

A szemlencse természet- tudományos szemmel

Írásunkban áttekintjük, mit tudunk az egészséges és az elhomályosodott emberi szemlencséről, és bemutatunk néhány olyan újabb tudományos eredményt, amelyeket napjaink természet- és élettudománya a megismerés különböző szintjén a szemlencsével kapcsolatosan ismereteinkhez hozott. Cikkünkkel nem titkolt célunk az is, hogy az alap kutatás állandó szükségességét is propagáljuk egy minden embert érintő konkrét példa bemutatásával. Úgy szeretnénk mindezt elmondani, hogy közérthető legyen, ugyanakkor mondandónk szakmai korrektsége jótájt se sérüljön.

A szemlencse a szivárványhártya és az üvegtest között levő lencse alakú, átlátszó szövet (nagy részben fehérjék vizes oldata), amely – mint a szem egyik legfontosabb fénytérítő és fénytörő közege – domborúságának változóképesége folytán a szem fénytörő erejét szükség szerint változtatni képes, és ezáltal lehetővé teszi, hogy az ideghártyán a különböző távolságokban levő tárgyakról egyaránt éles képek keletkezessenek (1. ábra). A lencse alkotórészei a homogénnek látszó néhány ezred mm vastagságú lencsetok, valamint a lencsetok elülső felszínét béleelő egyrétegű hám köbsejtek. A felnőtt ember lencséjének vastagsága távolba nézéskor 4 mm, harántátmérője 9–10 mm, átlagos tömege 0,22 g.

A lencse egész életünk során növekszik, úgy, hogy az egyenlítője környékén levő hámsejtek fokozatosan lencserostokká alakulnak át. Így a lencse térfogata az élet folyamán mintegy egyharmadával gyarapszik.

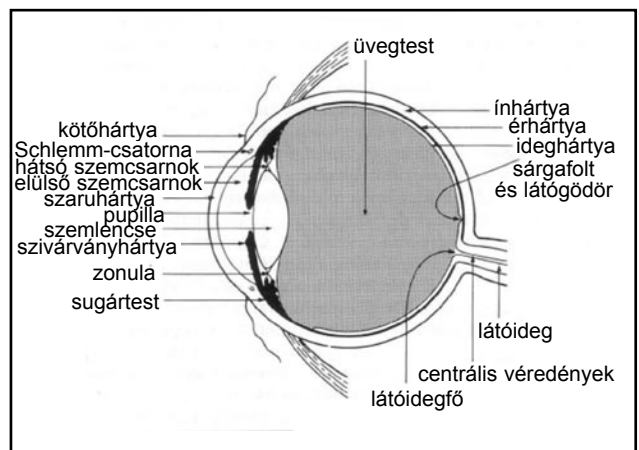
Gyermekkorban a lencse állománya lágy, de az évek folyamán, már a serdülőkortól kezdve a lencse közepén lévő rostok tömörülni és keményedni kezdenek. Ez a tömörülési folyamat hozza létre a lencsemagot, ami eleinte kicsi. Körülötte vastag, lágy kéregrész található. Minél több a rost, annál nagyobb lesz a lencsemag és annál vékonyabb a lencsekéreg. A mag növekedésével csökken a lencse alakváltoztató képessége, vagyis az „alkalmazkodó képessége”. Aggastyánkorban a lencse általában egész tömegében megkeményedik.

A lencse táplálékát a hátsó csarnok vizéből ozmózis útján nyeri. Anyagcseréje igen lassú.

Alkalmazkodóképesség szempontjából lényeges különbség van a madarak, az emlősök és a halak szemlencséje között, mégpedig a felsorolás sorrendjében. A ragadozó madarak a „csúcs-tartók”, az embergerek szemlencséje a madarakét közelíti, az aggastyánoké pedig a halak merev lencséihez hasonló.

