

A víz több, mint pusztán H₂O

Water is more than just H₂O

Bókkon István

Semmelweis Egyetem, Gyógyszertudományok
Doktori Iskola, 1085 Budapest, Üllői út 26.
E-mail: bokkoni@yahoo.com

Összefoglalás

A cikk célja, hogy röviden vázolja a víz nagyon összetett rendszerét, amely nemcsak egy oldószer az élő rendszerek számára, hanem dinamikus és strukturális építőköve is azoknak. A fellelhető tudományos irodalom segítségével összegzi az oxigénnel dúsított vízzel, a mágneses térrel kezelt vízzel és a csökkentett deutériumtartalmú vízzel végzett eddigi kísérleteket.

Bókkon, I.

Semmelweis University, PhD School in
Pharmacology, H-1085 Budapest, Üllői út 26,
Hungary, E-mail: bokkoni@yahoo.com

Summary

The aim of this article is to point out that water has a very complex system, which is not only a solvent for living systems, but also a dynamic and structural unit for them. On the basis of the published scientific literature it gives a brief résumé on experimental results obtained with oxygenated water, magnetized water and deuterium depleted water.

A víz dinamikus szerkezete

A vízmolekulában a két hidrogénatom az oxigénnel $\approx 104,52^\circ$ szöget zár be, ami közel van a tetraéderes ($109,5^\circ$) térelrendeződéshez, bár a síkbeli pentagon belső 108° szögéhez is [1]. A $104,52^\circ$ szög a vízmolekula jelentős zéró ponti fluktuációja (4634 1/cm frekvenciánál 55,4 kJ/mol) miatt ettől eltérhet. A H₂O jelentős dipólusmomentummal (1,85 D) és dipóluspolarizálhatósággal rendelkezik. A folyadékban lévő vízmolekulák folyamatosan fluktuáló elektromos mezői megnövelik egymás alap-dipólusmomentumának nagyságát, amely a víz viszonylag magas dielektromos állandójában (permittivitás) és az iondisszociációs folyamatokban mutatkozik meg. A H₂O a környező molekulákban is jelentős dipólusmomentumot indukálhat. Az átlagos töltéseloszlás a vízmolekulában inkább trigonális, mint tetraéderes. A desztillált víz gyakorlatilag nem vezeti az elektromos áramot, de nagyon kevés iont mégis tartalmaz, amely a víz autoprotolíziséből adódik ($\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$). Önálló proton csak nagyon rövid ideig létezhet a vizes oldatokban, mivel a proton hidratálódik és oxóniumion (H₃O⁺) keletkezik. A H₂O két protondonor és két protonakceptor résszel rendelkezik. A vízmolekulák hidrogénkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Folyékony vízben egy vízmolekula átlagosan 3,5 könnyen deformál-

ható hidrogénkötésben vesz részt. A hidrogénhíd-kötések valószínűleg kooperatív természetűek, és a rezonanciaeffektus révén egymásra hatva együttesen bomlanak le, illetve épülnek fel. A modellek szerint vízmolekulák között folytonosan keletkező és felbomló hidrogénhidak segítségével, különböző méretű és geometriájú vízmolekula-asszociátumok, klaszterek, láncok képződhetnek.

A vízben a hidrofíli anyagok körül hidrátburok (héj), a hidrofób anyagok körül kalitkaszerű (rács) klatrátszerkezet alakul ki, az amfipatikus (amfifil) molekulák pedig micellákat, kettős hárttyákat alkotnak. A víz szerkezetét módosítják a benne oldott sók. A kozmotróp ionok (Mg²⁺, Ca²⁺, Li⁺, Na⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, F⁻) növelik a víz rendezettségét, míg a kaotróp ionok (K⁺, Cs⁺, Br⁻, I⁻, Cl⁻, NO₃⁻) rombolják a vízmolekulák közötti hidrogénkötés-hálózatot, így csökkentve például a proteinek natív szerkezetének stabilitását, a hidrofób erők gyengítése által [2].

