

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A vitreolenticularis határfelszín vizsgálata,
különös tekintettel a phacoemulsificatio során
bekövetkező változásokra**

Dr. Elekes Ágnes

Témavezető: Dr. Vámosi Péter



DEBRECENI EGYETEM

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2025.

A vitreolenticularis határfelszín vizsgálata, különös tekintettel a
phacoemulsificatio során bekövetkező változásokra

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a klinikai orvostudományok tudományágban

Írta: Dr. Elekes Ágnes

Készült a Debreceni Egyetem Klinikai Orvostudományok doktori iskolája
Experimentális és Operatív program keretében

Témavezető: Dr. Vámosi Péter, PhD

Az értekezés bírálói:

Dr. Ujhelyi Bernadett, PhD

Dr. Ferencz Mária Éva, PhD

A bírálóbizottság:

elnök: Prof. Dr. Fülesdi Béla, MTA doktora

tagok: Dr. Orosz Zsuzsanna, PhD

Dr. Steiber Zita, PhD

Dr. Ujhelyi Bernadett, PhD

Dr. Ferencz Mária Éva, PhD

Az értekezés védésének időpontja: 2026. június 11. 13 óra
Debreceni Egyetem ÁOK, Belgyógyászati Intézet A épület tanterme

Rövidítések és mozaikszavak jegyzéke

AS-OCT – elülső szegmens optikai koherencia tomográfia

BS – Berger-tér

CDE – kumulatív diszipált energia

ECCE – extracapsuláris szürkehályog extrakció

EH – elülső üvegtesti határhártya

EHL – elülső üvegtesti határhártya leválás

HA – hialuronsav

iOCT – intraoperatív optikai koherencia tomográfia

HA – hialuronsav

LM-BS – lens material in Berger's space

LOCSIII – Lens Opacity Classification System III

OCT – optikai koherencia tomográfia

SS-AS-OCT - elülső szegmens swept source optikai koherencia tomográfia

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Tanulmányunk a szem legnagyobb térfogatú szövetét határoló képletet vizsgálja; az üvegtest elülső határhártyáját, és az elülső üvegtesti határhártyával (EH) érintkező szövetek viselkedését sima lefolyású szürkehályog műtét kapcsán, illetve a műtétet követő egy évben. Az EH az üvegtest elválaszthatatlan része, ezért az EH viselkedése hatással lehet az elülső és hátsó üvegtestre is.

1.1. Az üvegtest makromolekuláris szerkezete és biokémiája

Az üvegtest átlátszó géles anyag. Főként vízből, kollagénből és hialuronsavból (HA) áll, szárazanyag tartalma 2%. Az üvegtest a szem térfogatának mintegy 80%-át teszi ki, köbtartalma kb. 4,0 ml. Az üvegtest kollagéntartalmának 75%-át II-es típusú, 15%-át IX-es típusú kollagén alkotja. Az üvegtest egyik kisebb kollagénje a XVIII. típusú, az endosztatin progenitorja, amely az angiogenezis erős inhibitora. A HA hidrophil glikoprotein, ami más glikoprotein tömbökkel, kondroitin-szulfáttal és a kollagén fibrillumokkal komplexet képezve az üvegtestben „állványként” működik, döntő szerepet játszva az üvegtest molekuláris morfológiájának fenntartásában. A HA vonzza az ún. counter ionokat és a vizet is, amelyek szintén hozzájárulnak a távolságok kialakításához, és a háromdimenziós szerkezet fenntartásához. Az üvegtest proteomjában lévő fehérjékből 278-at csak az elülső üvegtesti térben, 322-öt csak a kéregállományában, 128-at csak az üvegtesti bázisban, és 136-ot pedig csak az üvegtest magállományában lehetett kimutatni, ami arra utal, hogy az üvegtest különböző szubstrukturái más és más szerepet töltenek be, és eltérő kölcsönhatásban vannak a környező szövetekkel. Az oxigén a choroidea és a retina keringéséből származó diffúzió révén jut az üvegtestbe. Ennek nagy részét a hialociták elfogyasztják, korlátozva, ezáltal a lencsét és az elülső szegmenst elérő oxigén mennyiségét.

1.2. Az üvegtest anatómiája

Az üvegtest felnőtt korban két fő topográfiai területre oszlik: a központi részre, melyet üvegtesti gélnak nevezünk, valamint a perifériás üvegtesti kéregállományra. Az üvegtestet az üvegtesti határhártya veszi körbe. A hátsó üvegtesti határhártya a retinához és a corpus ciliarehoz tapad, míg az EH a lencsefüggesztő rostokkal és a szemlencse hátsó tokjával van kapcsolatban. A kortikális üvegtest elülső része az ún. üvegtesti bázis, ahol a kollagén rostok különösen sűrűn állnak, és az üvegtest olyan szilárdan tapad az elülső retinához, hogy szövetroncsolás nélkül nem lehet leválasztani. Az Emil Bergerről elnevezett Berger-tér (BS) a lencse hátsó felszíne és az EH közötti, sok esetben csupán virtuális tér, amit a ligamentum hyaloideocapsulare, szerzői nevén Wieger-szalag határol. A Wieger-szalag a lencse peremétől 1 mm-re egy 8-9 mm átmérőjű gyűrűt alkot, és az üvegtestet a hátsó lencsetokhoz rögzíti. Az üvegtest a fibronektin és laminin adhéziós molekulákon keresztül tapad a retina felszínéhez, a membrana limitans internához. Ez a kapcsolat-, az üvegtesti bázis mellett- különösen erős a retina erei mentén, a papilla szélén, a macula területében és a hátsó lencsetokon. A hátsó üvegtest része a bursa praemacularis, mely az üvegtest és a macula kapcsolódását jelöli (16).