A szürkehályog

Gyakorisága nagyjából párhuzamosan fut az öregedéssel, azonban nem minden idős ember lesz szürkehályogos. Másfelől az „öregkori szürkehályog” (*cataracta senilis*) kialakulása nem mindig „várja meg” az öregkort, elég gyakran már előtte is jelentkezik. A nem öregkori, hanem preszenilis szürkehályogos lencsék jellegzetessége, hogy vékonyabbak, mint az ugyanolyan korú normális lencsék. Sőt nemcsak vékonyabbak, hanem a teljes és száraz tömegük is kisebb (22–24%-kal) az azonos korú



1. ábra. Az emberi szem keresztmetszete

tiszta lencsékénél. A szemlencse tömegének viszonylagos kicsinyése azt sugallja, hogy ezek a lencsék valamilyen, eddig még nem egészen tisztázott okok miatt nem képesek normális nagyságukra kifejlődni.

A szemlencse öregedésével kétségkívül szürkehályogra hajlamosító állapot alakul ki a lencsében, de hogy ebből lesz-e hályog, és ha igen, mikor, az már nem csak az öregedéstől függ. Minden jel arra mutat, hogy léteznek olyan lencsekárosító hatások, amelyek önmagukban ugyan nem elegendőek ahhoz, hogy kataraktát provokáljanak, de együttesen képesek szürkehályogot okozni. Néhány kockázati tényező: cukorbetegség, a vér kórosan alacsony kalciumszintje, az izomsorvadás izommerevséggel járó formája, nem ionizáló (ultraibolya-, infravörös-, mikrohullámú) sugárzások, toxikus termékek felhalmozódása a lencsében (pl. a réz Wilson-kórban, kadmium, a környezetszennyezésből származó ólom). Ma még nem tudjuk pontosan, hogy a rizikófaktoroknak mikor kell „találkoznia” az öregkori elváltozásokkal ahhoz, hogy a kataraktogenezis elinduljon. Biztosan kataraktogén hatások az ionizáló sugárzások, a rubeola (rózsahimlő), a kóros aminosavürítés, a galactosaemia, a vér kalciumszintjének csökkenése miatt kialakuló, görcsös rohamokkal járó betegség, egyes bőrbetegségek; a gyógyszerek (kortikoszteroidok, fenotiazin-származékok, amiodarone).

Fehérje, víz és a többiek

A szemlencse úgynevezett nedves súlyának 33–34%-a fehérje (megközelítőleg kétszer annyi, mint más szövetekben) és kb. 66%-a víz. A fehérjék alfa-, béta- és gamma-krisztallinokból állnak, a madarak és hullók szemlencséje delta-krisztallint is tartalmaz. A fehérjék kb. 90%-a vízben oldódó és kb. 10%-uk vízben oldhatatlan. (Az utóbbiak alkotják a membránfehérjéket és a citoskeleton-fehérjéket.) A szemlencse összetételében a fehérjén és a vízen kívül a következő alkotóelemek vesznek részt: nátrium, kálium, kalcium, glükóz, tej-sav, glutation.

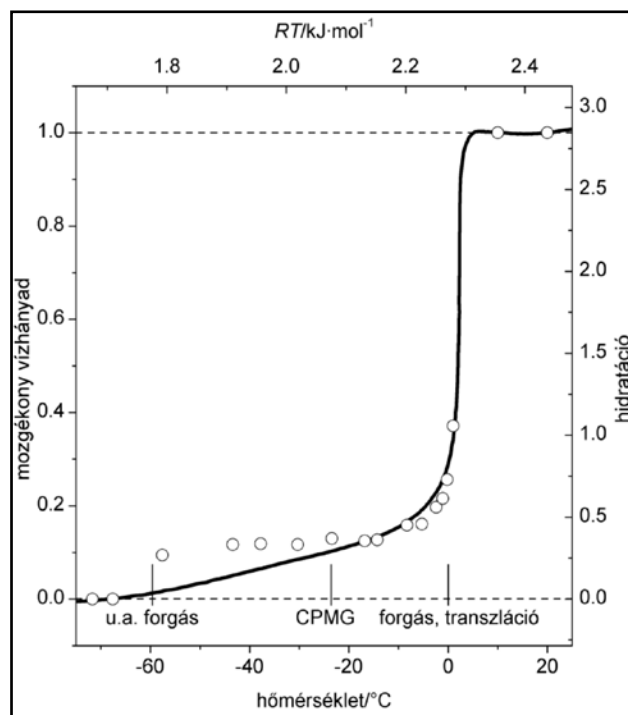
A fehérjék közül az alfa-krisztallinnak chaperon- (dajkafehérje-) szerepe van. A legújabb alapvetési megfigyelések szerint (ld. a hivatkozásokat [1]-ben) az alfa-krisztallin védő aktivitása szükséges ahhoz, hogy a szemlencse állománya tiszta maradjon. Más szóval, a szemlencse addig maradhat tiszta, amíg elegendő alfa-krisztallin-kapacitás áll rendelkezésére. Míg a fiatal, tiszta lencsében bőségesen van nem lekötött alfa-krisztallin, addig a maghályogos lencsében például már csak kevés, vagy éppenséggel semmi. Az életkor előre haladtával, úgy tudjuk, egyébként is csökken a szemlencsében az alfa-krisztallin mennyisége, és ez a „változás” bizony csökkentti azt a képességét, hogy megátolja a fehérje-aggregációt, vagyis az oldhatatlan fehérjék felhalmozódását. A nagy fehérje-aggregátumok képződése miatt a beeső fény (egy része) „szóródik”, azaz nem egyenes vonalban halad át a lencsén, ez a „mikro-morfológiai” változás aztán szürkehályoggá alakulhat, és különböző kórfolyamatok következményeként a tiszta szemlencse elhomályosodik.

