

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Dr. Elekes Ágnes

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

DEBRECENI EGYETEM

KLINIKAI ORVOSTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Debrecen, 2025.

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

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

Tartalomjegyzék

Rövidítések és mozaikszavak jegyzéke	1
1. Bevezetés	3
1.1. Az üvegtest és a vitreolenticularis határfelszín.....	3
1.1.1. Az üvegtest anatómiája	3
1.1.2. Az üvegtest fejlődéstana	7
1.1.3. A felnőttkori üvegtest biokémiai jellemzői	8
1.1.4. A vitreolenticularis határfelszín és az elülső üvegtest veleszületett patológiái	11
1.2. A phacoemulsificatio technikai fejlődése	14
1.3. Az AS-OCT működési elve és gyakorlati haszna.....	18
2. Célkitűzés	20
3. Betegek és módszerek	21
3.1. Beválogatási és kizárási kritériumok	21
3.2. Műtéti eljárás	22
3.3. Intraoperatív adatgyűjtés.....	22
3.4. Képkalkotás módszere	23
3.5. Statisztikai analízis.....	26
4. Eredmények	27
4.1. Demográfiai eloszlás.....	27
4.2. Legmélyebb pont vízszintes AS-OCT keresztmetszeti képeken	28
4.3. Legmélyebb pont vertikális AS-OCT keresztmetszeti képeken	30
4.4. Nasalis, temporalis, alsó és felső régiók átlagértékei	3
4.5. Intraoperatív adatgyűjtés eredményei	32
5. Megbeszélés	33
5.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificatiót követően	33

5.2. A phacoemulsificatio paramétereinek hatása a vitreolenticularis határfelszínre	39
5.3. Új eredmények	42
6. Összefoglalás.....	43
7. Summary.....	44
8. Tárgyszavak.....	44
9. Irodalomjegyzék.....	45
10. Saját publikációk listája	52
11. Köszönetnyilvánítás	54
12. Függelék. Az értekezést megalapozó közlemények.	55

Rövidítések és mozaikszavak jegyzéke

ACD – elülső csarnok mélység

AL – szentengely hossza

AS-OCT - elülső szegmens optikai koherencia tomográfia

BS - Berger-tér

CDE - kumulatív disszipált energia

CPP - cataracta polaris posterior

ECCE - extracapsuláris cataracta extrakció

EH – elülső üvegtesti határhártya

EHL – elülső üvegtesti határhártya leválás

I/A kézidarab – irrigáló-aspiráló kézidarab

ILM – membrana limitans interna

IOL – intraocularis lencse

iOCT – intraoperatív optikai koherencia tomográfia

HA - HA

HH – hátsó üvegtesti határhártya

HHL – hátsó üvegtesti határhártya leválás

LM-BS – lens material in Berger's space

LOCS grade – Lens Opacities Classification System beosztás

LT – saját lencse vastagsága

OCT – optikai koherencia tomográfia

PCO – posterior capsule opacification

PHPV – primer hiperplastikus perzisztáló üvegtest

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

1. Bevezetés

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

Az anatómiai áttekintés során az elülső üvegtesti felszín szerepének feltárásához előbb az üvegtest egészének szerkezetét ismertetjük.

1.1. Az üvegtest és a vitreolenticuláris határfelszín

1.1.1. Az üvegtest anatómiája

Az üvegtest egy átlátszó géles anyag, amely főként vízből, kollagénből és HAból (HA) áll; a szem térfogatának 80%-át teszi ki, kb. 4.0 ml (1, 2). Fő szerkezeti fehérjéje a kollagén, amely a porchoz hasonló heterotípusú fibrillumokból áll (3-5). A II-es típusú kollagén az üvegtest teljes kollagéntartalmának 75%-át (1, 6), a IX-es típusú kollagén pedig az üvegtesti kollagén 15%-át teszi ki (7); az üvegtest egyik kisebb kollagénje a XVIII. típusú, az endosztatin progenitorja, amely az angiogenezis erős inhibitora (1, 8, 9).

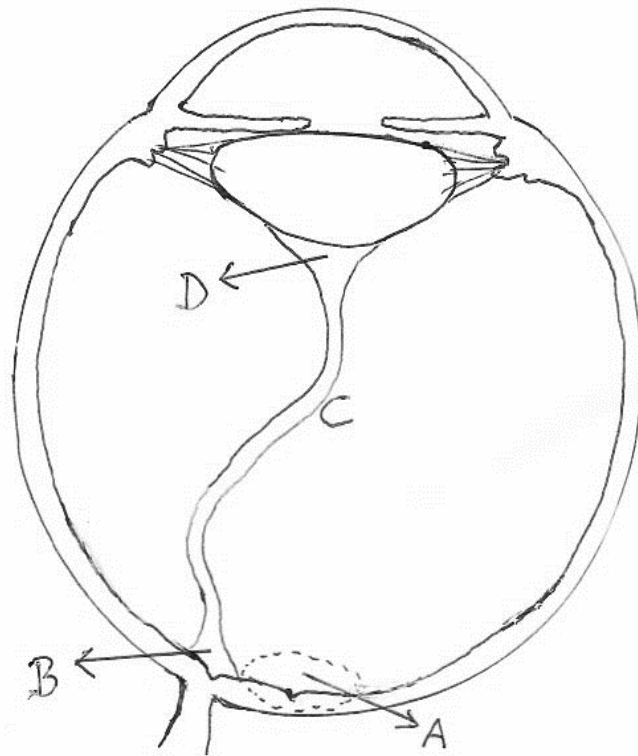
A HA először 1937-ben izolálták szarvasmarha üvegtestből. A HA születés után jelenik meg az üvegtestben, feltételezhetően a hialociták, a sugártest és/vagy a Müller-sejtek szintetizálják (4). A HA, mint hidrofil glikoprotein más glikoprotein tömbökkel, kondroitin-szulfáttal és fibrillumokkal komplexeket képezve az üvegtestben „állvány” szerepét tölti be, biztosítva a szerkezet stabilitását, döntő szerepet játszva az üvegtest molekuláris morfológiájának fenntartásában (10, 11). A HA vonzza az ún. counter ionokat, amelyek hozzájárulnak a távolság kialakításához, továbbá vonzza a vizet, ami dimenziót ad az üvegtestnek, valamint befolyásolhatja a gyógyszerek üvegtesti diffúzióját (12, 13) is.

Az üvegtest két fő topográfiai területre oszlik: a központi részre és a perifériás, azaz kérgi üvegtestre. Az üvegtesti gél hidratált HA molekulákkal elválasztott kollagén szálakból áll, amelyek töltőanyagként és barrierként működnek a szomszédos kollagén szálcsák között. Az üvegtest elülső felületét az elülső kortikális gél képezi, mely a kollagén rostok kondenzációjából áll, amelyek a hátsó lencsetokhoz kapcsolódnak, a Wieger-szalagot alkotva. Az üvegtest elülső

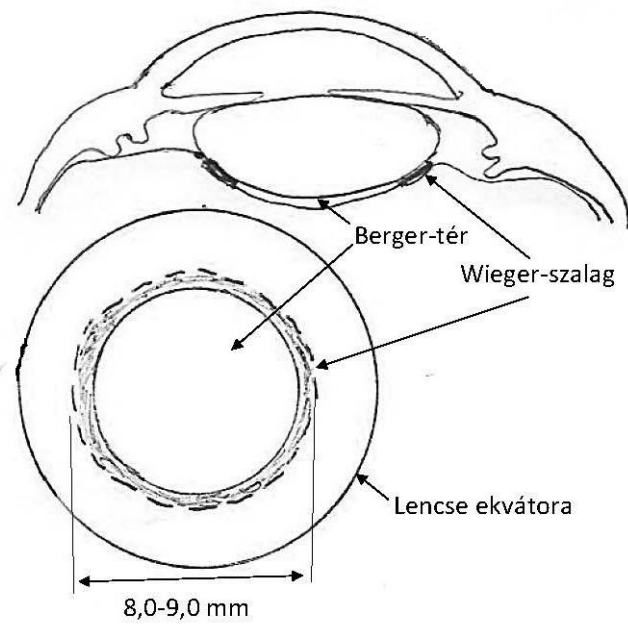
bázisán a kollagén rostok különösen sűrű együttállásúak; szilárdan az elülső retinához és a hátsó pars planához tapadnak, gyűrűszerű területet hozva létre.

Az üvegtestet az üvegtesti határhártya veszi körbe. A határhártya hátsó része a retinához és a corpus ciliarehoz tapad, míg az elülső üvegtesti határhártya (EH) a lencsefüggesztő rostokkal és a szemlencse hátsó tokjával van kapcsolatban. A kortikális üvegtest elülső részét üvegtesti bázisnak nevezzük. A bazális üvegtestben a kollagén rostok különösen sűrűn állnak, és az üvegtest gyűrűszerű területet hozva létre szilárdan tapad az elülső retinához, valamint a corpus ciliare pars planájához. A pars plana és retina határát képező ora serratán túl előre körülbelül 2 mm-rel, hátrafelé pedig 3-4 mm-rel nyúlik túl ez a terület (14). Az üvegtesti bázis olyan erősen tapad a retinán, hogy szövetroncsolás nélkül nem lehet leválasztani, és nem véletlen, hogy ebben a régióban fordul elő a legtöbb nem észrevehető retina szakadás (15). Az üvegtest a fibronektin és laminin adhéziós molekulákon keresztül tapad a retina felszínéhez, a membrana limitans internához (ILM). Ez a kapcsolat-, az üvegtesti bázis mellett- különösen erős a retina erei mentén, a papilla szélén, a macula területében és a hátsó lencsetokon. A kortikális üvegtestben sűrűn tömörült kollagénszálak vannak, melyek a retina belső felületével nagyjából párhuzamos irányban futnak (15). A hátsó üvegtest része a bursa praemacularis, mely az üvegtest és a macula kapcsolódását jelöli (16). Az üvegtest a papilla szélén tapadva tölcser alakot vesz fel, melyet a Cloquet-csatornának, a területet pedig Martegiani-területnek nevezzük (16, 17) (1. ábra). 24-51 éves emberek szemét vizsgálva a bursa praemacularis felső határa nem volt kimutatható a vizsgált szemek túlnyomó többségénél, valamint azt találták, hogy a bursa praemacularis össze van olvadva a Martegiani-terület kiterjesztésével, azaz a Cloquet-csatornával, vagy más néven az Eisner-féle hyaloidális traktussal (16). Az Eisner-féle hyaloidális traktus S-alakú hullámvonalat leírva a hátsó lencsetokhoz fut, ahol az Erggelet-térben végződik (18). Jelen ismereteink szerint úgy tűnik, hogy az üvegtesti rosthálózat kölcsönösen összefüggő ciszternákat és csatornákat is tartalmaz, melyek közül érdemes még megemlíteni a corpus ciliarét és a maculát összekötő ún. ciliobursalis csatornát (17).

Az Emil Bergerről elnevezett Berger-tér (BS) a lencse hátsó felszíne és az EH közötti, definíció szerint ép Wieger-szalaggal határolt, sok esetben csupán virtuális teret jelöli. Wieger, Berger munkatársa azonosította a hyalo-capsularis szalagot (más néven Wieger-szalagot), amely a lencse peremétől 1 mm-re egy 8-9 mm átmérőjű gyűrűt alkot, és az üvegtestet a hátsó lencsetokhoz rögzíti (19) (2. ábra).



1. ábra. Az üvegtest sematikus szerkezete. Saját ábra. A: Bursa praemacularis, B: Martegiani-terület, C: Cloquet-csatorna (az esetek döntő többségében csak virtuális képlet), D: Erggelet-tér.



2. ábra. A Berger-tér sematikus rajza. Saját ábra.

1.1.2. Az üvegtest fejlődéstana

Az üvegtest növekedését és változását az egyedfejlődés során fénymikroszkópos vizsgálattal már régóta tanulmányozzák, és mostanra általánossá vált az egyetértés abban a kérdésben, hogy az üvegtest egy olyan extracelluláris mátrix, ami elsősorban a retinából és a sugártestből eredeztethető (20). Ugyancsak általánosan elfogadott, hogy az üvegtesti gélben fellelhető sejtek részben a felszíni ektodermából lefűződött lencsehólyagból, részben a neuroektodermából, részben pedig a fejlődő látóideg mezodermájából származnak (21). Ezt egészítik ki az üvegtest embrionális korban még meglévő érhálózatán át a csontvelőből érkező monocita-makrofág sejtek, melyek differenciálódás után a HA termeléséért lesznek felelősek (22).