A vízben rendkívül gyors a protonok és hidroxidionok mozgása (a hidratált elektronok gyors vezetése is fontos pl. az elektrontranszfer folyamatokban) egyéb, vízben oldott ionokhoz képest, amit a strukturális diffúzió, azaz a fluktuáció révén a hidratációs komplexek közötti folyamatos átalakulás jelenségével értelmeznek. A gyors protonvezetésre felállított 200 éves Grotthus-mechanizmus – amely szerint a proton a H₃O⁺-ionról a hidro-

génkötés mentén gyorsan átvándorol a szomszédos molekulára, és ott újraalkotja a H_3O^+ -molekulát – kapcsán sok ellentmondás mutatkozott. A Grottuss-mechanizmus változataként születtek meg az Eigen-kation $[(\text{H}_3\text{O}^+)(\text{H}_2\text{O})_3]$ és a Zundelkation $[\text{H}_5\text{O}_2^+]$ segítségével alkotott modellek. Az újabb vizsgálatok szerint a vízmolekulák nem három vagy négy hidrogénkötéssel kapcsolódnak szomszédaikhoz, hanem csak kettővel, és az eddigi modellekkel ellentétben a víz nem tetraédesen koordinált random hálózat, hanem láncok és vízmolekula-gyűrűk keveréke egy gyengén hidrogénkötött rendezetlen hálózatba ágyazva [3]. Sőt a vízmolekulák közötti kötések csak részben elektrosztatikus hidrogénkötések, más részben kovalensek is, azaz a hidrogénkötést egy kvázikovalens kötésként értelmezhetjük [4].

A H_2O reorientációs ideje szobahőmérsékleten 2 ps, és egy molekulahossznyi távolságot 7 ps alatt tesz meg, aminél jóval hosszabb időt várnánk a hidrogénkötés energiáját (≈ 20 kJ/mol = 10 kT) és 2–3 hidrogénkötés felszakítását figyelembe véve [1]. Valószínű, hogy kooperatív mozgások játszhatnak ebben szerepet. Lézerspektroszkópos kísérletek szerint az OH-csoportok gerjesztésekor a vízmolekulák közötti rezonancia-energiatranszfer sokkal gyorsabb (< 100 fs), mint a gerjesztett vízmolekulán belüli vibrációs relaxációs idő (750 fs) [5].

A víz strukturális, kinetikai és termodinamikai anomáliák egész kaszkádját képezi, melyek közül számos elengedhetetlen a földi élethez [1]. A legismertebb, vízzel kapcsolatos anomália, hogy a víz sűrűsége 4 °C hőmérsékleten a legnagyobb. Kevésbé ismert anomália például, hogy amint nő a víz sűrűsége, a vízmolekulák gyorsabbak lesznek, a diffúzió nő, de csak a diffuzivitás maximumáig. A víz-anomáliákat a vízmolekula struktúrájával, jelentős zéróponi energiájával, polarizálhatóságával, valamint a hidrogénkötésekkel magyarázzák. A rengeteg kísérlet és bonyolult számítógépes számítások ellenére a víz valós szerkezetét még nem ismerjük.

A víz mint „biomolekula”

A vízmolekuláknak funkcionális szerepe van a fehérjék, a DNS, az RNS, a lipidek és a cukrok struktúrájának kialakulásában, stabilitásában és működésében [6,7]. A továbbiakban néhány érdekes kísérlet és gondolat segítségével, nagyon röviden érzékeltetjük a víz biokémiai jelentőségét.

A víz aktívan részt vesz a biomolekulák egymást felismerő folyamataiban, közvetítve a kölcsönhatást a kötő partnerek között, és közreműködik az entalpia- és entrópiastabilizációban. A kötött vízmolekulák, és a konformációstabilizálás segíti és közvetíti az antigén–antitest-komplexum kialakulását [8]. Az antitest – az antigénkötő részén – rendezett vízmolekulákat köt, majd további vízmolekulák kapcsolják össze az antitestet és az antigént, csökken a mozgékonyság, mely segíti a komplex kialakulását. A DNS hidratációja nem csak konformációjától, hanem szekvenciájától is függ, mert a C–G bázispár jobban hidratált, mint a T–A bázispár. A víz közreműködik a proteinek DNS-szekvenciaspecifikus felismerésében is, mintegy felbecsülve a kedvezőtlen elektrosztatikus kölcsönhatásokat.