A szemlencse csodálatos szövet, optikai tisztasága bámulatos alkotás. Egyszerű struktúrájával és metabolizmusával kiválóan meg tudja tartani integritását, így eredendő átlátszóságát, tisztaságát is a tőle alaposan eltérő biokémiai környezetben. Ismert és sokszorosan leírt tény, hogy a lencse ezt a egyszerű tisztaságát többszörös biokémiai túlbiztosítással őrzi, továbbá átlátszóságának fennmaradásában vitális fontosságú a fehérjék és a víz „egészséges” kapcsolata. Alapvetési szempontból ennek a kapcsolatnak mélyebb, molekuláris szintű megismerése is szükséges.

Eredményeink

A szemlencse nemcsak élettani és szemorvosi, hanem alapvetési szempontból is igen figyelemre méltó szövet. A fehérjék és a víz szerves kapcsolatának mintegy modellértékű reprezentánsa, azaz a fehérje és a víz „viszonyát” szinte az élő és élettelen természet határán mozgó biológiai kapcsolat modelljének tekinthetjük. E szemléletünkben erősít meg minket Szent-Györgyi Albert nagyszerű állítása: „Az élet a vízmolekulák tánca a szilárdtestek dallamára” [2]. Indokolt a kérdés, mit tudnak mondani a modern fizikai módszerek a vízmolekulák „táncáról”? A modern módszerek egyike a magmágneses rezonancia (nuclear magnetic resonance, NMR), ami a mágneses rezonancián alapuló képalkotás (az angol nevének kezdőbetűi alapján ismert MRI) alapjait is jelenti, és fontos ismeretekhez jutatta az élettudományt.

