміну речовин і, при цьому, зберігається постійність осмоляльності — 300 мосмоль/кг.

В умовах безперервної зміни обміну речовин, його різної течії в окремих клітинах, органах і тканинах виникла проблема підтримки необхідного водного обміну. Розглядаючи це питання ми повинні враховувати, що *вода в організмі людини і тварин знаходиться в трьох основних формах: вільна, зв'язана з колоїдами і структурна, така, що входить до складу біомолекул*. Всі ці форми існування води взаємозв'язані, проте, в першу чергу, слід звернути увагу на *вільну воду*, обмін якої і є надзвичайно важливим для метаболізму, а значить і всієї життєдіяльності організму. Крім того вона впливає і на *структурну* і, особливо, *зв'язану* форми води.

У свою чергу, вода в організмі людини розподіляється нерівномірно: 40% або 2/3 всієї води знаходиться в клітинах — це *внутрішньоклітинна вода*, а 20% міститься поза клітинами — *позаклітинна вода*. В той же час, позаклітинна вода знаходиться в судинах — *внутрішньосудинна вода* в кількості близько 5% від маси тіла,



а 15% знаходиться за межами судин — *позасудинна або міжклітинна вода*. Необхідно підкреслити, що обов'язковими умовами життя людини є нормальний вміст і розподіл води по секторах організму. Зменшення або збільшення води у всьому організмі викликає значні порушення життєдіяльності організму аж до тих, які можуть привести до загибелі. Проте, у здорової людини існують точні і могутні системи регуляції водного обміну, які в нормі забезпечують постійність вмісту і розподілу води в організмі. Робота цих систем забезпечує вирішення таких важливих задач:

- адекватне надходження води ззовні, яке забезпечує близько 90% потреби у воді, оскільки в процесах метаболізму утворюється лише близько 300 мл води;

- нормальний розподіл води між водними секторами організму;

- регуляцію водовиділення — виведення надлишку або максимальне збереження (затримка) води в організмі.

З виходом живих організмів на сушу загроза дефіциту води стала для них постійною. Це обумовлено тим, що при постійних середньодобових втратах води в межах близько 2,5 літрів підтримати нормальний обмін води, а, значить, і життя можна лише за умови прийому води (пиття) в адекватних кількостях. Враховуючи, що прийом води із-за її обмеженої доступності, як правило, непостійний, його необхідно достатньо точно регулювати.

Добре відомо, що до прийому води людини спонукає спрага, яка є основним тригером поведінкових реакцій, що приводять до пит-



Усереднений хімічний вміст організму людини:

**вода — 60-65%,
жири — 19%,
білки — 15-20%,
солі — 5,8%,
вуглеводи — 0,6%**



тя. Цей поведінковий акт запускається центральними механізмами. *Специфічним параметром внутрішнього середовища (крові), за яким контролюється стан водного обміну, є все та ж осмоляльність.*

Дійсно, не можна визначити скільки всього є води в організмі людини, але можна дізнатися чи достатньо її для того, щоб концентрація розчинних речовин у всіх водних секторах була нормальною, — відповідала 300 мосмоль/кг води (у нормі вона однакова у всіх водних секторах). У організмі людини такий контроль і регуляцію водного обміну в частині підтримки постійності осмоляльності здійснює *осморегулююча система*, одна з найбільш стародавніх, точних, швидких і могутніх фізіологічних регуляторних систем. Досить сказати, що вона реагує на 1% відхилень осмоляльності крові і при її підвищенні центральна ланка, яка знаходиться в гіпоталамусі (паравентрикулярні і супраоптичні ядра) активується. Вони представлені як би еталонними за осмоляльністю клітинами, роздратування яких є пусковим механізмом відчуття спраги, яка примушує людину пити воду.

Надходження води в організм призводить до зниження осмоляльності позаклітинної рідини. Після зменшення осмоляльності нижче 300 мосмоль/кг пригнічуються чутливі клітини гіпоталамуса, зникає відчуття спраги — пиття води припиняється. У подальшому ми розглянемо також і регуляцію виділення рідини з організму, яка здійснюється тією ж осморегулюючою системою.