1.3. A vitreolenticularis határfelszín klinikai jelentősége

A vitreolenticularis határfelszín és az elülső üvegtest veleszületett patológiás elváltozásai; az arteria hyaloidea persistens, a primer hiperplastikus perzisztáló üvegtest, valamint a cataracta congenita egyes formái, - a Mittendorf pont, a lenticonus posterior, és a cataracta polaris posterior- különböző mértékben érintik magát a lencsetokot, és nehezítik meg a cataracta műtét és/vagy a pars plana vitrectomia elvégzését. Morsman 1929-ben összefoglalta a retrolentális tér biomikroszkópos jellemzőit, hangsúlyozva klinikai jelentőségét az elülső és hátsó szegmens gyulladásában. Más szerzők

proliferatív diabeteses retinopathia esetén vérlerakódásokról számoltak be a hátsó tokon, kiemelve a BS egy másik klinikai jelentőségét. Az intracapsuláris szürkehályog műtét korszakában döntő kérdés volt, hogy a sebész hogyan tudja finoman szétszedni a zonuláris rostokat és a Wieger-szalagot, és üvegtest veszteség nélkül eltávolítani a lencsét. Amikor az extracapsuláris szürkehályog extrakció (ECCE) általános gyakorlattá vált, fordult a kocka, a lencsetok és az EH megőrzése vált az egyik fő céllá. Az ECCE egyes speciális eseteiben azonban külön foglalkozni kellett a BS-el. A lencse hátsó tokjának membránózus elváltozása esetén Weidle pontoszerűen megnyitotta a hátsó tokot, a retrolentális teret nátrium-hialuronáttal töltötte fel, ami kiszélesítette a BS-t, és megkönnyítette a hátsó capsulorhexis elvégzését.

Köztudott, hogy a phacoemulsificatio alapjaiban megváltoztatja a lencse állapotát, és a műtét az egész szem integritását érinti. A vitreolenticularis határfelszín és az EH viselkedését phacoemulsificatio során Tassignon és Dhubhghaill írta le először 2016-ban valós idejű intraoperatív optikai koherencia tomográfiát (iOCT) használva. Más szerzők elülső szegmens optikai koherencia tomográfiát (AS-OCT) alkalmaztak a hátsó tok és EH változásainak megjelenítésére. Bebizonyosodott, hogy phacoemulsifikációt követően a BS a legtöbb esetben megnagyobbodik a műtét után, vagy a preoperatíván rögzített EH bizonyos esetekben leválik a hátsó tokról. Beigazolódott, hogy a beteg életkora, a szem tengelyhossza, a lencse anyagok jelenléte a BS-ben (LM-BS), a zonuláris rostok gyengesége és a szaruhártya görbülete befolyásolja az EH viselkedését. A phacoemulsificatio egyes sebészi paramétereit, mint például a teljes műtéti idő, a kumulatív disszipált energia (CDE), az ultrahangos idő, az átlagos longitudinális teljesítmény, a teljes aspirációs idő, a folyadék felhasználás, az infúziós nyomás, az aspirációs áramlási sebesség, a palackmagasság, és a vákuum befolyásolják a BS kialakulását. A fent felsoroltakon kívül munkánk során vizsgáltuk a

magkeménység fokát, a hidrodisszekciók számát, és a capsulorhexis méretét, mely paraméterekről szintén feltételezhető volt, hogy befolyásolják a BS kialakulását. Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy az LM-BS és egyes anatómiai jellegzetességek korrelációt mutatnak, valamint az LM-BS és a phacoemulsificatio egyes sebészi paramétereinek között összefüggés lehet. Az LM-BS kérdéskörét mi magunk is kiterjedten elemeztük vizsgálataink során. A phacoemulsificatio fejlődési ívét tanulmányozva megállapíthatjuk, hogy az egyik sarkalatos pont talán éppen az, hogy legyen a műtét minél atraumatikusabb, és kímélje meg minél jobban többek között a vitreolenticularis határfelszínét.

1.4. Az AS-OCT jelentősége a vitreolenticularis határfelszín vizsgálatában

Az AS-OCT a könnyfilm, a szaruhártya, a kötőhártya, a sclera, az egyenes izmok, az elülső csarnok, csarnokzug és a lencse megjelenítését és értékelését segíti. Az elmúlt két évtizedben az OCT technológia gyors fejlődése ment végbe, a time-domain OCT-ről a Fourier-domain OCT, majd a swept-source AS-OCT (SS-AS-OCT) eszközökre való átállással. Az általunk használt Anterion (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) 1300 nm hullámhosszú fényforrást használó SS-AS-OCT, másodpercenként 50 000 A-scant készít.