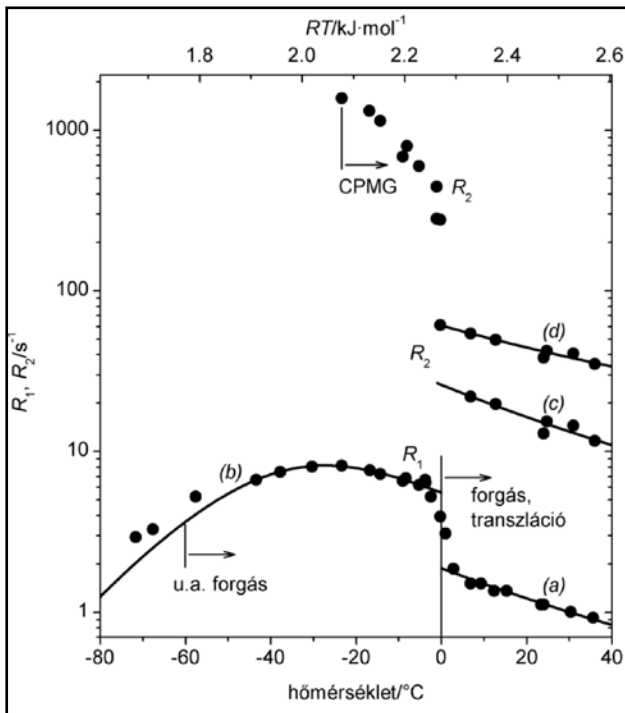
A víz állapotára vonatkozó korábbi NMR-spektroszkópiás mérési eredményeink [3,4] azt mutatták, hogy a szemlencsében lévő víz szerkezetére, kötési és mozgási/dinamikai tulajdonságaira való tekintettel nem tekinthető homogén rendszernek, más szóval termodinamikai értelemben nem egyetlen fázis. A 2. ábrán NMR- és DSC-(differenciális pásztázó kalorimetria) módszerekkel kapott mérési eredményeket mutatunk be, amelyeket csirkelencséken kaptunk. A kis körök az NMR-jel amplitúdókat, a folytonos vonal pedig a lencse hőfelvételét ábrázolja a hőmérséklet függvényében. Az NMR-eredményekhez annyi hozzáfűznivalónk van, hogy világosan meg tudjuk különböztetni, hogy az információt adó atommagok – esetünkben a vízmolekulák hidrogénjének protonjai – állnak, vagy mozognak, más szóval folyékony (víz) vagy szilárd (jég) fázisban vannak-e. A kis



2. ábra. Csirke szemlencsén kapott NMR és DSC eredmények (3). A DSC-görbéből kapott folyadék állapotú (mozgékony) vízhányad (vonal) és az NMR-rel mért mozgékony vízhányad (körök) összehasonlítása. Megadtuk a legkisebb hőmérsékleti értékeket, ahol forgási vagy translációs diffúziót lehetett mérni (u.a. forgás: uniaxiális v. egytengelyű forgás; CPMG: inhomogén NMR-echó jel, izotróp forgás)

körök a 2. ábrán a mozgékony protonok/vízmolekulák mennyiségét mutatják. Az ábráról az olvasható le, hogy 0°C-fokon nem az összes víz dermed jéggé, egy része –60°C-ig mozgékony marad. Ezek a vízmolekulák alkotják a fehérjék hidrátburkát, és természetesen ezek árulnak el legtöbbet a fehérjék tulajdonságairól és állapotváltozásairól. Az irodalom ezeket nevezi „kötött” víznek, azokat pedig, amelyek 0°C körül megfagynak, „szabad” víznek. A kötött vízmolekulákra jellemző mozgás változatos. Az ábra alján feltüntetjük a mozgásformákat az egytengelyű forgástól az izotróp (tömegközéppont körüli) forgáson keresztül a translációs diffúziós helyváltoztatásig. A szobahőmérsékleten lévő vízben mindenféle mozgás előfordul. Felül az ábrán megadtunk energiaskálát is, mely mutatja, hogy mekkora termikus gerjesztési energia szükséges az adott mozgás elindításához. Segítségével meg tudjuk különböztetni, hogy az „olvadás”, azaz a molekuláris mozgás megindítása a fehérje felületén megközelítően 0,5 kJ/mol-lal kisebb energiát igényel, mint a normál jég megolvadása. Azt gondoljuk, hogy ilyen nagyságrendű energiaskálán zajlik az élet; testhőmérsékleten ez az energia a fenti értéknek mintegy ötszöröse. A DSC-görbe a –20°C alatti mozgásokat csak részben érzékeli, nagyobb hőmérsékleteken a két módszerrel kapott eredmény megegyezik. Ez a tény egyben figyelemfelhívás arra, hogy a különböző kísérleti módszerek nem feltétlenül adnak ugyanolyan választ a látszólag azonosnak gondolt kérdésre, mert a kísérleti kérdésfeltevés, vagyis a gerjesztés nem ugyanaz. A konklúzió tehát az, hogy egy olyan bonyolult rendszernek, mint a szemlencsének a pontosabb megismerése többféle modern kísérleti módszer alkalmazását igényli [3]. Nyitott kérdés, hogy a válaszok melyike ad számottevő információt a fehérjeállapot változásáról és az azt előidéző okokról.