Отже, *постійне і адекватне потреби, що змінюються, як і регульоване вживання води є обов'язковою умовою життя. До питної води зазвичай пред'являються такі вимоги: епідеміологічна безпека, токсикологічна нешкідливість і фізіологічна оптимальність.*

У сучасних системах водопідготовки і водопостачання достатня увага приділяється надзвичайно важливим першим двом питанням і значно менше — фізіологічної оптимальності. Та все ж для

питних вод регламентується загальний вміст солей (мінералізація), що повинен складати 1,0 г/л. Не зупиняючись на всій проблемі оптимального сольового вмісту питних вод, слід зазначити, що перевищення цього показника може привести до того, що в позаклітинний простір разом із водою поступатиме додаткова кількість речовин, що підвищують осмоляльність крові. Наслідком цього буде необхідність вживання зайвої кількості води, що може привести до порушення водного балансу організму, появи надлишку води. Оскільки це може порушувати життєдіяльність організму і перенавантажувати серцево-судинну систему, в організмі включаються механізми, які направлені на виведення надлишку солей і води.

Особливе додаткове навантаження припадає на нирки, які мають певні функціональні можливості виведення солей. От чому ми не можемо пити морську воду, коли виведення солей з організму супроводжуватиметься втратами води, і її дефіцит при цьому тільки збільшиться. З цієї ж причини не рекомендується довго, а тим більше постійно, вживати для пиття високомінералізовані мінеральні води.

Особливим питанням є відповідність фізичної структури води потребам людини. Ефективність талої і інших структурованих питних вод обговорюється, але виходить за рамки цієї статті. *Слід зазначити, що водний обмін регулюється і в процесі пиття.* Так, наші дослідження показали, що смакові рецептори язика контролюють сольовий склад питної води, що знаходиться в порожнині рота. Також контролюється і сам процес пиття за рахунок реакції з боку осморекторів печінки, а можливо й інших органів шлунково-кишкового тракту, що беруть участь в регуляції як питної поведінки (пиття), так і виведення води з організму людини.

Після того, як в процесі пиття організм отримав необхідну кількість води, виникає проблема розподілу її за секторами: клітинному, позаклітинному (позасудинному і

внутрішньосудинному) з досягненням при цьому нормального розподілу, тобто 60% і 40% (5% і 15%).

Існують механізми, які забезпечують нормальний розподіл води між секторами. Так, розподіл води між клітинним і позаклітинним секторами здійснюється і регулюється на рівні клітинних мембран. Давно відомо, що вода через клітинну мембрану рухається за градієнтом концентрації осмотично активних речовин, тобто струм води направлений убік вищою осмоляльністю. При цьому, хоча ліпідна основа мембран для води має погану проникливість, проте все ж таки вона через неї проходить.

Варто звернути увагу, що тільки в кінці минулого сторіччя були відкриті спеціалізовані водні канали клітинних мембран. *Тепер відомо, що одним з найстародавніших специфічних механізмів транспорту через клітинну мембрану, яка з'явилася з виникненням клітини і "захистила" її від зовнішнього середовища, був специфічний канал для води. Це канал з дуже точним діаметром в 2,8 А утворений спеціальними білками, аквапоринами.*

На сьогодні описано 13 білків аквапоринів, вивчена їх специфічність і основні способи регуляції їхньої кількості в клітинній мембрані.

Достатня кількість води в клітині є необхідною умовою обміну речовин, а, значить, і життєдіяльності. Для клітини дефіцит води пов'язаний з порушенням її функції, а надлишок веде до набухання — також із порушенням функцій аж до осмотичного лізису (руйнування). Проте, для організму надзвичайно важлива і кількість води, яка знаходиться у внутрішньосудинному секторі і, багато в чому, визначає величину об'єму крові. Від цього залежить ефективність роботи серця і стану кровообігу. Виходячи з того, що кров у судинах знаходиться під позитивним тиском, залежним від роботи серця, то діють сили, що сприяють виходу води з судин через напівпроникні стінки капілярів у позаклітинний простір. Проте, існують механізми, що утримують воду в

судинах. Це залежить від білків, які важко проходять через стінку капілярів і утримують воду за рахунок онкотичних сил.

Складність обміну води в організмі людини обумовлена і тим, що виведення води постійне, при цьому воно безперервно змінюється в межах від 1,8 л до 10 л і більше. Найчастіше у фізіологічних умовах виділяється 2,5 л води за добу. Так, нирки виділяють 0,7-2 л сечі, не менше 0,5 л виділяються з потом, 0,5 л при диханні і близько 0,2 л із калом. Найбільш змінною величиною є потовиділення, що забезпечує тепловіддачу. Тут необхідно відзначити надзвичайно важливу роль води в регуляції температурного гомеостазу організму.

Найважливішим механізмом, регулюючим виведення води, є гормональний.