Az Anterion jól ábrázolja a szaruhártyát, az elülső csarnokot, a csarnokzugot, az íriszt és a lencsét, azonban a retrolentális tér láthatósága phakiás szemekben igen korlátozott, így a BS észlelhetősége is csupán esetleges, véletlenszerű. Rájöttük, hogy az EH leválást biztonságosan csak manuális üzemmódban láthatjuk, így mély és tiszta képeket lehet készíteni a vitreolenticularis határfelszínről. Megállapítottuk, hogy az Anterion automata

üzemmódja viszont posztoperatíván jól használható az EH ábrázolására, és az EH műlencse hátsó felszínétől való távolságának mérésére.

2. Célkitűzések

1. SS-AS-OCT segítségével olyan rutinszerű eljárás kidolgozása, amely az elülső határhártya nem csupán véletlenszerű észlelésére támaszkodik, amellyel megbízhatóan ábrázolhatjuk preoperatíván EHL-t.
2. Eseménytelen phacoemulsificatiót követően nagy betegcsoporton, prospektíven 1 éven át követni az EHL változását.
3. Az EH posztoperatív helyzetének elemzése műtéti paraméterek tükrében a korai, és a késői posztoperatív szakban.
4. A preoperatív állapotok és műtéti paraméterek vizsgálata, melyek összefüggésben lehetnek phacoemulsificatiót követően a Berger-térben megjelenő lencseanyagokkal.

3. Betegek és módszerek

3.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificatiót követően 1 éven át SS-AS-OCT segítségével.

102 beteg 102 szemén végeztünk prospektív vizsgálatokat preoperatív, majd a műtétet követő 1 napos, 1 hetes, 1 hónapos, 3 hónapos, 6 hónapos és 1 éves kontroll alkalmával. A rutin szemészeti vizsgálat mellett a műtét előtt és minden kontrollon SS-AS-OCT vizsgálat is készült pupillatágításban. Preoperatív, a saját lencsés szemeken az Anterior Metrics Appját és Imaging Appját használva készítettünk OCT képeket a vitreolenticularis határfelszínről. Posztoperatív, a műlencsés szemeken a Metrics App automata üzemmódját használtuk, a mért távolságokat mikronban adtuk meg az összes kontroll alkalmával. A műlencse mögött, az írisz által nem árnyékolt területen az EH jól látható és alkalmas volt mérésekre. A mérésekhez a 90-270 fokos függőleges és a 0-180 fokos vízszintes metszeteket használtuk. Minden metszeten három ponton mértük a távolságot a hátsó tok és az EH között. A mérésekhez két biztosan látható pontot választottunk a műlencse mindkét oldalán: 1 mm-re középen az optikai szélétől, illetve megmértük a leválás szélességét a legmélyebb ponton is. A SS-AS-OCT képeken a hátsó tok hiperreflektív, a műlencse alakját követő folyamatos vonalként jelent meg, míg az EH vékonyabb, a hátsó toknál kevésbé reflektív, kissé szabálytalan vonal volt.

3.2. A phacoemulsificatio műtéti paramétereinek hatása a vitreolenticularis kompartment állapotára.

82 beteg 82 szemét vontuk be vizsgálatainkba. Preoperatív, a Lens Opacity Classification System III (LOCSIII) 1–6. fokozatú skáláját alapul véve osztályoztuk a szürkehályog súlyosságát. Eseménytelen, standard phacoemulsificatiót követően a következő intraoperatív adatokat rögzítettük: a capsulorhexis mérete (0,5 mm-es pontossággal), a hidrodisszekciók száma, CDE, ultrahang idő, teljes műtéti idő, LM-BS (igen vagy nem) és folyadék felhasználás (20 ml-es pontossággal). A zonulák

gyengeségét szemi-kvantitatív, 1-től 4-ig terjedő skálán pontoztuk. Preoperatív, valamint posztoperatív a műtétet követő 1 napos, 1 hetes, 1 hónapos, 3 hónapos, 6 hónapos és 1 éves kontroll alkalmával elvégeztük az előző alfejezetben leírt vizsgálatokat, pontos képet nyerve ezáltal az EH állapotáról.

Minden vizsgálatot a Helsink Deklarációnak megfelelően a helyi Kutatás Etikai Bizottság jóváhagyásával végeztünk, a betegek tájékozott beleegyezésével.