Első megközelítésben tehát a vízmolekulák két csoportba oszthatók: az egyikbe azok tartoznak, amelyek a fehérjemolekulákkal



3. ábra. ^1H -NMR spin-rács (R_1) és spin-spin (R_2) relaxáció sebesség csirke szemlencsében 82,55 MHz-en mérve (3). Az (a)–(d) vonalak az illesztett „fluktuáló helyi mágneses tér” elméleti modellből számított értékek (részleteket ld. (3)) Megadtuk a legkisebb hőmérsékleti értékeket, ahol forgási vagy translációs diffúziót lehetett mérni (u.a. forgás: uniaxiális v. egytengelyű forgás; CPMG: inhomogén NMR-echó jel, izotróp forgás)

érintkeznek, ezek a „kötött” vízmolekulák, a másikba azok, amelyek nincsenek kölcsönhatásban a fehérjemolekulákkal, ezek a „szabad” vizek. A szabad vízmolekulák hidrogénhidakkal „csak” egymással vannak kölcsönhatásban, de bármennyire furcsán hangzik is, ez a kölcsönhatás összességében erősebb, mint a részben víz–fehérje, részben víz–víz kölcsönhatás eredője. A háttér/színpad tehát adott, a kutatóknak itt kell mozognia, mert Szent-Györgyi gondolata értelmében a táncoló „kötött” vízmolekulák nyújtanak közvetlen információt a bennünket érdeklő fehérjemolekulák öregedéséről és rostképző polimerizációjáról, a „szabadok” pedig csak áttételesen. Azt láttuk, hogy a teljesen elszűrült lencse „kötött” állapotban lévő vízének mennyisége lényegesen kisebb a tiszta lencse „kötött” víztartalmánál, a „szabad” víz mennyisége pedig számottevően nagyobb az egészséges lencsénél.

Amellett, hogy a teljesen elszűrült szemlencsében a „kötött” víz mennyisége csökken, és ugyanakkor a „szabad” víz növekszik, a dinamikai NMR-mérési paraméterek, mint az R_1 (spin-rács) és az R_2 (spin-spin) relaxációs sebességek csökkenése azt mutatja, hogy a víz dinamikai jellemzői az elszűrült lencsékben a „szabad” víz irányába tolnak el. Eredményeink arra utaltak, hogy a szürkehályog kifejlődése során a lencsefehérjék felületén/környezetében olyan változások keletkeznek, amelyek egyrészt következményei a megváltozott fehérjeszerkezetnek, másrészt további fehérjeváltozások oki tényezői lehetnek.

A szemlencsében lévő víz állapotának további vizsgálata azt mutatta, hogy az R_2 relaxációs folyamat a szemlencsékben nem egyetlen, hanem több relaxációs sebességgel jellemezhető. Az eredmények – az R_1 sebességekkel együtt – a 3. ábrán láthatók.

Ezen kívül a tiszta emberi és tiszta madár szemlencsében egy gyors komponens jelenlétét mutattuk ki, ami a lencsefehérjékhez tar-

tozó protonok (hidrogénatomok) és a fehérjék felszíni rétegében lévő vízprotonok gyors kicserélődésének következménye. Ez a gyors komponens és így a gyors protonkicserélődés nincs jelen a szürkehályogos lencsemagban és a hal tiszta szemlencsében [4].

Ezek az eredmények – korábbi megállapításainkkal együtt – a szemlencse fehérje-víz egységének fiziológiás állapotát és ennek patológiás változásait mutatták. A biológiai víz állapotának vizsgálatára széleskörűen alkalmazott mágneses rezonancia spektroszkópiának, de főleg a belőle kialakult képalkotó vizsgálati eljárásnak (MRI) fontos gyakorlati lehetősége lehet az öregkori szürkehályog képződésének legkorábbi stádiumában való kimutatásában.

A vízmolekulák mozgásáról/táncáról az alábbi finomszerkezeti képet kaptuk, ehhez az NMR-spektroszkópián túl a DSC-módszer is segítséget nyújtott (a lényeges eredményeket a 2. és 3. ábrán mutattuk meg).