Раніше ми зазначали основну систему, що регулює водний баланс, — осморегулюючу систему. Підвищення осмоляльності позаклітинної рідини (крові) супроводжується виділенням у супраоптичних і паравентрикулярних ядрах гормону вазопресина, який накопичується в задній частині гіпофізу, а потім секретується в кров. Цей гормон збільшує всмоктування води в шлунково-кишковому тракці, особливо в товстому відділі кишечника. Ще активніше він діє на всі можливі шляхи виведення води з організму. Так, вазопресин різко збільшує реабсорбцію води в каналцях нефрону (дистальних і збірних трубочках). Його дія реалізується через аквапорини, кількість яких різко збільшується в клітинних мембранах. Такий самий механізм всмоктування в товстому кишечнику, в слинних і потових залозах. Як наслідок, ниркові і позаниркові втрати води обмежуються, зменшується діурез, потовиділення, виведення з калом.

Приведені дані також свідчать про те, що регуляція водного обміну завжди пов'язана з обміном речовин, розчинних у воді, тобто її осмоляльністю. *При всій складності структури позаклітинної рідини і особливості регуляції, слід зазна-*

чити, що ключовим іоном, обмін якого найтісніше пов'язаний з водою, є натрій. Частина натрію і супутніх аніонів, особливо хлору і бікарбонату, в осмоляльності крові складає близько 90%. Внаслідок цього будь-які зміни в концентрації або вмісті натрію у водних секторах організму негайно впливають на обмін води. В даний час, як правило, використовують термін “водно-сольовий обмін”, а не “водний”.

Існують механізми затримки і виведення натрію з організму. Їхнє включення приводить або до втрати натрію, або до підвищення його концентрації в крові, що автоматично впливає на осмоляльність крові з подальшими реакціями осморегулюючої системи, яка регулює виведення води з організму. *Слід зазначити, що не дивлячись на дуже точну і могутню систему регуляції водного обміну, при патології спостерігаються різноманітні його порушення, які іменуються дисгідрїями. Існують прості дисгідрїї, коли або зменшується загальний вміст води — загальна гіпогідратація, або загальна гіпергідратація із збільшенням води в організмі.* Остання зустрічається рідко. Основне порушення, яке при цьому виникає, полягає в деякому перевантаженні роботи серця.

Набагато частіше в патології спостерігається загальна гіпогідратація, викликана як депривацією (обмеженням пиття аж до позбавлення води), або із збільшеними втратами: поліурія, блювота, пронос, посилене потовиділення, гіпервентиляція. Головним наслідком гіпогідратації є зменшення об'єму крові з подальшим зниженням серцевого викиду і виникненням недостатності кровообігу.

Проте, частіше зустрічаються складніші порушення водного обміну, головною зміною при яких є порушення розподілу води між водними секторами, часто при цьому без зміни загального об'єму рідини в організмі. Так, клітинна гіпогідратація, яка виникає унаслідок переходу частини води з клітин у позаклітинну рідину із-за підвищення її осмоляльності (гіпернатріємія, гіперглікемія при

цукровому діабеті) приводить до порушення функції будь-якої клітини.

Але особливо страждають клітини з активним обміном речовин, в першу чергу клітини головного мозку. Втрата ними води приводить до функціональних розладів клітин головного мозку аж до коматозного стану. Навпаки при гіпонатріємії (введення розчинів, що не містять натрій, прийом діуретиків та ін..) осмоляльність позаклітинної рідини знижується, і вода за градієнтом концентрації переходить з позаклітинного сектора в клітини з розвитком клітинного набряку.

Особливо небезпечним є набряк головного мозку. Та все ж, найчастіше спостерігаються такі порушення водного обміну, коли відбувається перерозподіл води в позаклітинному секторі — зменшення об'єму в судинах із-за виходу в позасудинний простір. Такі порушення іменуються набряками, які бувають місцевими і загальними. До останніх відносяться ниркові, печінкові, серцеві, голодні, гормональні. Порушення водного обміну розвиваються також при пошкодженні осморегулюючої системи: центральної ланки, гормональної регуляції, органів всмоктування або виведення води.

Отже, однією з важливих умов нормальної життєдіяльності організму людини є забезпечення нормального водного обміну. Постійне надходження води із зовнішнього середовища є обов'язковою умовою існування організму.

Роль води в житті людини величезна, в організмі людини її повинно бути в достатній кількості, а властивості її повинні відповідати тим природним показникам водного середовища, в якому зародилося життя. Зміни хімічного складу питних вод і, особливо, поява чужорідних токсичних речовин може істотно вплинути на функціональний стан організму аж до розвитку патології.

Без заперечень, забезпечення людини високоякісною природною питною водою є обов'язковою умовою збереження здоров'я.

Екологічна ситуація та стан питних вод в Україні