4. Statisztikai analízis

A mennyiségi változók esetében az érvényes N, átlag, szórás, minimum, 25. percentilis, medián, 75. percentilis és maximum értékeket adtuk meg, míg a kvalitatív változóknál az esetszámot és a százalékokat használtuk. A kvalitatív változókhoz Fisher-tesztet vagy Pearson-khi-négyzet tesztet használtunk. A megfelelő statisztikai teszt kiválasztásához Shapiro–Wilk teszttel ellenőriztük a változók normalitását és Levene teszttel a hibavarianciák egyenlőségét. A Mann–Whitney U-tesztet alkalmaztuk az egyes csoportok közötti különbségek tesztelésére, amikor a Shapiro–Wilk teszt szignifikáns ($p < 0,05$) és a független t-teszt (két csoport összehasonlítása) vagy az egyirányú ANOVA Bonferroni post-hoc-val. tesztet (három csoportos összehasonlítás) olyan változók esetében végeztük, ahol a Shapiro Wilk teszt nem mutatott ki szignifikáns eltérést a normál eloszlástól. Az egyes csoportok közötti időbeli különbségek tesztelésére Friedman tesztet végeztünk azon változók esetében, ahol a Shapiro–Wilk teszt szignifikáns eltéréseket mutatott a normál eloszlástól, a Levene teszt pedig elvetette azt a nullhipotézist, hogy a változó hibavarianciája egyenlő a vizsgált csoportokban. A csoportok összehasonlítására Spearman-féle korrelációs elemzést végeztünk. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ értékre állítottuk be. A műtéti paraméterek adatainak feldolgozása során lineáris-lineáris asszociációt is vizsgáltunk az ordinális minőségi változók esetében. A bináris regressziót teszteltük az LM-BS-re, mielőtt a backward Wald-jellemzőket alkalmaztuk; ezután Hosmer–Lemeshow tesztet végeztünk. Valamennyi statisztikai tesztet az IBM SPSS 25-ös verziójának használatával végeztük.

5. Eredmények

5.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificációt követően 1 éven át SS-AS-OCT segítségével.

A vizsgálatsorozatban a vizsgált szemeket két csoportra osztottuk. Az 1. csoportba azok a szemek kerültek, ahol műtét előtt levált határhártyát láttunk (N=19), a 2. csoportba pedig azok, amelyeknél nem volt látható elülső üvegtesti határhártya leválás (N=83). A 2. csoportot a posztoperatív kimeneteltől függően két alcsoportra osztottuk: A 2A csoportba (N=50) azok a szemek kerültek, amelyekben a BS a posztoperatív időszakban legalább egy kontrollon látható volt. A 2B csoportba a 2. csoport azon szemeit osztottuk, amelyek esetében egy év alatt egyszer sem láttunk BS-t az AS-OCT-n (N=33). Az EH preoperatíván 19 esetben volt detektálható az manuális üzemmódban, ezzel szemben az automata üzemmód képein mindössze 8 esetben észleltünk EHL-t, ugyanazon szemeket megvizsgálva. Ez alapján kijelenthetjük, hogy az esetek több mint felében téves következtetésre jutottunk volna az általunk bevezetett vizsgálati módszer nélkül.

A csoportok és a nemek eloszlása között nem volt statisztikailag szignifikáns korreláció. Az átlagéletkor tekintetében viszont páronkénti összehasonlítás során az 1 és 2B (Bonferroni korrigált $p=0,01$), valamint a 2A és 2B (Bonferroni korrigált $p=0,001$) közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt. Azokban a csoportokban tehát, ahol preoperatíván (1. csoport), vagy posztoperatíván (2A csoport) ábrázolódt az EH, az átlag életkor magasabb volt. Az 1. csoportban az átlagos tengelyhossz $22,98\pm 0,77$ mm, míg a 2. csoportban $24,38\pm 2,22$ mm volt. A két csoport közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt (független t-próba; $t=-4,629$; $p<0,001$). A 2A csoportban az átlagos tengelyhossz $23,79\pm 1,67$ mm, míg a 2B csoportban $25,26\pm 2,66$ mm volt. Statisztikailag szignifikáns különbség volt megfigyelhető a három csoport között (ANOVA, $F: 9,670$, $p<0,001$). A páronkénti összehasonlítás során az 1 és 2B (Bonferroni korrigált $p<0,001$), valamint a 2A és 2B csoportok (Bonferroni korrigált $p=0,003$) közötti különbség szintén statisztikailag szignifikáns

volt. Azokban a csoportokban tehát, ahol ábrázolódott az EH, az átlagos tengelyhossz kisebb volt. A preoperatív mért elülső csarnok mélység, és lencsevastagság tekintetében a csoportok között nem volt szignifikáns különbség.

A vízszintes meridiánban a BS legmélyebb pontja az 1. posztop. napon átlagosan $782,5 \pm 324,1$ μm volt az 1, és $184,1 \pm 220,1$ μm a 2A csoportban. A különbség a két csoport között valamennyi kontroll időpontban statisztikailag szignifikáns volt ($p=0,001$). A legmélyebb pont leggyakrabban nasalis elhelyezkedésű volt az 1, és centrális a 2A csoportban. Az időbeli progressziót az 1. csoporton belül vizsgálva az első napi kontroll statisztikailag szignifikánsan különbözött minden későbbi kontrolltól ($p=0,031$). A 2A csoportban ezzel szemben nem volt statisztikailag szignifikáns változás a BS mélységében 1 év alatt a különböző kontroll időpontokban. A függőleges meridiánban a BS legmélyebb pontja az 1. posztop. napon átlagosan $711,3 \pm 332,5$ μm volt az 1, és $231,7 \pm 310,4$ μm a 2A csoportban. A két csoport között minden időpontban szignifikáns különbség volt (Mann–Whitney teszt, Bonferroni korrigált $p < 0,008$). A legmélyebb pont leggyakrabban az alsó régióban volt megtalálható az 1, és centrálisan a 2A csoportban. Az 1 éves követés alatt egy-egy csoporton belül nem láttunk statisztikailag szignifikáns változást a BS mélységében a két csoport egyikében sem. A nasalis, temporalis, alsó vagy felső területeken vizsgálva a BS átlagos értékeit az 1. csoportban a Friedman-teszt nem mutatott statisztikailag szignifikáns változást az 1 éves követési időszak alatt az 1. posztoperatív naphoz képest. A 2A csoportban szignifikáns változás volt a kiindulási értékhez képest a nasalis és temporalis régiókban ($p=0,002$ és $p=0,008$), míg az alsó és felső régióban nem volt szignifikáns a változás.