Az üvegtest embriológiájának négy, egymást átfedő fázisában bekövetkező változásokat Sang foglalta össze, és írta le először (23). Az elsődleges üvegtest fázisban (primer vitreous stage) két fő folyamat zajlik: kialakul maga az elsődleges üvegtest, és kifejlődik az üvegtest érrendszere. A gesztáció 3-4. hetében a 4-5 mm-es embrióban a felszíni ektodermából lefűződő lencsehólyag, valamint a neuroektodermából kialakuló szemkehely által közre zárt, lassan növekvő belső teret tölti ki az elsődleges üvegtest. Ez kezdetben egy avaszkuláris, rostos hálózat, ún. „protoplazma híd” (23). Az 5. héten a szemkehely alsó részén elhelyezkedő embrionális szemhasadékon át vaszkularizált mezodermális sejtek nyomulnak be az elsődleges üvegtestbe és kialakul az üvegtest érhálózata, valamint a lencsehólyagot körülvevő erezett burok, a tunica vasculosa lentis. A gesztáció 6. hetében a 8-13 mm-es embrióban a lencsehólyag felszínén kifejlődik a lencsetok, ami inentől kezdve szeparálja a szemlencsét és az üvegtestet. Az üvegtest vaszkulaturájának a gerincét az arteria hyaloidea adja, ami a primitív arteria ophthalmicából ered és a tunica vasculosa lentisben végződik. A kapcsolat az elsődleges üvegtestbe benyomult vaszkularizált mezoderma és a szemhólyagot körülvevő mezoderma között – amiből a későbbiekben a chorioidea és a sclera alakul ki, egészen 14 hétig, az embrionális szemhasadék záródásáig marad fenn (24).

A másodlagos üvegtest fázisnak (secondary vitreous stage) három fő mozzanata van, melyek a következők: az acelluláris másodlagos üvegtest kialakulása, a hialocita-fibroblaszt migráció, és a korai üvegtest regresszió (23). Az acelluláris másodlagos üvegtest a 13-70 mm-es embrióban fejlődik ki, és teljes egészében a neuroektodermából származik. Az embrionális retina belső rétege és a vaszkularizált elsődleges üvegtest külső határa közötti teret tölti ki. Az acelluláris másodlagos üvegtest a retina felszínével párhuzamos, finom, hullámos rostok sűrű soraiból épül fel, a hátsó póluson kezd el növekedni, majd később kiterjed a teljes elsődleges üvegtestre. Ebben a fázisban egy ideig demarkációs vonal, az ún. „intravitreális membrán” látható az elsődleges üvegtest és az újonnan képződött másodlagos üvegtest között (23).

Elektronmikroszkóppal igazolták, hogy a másodlagos acelluláris üvegtest rostjai a retina Müller-sejtjeinek talplemezeiből származnak, hasonlóan a retina legbelső rétegéhez, az ILM-hez. (25). A szemkehely elülső felében a másodlagos üvegtest rostjai összesűrűsödnek, és a szemkehely elülső határán kialakítják a Druaul-féle marginális köteget, amiből később az üvegtesti bázis fog kifejlődni. A vaszkularizált elsődleges üvegtestben két sejttípus lelhető fel: egy fibroblaszt szerű sejt az arteria hyaloidea tunica adventitiajában, valamint egy monocita típusú sejt az elsődleges üvegtest gél állományában. Ez utóbbi a primitív csontvelőből a vérkeringés útján érkezik, majd átkerülve a másodlagos üvegtestbe a monocita-makrofág rendszer részeként hialocitává differenciálódik. A másodlagos üvegtestben a sejtmigrációt követően a sejtes elemek mintegy 10%-át teszik ki a fibroblasztok és egy kevés glia sejt, még a sejtek 90%-át a hialociták alkotják. A fibroblasztok termelik az üvegtestben előforduló strukturális fehérjék egy részét. A hialociták részben makrofágként működnek és fontos szerepet játszanak az üvegtest később említendő regressziójában, részben pedig nagy mennyiségű HAat termelnek (26). A hialocita-fibroblaszt migrációt követően a másodlagos üvegtest folyamatosan növekszik, egyre nagyobb teret foglal el az üvegtesti térben, és fokozatosan összenyomja a vaszkularizált elsődleges üvegtestet. Az elsődleges és másodlagos üvegtest határát képező intravitreális membrán előbb előre felé kiszélesedő V-alakot ölt, majd a papillától a szemlencse hátsó pólusához húzódó, ereket tartalmazó köteggé kondenzálódik, és kialakul a Cloquet-csatorna. Ez a folyamat a 3. gesztációs hónapban a 45-60 mm-es embrióban kezdődik és a 200-240mm-es embrióban ér véget (23). A szemlencse mögött az elsődleges és másodlagos üvegtest érintkezési felülete képezi a capsula perilenticularist, ami magába foglalja a Berger-teret, másnéven a retrolentaris Erggelet-teret (21). A másodlagos üvegtestnek a hátsó lencsefelszínhez való kapcsolódási vonalát Egger-vonalnak nevezzük, amely később a Wieger-féle hyalo-capsularis ligamentummá tömörül (27, 28).

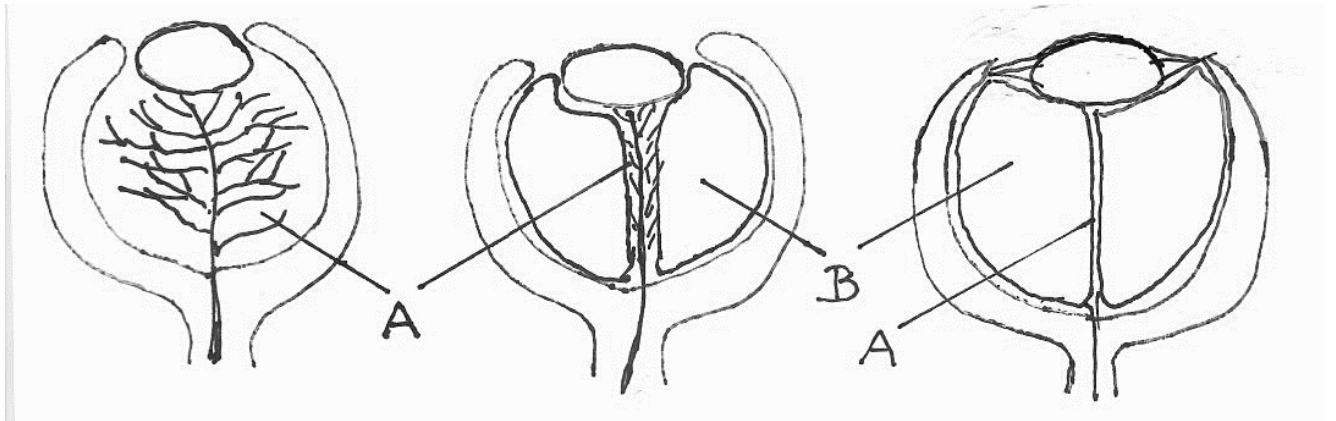
A harmadlagos üvegtest fázisban (tertiary vitreous stage) kifejlődik a szemlencse függesztő rendszere, a zonula, és az üvegtesti vaszkulátúra további regressziója következik be (23). A 70 mm-es embrióban a szemkehely elülső határának neuroektodermája, - ami megfelel a későbbi sugártest területének- harmadlagos üvegtesti rostokat kezd termelni (25). Ezek a rostok merőlegesen futnak a korábban említett Druaul-féle marginális köteg rostjaira, és a sugártest irányából a lencse ekvátorához futnak. A lencsefüggesztő rosthálózat tovább differenciálódik és kialakulnak a sugártestből kiinduló cilio-capsularis-, valamint a pars plicataból kiinduló orbiculo-capsularis rostok. A két fő rosthálózat közt létrejövő teret Hannover-csatornának, még a rostok és a másodlagos üvegtest közötti teret Petit-térnek nevezzük (29). A harmadlagos üvegtest fázisban komplettálódik az elsődleges üvegtest regressziója. Az elsődleges üvegtest vaszkulátúrájának endothel sejtjeiben glikogén és lipid depozitumok képződnek, ami az endothel

és pericita sejtek pusztulásához vezet. Az erek tunica mediajában ezzel egyidőben a simaizom sejtek fibroblaszt szerű sejtekké differenciálódnak, az erek lumene beszűkül, majd a maradék sejtmasszát hialociták fagocitálják. A Cloquet-csatornában elzáródott, csaknem teljesen átlátszó, ún. „szellemerek” maradnak vissza (30).

A késői fetalis fázisban a 7. gesztációs hónappal kezdődően, a 240 mm-es magzatban az üvegtest érrendszere és a tunica vasculosa lentis elkezdi teljesen visszafejlődni, az endothelsejtek és a periciták elvesztésével az elsődleges üvegtest teljesen elsorvad (23). Az üvegtest hialocitái és más, korábban az elsődleges, majd a másodlagos üvegtesthez kapcsolódó sejtek tovább vándorolnak az üvegtesti kéregbe. Az üvegtest ösztérfogata tovább növekszik (22).

Fontos megemlíteni, hogy az emberi szem három nagy érrendszere, -az üvegtest, a chorioidea, és a retina vaszkulaturája- összehangoltan fejlődik és biztosítja az adott struktúra tápanyag és oxigén ellátását. Az egyes vaszkulaturák a magzati élet során egymást követően alakulnak ki, -ill. regrediálnak részlegesen- úgy, hogy kifejlődésük időintervalluma jelentősen átfed egymással. Míg az üvegtest érrendszere döntően a 3-22., a chorioidea érhalózata pedig a 6-26. magzati héten nyeri el végső formáját, addig a retina vaszkulaturájának fejlődése a 12. gesztációs héten kezdődik és csak post partum fejeződik be (31).

Az üvegtest embrionális fejlődése során jól definiálható biokémiai transzport folyamatok is nyomon követhetők. Az ILM, a neuroretina bazálmembránja többek között fehérje makromolekulákból épül fel. Bizonyítást nyert, hogy az ILM-et alkotó legfontosabb fehérjék -a laminin és a IV-es típusú kollagén- az agrin kivételével nem a retinából, hanem a szemlencséből és a sugártestből származnak. Ezek a nélkülözhetetlen fehérje makromolekulák a másodlagos üvegtest közvetítésével jutnak el a retinához, az embrionális korban (32). Az üvegtest strukturális proteinjei, a II-es típusú kollagén és a fibrillin szintén a sugártestből származnak (33). A laminin, valamint a II-es és IV-es típusú kollagén szintézise nagyon aktív az embrionális korban, majd fokozatosan csaknem nullára csökken a második postnatalis évre. Az ILM-nek és az üvegtestnek ezzel a nagyon alacsony felnőttkori anyagcseréjével magyarázható, hogy pars plana vitrectomia után, valamint ILM peeling-et követően gyakorlatilag nincs regeneráció (34, 35).



3. ábra. Az üvegtest fejlődésének sematikus ábrázolása. Saját ábra. Nyomon követhető az elsődleges üvegtest fokozatos visszafejlődése. A: elsődleges üvegtest, B: másodlagos üvegtest.

1.1.3. A felnőttkori üvegtest biokémiai jellemzői

Az üvegtestnek csupán 2%-át teszik ki a szárazanyag tartalom, ami fehérjékből, proteoglikánokból, poliszaharidokból és különféle metabolitokból áll (36). Az üvegtest proteomját egészséges és beteg szemben többen vizsgálták. A véralvadással kapcsolatos, az extracelluláris mátrixforgalomban, az oxidatív stressz szabályozásában, valamint energia anyagcserében részt vevő fehérjéket találták a legnagyobb mennyiségben (37, 38). Skeie és mtsai egészséges szemek üvegtestéből vett mintákat analizálva átlagosan 2062 egyedi fehérjét azonosított. Ezek közül 278-at csak az elülső üvegtesti térben, 322-öt csak az üvegtest kéregállományában, 128-at csak az üvegtesti bázisban, és 136-ot pedig csak az üvegtest magállományában (core vitreous) lehetett kimutatni (39). Ez a vizsgálat is igazolta, hogy az üvegtest különböző szubstrukturái más és más szerepet töltenek be, eltérő kölcsönhatásban vannak a környező szövetekkel, és egyedi proteomjuk egyúttal jól használható biomarkerként is. Míg az egészséges szem proteomjában található fehérjék jelentős részének pontos fiziológiai jelentősége kevésbé ismert, addig egyes vitreoretinális patológiák molekuláris hátteréről meglehetősen sokat tudunk. Ilyen sokat kutatott betegség a proliferatív diabeteses retinopathia (40) vagy a szisztémás amyloidosis-sal összefüggő üvegtesti depozitumok (41). Az oxigén a choroidea és a retina keringéséből származó diffúzió révén jut az üvegtestbe. Ennek nagy részét a hialociták fogyasztják el, korlátozva a lencsét és az elülső szegmenst elérő oxigén mennyiségét. Az üvegtest magas aszkorbát szinttel is rendelkezik, amely véd az oxidatív károsodástól, például a lencse esetén (14, 18).