Ismert, hogy a natív biomolekulák kialakulásánál a víz hidrofób, hidrofil hatásainak és a hidrogénkötéseknek döntő szerepe van, de ennél többről is szó van. Martin Chaplin a *Nature Reviews Molecular Cell Biology* folyóirat 2006. szeptemberi számában megjelent írásában hangsúlyozza, hogy a sejt metabolitjainak koncentrációváltozása által okozott diffúziós folyamatoknál sokkal gyorsabb információközvetítésre van szüksége a sejtnak, ami a víz segítségével történhet [9]. Ezt legújabb kísérletek is alátámasztják, amelyek szerint az egymással nem érintkező biopolimerek között az oldószer – azaz a víz – közvetíti az információt [10]. A Levinthal-paradoxon alapján egy 100 aminosavból álló peptidnél 10^{87} másodpercig tartana minden lehetséges fehérjekonformáció kipróbálása, elkerülve a lokális



Bókkon István 1989-ben végzett mint vegyészmérnök és 1991-ben mint okleveles biológus mérnök a Budapesti Műszaki Egyetemen. Környezetvédőként, magántanárként és az Országos Közegészségügyi Központ kutatójaként dolgozott. Jelenleg a Semmelweis Egyetem Doktori Iskolájának PhD-ösztöndíjasa. Interdiszciplináris elméleti kutatómunkájában távol álló tudományterületeket köt össze. Ez az interdiszciplináris szemlélet tükröződik a víz biológiai szerepéről és a különböző vízkezelésekről írt rövid összefoglaló írásában is.

energiaminimumállapot-csapdákat, megtalálva az energetikailag kedvező állapotot. Hogy a folyamat mégis pár másodpercnyi gyorsasággal végbemegy, az főként a kialakuló fehérje különböző részei között zajló energetikai és entrópiái rezonancia-kommunikációnak köszönhető, melyet elsősorban a vízmolekulák közvetítenek. A proteinek feltekeredése során hatalmas a konfigurációsentrópia-veszteség, amit hidrogénkötések, sóhidak és hidrofób hatások segítségével értelmeznek. Úgy tűnik, hogy a feltekeredés alatt a fő irányító erő a víz translációs hőmozgásából származó translációs entrópia, amely elég erős, hogy versenyezzen a konformációsentrópia-veszteséggel [11]. A natív struktúra az, amely megengedi, hogy a környező víz elérje az egyik legnagyobb translációs entrópiát. A víz strukturális és energetikai információkat közvetít a molekulákon belül és a molekulák között a vízmolekulák közötti zajló, szélsőségesen gyors rezonanciaenergia- és -entrópiatranszfer segítségével.

Az alacsony hatásfokú sejtmembránon át történő vízdifúziót kiegészíti egy igen hatékony, kétirányú víztranszportáló mechanizmus, amelyért az aquaporin nevű sejtmembráncsatorna-fehérjék a felelősek [12]. A víz biokémiai jelentőségét az aquaporinok felfedezése tovább növelte. Például a vörösvértestek membránjában több százezer aquaporin-1 AQP1 vízvezető csatorna van, melyek mindegyike másodpercenként 3 millió vízmolekula transzportjára képes. Az aquaporinok működésénél a sejt vízháztartásának szabályozása egy magasan strukturált fehérjerendszerrel történik, amely jelzi, hogy a víz struktúrájának lényeges hatása lehet a csatornák működésére.

Egy újonnan kifejlesztett kétdimenziós kristályosítási vizsgálat alkalmazása során az emlőssejtek felszínén eddig ismeretlen I központnak elnevezett részeket fedeztek fel [13]. Az I központok idő-, energia- és sejttípusfüggő módon expresszálódnak. Eddig annyit állapítottak meg, hogy a sejtek vízstrukturáló egységekként viselkednek. Az élő sejtek képesek a nukleáris spinszelektivitásra [14]. A H_2 -molekula orto (parallel nukleáris spinjei a hidrogénatomoknak) és para (ellentétes spinek) izomerekből áll, 3/1 arányban. Ennek alapján a víz is 3/1 arányban orto- és para-vízmolekula-spinizomerek keveréke. A kutatók szerint a biológiai makromolekulák szelektíven abszorbeálják a víz eltérő spinizomerjeit.