5.2. A phacoemulsificatio műtéti paramétereinek hatása a vitreolenticularis határfelszín állapotára.

Az eseménytelen phacoemulsificatio során végzett intraoperatív adatgyűjtés több esetben igazolt szignifikáns összefüggést egyes phacoemulsificatio paraméterek és preoperatív állapotok, valamint az EHL között. A posztoperatív 1. napos kontrollon szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető az EHL és a növekvő fokú zonula gyengeség között ($p=0,023$). A CDE szignifikánsan magasabb volt a posztop. EHL csoportban (t-teszt: $p=0,005$). Az 1 hónapos kontrollon szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető az EHL és a nagyfokú magkeménység között ($p=0,011$), illetve az intraoperatív zonula lazaság fokozódásával ($p=0,001$). A CDE (t-teszt: $p=0,001$) és a magasabb folyadékfogyasztás (t-teszt: $p=0,012$) szignifikánsan magasabb volt az 1 hónapos posztop. EHL csoportban. Szignifikáns korrelációt figyeltünk meg az 1 hónapos EHL jelenlét és az intraoperatív LM-BS között ($p=0,026$). A 3 hónapos kontrollon szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető az EHL és a nagyfokú magkeménység között ($p=0,014$), valamint az EHL és zonula gyengeség növekedése között ($p=0,004$). Összefüggést láttunk az EHL és a magasabb CDE (t-teszt: $0,001$), a hosszú teljes műtéti idő (t-teszt: $0,028$), és a magas folyadék felhasználás (t-teszt: $0,021$) között. Az 1 éves kontrollon szignifikáns lineáris trendet figyeltünk meg az EHL és a nagyfokú magkeménység ($p=0,015$), valamint a fokozódó zonula gyengeség között ($p=0,024$). A magasabb CDE (t-teszt: $0,002$) és a magas folyadék felhasználás (t-teszt: $0,014$) szintén korrelált az 1 éves EHL-al.

Intraoperatív LM-BS-t 12 szemben találtunk (14,6%). A vizsgált sebészeti paraméterek közül a zonula gyengeség és a folyadékhasználat statisztikailag szignifikáns korrelációt mutatott az LM-BS-sel, multiplex regressziót alkalmazva. A zonula gyengeség szignifikánsan korrelált az LM-BS státuszával, azaz minél lazábbak voltak a zonuláris rostok, annál valószínűbb volt az LM-BS előfordulása (odds ratio: $0,085$ (95%-os konfidencia intervallum: $0,017-0,420$; $p=0,002$)). A folyadékfogyasztás szignifikánsan magasabb volt az LM-BS jelenlétében (odds ratio: $1,049$ (95%-os

konfidencia intervallum: 1,003-1,096; $p=0,037$). A nagyfokú magkeménység, a CDE, a teljes műtéti idő, a capsulorhexis mérete, a hydrodissectiók száma és az ultrahang idő viszont nem mutatott szignifikáns összefüggést az LM-BS intraoperatív jelenlétével.

6. Megbeszélés

6.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificatiót követően 1 éven át SS-AS-OCT segítségével.

A vitreolenticularis határfelszín AS-OCT-n való megítélhetőségét befolyásoló tényezők a következők: az AS-OCT felvétel készítésének körülményei, a pupilla tágassága, az életkor, és a bulbushossz. Különböző szerzők preoperatív 0,9-8,2%-ban találtak ábrázolható BS-t, míg saját vizsgálatunkban ez az arány 18,6% volt. Ennek oka a képalkotási módszer optimalizálásában keresendő. Az Anterion automata üzemmódját kikapcsolva, manuális üzemmódban mi végeztünk először a világon phacoemulsificatióra váró saját lencsés szemeken vizsgálatot, és tudtuk rutinszerűen, nagy biztonsággal megjeleníteni a retrolentáris teret. Mivel a betegek átlagéletkora az egyes közleményekben hasonló volt, ez az új vizsgálati módszer, valamint az általunk minden esetben kitágított pupilla magyarázza megítélésünk szerint azt a tényt, hogy a többi szerzőnél magasabb arányban tudtuk kimutatni preoperatív a BS-t. Míg Mori és mtsai. vizsgálatában az idősebb életkorra jellemzőbb volt az ábrázolható BS, saját tanulmányunkban nem találtunk statisztikailag szignifikáns különbséget a preoperatív kimutatható BS-sel rendelkező betegek (1. csoport), és a preoperatív nem ábrázolható BS-sel bíró betegek (2. csoport) átlagéletkorában. Saját vizsgálatunk ugyanakkor rámutattak, hogy eseménytelen phacoemulsificatio után idősebb életkorban nagyobb valószínűséggel következik be EHL. Jelen ismereteink szerint a bulbushossz szerepe az EH

állapotát illetően ellentmondásos. Mori és mtsai. egyenes arányosságot találtak a szemgolyó hossza és az EHL között. Ezzel szemben az általunk tapasztaltak arra engednek következtetni, hogy a hosszú bulbus nem prediszponál EHL-ra, sőt, preoperatíván minél hosszabb volt egy szem, annál valószínűbb volt az EH tapadása ($p < 0,001$). Ez a kérdés további vizsgálódást igényel.