1.1.4. A vitreolenticuláris határfelszín és az elülső üvegtest veleszületett patológiái

A vitreolenticuláris határfelszín és az elülső üvegtest veleszületett patológiás elváltozásai legnagyobb részben az üvegtest és a szemlencse embrionális korban meglévő vaszkulaturájának elégtelen visszafejlődésére vezethetők vissza (42). Egy 2001-ben készült amerikai felmérés szerint ez a betegségcsoport tehető felelőssé a gyermekkori vakság 5%-ért (43). Az arteria hyaloidea persistens, a primer hiperplastikus perzisztáló üvegtest (PHPV), valamint a cataracta congenita egyes formái; a Mittendorf pont, a lenticonus posterior, és a cataracta polaris posterior (CPP) tartoznak ebbe a betegségcsoportba.

A normális magzati fejlődés során az arteria hyaloidea a 18. héten kezd el visszafejlődni, és a 29. hétre a csaknem láthatatlan Cloquet-csatornává alakul át (44). Ennek elmaradása esetén az arteria hyaloidea lumene részben vagy egészben nyitva marad, és összeköti a papillát a szemlencse hátsó pólusával. A papilláris kapcsolódási pontot Bergmeister papillának, a lencsével való érintkezést Mittendorf pontnak, magát az állapotot pedig arteria hyaloidea persistensnek nevezzük (45). Az arteria hyaloidea persistens lehet tünetmentes, de okozhat cataractát, ismétlődő üvegtesti vérzést, és retina leválást is (46).

A PHPV a fetális perzisztáló üvegtesti vaszkulatura legsúlyosabb formája, melynek kardinális tüneteit Goldberg foglalta össze először 1997-ben. A kórkép jellemző tünetei: membrana pupillaris persistens, irido-hyaloidális erek és tunica vasculosa lentis maradványok jelenléte, Mittendorf pont, cataracta, arteria hyaloidea persistens, Bergmeister papilla, abnormális macula, hypoplasia és dysplasia nervi optici, valamint a bulbus méretbeli és alaki malformációja. Ez a fejlődési rendellenesség ismétlődő súlyos üvegtesti vérzéssel, és nem ritkán retina leválással is jár (47). Mai tudásunk szerint az üvegtesti vaszkulatura visszafejlődése normálisan egy kétlépcsős folyamat, melynek valamelyik szakasza zavart szenved, és erre vezethető vissza a PHPV kialakulása. Az első fázisban az apoptózist fokozott makrofág aktivitás indítja el, amit a második fázis endothel sejt pusztulása követ. Ez utóbbit az arteria ophthalmicából származó vérbeáramlás csökkenése és/vagy a lencse által termelt vaszkuláris endotheliális növekedési faktor csökkent termelődése idézi elő (48, 49).

A Mittendorf pont egy lassan, vagy nem progrediáló veleszületett szürkehályog forma, ami megfelel az arteria hyaloidea elülső kapcsolódási pontja maradványának a hátsó lencsetok centrumában, vagy annak nasalis-alsó paracentrális területén (Stöcklin P: Normvarianten der Morphologie der kindlichen Linse. Graefes Arch Ophthalmol 158:346–59, 1957). Az esetek egy részében mellette arteria hyaloidea persistens is látható. A Mittendorf pont rendszerint kevésbé rontja a látást, és csak ritkán igényel műtéti megoldást (50).

A lenticonus posterior a szemlencse veleszületett kónikus vagy szférikus, gyakran aszimmetrikus hátrafelé való kiboltosulása, ami rendszerint lencsehomállyal is jár (51). Az esetek egy részében egyértelműen igazolható a fetális vaszkulátúra perzisztálása, mint kóroki tényező (52). Előfordul sporadikusan, de az esetek többségében X-hez kötött vagy autoszóm domináns öröklésmentet mutat (53). Megoldása speciális műtéti technikát igényel, hátsó capsulorhexis, elülső vitrectomia, vagy a pars plana felől lensectomia elvégzése javasolt, a műlencsét pedig rendszerint a sulcus ciliarisba lehet csak implantálni (54).

A cataracta congenita egyik alcsoportjának, a CPP-nak korrekt sebészi ellátása régi problémája a szemészetnek. A CPP háromdimenziós kiterjedésű, a lencse hátsó pólusán lévő vaskos plakk betérjed az üvegtesti térbe is, rajta nem ritkán arteria hyaloidea persistens tapad, és lehet a PHPV egyik részjelensége is (50). Levágott hagyma karikára emlékeztető vaskos plakk formája elkülöníti a cataracta corticalis posteriortól, ami műtéttechnikailag nem jelent különösebb kihívást. A CPP a cataracta congenita miatt gyermekkorban műtétre kerülő esetek 7%-át teszi ki (55). A CPP másik csoportja nem okoz cataracta műtétet indokló látásromlást gyermekkorban, hanem lassú progressziót követően, jellemzően a 3-5. évtizedben kerül műtétre a beteg (56). A betegség rendszerint autoszóm domináns öröklésmentű, de előfordulnak sporadikus esetek is (57). A CPP műtétje során figyelembe kell venni, hogy hátsó pólusi plakk területében hiányzik, vagy nagyon gyenge a hátsó tok, ezért a legtöbb operatőr hidrodisszekció végzése helyett hidrodelaminációt javasol, valamint igyekszik minden lehetséges módon minimalizálni a lencsetokra ható stresszt a műtét során (58).

Morsman 1929-ben összefoglalta a retrolentális tér biomikroszkópos jellemzőit, hangsúlyozva klinikai jelentőségét az elülső és hátsó szegmens gyulladásában (3). Tolentino et al. proliferatív diabeteses retinopathia esetén vérlerakódásokról számolt be a hátsó tokon, kiemelve a BS egy másik klinikai jelentőségét (59). Az intracapsuláris szürkehályog-eltávolítás korszakában döntő kérdés volt, hogy a sebész hogyan tudja finoman szétszedni a zonuláris rostokat és a Wiegerszalagot, és eltávolítani a lencsét anélkül, hogy üvegtest veszteséget okozna (60). Amikor az extracapsuláris cataracta extrakció (ECCE) általános gyakorlattá vált, a lencsetok és az EH megőrzése volt az egyik fő cél. Az ECCE speciális eseteiben azonban szükség volt a BS kezelésére. A lencse hátsó tokjának membranózus elváltozása esetén Weidle pontszerűen megnyitotta a hátsó tokot, a retrolentális teret nátrium-hialuronáttal töltötte fel, ami kiszélesítette a BS-t, és megkönnyítette a hátsó capsulorhexis elvégzését (61).

Köztudott, hogy a phacoemulsificatio alapjaiban megváltoztatja a lencse állapotát, és a műtét az egész szem integritását érinti. A szem leginkább vizsgált részei a szaruhártya endothelium és a szaruhártya görbülete. Előbbi a nagy áramlási sebesség és az ultrahang energia, illetve a

viszkoelasztikus anyag elégtelen használata miatt jelentősen károsodhat (62, 63), míg az utóbbit elsősorban a seb mérete, elhelyezkedése, a limbushoz való viszonya, ill. a műtét során elszenvedett mechanikai hatások befolyásolhatják (64, 65). 1975 óta számos publikáció számolt be arról, hogy a hátsó üvegtest leválása (PVD) sokkal gyakrabban fordult elő szürkehályog műtét után (66-68), és a retinaleválás esélye többszörösére nő a phacoemulsificatiót követően, különösen az erősen rövidlátó szemeknél (68-70). A vitreolenticularis határfelszín és az EH viselkedését a phacoemulsificatio után csak nemrégiben kezdték tanulmányozni. A BS viselkedését phacoemulsificatio során először Tassignon és Dhubhghaill írta le be 2016-ban (71). Valós idejű intraoperatív optikai koherencia tomográfiát (iOCT) (71-74) és elülső szegmens optikai koherencia tomográfiát (AS-OCT) (72, 73, 75-78) használtak a hátsó tok és EH lehetséges változásainak megjelenítésére.

Ma már világos, hogy a phacoemulsificatio jelentősen befolyásolja a BS-t (71-76, 78). A phacoemulsifikációt követően a BS a legtöbb esetben megnagyobbodik a műtét után, vagy a preoperatíván rögzített EH bizonyos esetekben leválik a hátsó tokról (72, 73, 75-78). Bebizonyosodott, 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 (12–16,18). Adatok állnak rendelkezésre a phacoemulsificatio sebészeti paramétereiről, mint például a teljes műtégi 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 palack magassága és a vákuum, befolyásolják a BS kialakulását (73, 75, 77-79). Néhány sebészeti paramétert azonban, amelyekről feltételezhető, hogy befolyásolják a vitreolenticularis tér állapotát, nem vizsgáltak. Ebben a tanulmányban a fent felsoroltakon kívül a következő paraméterek jelentőségét is vizsgáljuk: magkeménység foka, a hidrodisszekció és a capsulorhexis mérete. Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy az LM-BS és bizonyos anatómiai paraméterek korrelációt mutattak. Az LM-BS és a phacoemulsificatio egyes sebészeti paramétereinek közötti összefüggéseket is tanulmányozták (71-75). Ez idáig a vitreolenticularis határfelszín leghosszabban 3 hónapon át követték posztoperatív. Legjobb tudomásunk szerint ez az első 1 éves prospektív tanulmány, amely dokumentálja az EH tapadását vagy leválását a phacoemulsificatio során alkalmazott intraoperatív paraméterekkel kapcsolatban. Az EH leválást a továbbiakban EHL-ként említjük.

1.2. A phacoemulsificatio technikai fejlődése

Mai szemmel nézve evidencia, hogy a szürkehályog műtét technikai kivitelezésében az utolsó nagy áttörést a phacoemulsificatio térhódítása jelentette. Amikor Charles Kelman 1967-ben elvégezte az első phacoemulsificatiót, rendkívüli nehézségekkel kellett szembenéznie. Kelman és elektromérnök munkatársa, Anton Banko a phacoemulsificator szabadalmát (No.3589363) a következőképpen fogalmazta meg: „Ultrahang frekvencián dolgozó készülék, amivel nemkívánatos anyagot lehet széttörni és eltávolítani a szemből”. Ez a készülék hidrodinamikailag még nagyon kezdetleges volt, és az első valóban használható phacoemulsificator az 1980-ban piacra dobott Mackool/Heslin Ocusystem (Surgical Desing Corp.) volt (80). Kelman és szerzőtársa Kwitko sorra vették a phacoemulsificatio hőskorának technikai problémáit, és leírták az ezen hiányosságok kiküszöbölésére tett kísérleteket is. A phaco hegy felmelegedését és a folyadék szivárgás okozta instabil elülső csarnokot teflon, majd szilikon anyagú szoknya phaco hegyre való applikálásával oldották meg. Magát a phaco hegyet eleinte acélból állították elő, majd a működés közben megtapasztalt lepattogzás miatt áttértek a titánium hegyekre. Az energialeadás hatékonyságának növelését piezoelektromos kristály beépítésével érték el és kifejlesztették a longitudinális mozgást végző phaco hegyet. Hamar rájöttek, hogy kéregeltávolításra a phaco hegy nem igazán alkalmas, ezért egy új típusú eszközt, az irrigáló-aspiráló (I/A) kézidarabot fejlesztettek ki. A műszeres háttér gyerekbetegségei mellett műtéttechnikai nehézségek is jelentkeztek. A műtét alatt beszűkülő pupilla miatt eleinte elülső csarnoki phacoemulsificatiót végeztek, ami azonban gyakran vezetett a cornea dekompenzálódásához. Később az öblítő oldatba tonogént kevertek, valamint a műtéti előkészítés részeként a mydriaticum mellé non-szteroid cseppet is adagoltak a betegnek. A tokmegnyitást Kelman az általa kifejlesztett „christmas tree” technikával végezte (80).