A statikus mágneses tér hatása a víz szerkezetére

A víz mágneses kezelésére kialakított készülékek eredeti célja, hogy csökkentsék az ipari és háztartási berendezéseknél előforduló káros vízkőképződést. A víz változó keménységét a kalcium és a magnézium szénsavas sói, hidrokarbonátjai okozzák. A $CaCO_3$ háromféle polimorf kristálymódosulatban kristályosodhat: vaterit, aragonit és kalcit. A vaterit oldódik a legjobban és könnyen argonittá és kalcittá alakul át. A kalcitkristályok okozzák a víz kemény vízkövesedését, a legkevésbé oldhatóak, termodinamikailag a legstabilabbak, míg a túszerű aragonitkristályok oldhatóbbak és könnyebben eltávolítható vízkőlerakódást okoznak. A kísérletek szerint egyértelmű, hogy a statikus mágneses tér (továbbiakban MT) hat a víz kolloidstabilitására (zétapotenciál, felületi feszültség), a vízben zajló kristályképződési (nuklealizációs) folyamatokra [15–17]. Számos modellt dolgoztak ki a vizes oldatokra és diszperziókra gyakorolt mágneses tér hatásának értelmezésére. A két fő irányzat a magnetohidrodinamikai (MHD), illetve a hidratációs hatásokon alapuló modellek [16]. Az MHD-modell szerint a MT által okozott Lorentz-erő ($|FL| = q/v \times B$), amely a mágneses térnek a v sebességgel mozgó, töltésre gyakorolt hatását írja le), módosítja a lokális ioneloszlást, hat az oldatban lévő minden töltött részecskére, de főleg a töltött felülethez közeli, elektromos kettősrétegben lévő ionokra. A második irányzat a MT vízstruktúrára (hidratációs burkok) gyakorolt hatásával számol. Például a MT stabilizálja a struktúragyengítő ionok körüli hidratációs burkot, és így hat a polimorf fázisú egyensúlyra a precipitáció során, elősegítve például, hogy a kalcitkristályok helyett vele azonos összetételű, de eltérő polimorf kristályszerkezetű aragonit képződjön a vízben. Madsen szerint a csökkent kristályméret a bikarbonátionokból a vízbe történő gyorsabb protontranszfer eredménye, amely a MT protonspinekre gyakorolt hatásának köszönhető [15].

A MT precipitációra gyakorolt hatása jelentősen függ a vízben oldott paramágneses oxigéntől és a különböző oldott ionok (főként a struktúragyengítő ionok) jelenlététől [17,18]. Atomierő-mikroszkopos vizsgálatok alapján a 0,42 T erősségű MT hatása elsősorban a struktúragyengítő ionokon (Cs,

Rb, K) érvényesül, amelyek körül a vízmolekulák gyengébben kötöttek, míg a stuktúraerősítő ionokra nincs hatása, mert ezek erősebben kötik a hidratációs burkot, és így a MT már nem növeli a rendezettségi szintet [19]. A MT maximális hatása a vízen $\approx 15\text{--}20$ perc után jelentkezik, és a napokig fennmarad. A víz hőmérsékletének növelése vagy alkohol hozzáadása a vízhez megszünteti a MT által indukált hatást. A MT vízszerkezetre gyakorolt hatása számos paramétertől függ: vízösszetétel, pH, hőmérséklet, MT erőssége és a kezelés időtartama, MT-vektor és a vízfelület által bezárt szög stb.

A mágneses térrel kezelt víz biológiai rendszerekre gyakorolt kedvező hatásával kapcsolatos tudományos kutatás korlátozott. A publikált kísérletek szerint a mágnesezett víz gátolja a fogkő- és vesekőképződést, elősegíti a növények növekedését, megváltoztatva a talaj ionegyensúlyát, és elősegítve az oldott sók felvételét, hat az *in vitro* enzimkinetikai folyamatokra [21–22].

Számos kísérlet igazolta, hogy a MT (az elektromos és elektromágneses tér is) befolyásolja a víz koloidszerkezetét, hat a vízben bekövetkező precipitációs folyamatokra, és ez a hatás kedvező lehet az élő szervezetben történő patogén biológiai kőképződéseknél is, bár hiányzik a kiterjedtebb tudományos vizsgálat. Tudományos kihívás marad, hogy miképpen képes akár több napig fennmaradni a mágneses tér által a víz szerkezetén okozott hatás a hőmérséklet-fluktuációval szemben.