A BS posztoperatív állapotát, ill. az esetleges EHL kialakulását különböző szerzők ez idáig legfeljebb 1 hónapos követési idő alatt vizsgálták. Mi 1 éven át követtük a vitreolenticularis határfelszín változását eseménytelen phacoemulsificatiót követően. Az 1 év alatt gyűjtött képeken feltűnő különbség rajzolódott ki a két vizsgálati csoport elülső határfelszín anatómiájában. A preoperatív látható BS-sel rendelkező csoport, azaz az 1. csoport legmélyebb pontjának mélysége 650-750 μm körül alakult minden kontrollon, míg a 2A csoportban, ahol a határhártya leválást csak posztoperatíván detektáltunk, az EH csupán 140-180 μm -ra távolodott el a hátsó toktól. Ez a különbség minden időpontban statisztikailag szignifikáns volt, akár csak minden periférián mért pont esetében is. Az 1. csoportban a legnagyobb távolság a nasalis régió területére esett a legtöbb esetben, mely az 1. hónaptól a 3. hónapig csökkenő tendenciát, majd a 3. hónaptól a hátsó toktól való távolodó tendenciát mutatott az 1 éves kontrollig. Ezen felül az első napi kiindulási értékek minden esetben szignifikánsan magasabbak voltak az év során regisztrált összes kontrollhoz képest. A 2A csoport vízszintes irányú OCT felvételin a legmélyebb pontot a centrális régióban mértük. Megfigyelésünk szerint az első napi átlagtávolság fokozatosan csökkent az egyhavi kontrollra, majd újra eltávolodott fokozatosan az egy év alatt. Itt azonban szignifikáns változás a határhártya mozgásában nem mutatható ki, leginkább egy trendet figyelhetünk meg. A 2A csoport függőleges irányú OCT felvételi a vízszintes keresztmetszeti felvételekhez hasonló lefutású változást mutattak.

A fent részletezett AS-OCT képeken látott és mért adatokból a betegek 1 éves követése során jellegzetes vitreolenticularis határfelszín dinamika rajzolódik ki. Ez a folyamat azonban kissé különbözik a két csoportban. Ennek legfőbb oka, hogy a preoperatív levált EH (1. csoport) műtét után már nem tud visszarendeződni a hátsó tok közvetlen közelébe. Joggal feltételezhetjük tehát, hogy a jelenség a Wieger-szalag tapadásának vagy leválásának függvénye. A Wieger ligamentumot, erre tett ismételt kísérletünk ellenére sem tudtuk AS-OCT-n ábrázolni, finom szerkezete és az írisz által árnyékolt, perifériás elhelyezkedése miatt. Ezért a szalag helyzetére indirekt módon következtettünk a prehyaloideális tér alakjából. Az 1. csoportban a legmélyebb pont tipikus helye a vízszintes metszeten a nasalis, a függőlegesen az alsó régió volt. A preoperatív képeken a lencse mögött elsősorban a centrális részben láthattuk az EH-t, mivel a nagy átmérőjű cataractás lencse akadályozta a pontos perifériás képalkotást. Így nem tudjuk, hogy preoperatív az EH nasalis és alsó része levált-e vagy sem. Az 1. csoport eseteinek azonos lefutása azt sugallja, hogy a szürkehályog műtét során helyrehozhatatlan károk keletkeznek a korábban már amúgy is meggyengült ligamentumban. A legmélyebb pont helye mutatja feltételezhetően a folyadék elfolyás irányát a lencse mögötti térben. Ezt a feltételezést támasztja alá a 2A csoportban lezajlott folyamat is. Ebben az esetben preoperatív EHL nem volt látható. A posztoperatív esetek legnagyobb részében egy kis megnyílt BS-t láttunk, és az EH hátsó toktól mért távolsága háromszor kisebb volt az 1 csoportban mért értékeknél, illetve a 2B csoport esetében a BS virtuális maradt. Megállapíthatjuk tehát, hogy amennyiben preoperatív a perifériás, nem látható tartószerkezetek épek, a műtét okozta átrendeződés kisebb mértékű lesz. Joggal feltételezhetjük, hogy a relatíve nagyméretű eltávolított lencse mögött hagyott „űr” az első posztoperatív napon nem veszi fel a végleges állapotát a relatíve vékony műlencse mögött, sőt mélysége még az első hónapra sem lesz definitív. Az 1. és 2A csoportok esetén a korai posztoperatív időszakban egy

reziduális folyadékmennyiség valószínűsíthető a lencsetok és az EH között, azaz a prehyaloideális térben, ami a késő posztoperatív időszakra kiáramlik a térből. Természetesen ezt az elméletet kórszövettani elemzéssel is alá kell támasztani.