A phacoemulsificatio első lépése, a sebkészítés sokat változott az idők folyamán. Sebkészítés során két fő cél lebegett az operatőr szeme előtt: lehetőség szerint ne kelljen a sebet varrattal zárni, valamint legyen minél kisebb a seb tengelyében a cornea ellapulása, azaz legyen minimális a sebészileg indukált asztigmia (SIA) (64). Kezdetben 5,0 mm-es optikájú polymetilmetakrilát műlencsét implantáltak 5,5-6,0 mm széles sclerocornealis alagútseben át (81). A hajlítható műlencsék megjelenésével a sclerocornealis alagútseb szélessége 4,0 mm-re csökkent, melyen át csipesszel lehetett a műlencsét implantálni. Vámosi a 4,0 mm-es temporalis sclerocornealis alagútseb SIA-t elhanyagolható méretűnek, 0,01D-nak találta (82). Az injektorok elterjedésével a sebméret tovább csökkent 3,2, majd 2,7, 2,4, végül 2,2 mm-re. Ezek a sebek már nem sclerocornealisak voltak, hanem a cornea állományában készültek, azaz az operatőr clear

cornea metszést készített. Általánosságban elmondható, hogy a clear cornea seb annál kisebb SIA-t indukál minél keskenyebb, minél hosszabb, és minél távolabb van a cornea centrumától. A 12 óránál készített seb nagyobb, a temporalisan készített pedig kisebb SIA-t generál (64). Eleinte az feltételezték, hogy a sebméret bizonyos nagyság alá csökkentésével a SIA a clear cornea seb esetében is teljesen el fog tűnni. Ez a feltételezés azonban nem igazolódott be, sőt extrém kicsi sebeknél a várt hatás éppen ellenkező lett. A túlzottan kicsi sebek a műlencse implantálása során kiszámíthatatlanul berepedtek, és egyenesen nagyobb SIA-t produkáltak, mint kissé szélesebb társaik (83). Femtolaser használatával sem sikerült csökkenteni a SIA-t (83). Megfelelő tengelyben elhelyezett sebbel, viszont eredményesen lehetett csökkenteni az 1,0D-nál nem nagyobb preoperatív asztigmat (83).

A tokmegnyitás mai formájának általános elterjedéséig hosszú út vezetett. Ennek során folyamatos törekvést figyelhetünk meg a standardizálás, és ennek folyományaként a minél jobb kiszámíthatóság elérésének irányában. Az ún. „can opener” technikát 1752-ben már Daviel is említi, általánosan elterjedté azonban csak az extracapsularis hályogműtét térhódításával vált ez a módszer (84). A lencsetokot meghajlított végű tűvel, vagy direkt erre a célra kifejlesztett cystotommal kellett körbe kapálni. Ebből a technikából nőtt ki a lényegesen kontrolláltabb tokmegnyitás, az „envelope” technika, amit cystotommal és capsulorhexis csipesszel viteleztek ki (85). A két módszer közös hátránya volt, hogy esetről-esetre változott a capsulorhexis nagysága, és a legóvatosabb kivitelezés mellett is elég gyakran fordult elő a rhexis szélének berepedése, ami nemritkán tovaterjedt a hátsó tokra. A ma legáltalánosabban használt technika a folyamatos kör alakú capsulorhexis (clear corneal capsulorhexis=ccc) képzés, amiről Gimbel és Neuhann egymástól függetlenül számoltak be, majd írtak közös közleményeket a 90-es évek elején (86, 87). Ezzel a módszerrel némi gyakorlattal jól reprodukálhatóan közel kör alakú tokmegnyitás lehetséges +/- fél milliméter pontossággal. Számos közlemény bizonyítja, hogy érdemes tökéletesíteni műtési technikánkat. A másodlagos szürkehályog (posterior capsule opacification=PCO) kifejlődését az gátolta a legeredményesebben, ha a capsulorhexis széle 360°-ban átfedett az optikával (88). A műlencse megbillenése a lencsetokban, azaz a tilt, valamint a decentrálódás szignifikánsan kisebb volt ccc után, mint envelope technikával végzett rhexist követően (89). Még nagyobb pontosságot sikerült elérni femtosecond lézer asszisztált capsulorhexissel. Nagy, a műlencse optikájának szélével jobban átfedő rhexist és jobban centrált műlencsét talált (90), még Kovács alacsonyabb PCO rátáról számolt be ezzel a technikával (91). A kíméletesen elvégzett hidrodisszekció fontos lépése a phacoemulsificationnak. A hidrodisszekció alap gondolata Hirschmantól származik, magát a technikát pedig Paton definiálta először (92). Fine javasolta azt a hidrodisszekciós technikát, amit ma a legtöbb cataracta sebész

használ, az ún. capsular-cortical cleaving hidrodisszekciót. Ennek során egy lapított végű kanül végét kiemelve több ponton injektálunk folyadékot a lencsetok alá, és ilyen módon lényegesen kevesebb lesz a műtét végén eltávolítandó kéreganyag (93). A hidrodelineációt, azaz a kéreganyag elválasztását a lencsemagtól a legtöbb operatőr nem végzi rutinszerűen. Ezt a technikát Oscher írta le, és célszerű alkalmazni cataracta polaris posterior esetén, amikor a hátsó tokon az esetek mintegy 40%-ában defektus van (94, 95).

Phacoemulsificatio során talán a legnagyobb kihívás a lencsemag széttördelése, elfolyósítása, majd eltávolítása a szemből. Maga a műtét is erről a folyamatról kapta a nevét. A mageltávolítás módszerei három fő csoportba sorolhatók: azok a technikák, melyek árokással indulnak a törés előtt; azok, amelyek azonnal töréssel indulnak; és végül az ún. phacoaspiratio, ami nagyon puha lencsemag törés nélküli leszívását jelenti. Az első igazán hatékony árokással induló technika az ún. „divide and conquer” volt, amit Gimbel írt le először (96). Divide and conquer technikával valamennyi lencsemag megmunkálható, de a módszer legjobban puha és közepesen kemény magok esetében működik. Az árokásás nélkül, azonnal töréssel induló technikáknak két fő csoportja van. „Phaco chop” esetén a chopper és a phaco hegy a horizontális síkban közelít egymáshoz, még „phaco crack” végzésekor a lencsemagra a vertikális síkban is erőbehatást gyakorlunk. Nevezik ezért ezt a módszert „vertical chop”-nak vagy „phaco quick chop”-nak is. A phaco chop első leírása Nagaharától származik (97), míg a phaco-crack Pfeifer nevével fonódik össze (98). Általánosságban elmondható, hogy a phaco chop és a phaco crack technika közepesen kemény vagy kemény magok esetében működik jól. A phacoaspiratio technikáját 1997-ben Maloney írta le először (99). Ezt a módszert legtöbbször refraktív lencsecsere, presbyopiás lencsecsere vagy szűk zugú glaucoma esetén végzett lencseeltávolításkor alkalmazzuk. Magától értetődik, hogy megfelelően megválasztott mageltávolítási technikával minimalizálni lehet a phaco fej által leadott összes ultrahang energiát, amit az ún. cumulativ dissipated energy (CDE) viszonyszám fejez ki. A CDE az átlagos ultrahang energia és a phaco idő szorzata.

A kéreganyag eltávolításának technikája relatíve keveset változott az idők során. Az irrigáló-aspiráló (I/A) kézidarab feje készülhet egyenes, 45°-ban vagy 90°-ban angulált kivitelben. A két utóbb említett változat elsősorban a phacos seb alatt elhelyezkedő kéregrészek eltávolítását könnyíti meg, ezért a legtöbb operatőr manapság ilyen használ. Két technikai újításról érdemes azonban megemlékezni. Az általánosan elterjedt coaxiális I/A kézidarab mellett egyesek biaxiális (másnéven bimanuális) kézidarabot használnak, amivel könnyebben érhető el és tisztítható meg a kéregtől a lencsetok a teljes 360°-ban. A módszer első leírója Brauweiler volt

(100). A másik újszerű eljárás a szilikon végű I/A fej használata, amivel szinte lehetetlen megszakítani a hátsó tokot, és a hátsó tok polírozás is veszély nélkül elvégezhető (101).

A hőskor, azaz 1960-as évek második fele óta nagy fejlődésen ment át maga az alapkészülék, a phacoemulsificator is. Egyrészt a pumparendszerek változtak az idők során, másrészt a phacoemulsificator által leadott ultrahang modulálása finomodott. Az elsőként kifejlesztett pumpa a perisztaltikus pumpa volt, ahol a szívóerő az aspirációs tubust komprimáló görgők gördülési sebességétől függ. Ez a rendszer precízen szabályozható, de lassan felépülő vákuumot eredményez. A másik alaptípus, a venturi pumpa közvetlenül vákuum vezérelt, a szívóerő igen gyorsan felépülő, ugyanakkor nehezebben szabályozható szívóerőt generál (102, 103). A modern phacoemulsificatorok legtöbbször rendelkeznek mindkét modalitással, ill. ma már léteznek a két rendszer előnyeit egyesíteni igyekvő hibrid pumparendszerek is (104). A phacohegy a legtöbb phacoemulsificatornál mikrométerű előre-hátrafelé való mozgást, azaz longitudinális elmozdulást végez. Ez a longitudinális mozgás lehet folyamatos és lehet szakaszos, más néven modulált. Ez utóbbin belül megkülönböztetünk pulzus és ún. burst üzemmódot, melyek hatékonyságban alig maradnak el a folyamatos üzemmódtól, ugyanakkor alkalmazásukkal jelentős felesleges energia leadás spórolható meg (102). A modern Alcon készülékek phacohegye képes longitudinális mozgás mellett torziós mozgásra is, ami további ultrahang energia megspórolásának lehetőségét rejti magában (105).

A phacoemulsificatio során beültetett műlencsék szintén sokat fejlődtek az elmúlt mintegy 50 évben, ennek ismertetése azonban meghaladja a jelen értekezés kereteit.

A phacoemulsificatio fentiekben ismertetett fejlődési íve illusztrálja azt a törekvést, mely kimondva-kimondatlanul a következő fő célokat tűzte ki maga elé:

1. Legyen a műtét minél könnyben reprodukálható, és függjön egyre kisebb mértékben az operatőr műtéti jártasságától.
2. Kínáljon megfelelő műtéti megoldást mindenféle elülső szegmens típus esetén (különböző elülső csarnok mélység, pupilla tágasság, lencsemag keménység, zonula állapot, stb.).
3. Záruljon minél jobb és kiszámíthatóbb vízus eredménnyel, ill. adjunk vissza minél teljesebb mértékben a szem fiatalkori látásteljesítményét.
4. Mint tömegműtét, legyen minél gyorsabban kivitelezhető.
5. És végül, legyen a műtét minél atraumatikusabb, azaz járjon minél kevesebb nemkívánatos szövődéssel, és okozzon minél kisebb változást a szem integritásában.

Jelen értekezés ezen utolsóként említett szempont vizsgálatára irányult, elemeztük a phacoemulsificatio hatását a hátsó lencsetok és az elülső üvegtesti határhártya kapcsolatára.

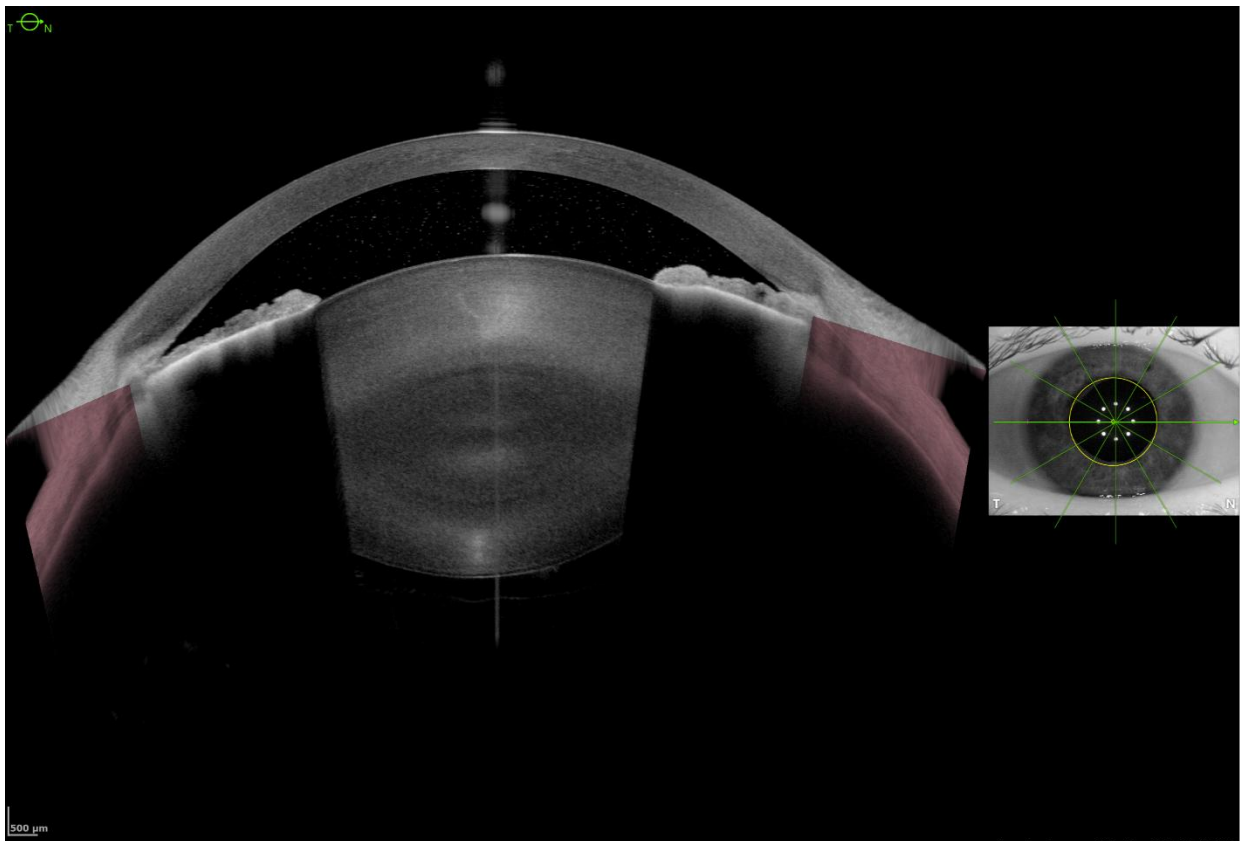
1.3. Az AS-OCT működési elve és gyakorlati használata

Az OCT technológiát kezdetben a szemészeti területen a hátsó szegmens, például a retina és látóidegfő képződésére vezették be (106). A technológia fejlődése lehetővé tette a szemfelszín és az elülső szegmens képződését is. 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 (107).