Oxigénnel dúsított víz

A szervezet többletoxigénnel való ellátását régóta alkalmazzák például a túlnyomásos oxigénterápiánál vagy az ózonterápiánál [23]. Az oxigénnel dúsított ivóvíz (*oxygen enriched water*, OEW) más jellegű, alternatív formája lehet a szervezet megnövelt oxigénellátásának. Az OEW fogyasztását indokolja az is, hogy a modern táplálkozásban számos faktor (csökkent oxigéntartalmú mélykúti palackozott vizek, hűtés, ami csökkenti az oldott-oxigén-tartalmat, az élelmiszerek hosszú idejű tárolása) csökkenti a táplálékokból és folyadékokból történő oxigénfelvételt.

Az OEW az 1990-es évek elején jelent meg Amerikában és Európában, remélve ennek előnyös fiziológiai hatását. A normál ivóvíz $5\text{--}7$ mg/l, míg a

friss forrásvíz $10\text{--}12$ mg/l oldott oxigént tartalmaz. Az OEW-termékek oxigéntartalma általában 30 mg/l koncentrációtól 200 mg/l értékig terjed. Sajnos alig található tudományosan végzett és publikált kísérlet az OEW biológiai hatásával kapcsolatban. Az első értékelhető kísérletet 2001-ben publikálták [24]. Ebben különböző koncentrációjú, OEW-közeget juttattak altatott nyulak gyomrába. Az eredmények alapján 45 mg/l oldottoxigén-koncentráció felett az oldott oxigén koncentrációjától függően $20\text{--}40$ percen belül jelentősen megnőtt a gyomorüregben és a májkaputérben az oxigén parciális nyomása. A máj oxigénellátásának növelése kedvező lehet például a máj gyulladásos megbetegedéseinél, zsírmájúságnál stb. Az *in vivo* önkéntes egészséges embereken és *in vitro* V79 kínai-hörcsög-sejttenyészetben végzett vizsgálatok szerint az OEW-fajtáknak nincs semmilyen genotoxikus hatása [25]. A 21-napos, randomizált, klinikai ket-tősvakpróbás kísérleteiben az OEW semmilyen károsító hatása nem mutat a májfunkciókra, a vér- és az immunrendszerre [26]. Legtöbb immunparaméter együtt változott az OEW- és a kontrollcsoportban. Valószínű, hogy a rendszeres és megfelelő mennyiségű víz fogyasztása önmagában kedvezően hatott az immunrendszerre. Szignifikáns eltérést a placebocsoporttól csak az NK-sejtek számának csökkenése és a Th1/Th2 sejtarány növekedése mutatott. Mágneses rezonanciás képalkotási (MRI) technikán alapuló kutatások is megerősítették, hogy az OEW hatására nő a száj- és gyomorüreg nyálkahártyájának oxigénellátottsága [27].

OEW hatására a perifériás vénás vérben az aszkorbilgyök-koncentráció kismértékű emelkedése tapasztalható, bár a hosszabb idejű OEW-felvétel csillapítja ezt (adaptációs hatás) [26]. Úgy tűnik, hogy OEW fogyasztásakor a szervezet többletoxigénnel való ellátásából származtatható reaktív oxigénszármazékok (ROS) kedvezőek az immunfolyamatok szempontjából, figyelembe véve, hogy a ROS-vegyületeknek nemcsak káros hatásai léteznek, hanem fontos a szerepük a különféle szignáltranszdukciós folyamatokban is.

Az OEW-kísérleteknél hiányolható, hogy nincs standardizált módszer, amely megismételhetővé és egyöntetűvé tenné a mért eredményeket. Különböző csapvizekkel, sok esetben CO_2 -dúsítással végezték a kísérleteket, és nem vették számításba, hogy a vizek összetétele lényegesen eltérhet, befolyásolva

a mért biokémiai, biológiai paramétereket. A kevés publikált OEW-szakirodalom szerint, az OEW fogyasztása nem káros, és főként a hosszabb idejű fogyasztása előnyösnek tűnik, bár kiterjedtebb kutatások szükségesek ennek megerősítésére.