Talán egy hasonlat közelebb visz bennünket mondanivalónk megértéséhez. Képzeljünk el egy tánctermet tele keringőző párokkal, akik nemcsak forognak, de helyváltoztató mozgást is végeznek és még az sem kizárt, hogy egyirányúan áramlanak a táncolók. Megkérünk néhány fotóst, akiknek különböző minőségű, következésképpen különböző zárebbességű gépei vannak, hogy készítsenek képeket a táncolókról. Többféle kép készül, mert minél rövidebb ideig van nyitva a zár, annál inkább a pillanatnyi helyzetet (egy vagy két mozgáselemet) rögzít a fotólemez, vagy digitális memória, és minél hosszabb ideig van nyitva, annál elmosódottabb lesz a kép, mert a mozgás hosszabb idejű átlagát rögzítette a gép, elveszítve bizonyos finom részleteket. Így vagyunk a táncoló vízmolekulákkal és a kétféle relaxációs sebességgel. A spin-rács relaxációs sebesség (R_1) a lassú zárebbességű gépnek, a spin-spin relaxáció (R_2) pedig a gyorsnak felel meg és ezeknek megfelelő eredményeket kapunk. Az eredmény a 3. ábrán látható, R_2 kétféle mozgást rögzített az élettani hőmérséklet környékén, míg az R_1 csak egyet (4. ábra). A nagyszámú mérési pont mindegyike több tíz mérés átlaga. A felületes megfigyelő/kutató simán megelégedne egy-exponenciális illesztéssel, jóllehet szisztematikusan eltéréseket mutatnak a mért és illesztett eredmények.

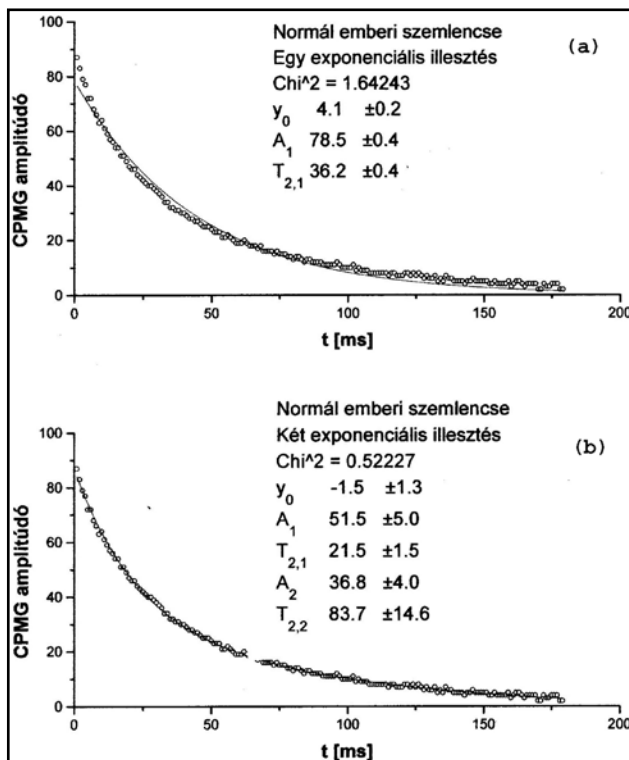
Az eredmények jelentősége az, hogy a két komponens egyike, a nagyobb R_2 , a fehérjével testhőmérsékleten kölcsönható vizekről készült „fénykép”, amely ugye a fehérje állapotáról informál, a kisebb R_2 pedig a távoli vizekről, amely alig tartalmaz adatot a fehérje állapotáról. Lépünk bátran egy nagyot az MRI területére, jó lenne, ha a klinikai MRI-berendezések is tudnának két vagy több R_2 -komponenst mérni (ez felbontóképesség, idő és számítógépes kapacitás kérdése), mert a nagyobb komponens vagy komponensek a szövet állapotáról több lényeges információt tartalmaznak, mint az átlagos R_2 vagy az R_1 .

Utalunk még egy *in vivo* mikrotomográfias irodalmi eredményre [5], amely a táncoló vízmolekulák körkörös áramlását bizonyítja fiatal egészséges lencsében. Azonos-e a mozgás tehát az étellel, tehetjük fel a kérdést, és a válasz egyértelműen igen. A lencse öregedését tehát a víz-fehérje kapcsolatok csökkenése és a mozgások lassulása (lecsökkenett sebesség) jellemzi. A miért minden kutatót izgató kérdés.