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 (108).

Az SS-OCT működési alapelve: Az SS-OCT keskeny sávú interferométert, swept-frequency lézert és detektorokat használ. A fényforrásból kibocsátott fényt egy kapcsoló segítségével választják el úgy, hogy az egyik fénysugár a minta fele, a másik a referenciatükör fele irányul. A minta felé irányuló fény a belső szerkezetek törésmutatóinak különbségével arányosan visszaverődik egy detektor felé. A referenciatükör felé irányuló fény összeolvad, és interferál a mintából visszatérő fényvel. Fourier-transzformáció megy végbe és ezután a keresztmetszeti kép rekonstrukciója jön létre (109).

Az AS-OCT működési elve megegyezik rutinszerűen használt hátsó szegmens OCT működési elvével. A legismertebb SS-AS-OCT készülékek közé tartozik az IOLMaster 700 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), CASIAII (Tomey, Nagoya, Japan) és az Anterior (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) (110). Az általunk használt Anterior egy olyan SS-AS-OCT, ami 1300 nm hullámhosszú fényforrást használ, másodpercenként 50 000 A-scan készít. A szem elülső szegmensét 14 mm axiális mélységgel, 16,5 mm szélességgel, < 10 μm szöveti axiális felbontással és 30–45 mm laterális felbontással ábrázolja. Minden mérést egy szemkövető technológia segít, amelynek középpontjában a szaruhártya csúcsa áll (111). Az így elkészített metszetek szinte szövettani felbontású, tiszta képet készítenek a corneáról, az elülső csarnokról, a csarnokzugaról, az íriszről, és a lencséről (112) (4. ábra).



4. ábra: Elülső szegmens swept-source optikai koherencia tomográfia (AS-SS-OCT) vízszintes keresztmetszeti kép saját lencsés, sekély csarnokú, zárt zugú jobb szemről (Anterior (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)).

Az SS-AS-OCT az elülső szegmens diagnosztika egyik legfontosabb eszköze (113), felhasználási területei számosak. Keratoconus diagnosztikájában a bevált Scheimpflug módszer mellett az AS-OCT-ra is hatékony screening rendszert írtak le (114). A szaruhártya infekciók (115), hegek, homályok, degenerációk, disztrófiák diagnosztikájában, követésében, a szemfelszíni tumorok elkülönítésében fontos eszköz (116, 117). Glaucoma diagnosztikában csarnokzug ábrázolására: nyitott vagy zárt, írisz lefutása, csarnokmélység, csarnokzug kvantitatív mérésének paraméterei (118-122). Gyulladások megjelenítésére, gyulladásos területek elhatárolására, az elülső csarnokban a sejtek pigmenttől való elkülönítése is alkalmas az elülső szegmentum képleteiben (123, 124).

Elülső szegmentum műtéinek tervezésére, műtét utáni követésre a legalkalmasabb non-invazív módszer: perforáló keratoplasztika, elülső és hátsó lamelláris keratoplasztika műtétek utáni követésben számos közlemény született (125-130).

Külön említést érdemelnek az SS-AS-OCT készülékek a szürkehályog műtét előtti vizsgálatok kapcsán. Fontos szerepük van többek között a lencsetervezésben, a lencse helyzetének felmérésében, a cataracta denzitás fokának megítélésében (131-135).

2. Célkitűzések

A Berger-tér és az EHL ábrázolása mintegy 5 éve még csupán postmortem szemeken volt lehetséges.

Vizsgálataink célja volt egy olyan módszer kidolgozása, amelynek segítségével az EH megbízhatóan ábrázolható in vivo preoperatív, azaz saját lencsés szemeken, illetve phacoemulsificatiót követően, azaz műlencsés állapotban is. Az eddigi közlemények maximum 3 hónapon át követték retrospektíve az EH viselkedését phacoemulsificatiót követően. Mi magunk 1 éven át tartó, prospektív, nagy esetszámú követést végeztünk. Elemeztük az EH posztoperatív helyzetét a műtéti paraméterek tükrében is. Közleményeink célja volt, létrehozunk a vitreolenticularis határfelületről egy korábban még nem ismert, átfogó képet. Célkitűzéseink a fentiek értelmében pontokba szedve a következők voltak:

1. SS-AS-OCT segítségével olyan rutinszerű eljárás kidolgozása, amely nem csupán véletlenszerű észlelésre támaszkodik, mellyel megbízhatóan ábrázolhatjuk preoperatíván az EHL-t.
2. Eseménytelen phacoemulsificatiót követően nagy betegcsoporton, prospektíve 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

Kutatásunk két egymással összefüggő vizsgálat eredményei alapján értékelhető.

Az első, prospektív, nem randomizált vizsgálat során felmértük a pre-hyaloideális tér konformációját és méreteit szürkehályog műtét előtt és után SS-AS-OCT segítségével. Egy másik, prospektív, nem randomizált vizsgálat keretében elemeztük az EH posztoperatív helyzetét, és vizsgálatuk a BS-ben megjelenő lencseanyagokat különböző preoperatív állapotok, és a phacoemulsificatio műtéti paramétereinek tükrében.

3.1. Beválogatási és kizárási kritériumok

102 beteg 102 szemén végeztünk vizsgálatokat preoperatívan, majd a műtétet követő 1 napos, 1 hetes, 1 hónapos, 3 hónapos, 6 hónapos és 1 éves kontroll alkalmával. Minden kontroll alkalmával felvettük a látóélességet, ellenőriztük a szemnyomást, pupillatágítás és szemfenéki réslámpás vizsgálat történt. Valamennyi betegen a Lens Opacity Classification System III (LOCSIII) 1–6. fokozatú skáláját alapul véve osztályoztuk a szürkehályog súlyosságát (136). A műtét előtt és minden kontrollon SS-AS-OCT vizsgálat is készült pupillatágításban az Anterior készülékkel (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Németország). 82 beteg 82 szemén a phacoemulsificatio műtéti paramétereit is feljegyeztük további elemzés céljából. Ezeket a szemeket is preoperatívan, majd a műtétet követő 1 napos, 1 hetes, 1 hónapos, 3 hónapos, 6 hónapos és 1 éves kontrollok alkalmával történtek meg a fent felsorolt vizsgálatok.

A vizsgálatokból kizárásra kerültek azok a szemek, amelyek szaruhártya-, írisz- vagy lencsefejlődési rendellenességekkel rendelkeztek, fakodonézis vagy gyengén táguló pupilla állt fenn, illetve kizárási kritérium volt a korábbi bármilyen szemműtét. A beválogatott 120 szemből 1 esetben hátsó tokszakadás történt, 17 beteg pedig nem jött rendszeres ellenőrzésekre; ezeket a szemeket is kizártuk a vizsgálatból.

3.2. Műtéti eljárás

A műtéteket egy tapasztalt sebész végezte helyi érzéstelenítésben. A 2,7 mm-es clear cornea fősebet a temporális 180-0 fokban helyeztük el. Eseménytelen phacoemulsificatiót követően a tokba egytestű intraocularis műlencsét (IOL) ültettünk. Megatron S4 phaco készüléket (Geuder AG, Heidelberg, Németország) használtunk. A stop-and-chop technikát a következő paraméterekkel végeztük: 25 ml/perc áramlási sebesség, 300 Hgmm maximális vákuum, 70%-os maximális ultrahang energia, lineáris mód, infúziós palack magassága 70 cm. A kéreganyag irrigálása-aspirálás során a következő paramétereket használtuk: 23 ml/perc áramlási sebesség, 540 Hgmm maximális vákuum és 70 cm-es infúziós palackmagasság.

3.3. Intraoperatív adatgyűjtés

A következő 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-quantitatív, 1-től 4-ig terjedő skálán pontoztuk. A pontszámok meghatározása a következő algoritmus szerint történt: 1 = feszes zonula, azaz nincs visszalendülő utómozgás a magforgás során, stabil elülső csarnok mélység, nem látható hátsótok ráncolódás polírozás közben. 2 = közepesen gyenge zonula, azaz nincs visszalendülő utómozgás a magforgatás során, enyhe ingadozás a csarnok mélységében a műtét során, és enyhe hátsótok gyűrődés a polírozás során. 3 = gyenge zonula, azaz visszalendülő utómozgás a magforgása során, nagy ingadozás az elülsőcsarnok mélységében a műtét során, és erősen ráncolódó hátsótok polírozás közben. 4 = nagyon gyenge zonula, azaz a 3-as skálaérték alatt leírt jellemzők olyan súlyosak voltak, hogy a sebész tokfeszítő gyűrű beültetést tartott szükségesnek.

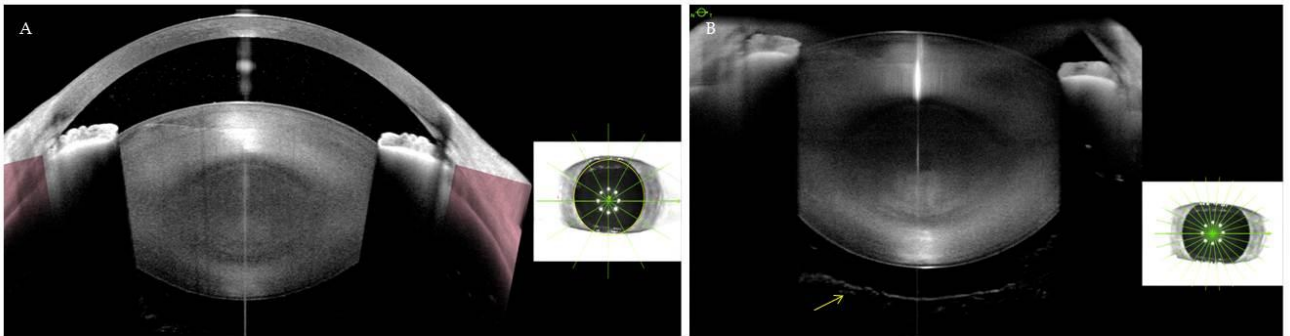
3.4. Képalkotás módszere

Preoperatíván műlencse tervezést végeztünk az Anterior Cataract Appjával, majd a Metrics App-ban és az Imaging Appban is rögzítettünk képeket.