Csökkentett D₂O-tartalmú víz

Az elemek izotópkeverékeinek kémiai és biológiai reakciókra gyakorolt hatása régóta ismert. A természetes vizekben a deutérium/hidrogén (D/H) arány $\approx 1:6600$ (150 ppm, 0,015 atom%), bár szélességi kör és a tengerszint feletti magasság növekedésével az arány jóval kisebb lehet. A nukleáris reaktorokban moderátorként alkalmazott nehézvíz kapcsán évtizedek óta a természetes vizek ≈ 150 ppm koncentrációjú deutériumtartalmához képest csak a jelentősen megnövelt D-tartalmú vizek (nehésvíz) kémiai, biológiai, farmakológiai hatását tanulmányozzák kiterjedten [28]. Bár nagyon sok tudományos eredmény származott a nehézvízzel kapcsolatos kísérletekből, a nehézvíz mint tumorelleses szer nem vált be, mert hatásos koncentrációja toxikus.

Gleason 1976-ban a *Nature* folyóiratban kis cikket publikált arról, hogy a Déli-sarkról származó csökkent D-tartalmú (≈ 110 ppm) víz elősegítette a zab növekedését, és már akkor javasolta a csökkentett D- (és O¹⁸-) tartalmú vizekkel történő kutatást [29]. A csökkentett D-tartalmú víz (*deuterium depleted water*, DDW) biológiai hatásának vizsgálata a 90-es évektől kezdődött el. A DDW egyik fő előnye a nehézvizekkel szemben, hogy a sejtekre nézve nem toxikus. A DDW nagymértékben gátolja az egerekbe transzplantált tumorok növekedését, csökkenti a metasztázis mértékét, többszörösére növeli az állatok túlélését, és sok esetben a tumor teljes regresszióját eredményezi [30,31]. A DDW gátolja a karcinogén 7,12-dimetilbenz-[a]-antracén által az állatokban indukált, a sejtciklus szabályozásában részt vevő *c-myc*, *Ha-ras* protoonkogének és a *p53* tumor szuppresszor gén expresszióját [32]. A DDW radioprotektív és immunstimuláló hatással is rendelkezik, és antioxidáns jellegű hatást mutat [33,34]. A DDW tumoros sejtekre gyakorolt hatása annál erősebb, minél kisebb a víz D-tartalma.

A DDW kedvező hatása a tumoros sejtekkel szemben valószínűleg az oldószer-izotóphatásnak, a kinetikus izotóphatásnak és az enzimek izotópszelektivitásának tudható be, és elsősorban a sejtek

pH-szabályozásán keresztül érvényesül [35]. A tumoros sejteket magas glikolitikus aktivitás, savas metabolitok, hipoxiás és csökkent pH-jú mikrokörnyezet jellemzi. Az állati sejtek proliferációjához 7,1–7,2 pH_i feletti alkalikus intracelluláris közeg elengedhetetlen. A sejtosztódás megkezdéséhez szükséges alkalikus pH_i eléréséhez protonokat kell a sejtől kipumpálni. A tumoros sejtek kisebb ATP-termelésük folytán csökkent mértékben képesek a protonokat kipumpálni, sőt az extracelluláris savasabb közegből – a D/H-arány csökkenése miatt – megnő a H⁺ extracelluláris térből a sejtbe történő passzív diffúzió mértéke, amely megnegatívítja az osztódáshoz szükséges pH_i elérését, elősegítve a sejtek apoptózisát.

Az elemek stabil izotópkeverék-arányának módosítása révén megváltozott biológiai folyamatok felhasználása még felderítetlen és kihasználatlan terület. Az ebben rejlő lehetőségeket jelzi például, hogy a mitokondriális ATP-termelés és a kreatin kináz aktivitása többszörösére nő, amikor a közeg a ²⁵Mg²⁺-izotópot tartalmazza, szemben azzal, amikor ²⁴Mg²⁺- és ²⁶Mg²⁺-ionok vannak jelen [36]. Az eddigi DDW-kutatások ígéretesnek tűnnek a gyógyászatban történő felhasználás szempontjából.

Összefoglalás

Nem is gondolnánk, hogy esetenként egy érzékeny kísérlet sikertelen reprodukálása háttérben, éppen a kétszer desztillált, változó összetételű csapvíz áll, mely közel sem biztosít standard feltételeket. Bár, ha számításba vesszük, hogy az élő sejtek nemcsak a víz összetételére érzékenyek, hanem képesek a vízmolekulák izomer- és spinszelektivitására is, nem csodálkozunk ezen. Életünkben a vízből fogyasztjuk a legtöbbet, melynek minősége döntően hat életminőségünkre, így szükséges lenne a víz biomolekuláris szerepe mellett a különböző összetételű vizek fiziológias kutatása is.