6.2. A phacoemulsificatio műtéti paramétereinek hatása a vitreolenticularis kompartment állapotára.

2016-ban Tassignon és Ghubhghaill iOCT-vel jelenítette meg phacoemulsificatio közben az EH-t. Azt feltételezték, hogy a BS egy valós anatómiai tér, melynek élettani szerepe van és ezt védeni kell. Scarfone és mtsai. bebizonyították, hogy a phacoemulsificatio során alkalmazott magas infúziós nyomás károsan hat az EH-ra, ami az egyes phacoemulsificatorok által nyújtott ún. „active fluidics” alkalmazásával megelőzhető. Ezek a példák is mutatják, hogy érdemes a lehető legszélesebb körben megvizsgálni, hogy mely phacoemulsificatio paraméterek hajlamosak az EHL előidézésére. A vizsgálataink során nyert tapasztalatok részben megegyeznek az ide vonatkozó szakirodalommal, miszerint a zonula lazaság, az átlagosnál nagyobb ultrahanghasználat, a nagynyomású infúzió, és a magasabb CDE hajlamosít EHL-ra. A korábbi összehasonlítások nem találtak szignifikáns összefüggést az EHL, valamint a fokozott magkeménység és a nagy mennyiségű folyadékfogyasztás között; mi azonban azt találtuk, hogy mindkét paraméter szignifikánsan korrelált az EHL-al a kontrollok többségén. Azt találtuk, hogy az intraoperatív kockázati tényezőkhöz kapcsolódó EH leválás nem változott az 1 éves követési idő alatt.

Jelenlegi ismereteink szerint továbbra sem teljesen tisztázott, mennyire fontos, hogy a phacoemulsificatio során lehetőség szerint őrizzük meg a vitreolenticularis határfelület integritását. Egyetértünk Tassignon elméletével, miszerint a 8-9 mm-es gyűrű alakú Wieger-szalagban összegyűlő folyadék szinoviumként működhet, elősegítve a lencse alkalmazkodását. A tapadó EH szerepet játszhat a posztoperatív

refrakció gyorsabb stabilizálódásában is. A vitreolenticularis határfelszín egységének megbontása segíti a különböző mikrobák és gyulladásos mediátorok zonulán keresztül történő diffúzióját a BS-be, következésképpen növelve a vitritis, makulaödéma és endophthalmitis kockázatát. Különböző források szerint 2,0-25,0%-ban tenyészthető ki baktérium az elülső csarnokból phacoemulsificatio után, bár a perioperatív aszepszis és antiszepszis alapvető szabályait szigorúan betartották. Ezért is fontosnak tartjuk, hogy pontosan ismerjük azokat a műtéti paramétereket, amelyek befolyásolják a vitreolenticularis határfelszín állapotát. Ez a tudás megkönnyíti olyan műtéti technika alkalmazását, amely lehetőség szerint megőrzi a vitreolenticularis határfelszín integritását.

Az LM-BS a szakirodalom szerint az az állapot, amikor a lencse anyagának lemorzsolódását különböző módszerekkel vizualizálni tudjuk szürkehályog műtét során a BS-ben. Ez történhet iOCT-vel, ill. az LM-BS operáló mikroszkóppal is könnyen észlelhető, mivel jellegzetes képe van. Az LM-BS ezen túl posztoperatív is kimutatható AS-OCT segítségével. Saját észleléseink megegyeznek Anisimova és mtsai., valamint Lin és mtsai. eredményeivel, miszerint a phacoemulsificatio zonuláris dehiszcenciát, EHL-t és Wieger-szalag sérülést idézhet elő, ami a lencseanyag BS-be jutását eredményezheti. Vizsgálataink során korábban nem ismert kockázati tényezőket találtunk az LM-BS szempontjából. Az LM-BS csoportjában szignifikáns korrelációt figyeltünk meg a zonula lazaság fokozódásával. A folyadékhasználat is szignifikánsan magasabb volt az LM-BS csoportban. Úgy gondoljuk, hogy ha intraoperatív LM-BS-t észlelünk, az nagy valószínűséggel a vitreolenticularis anatómia integritásának meghiúsulását jelzi. Emiatt ilyen esetekben érdemes lehet tokfeszítő gyűrűt beültetni. Ily módon a lencsetokot stabilizálni lehet; és a posztoperatív refrakció elméletileg gyorsabban fog stabilizálódni. E feltételezést természetesen további vizsgálatokkal kell alátámasztani.

7. Az új eredmények összefoglalása és klinikai jelentőségük

7.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificatiót követően 1 éven át SS-AS-OCT segítségével.

Az Anterior automata üzemmódjának kikapcsolásával, manuális üzemmódban sikerült egy új, rutinszerűen alkalmazható swept source elülső szegmens OCT eljárást kidolgozni, mellyel a korábbinál pontosabban lehetett meghatározni saját lencsés szemén preoperatív az EH leválást vagy tapadást. Elsőként a szakmában, eseménytelen phacoemulsificatio után nagy betegcsoporton, prospektíve 1 éven át követtük a Berger-tér és az elülső üvegtesti határhártya változását a posztoperatív szakban. Valamennyi posztoperatív kontroll alkalmával szignifikáns különbséget találtunk a Berger-tér mélységében a preoperatív már elülső üvegtesti határhártya leválást mutató betegcsoport, és a között a betegcsoport között, ahol az elülső üvegtesti határhártya leválás csak a phacoemulsificatiót követően alakult ki.