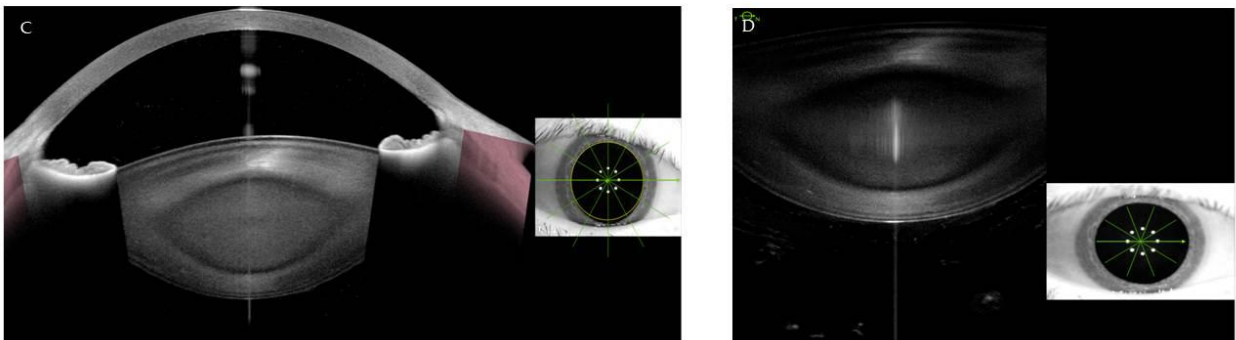
A Metrics App automatikus üzemmódja több, radiális B-scant készít 1300 nm hullámhosszú lézerefény segítségével. Az elkészített képek jól ábrázolják a szaruhártyát, az elülső csarnokot, a csarnokzugot, az íriszt és a lencsét, azonban a retrolentális tér láthatósága phakiás szemekben igen korlátozott, így a BS észlelhetősége is csupán esetleges, véletlenszerű. Az EH jelenlétét vagy hiányát az Imaging Appban ellenőriztük. Az automatikus üzemmód kikapcsolásával, manuális üzemmódban, a készüléket a szemhez közelebb tolva, mély és tiszta képeket lehet készíteni a vitreolenticuláris határfelületről. Az Imaging App használatának fent leírt módosítása saját felismerésünk, melyet saját vizsgálataink kezdete, azaz 2021 júliusa óta alkalmazunk. Időközben, 2023-ban Zicarelli és mtsai tollából megjelent egy közlemény, melyben a szerzők hasonló módszert alkalmaztak vitritiszes szemek elülső üvegtestének vizsgálatára. Az Imaging App módot ezáltal elsősorban a preoperatív képalkotásra használtuk, kiegészítő, ellenőrzési vizsgálatként. Az Imaging App manuális módjában sűrű mintázat kiválasztásával megbizonyosodtunk arról, hogy az automata üzemmódban látható hiperreflektív vonal nem a laza hátsó tok vagy csak egy üvegtesti szálcsa, hanem valójában az EH.

Az preoperatív módszert az 5. ábra mutatja.

Group 1

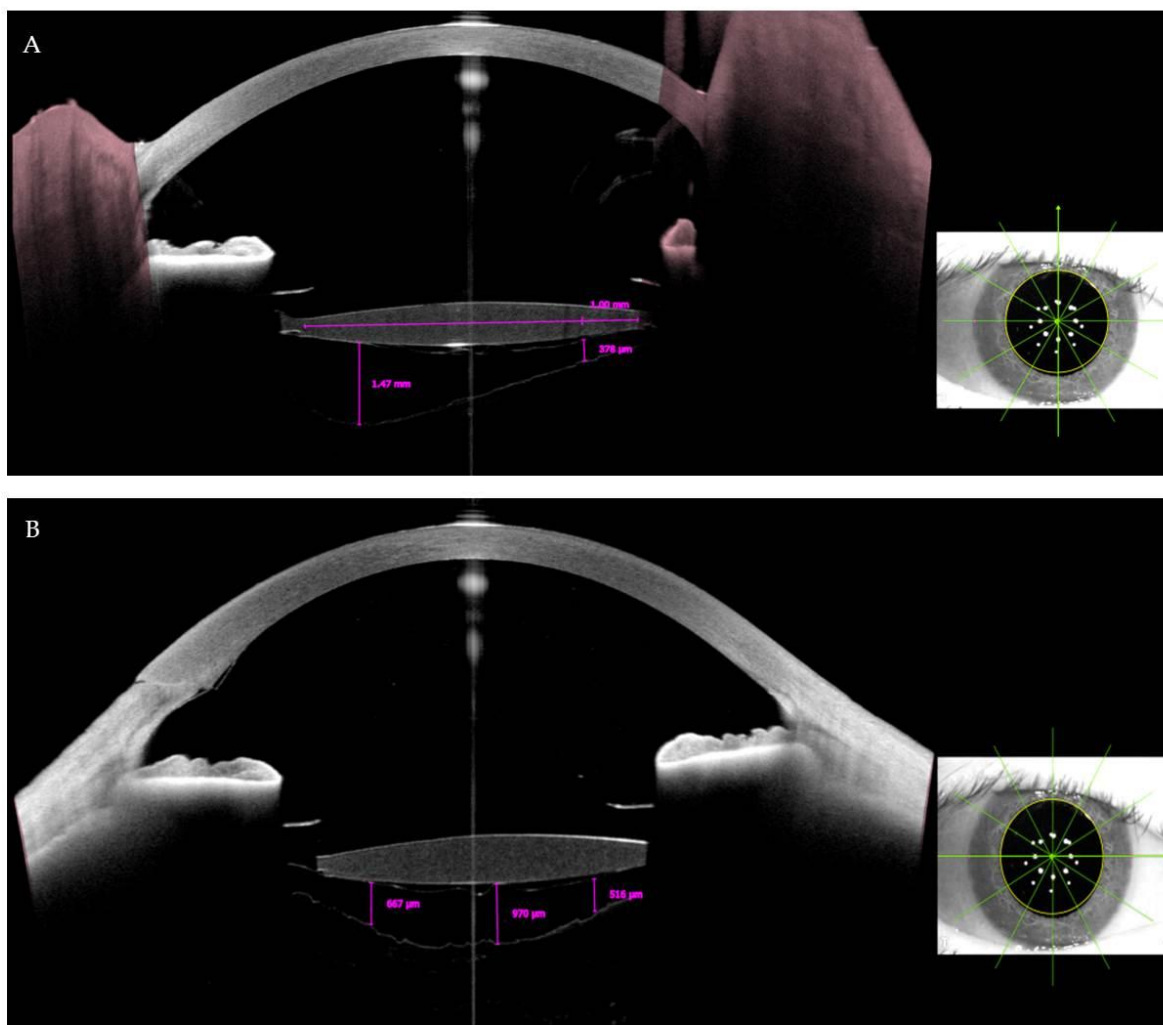


Group 2



5. ábra: Képkalkotó módszer. Preoperatív képek (A–D). 1. Csoport, Metrics App (A) nem detektálható EH-val és Imaging App (B) látható EH-val (sárga nyíl). 2. Csoport, Metrics App (C), Imaging App (D), nem detektálható EH.

A posztoperatíván mért távolságokat mikronban adtuk meg, melyhez a Metrics App automata üzemmódját használtuk az összes kontroll során. 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 metszet B-scanjeit 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 BS szélességét a legmélyebb ponton is (6. ábra).



6. ábra Posztoperatív mérések függőleges (A) és vízszintes (B) metszeteken

A legmélyebb pontot a következőképpen találtuk meg: megrajzoltuk a műlencse optikájának 6 mm-es tengelyét, amely összeköti a haptika kilépési helyeit. Ezt a tengelyt párhuzamosan eltoltuk az eredeti helyétől. Legmélyebb pontnak azt a legtávolabbi pontot neveztük, ahol az egyenes még érintette az EH-t. A távolságot az érintőre bocsátott merőlegessel adtuk meg. Azokban az esetekben, ahol egyeneses EH leválást vagy laza hátsó tokot láttunk, a távolságot több ponton is megmértük. A képeken a hátsó tok hiperreflektív, a műlencse alakját követő folyamatos vonalként jelenik meg. Ezzel szemben az EH vékonyabb, a hátsó toknál kevésbé reflektív, kissé szabálytalan vonal.

A fentiekben leírt módszer szerint minden kontroll alkalmával meghatároztuk a nazális és temporális, az alsó és felső 1 mm-es mélységet, valamint megadtuk a legmélyebb pontot is.

3.5. 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 hibavariációk 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 hibavariációja egyenlő a vizsgált csoportokban. A csoportok összehasonlítására Spearman-féle korrelációs elemzést végeztünk. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ értékre állítottuk be. Azokban az esetekben, amikor több hipotézis miatt volt szükség p-érték korrekcióra, a Bonferroni módszert alkalmaztuk a szignifikancia szint meghatározására. A mérések intraobserver különbségeinek tesztelésére ugyanaz a vizsgáló háromszor mérte meg a távolságot a hátsó tok és az EH között egy külön 20 szemből álló csoportban. Az ismételhetőséget a megfigyelőn belüli szórás (Sw), a teszt-újratest variabilitás (ismételhetőségi együttható, CoR) és a variációs koefficiens (CoV) segítségével írtuk le. A CoR-t Sw-szer 2,77-tel számítottuk. A CoV-t az Sw és a mérések százalékos átlagához viszonyított arányként számítottuk ki. Minden számítás a hat mérési pont adatain alapult. Sw 1,95 és 6,31 mikron között, CoR 5,41 és 17,49 mikron között, CoV 1,61 és 2,83 mikron között volt. Hasonlóképpen és külön az 1. csoport esetében ugyanaz a vizsgáló háromszor mérte meg a távolságot a tok és az EH között 18 szem esetében. Sw 15,68 és 32,87 mikron között, CoR 43,45 és 91,06 mikron között, CoV 2,9 és 5,4% között volt. Az ICC-k 0,968 és 0,996 között voltak.

A műtéti paraméterek adatainak feldolgozása során továbbá lineáris asszociációt is vizsgáltunk (lineáris-lineáris asszociáció) 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.

4. Eredmények

A szürkehályog műtét előtt és után SS-AS-OCT segítségével a prehyaloideális tér alakját és méreteit feltáró vizsgálsorozatban a vizsgált szemeket két csoportra osztottuk. Az 1. csoportba azok a szemek kerültek, ahol műtét előtt BS-t láttunk (N = 19), a 2. csoportba pedig azok, amelyeknél nem volt látható BS (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 szemét osztottuk, amelyek esetében egy év alatt egyszer sem láttunk BS-t az AS-OCT-n (N = 33).

Az EH preoperatíván 19 esetben volt detektálható a manuális üzemmód alkalmazással, 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.

4.1. Demográfiai eloszlás

Az 1. táblázat az életkor, a nem, a tengelyhossz (AL), az elülső csarnok mélység (ACD) és a lencsevastagság (LT) kiindulási eloszlását mutatja az 1., a 2A és a 2B csoportban. sd=standard deviáció, N=mintaszám

	1 (N=19)	2A (N=50)	2B (N=33)	p-érték
férfi (N; %)	3; 15,8%	14; 28,0%	9; 27,3%	0,559
nő (N; %)	16; 84,2%	36; 72,0%	24; 72,7%	
Életkor (átlag év ± sd)	71,7 ± 6,76	71,3 ± 8,94	64,0 ± 9,87	<0,001
Tengelyhossz (átlag mm ± sd)	22,98 ± 0,773	23,79 ± 1,671	25,26 ± 2,657	<0,001
Elülső csarnok mélység (átlag μm ± sd)	258,8 ± 43,95	270,0 ± 40,69	276,6 ± 39,38	0,326
Lencsevastagság (átlag μm ± sd)	4,617 ± 0,454	4,637 ± 0,469	4,753 ± 0,427	0,448

1. táblázat. A vizsgált betegek legfontosabb demográfiai adatai preoperatív. sd= standard deviáció

A vizsgálatban 26 (25,5%) férfi és 76 (74,5%) nő vett részt. Az 1. csoportba 3 (15,8%) férfi és 16 (84,2%) nő, míg a 2. csoportba 23 (27,7%) férfi és 60 (72,3%) nő tartozott. Nem volt statisztikailag szignifikáns korreláció a csoportok és a nemek eloszlása között.

Az átlagéletkor az 1. csoportban $71,68 \pm 6,75$ év, a 2. csoportban $68,39 \pm 9,94$ év volt, statisztikailag szignifikáns különbség nélkül. Az átlagéletkor a 2A csoportban $71,30 \pm 8,945$ év, míg a 2B

csoportban $63,97 \pm 9,87$ év volt. Statisztikailag szignifikáns különbség volt megfigyelhető a három csoport között (ANOVA, F: 7,785, $p = 0,001$). A páronkénti összehasonlítás során az 1 és 2B (Bonferroni korrigált $p = 0,01$), valamint a 2A és 2B csoportok (Bonferroni korrigált $p = 0,001$) közötti különbség is statisztikailag szignifikáns volt.