Irodalomjegyzék

- [1] Finney, J. J. (2004) Water? What's so special about it? *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **359**: 1145–1165.
- [2] Collins, K. D. (1997) Charge density-dependent strength of hydration and biological structure. *Biophys. J.*, **72**: 65–76.
- [3] Head-Gordon T., Johnson, M. E. (2006) Tetrahedral structure or chains for liquid water. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **103**: 7973–7977.
- [4] Isaacs, E. D., Shukla, A., Platzman, P. M., Hamann, D. R., Barbiellini, B., Tulk, C. A. (1999) Covalency of the hydrogen bond in ice: A direct X-ray measurement. *Phys. Rev. Lett.*, **82**: 600–603.
- [5] Woutersen, S., Bakker, H. J. (1999) Resonant intermolecular transfer of vibrational energy in liquid water. *Nature*, **402**: 507–509.

- [6] Levy, Y., Onuchic, J. N. (2006) Water mediation in protein folding and molecular recognition. *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.*, **35**: 389–415.
- [7] Pal, S. K., Zhao, L., Zewail, A. H. (2003) Water at DNA surfaces: Ultrafast dynamics in minor groove recognition. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **100**: 8113–8118.
- [8] Bhat, T. N., Bentley, G. A., Boulot, G., Greene, M. I., Tello, D., Dall'acqua W., Souchon, H., Schwarz F. P., Mariuzza R. A., Poljak R. J. (1994) Bound water molecules and conformational stabilization help mediate an antigen-antibody association. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **91**: 1089–1093.
- [9] Chaplin, M. (2006) Opinion: Do we underestimate the importance of water in cell biology? *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, **7**: 861–866.
- [10] Volker, J., Breslauer, K. J. (2005) Communication between noncontacting macromolecules. *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.*, **34**: 21–42.
- [11] Fujiyoshi, Y., Mitsuoka, K., de Groot, B. L., Philippsen, A., Grubmüller, H., Agre, P., Engel, A. (2002) Structure and function of water channels. *Curr. Opin. Struct. Biol.*, **12**: 509–515.
- [12] Harano, Y., Kinoshita, M. (2005) Translational-entropy gain of solvent upon protein folding. *Biophys. J.*, **89**: 2701–2710.
- [13] Albrecht-Buehler, G. (2002) Water structuring centers of mammalian cell surfaces. *Exp. Cell Res.*, **279**: 167–176.
- [14] Potekhin, S. A., Khusainova, R. S. (2005) Spin-dependent absorption of water molecules. *Biophys. Chem.*, **118**: 84–87.
- [15] Fathi, A., Mohamed, T., Claude, G., Maurin, G., Mohamed, B. A. (2006) Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. *Water Res.*, **40**: 1941–1950.
- [16] Knez, S., Pohar, C. (2005) The magnetic field influence on the polymorph composition of CaCO₃ precipitated from carbonized aqueous solutions. *J. Colloid Interface Sci.*, **281**: 377–388.
- [17] Holysz, L., Chibowski, E., Szczes, A. (2003) Influence of impurities and magnetic field on the properties of freshly precipitated calcium carbonate. *Water Res.*, **37**: 3351–3360.
- [18] Ozeki, S., Otsuka, I. (2006) Transient oxygen clathrate-like hydrate and water networks induced by magnetic fields. *J. Phys. Chem. B.*, **110**: 20067–20072.
- [19] Higashitani, K., Oshitani, J. (1998) Magnetic effects on thickness of adsorbed layer in aqueous solutions evaluated directly by atomic force microscope. *J. Colloid Interface Sci.*, **204**: 363–368.
- [20] Johnson, K.E., Sanders, J.J., Gellin, R.G., Palesch, Y.Y. (1998) The effectiveness of a magnetized water oral irrigator (Hydro Floss) on plaque, calculus and gingival health. *J. Clin. Periodontology*, **25**: 316–321.
- [21] Ma, Y. L., Ren, H., Ren, S., Zhen, E. K., Hao, G., Zhao, Y. W. (1992) A study of the effect of magnetized water on enzyme activities by potentiometric enzyme electrode method. *J. Tongji Medical University*, **12**: 193–196.