7.2. A phacoemulsificatio műtéti paramétereinek hatása a vitreolenticularis határfelszín állapotára.

Bebizonyítottuk, hogy phacoemulsificatiót követően az elülső üvegtesti határhártya tapadása és leválása nagyban függ bizonyos preoperatív anatómiai tényezőktől, a beteg életkorától, illetve a szürkehályog műtét során használt műtéti paraméterektől. Beigazoltuk, hogy más műtéti paraméterek mellett a magkeménység és a folyadék felhasználás is szignifikánsan korrelál a posztoperatív elülső üvegtesti határhártya leválással mind a korai, mind a késői posztoperatív szakban. Elsőként írtuk le, hogy laza zonula és nagyobb intraoperatív folyadékfelhasználás esetén szignifikánsan nagyobb eséllyel találunk intraoperatív lencseanyagot a Berger-térben.

Megfigyeléseinkre alapozva tudatosabban választhatjuk meg a phacoemulsificatio műtéti paramétereit, finomíthatjuk műtéti technikánkat. Eredményeinkre

támaszkodva követhetjük a vitreolenticularis egység posztoperatív állapotát, és ez jó alapot adhat nekünk további funkcionális vizsgálatok kivitelezésére.



Nyilvántartási szám: DEENK/333/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Elekes Ágnes
Doktori Iskola: Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10084963

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

1. **Elekes, Á.**, Németh, G., Lauter, D., Edelmayer, M., Rupnik, Z., Vámosi, P.: Examination of the Vitreolenticular Interface in Relation to Uneventful Phacoemulsification over One-Year Postoperative Period.
J Clin Med. 13 (11), 1-12, 2024.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm13113219>
IF: 3 (2023)
2. **Elekes, Á.**, Vámosi, P.: Examination of Vitreolenticular Interface in Relation to Different Phacoemulsification Parameters in Early and Late Postoperative Period.
J Clin Med. 13 (16), 1-8, 2024.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm13164855>
IF: 3 (2023)

További közlemények

3. **Elekes, Á.**, Vámosi, P.: Az intracamerális cefuroxim toxicitásáról.
Orv. hetil. 166 (8), 301-306, 2025.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/650.2025.33245>
IF: 0.8 (2023)
4. **Elekes, Á.**, Vámosi, P.: Ismereteink az elülső üvegtesti határhártyáról, Berger-térről, vitreolenticularis határfelületről: (Pontszerző továbbképző közlemény tesztkérdésekkel).
Szemész. 162 (1), 2-13, 2025.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2025.162.1.2>
5. Vámosi, P., **Elekes, Á.**, Németh, G.: Műlencsetervezés nagyfokú myopiás szemén: (Pontszerző referáló közlemény, tesztkérdésekkel).
Szemész. 161 (1), 18-27, 2024.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2024.161.1.18>





6. Németh, G., Revák, Á., Vámosi, P., **Elekes, Á.**, Módis, L., Sohajda, Z.: The variation in axial length in office hours causes a diopter change in the intraocular lens power calculation.
Eur. J. Ophthalmol. [Epub ahead of print], 2024.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/11206721241304154>
IF: 1.4 (2023)
7. Vámosi, P., **Elekes, Á.**, Vogt, G., Filkorn, T., Tsorbatzoglou, A., Perényi, K., Tóth, É., Bátor, G., Németh, G.: Első hazai eredmények az AcrySof Vivity IQ EDoF műlencsével.
Szemész. 160 (3), 115-121, 2023.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2023.160.3.115>
8. **Elekes, Á.**, Rupnik, Z., Vámosi, P.: A hydrops corneae és modern sebészi kezelése egy eset kapcsán.
Szemész. 159 (4), 168-173, 2022.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2022.159.4.168>
9. **Elekes, Á.**, Vámosi, P.: A vena cava superior szindrómához társuló kétoldali zárt zugú glaucoma.
Orv. hetil. 163 (49), 1967-1971, 2022.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/650.2022.32668>
IF: 0.6
10. Rupnik, Z., **Elekes, Á.**, Vámosi, P.: Clinical experience with an anti-dysphotopic intraocular lens.
Saudi J Ophthalmol. 36 (2), 183-188, 2022.
DOI: http://dx.doi.org/10.4103/sjopt.sjopt_191_21
IF: 0.4

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 9,2

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 6

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.05.27.



5. Köszönetnyilvánítás

Elsősorban köszönettel tartozom témavezetőmnek, Vámosi Péternek, aki évek óta támogatja kutatásaimat, lehetővé tette számomra a szemészeti szakmai ismeretek elsajátítását, és felkeltette az érdeklődésemet a lencse- és vitreoretinális betegségek iránt.

Szeretném kifejezni szívből jövő hálámat édesanyámnak, édesapámnak és szeretett férjemnek a rendíthetetlen hit, állandó biztatás és végtelen lelki, szellemi és anyagi támogatásért.