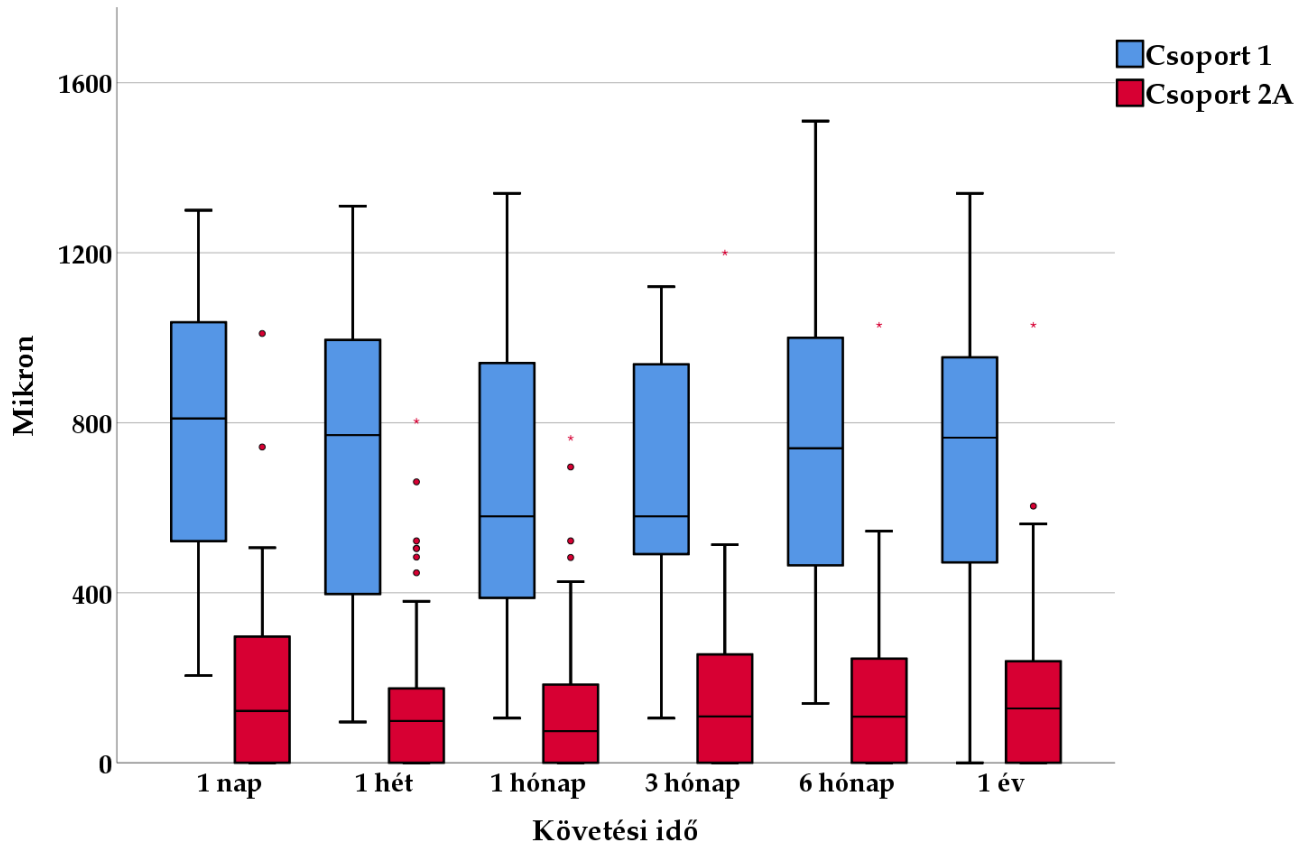
Az 1. csoportban az átlagos tengelyhossz $22,98 \pm 0,77$ mm, míg a 2. csoportban $24,38 \pm 2,22$ mm volt. A két csoport közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt (független t-próba; $t = -4,629$; $p < 0,001$). A 2A csoportban az átlagos tengelyhossz $23,79 \pm 1,67$ mm, míg a 2B csoportban $25,26 \pm 2,66$ 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 (Bonferroni korrigált $p = 0,003$) közötti különbség szintén statisztikailag szignifikáns volt.

Az elülső csarnok mélység az 1. csoportban $258,8 \pm 43,95$, a 2A csoportban $270,0 \pm 40,69$ és a 2B csoportban $276,6 \pm 39,38$ volt. Az ANOVA teszt eredményei szerint a csoportok között nem volt szignifikáns különbség ($p = 0,326$).

A lencsevastagság az 1. csoportban $4,617 \pm 0,454$, a 2A csoportban $4,637 \pm 0,469$ és a 2B csoportban $4,753 \pm 0,427$ volt. Az ANOVA teszt szerint a csoportok között nem volt szignifikáns különbség ($p = 0,448$).

4.2. A BS legmélyebb pontja vízszintes AS-OCT keresztmetszeti képen

A vízszintes keresztmetszeti felvételeken az első posztoperatív napon a BS legmélyebb pontja az 1. csoportban döntően nasalisán volt (68,4%), míg a 2A csoportban centrálisan (60,0%). A csoportok közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt ($p = 0,001$). A vízszintes meridián legmélyebb pontja átlagosan a posztop. első nap $782,5 \pm 324,1$ μm volt az 1. csoportban és $184,1 \pm 220,1$ μm a 2A csoportban. Egy esetben láttunk 220 μm -nál kisebb BS-t az 1. csoportban, és egyetlen, 700 mikronnál mélyebb BS volt a 2. csoportban. Az 7. ábrán láthatjuk a vízszintes keresztmetszeti képek átlagértékeit az egyes kontrollok alkalmával, egy éven át.

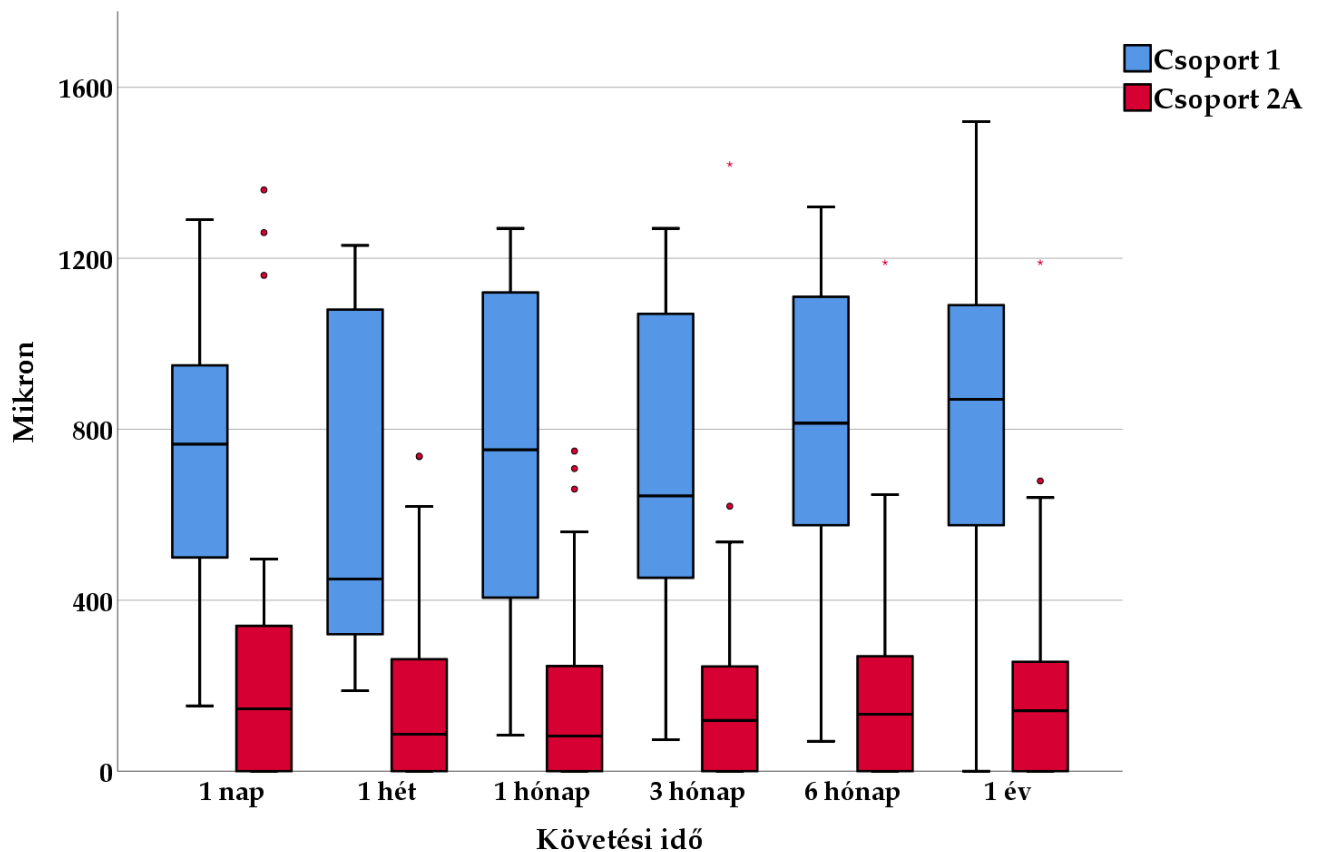


7. ábra. A BS legmélyebb pontjainak átlagértékei 1 év követési idő alatt vízszintes AS-OCT keresztmetszeti képen.

Az időbeli progressziót vizsgálva az 1. csoportban az átlagos mélységek változása statisztikailag szignifikáns volt ($p = 0,031$): az első napi kontroll statisztikailag szignifikánsan különbözött minden későbbi kontrolltól. A 2A csoportban nem volt statisztikailag szignifikáns változás a mélységben egy év alatt a különböző kontroll időpontokban.

4.3. A BS legmélyebb pontja vertikális AS-OCT keresztmetszeti képen

A függőleges AS-OCT képeket elemezve, a posztoperatív első napon az alsó régióban mértük a legmélyebbnek a BS-t (78,9%) az 1. csoportban, míg a 2A csoportban a centrálisan (50,0%). A csoportok közötti különbség statisztikailag szignifikáns volt ($p = 0,004$). Az egy éves követés alatt egy-egy csoporton belül nem láttunk statisztikailag szignifikáns változást a két csoport egyikében sem. A függőleges meridián legmélyebb pontjának átlagos mélysége az első posztoperatív napon $711,3 \pm 332,5$ um volt az 1. csoportban és $231,7 \pm 310,4$ um a 2A csoportban. Az egy év alatt végzett 6 kontroll vizsgálat adatait a 8. ábra mutatja.



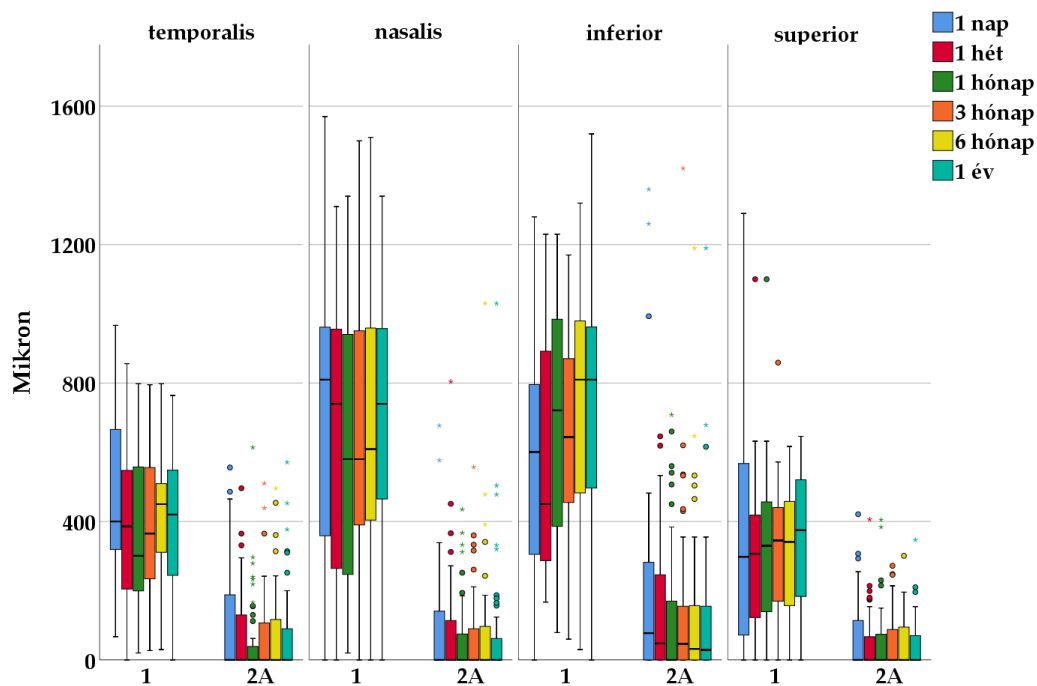
8. ábra. A BS legmélyebb pontjainak átlagértékei 1 év követési idő alatt függőleges AS-OCT keresztmetszeti képen.