- [22] Shata, S. M., Abdel-Dayem, A. A., Hilal, M. M. (2002) Application of magnetic technologies in desert agriculture: III. Effect of magnetized water on yield and uptake of certain elements by citrus in relation to nutrients mobilization in soil. *Egyptian J. Soil Sci.*, **42**: 43–55.
- [23] Oter, S., Korkmaz, A. (2006) Relevance of hyperbaric oxygen to ozone therapy. *Arch. Med. Res.*, **37**: 917–918.
- [24] Forth, W., Adam, O. (2001) Uptake of oxygen from the intestine – experiments with rabbits. *Eur. J. Med. Res.*, **6**: 488–492.
- [25] Speit, G., Schütz, P., Trenz, K., Rothfuss, A. (2002) Oxygenated water does not induce genotoxic effects in the comet assay. *Tox. Lett.*, **133**: 203–210.
- [26] Gruber, R., Axmann, S., Schoenberg M. H. (2005) The influence of oxygenated water on the immune status, liver enzymes, and the generation of oxygen radicals: a prospective, randomised, blinded clinical study. *Clin. Nutr.*, **24**: 407–414.
- [27] Nestle, N., Wunderlich, A., Nüssle-Kügele, K. (2004) In vivo observation of oxygen-supersaturated water in the human mouth and stomach. *Magnetic Resonance Imaging*, **22**: 551–556.
- [28] Kushner, D. J., Baker A., Dunstall, T. G. (1999) Pharmacological uses and perspectives of heavy water and deuterated compounds. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, **77**: 79–88.
- [29] Gleason, J. D. (1975) Oats may grow better in water depleted in oxygen 18 and deuterium. *Nature*, **256**: 305.
- [30] Somlyai, G., Jancsó, G., Jákl, Gy., Vass, K., Barna, B., Lakics, V., Gaál, T. (1993) Naturally occurring deuterium is essential for the normal growth rate of cells. *FEBS Lett.*, **317**: 1–4.
- [31] Tyrysov, V. S., Siniak, Iu. E., Antoshina, E. E., Trykhanova, L. S., Gor'kova, T. G. (2006) The effect of preliminary administration of water with reduced deuterium content on the growth of transplantable tumors in mice. *Vopr. Onkol.*, **52**: 59–62.
- [32] Gyöngyi, Z., Somlyai, G. (2000) Deuterium depletion can decrease the expression of C-myc Ha-ras and p53 gene in carcinogen-treated mice. *In vivo*, **14**: 437–439.
- [33] Bild, W., Stefanescu, I., Haulica, I., Lupusoru, C., Titescu, G., Iliescu, R., Nastasa, V. (1999) Research concerning the radioprotective and immunostimulating effects of deuterium-depleted water. *Rom. J. Physiol.*, **36**: 205–218.
- [34] Paduraru, I., Jerca L., Berbec, A., Wild, W., Lupusoru, C., Haulica, I., Paduraru, O., Jerca, O. (2000) Deuterium depleted water effects over some oxidative stress parameters. *Roum. Biotech. Lett.*, **5**: 273–278.
- [35] DeCoursey, T. E., Cherny V. V. (1997) Deuterium isotope effects on permeation and gating of proton channels in rat alveolar epithelium. *J. Gen. Physiol.*, **109**: 415–434.
- [36] Buchachenko, A. L., Kouznetsov, D. A., Orlova, M. A., Markarian, A. A. (2005) Magnetic isotope effect of magnesium in phosphoglycerate kinase phosphorylation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **102**: 10793–10796.



15th International Congress of the Hungarian Society for Microbiology

2007. július 18–20.

Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Budapest

A Magyar Mikrobiológiai Társaság (MMT) 2007. évi, 15. Nemzetközi Kongresszusát
a Magyar Immunológiai Társaság, a Magyar Biokémiai Egyesület Biotechnológiai Szakosztálya,
a Magyar Infektológiai és Klinikai Mikrobiológiai Társaság, az MMT Alapítványa,
valamint a házigazda Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kara részvételével rendezi meg.

A konferencia tudományos szekciói a mikrobiológia valamennyi ágát felölelik.

Az MMT aktív tagjainak kongresszusi részvételét a MMT Alapítványa személyenként több tízezer forint összeggel támogatja. Kérjük, hogy jelentkezésüket a Magyar Mikrobiológiai Társaság honlapján
(<http://www.mmt.org.hu>) tegyék meg.