Az egyik legfontosabb eredmény, hogy a mozgás forgásból és helyváltoztató mozgásból (transzlációból) áll. Az összetett mozgás elemi összetevőkre bontásához leहुtöttük a szemlencsét, így az összetevők egyedi szinten váltak láthatóvá. Természetesen testhőmérsékleten a mozgások és jellemzők eredője jelentkezik, elfedve nagyon lényeges információforrásokat.

A másik, hogy a hidrogénkötés energiája 20 kJ/mol, mi pedig 10 és 15 kJ/mol mozgási aktiválási energiát mértünk, ami arra utal, hogy a fehérje-víz kötés átlagosan gyengébb, mint a vízben lévő hidrogénkötés, tehát a hidratációs héj vízmolekulái könnyebben mozognak, mint a „szabad” víz vízmolekulái.

A harmadik, hogy a hidratálódást nem lehet egyértelműen definiált paraméterként értelmezni, mert a hidratációs szám dinamikus jellemző, amely az alkalmazott kísérleti módszer érzékenységétől, energiájától és időbeli felbontásától, továbbá a hőmérséklettől függ.



4. ábra. Spin-spin relaxációs idő (a relaxációs sebességek reciproka) mérése humán szemlencsén, egy (a), illetve két exponenciális illesztéssel (b). Az A_1 amplitúdók a fázis előfordulását, a $T_{2,1}$ mennyiségek pedig a ms-ban mért relaxációs időket, valamint $(\chi)^2$ az illesztés jószágát tünteti fel. A CPMG-jelölés a speciális spin–spin relaxációs mérési módszerre utal (4), az y_0 pedig az illesztésben az alapvonal megválasztásának fontosságára hívja fel a figyelmet

Ezáltal érthetjük meg Heys és mtsai DSC-vel végzett munkájában megadott [6] és a mi alacsony hőmérsékleten kapott mérési eredményeink különbségét. A fehérjemolekulákat védő „hidratációs héj” tehát nem merev kétdimenziós kéreg a fehérjemolekula körül, hanem inkább mozgékony vízmolekula-felhőnek képzelendő el, amelyet a fehérjemolekula termodinamikailag többé vagy kevésbé erősen befolyásol.

Eredményeink továbbá arra utalnak, hogy a lencse magjában a fehérjemolekulák térben szorosabban illeszkedve helyezkednek el. A fehérjefrakció jelentékeny része ezzel szemben igen flexibilis, ami valószínűleg a láncszerűnek elképzelt kristallin-fehérjemolekula egyik végének (tail region) nem szoros „feltekeredett” mivoltának, vagyis úgynevezett rendezetlenségének a következménye. Mind az öregedés, mind a katarakta-képződés kísérője a „kötött víz” mennyiségének, tehát a fehérje vízvédelmének a csökkenése és a fényszórás növekedése. A szemlencse öregedésének és az úgynevezett öregkori szürkehályog kialakulásának erendő oka még továbbra is nyitott kérdés. Lehet, hogy az időskori szürkehályog-képződés a fehérjék öregedését is modellező folyamat? Úgy tudtuk, hogy a madarak szemlencséje nem szűrül el, most már öreg madáron van elpélda [7].

Szubjektív epilógus kutató-orvosi szemmel

Szemorvos szerzőtársunk, aki szemsebész volt, őszinte tisztelettel meghajol a mai katarakta-műtétek és műlencse-beültetések ragyogó technikai részletei és az operatőrök bravúros manualitása előtt.

Mindemellett, azért még a legjobban sikerült műtétek után is felléphetnek nem várt szövödmények. Előfordulhat például, hogy évekkel egy kifogástalanul végrehajtott és zavartalanul gyógyult katarakta-műtét után – elsősorban erősen rövidlátó szemekben – váratlanul ideghártya-leválás alakulhat ki, még ha csak igen alacsony százalékos előfordulásban is [8, 9]. Nagyon jó, munkájukban és véleményalkotásukban is megbízható operatőrök szerint erre a betegségre, mármint a retinaleválásra, „fogékonyra tesz” a műteti lencseeltávolítás ténye (és a szembe történő műlencse-behelyezés), mivel a 200–250 mm³ térfogatú, átlagosan 11 mm átmérőjű és 4,5 mm vastagságú szemlencse helyét egy mindössze 20 mm³ térfogatú, 6 mm átmérőjű és csak 1 mm vastagságú műlencse foglalja el [10]. Ez a megváltozott anatómiai térkialakulás azt eredményezheti, hogy az eredeti szemlencse terét – a „térrelválasztó” funkciót is betöltő, tervezetten megtartott lencse-hátsótok jelenléte ellenére is – legalábbis részben – az „előrenyomuló” üvegtet foglalhatja el. Ez viszont következményesen a szem hátsó pólusán a normális üvegtet–retina összetapadások/összekötötések számára mechanikus stresszt jelent az üvegtet fiziológiás belső mozgása miatt. Ily módon is jöhetnek létre hátsó üvegtesti leválások, sőt retinaleválások egy mégoly „sima”, komplikációmentes katarakta-műtét után akár évekkel is [8, 9, 10]. Ezek az adatok mindenképpen visszatérlelik gondolatainkat az egészséges szemlencsére.

Amíg a szemlencse öregedését nem tudjuk feltartóztatni, addig a korfüggő kataraktára való hajlammal továbbra is számolnunk kell. Az eddig forgalomba került antikataraktásnak szánt és hirdett gyógyszerkészítmények nem hozták meg a kívánt sikert, ezért egyik teendőnk továbbra is a rizikófaktorok (vagy azok legalább egy részének) kiküszöbölése, vagy hatóerejük csökkentése, másik dolgunk a katarakta képződésének és előrehaladásának további elkötelezett tanulmányozása – klinikai és alap kutatási szinten egyaránt. Továbbra is él az a kutatóorvosi és interdiszciplináris kutatói törekvés, hogy az egész szem (bennne a szemlencse) élettanát, kórleletanát minél pontosabban, minél részletesebben megismerhessük. ☺

RÁCZ PÉTER, BÁNKI PÉTER, BOKOR MÓNIKA,
KAMASA PAWEL, TOMPA PÉTER, TOMPA KÁLMÁN

Irodalomjegyzék

- [1] M. B. Datile III–R. R. Ansari–K. I. Suh–S. Vitale–G. F. Reed–J.S. Zigler Jr–F. L. Ferris III: *Clinical detection of precataractous lens protein changes using dynamic light scattering* (2008, Arch. Ophthalmol. Vol. 126, 1687–1693).
- [2] A. Szent-Györgyi. *The living state*. (Academic Press, 1972, New York and London)
- [3] K. Tompa–P. Bánki–M. Bokor–P. Kamasa–P. Rác–P. Tompa: *Hydration water/interfacial water in crystalline lens* (2010, Exp. Eye Res. Vol. 91, 76–84)
- [4] P. Rác–C. Hargitai–B. Alföldy–P. Bánki–K. Tompa: *¹H spin-spin relaxation in normal and cataractous human, normal fish and bird eye lenses* (2000, Exp. Eye Res. Vol. 70, 529–536)
- [5] B. A. Moffat–J. M. Pope: *Anisotropic water transport in the human eye lens studied by diffusion tensor NMR micro-imaging* (2002, Exp. Eye Res. Vol. 74, 677–687)
- [6] K. R. Heys–M. G. Friedrich–R. J. W. Truscott: *Free and bound water in normal and cataractous human lenses* (2008, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. Vol.49, 1991–1997)
- [7] D. E. Brooks: *Avian cataracts* (1997, Semin. Avian Exot. Pet Vol. 6, 131–137)
- [8] B. Zuberbuhler–M. Seyedian–S. Tuft: *Phacoemulsification in eyes with extreme axial myopia* (2009, J Cataract Refract Surg. Vol.35, 335–340)
- [9] S. J. Sheu–L.P. Ger–W.L. Ho: *Late increased risk of retinal detachment after cataract extraction* (2010, Am J Ophthalmol. Vol.149, 113–119)
- [10] Th. Olsen: *Retinal detachment: more research is still needed* (2010, ESCRS Eurotimes. Vol.15, Issue 5, 11)