A progressziót egy éven át követve, az átlagmélységek változása tekintetében nem mutatkozott statisztikailag szignifikáns változás sem az 1, sem a 2A csoportban (Friedman teszt, $p = 0,031$). A két csoport között minden időpontban szignifikáns különbség volt (Mann–Whitney teszt, Bonferroni korrigált $p < 0,008$).

4.4. Átlagos BS értékek a nasalis, temporalis, alsó és felső régiókban

A BS átlagos értékeit vizsgálva az 1. csoportban a Friedman-teszt nem mutatott statisztikailag szignifikáns változást a nasalis, temporalis, alsó vagy felső területeken az egyéves követési időszak alatt az első 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 változás. A Mann–Whitney teszt szignifikáns különbséget mutatott az 1 és 2A csoport között minden időpontban mind a négy területen – nasalis, temporalis, alsó és felsőben is ($p < 0,001$) (9. ábra).



9. ábra. A nasalis, temporalis, alsó és felső területek átlagos BS mélységének változása 1 éves követési idő alatt az 1. és a 2A csoportban.

A Spearman-féle korreláció minden időpontban csak a 2A csoportban mutatott statisztikailag szignifikáns összefüggést az alsó és felső területek között ($p < 0,05$), illetve statisztikailag szignifikáns korrelációt mutatott a nasalis és a temporalis területek között a 2A csoportban minden időpontban, az 1. csoportban pedig csak az első heti kontrollon ($p < 0,05$).

4.5. Az intraoperatív adatgyűjtés eredményei

Phakoemulsificatio során 82 beteg 82 szemén végeztünk intraoperatív adatgyűjtést(137). 21 (25,6%) férfi és 61 (74,4%) nő (átlagéletkor: 70,9 év) adatait értékeltük ki. Az operált szemek átlagos tengelyhossza 23,43 mm volt. A tapadó- vagy levált EH eseteinek számát a 2. táblázat foglalja össze.

	Preop.		1 nap		1 hét		3 hónap		1 év	
Tapadó EH	N=58	70,7%	N=37	45,1%	N=40	48,8%	N=35	42,7%	N=36	43,9%
EHL	N=24	29,3%	N=45	54,9%	N=42	51,2%	N=47	57,3%	N=46	56,1%

2. táblázat. A tapadó és levált EH százalékos arányának megoszlása preoperatív és az 1 napos, 1 hetes, 3 hónapos, valamint 1 éves kontroll során. EH=elülső üvegtesti határhártya, EHL=elülső üvegtesti határhártya leválás, N=esetszám

A capsulorhexis méretének, a hydrodissectiók számának, a zonulák gyengeségének és az LM-BS (igen vagy nem) értékeinek megoszlását a 3. táblázat mutatja be.

Capsulorhexis méret					
Méret (mm)	4	4,5	5	5,5	6
Esetek száma	6	24	41	9	1
Százalékban kifejezve	7,4%	29.,6%	50,6%	11,1%	1,2%

Hydrodissectio					
Hydrodissectiók száma	1	2	3	4	6
Esetek száma	48	24	5	4	1
Százalékban kifejezve	58,5%	29,3%	6,1%	4,9%	,.2%

Zonuláris rostok gyengesége				
Lazaság foka	feszés	közepesen laza	laza	nagyon laza
Esetek száma	14	53	11	4
Százalékban kifejezve	17,1	64,6	13,4	4,9

Műtét alatt LM-BS		
	igen	nem
Esetek száma	12	70
Százalékban kifejezve	14,6%	85,4%

3. táblázat. A phakoemulsificatio során regisztrált paraméterek megoszlása. LM-BS = lencséből származó anyag a Berger-térben

A szignifikáns összefüggéseket a kontrollokra lebontva tárgyaljuk.

Posztoperatív 1 napos kontroll:

Szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető a posztoperatív 1 napos EHL és a növekvő fokú zonula gyengeség között ($p = 0,023$). A CDE szignifikánsan magasabb volt az 1 napos posztop. EHL csoportban (t-teszt: $p = 0,005$).

1 hónapos kontroll:

Szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető az 1 hónapos kontrollon látott 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 ($p = 0,026$).

3 hónapos kontroll:

Szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető a 3 hónapos kontrollon látható EHL és a nagyfokú magkeménység között ($p = 0,014$), és szignifikáns lineáris trend volt megfigyelhető 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.

1 éves kontroll:

Az 1 éves kontrollon EHL és a nagyfokú magkeménység között szignifikáns lineáris trendet figyeltünk meg ($p = 0,015$), és szignifikáns lineáris trendet találtunk a fokozódó zonula gyengeség és a látható EHL ($p = 0,024$). A magasabb CDE (t-teszt: $0,002$) és a magas folyadék felhasználás (t-teszt: $0,014$) korrelált az 1 éves EHL-al.

A capsulorhexis mérete, a hydrodissectiók száma és az ultrahangos idő egyetlen időpontban sem mutatott szignifikáns korrelációt az EHL-al.

Az intraoperatív paraméterek és az LM-BS jelenléte közötti összefüggések a következők voltak:

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.

5. Megbeszélés

5.1. A vitreolenticularis határfelszín változása eseménytelen phacoemulsificatiót követően

A vitreoretinális határfelszín AS-OCT-n való megítélését, így a Berger-tér és az EH láthatóságát sok faktor befolyásolhatja. A felvétel készítésének körülményei, az elülső szegmens állapota, a lencse denzitása, az életkor, a bulbushossz. A szakirodalomban fellelhető közlések különböző arányú preoperatív BS-ről számolnak be: míg Zang és mtsai. 0,9%-ban (78), Lin és mtsai. 3,4%-ban (73), Mori és mtsai. 8,1%-ban (76) talált mütét előtt BS-t. Saját vizsgálatunkban jelentősen nagyobb arányban, 18,6%-ban találoztunk preoperatív BS-el. Lin és mtsai. egy különálló vizsgálatában iOCT módszerrel 2,5 %-ban láttak EHL (75). A szürkehályog mütétre beválogatott betegek kora hasonló volt a felsorolt vizsgálatokban: 66,0, 65,0, 70,1 és 69,0 év. Az aránybeli különbségek mindazonáltal valószínűleg annak tudhatók be, hogy a vizsgálat körülményei a különböző tanulmányokban nem voltak azonosak. Lin nem nevezte meg az AS-OCT típusát (73), Mori CASIA2 (Tomey, Nagoya, Japan) „deep-range” SS-AS-OCT-t használt (76). Saját munkacsoportunkhoz hasonlóan Zang (78) az Anterior készüléket alkalmazta, azonban a felvételeket a Metrics App automata módban készítette. Ezzel szemben mi a Mertrics App mellett az Imaging App manuális beállítását is alkalmaztuk a retrolentáris tér biztos megjelenítésére és megítélésére.

Az Anterior Imaging App manuális beállítással való alkalmazását vitritiszes szemben ugyan Zicarelli és mtsai leírták (138), de mi voltunk az elsők, akik Zicarelliéktől függetlenül, és velük egy időben normál szemeken rutinszerűen alkalmaztuk ezt a módszert. További szempont, hogy Lin nem nyilatkozott a pupillatágításról, Zang a pupilla tágítása nélkül vizsgált, Mori és mtsai. pedig kitágították a pupillákat vizsgálat előtt. Habár Mori szerint az EH detektálhatósága nem függ a lencse opacitás mértékétől (LOCS grade) (76), saját vizsgálatunkban alapkövetelmény volt minden betegnél a pupillatágítás, mivel saját tapasztalatunk szerint a lencse állapota mellett az írisz is befolyásolhatja az egyébként is nehezen megítélhető vitreolenticularis határfelszín láthatóságát. Míg Mori és mtsai. vizsgálatában az idősebb életkorra jellemzőbb volt az ábrázolódó BS, saját tanulmányunkban nem találoztunk statisztikailag szignifikáns különbséget a preoperatív kimutatható BS-sel rendelkező betegek (1. csoport), és a preoperatív nem ábrázolható BS-sel bíró betegek (2. csoport) átlagéletkorában. 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 predisponál EHL-ra, sőt, preoperatívan minél hosszabb volt egy szem, annál valószínűbb volt az EH tapadása ($p < 0,001$). Ez a kérdés további vizsgálandó igényel.

Ismert tény, hogy a phacoemulsificatio hatással van a BS-re (71-76, 78, 139). Bizonyos esetekben iOCT-vel nyitott BS-t lehet látni, amely térben műtét közben hiperreflektív anyagok is lebeghetnek (71-73, 75, 139); vagy akár az EH körkörös megszakadása is létrejöhet (75). Anisimova és mtsai. phacoemulsificatio utáni egyhetes kontrollon a 82%-ban nyitottnak látták a BS-t (72). Vael és mtsai. 63%-os EHL-ről számoltak be bag-in-the-lens beültetését követően (74). Az egy hónapos kontrollokra vonatkozóan Lin 27,7 %-ban (73), míg Zhang 19,7%-ban (78) azonosítottak látható BS-t.

Vizsgálatunk célja: a cataractás, de egyebekben egészséges szemek vitreolenticuláris határfelületének vizsgálata volt saját lencsés állapotban, továbbá az elülső határfelület viselkedésének megfigyelése a műtétet követő egy éven át. A korábbi szakirodalomban hasonló megfigyelésről nem számoltak be. Az egy év alatt gyűjtött képeken feltűnő különbség rajzolódott ki a két vizsgálati csoport elülső határfelület anatómiájában. A preoperatívan 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 határhártyát csak posztoperatívan detektáltunk, az EH csupán 140-180 μm -ra távolodott el a hátsó toktól. Ez a különbség minden időpontban statisztikailag szignifikáns volt, akárcsak 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. Az 1. csoportban egyetlen szemben a BS virtuálissá vált az egy éves kontrollra, minden más esetben az EHL a leírt szabályt követte.

A BS-t definíció szerint a Wieger-szalag körkörös határolja, mely szalag által a lencse hátsó tokja és az elülső üvegtesti határhártya összetapad. Ezért azokban az esetekben, amikor a Wieger-szalag szakaszosan vagy teljesen leszakad, és az EH nem az eredeti anatómiai pozícióját foglalja el, már nem korrekt a Berger-tér fogalom használata. Ezekben az esetekben elülső üvegtesti határhártya leválás vagy röviden EHL használata javasolt. Az 1. csoport eseteiben a posztoperatív képeken BS-t nem is látunk sem a vízszintes, sem pedig a függőleges irányú OCT képeken, az EHL a korrekt megközelítés.

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. Egyetlen eset kivétel, ahol az átlagos mélységeket 647-1000 um között mértük, és az EH-t körkörösén leválva találtuk.

A vertikális irányú OCT felvételeken az 1. csoportban az EH az alsó régióban mutatta a legnagyobb mértékű eltávolodást, melynek a mértéke ugyan csökken a korai posztoperatív időszakban, de a késői kontrollokra újra eltávolodik a határhártya a hátsó lencsetoktól. A 2A csoport esetében a függőleges irányú képek a vízszintes keresztmetszeti felvételekhez hasonló lefutású változást mutatnak.

A fent részletezett adatok értelmében a betegek egy évi követése alatt az AS-OCT képeken látottak és mért adatok alapján egy vitreolenticularis határfelszín dinamika rajzolódott ki.

Mindazonáltal láthatjuk, hogy ez a mechanizmus kissé különbözőképpen zajlik a két csoportban. Ennek legfőbb oka, hogy a preoperatíván levált határhártya műtét után már nem tud visszarendeződni a hátsó tok közvetlen közelébe. Joggal feltételezhetjük tehát, hogy a jelenség a Wieger-szalag tapadása vagy leválásának függvénye. A Wieger ligamentumot, erre tett ismételt kísérletünk ellenére sem tudtuk AS-OCT-n ábrázolni, finom szerkezete és az írisz által árnyékolta, perifériás elhelyezkedése miatt. Ezért a szalag helyzetére indirekt módon következtettünk a prehyaloideális tér alakjából.

Az 1. csoportban a legmélyebb pont tipikus helye vízszintes metszeten a nasalis, függőleges metszeten az alsó régió volt. A preoperatív képeken a lencse mögött elsősorban a centrális részben láthatjuk az EH-t, mivel a nagy átmérőjű cataractás lencse akadályozza a pontos perifériás képalkotást. Így nem tudjuk, hogy preoperatíván 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 látható. A posztoperatív esetek legnagyobb részében egy kis megnyílt BS-t látunk, és a határhártya hátsó toktól mért távolsága háromszor kisebb az 1. csoportban mért értékeknél, illetve a 2B csoport esetében a BS virtuális maradt. Amennyiben preoperatíván a perifériás, nem látható tartószerkezetek épek, a műtét okozta átrendeződés kisebb mértékű lesz. Joggal feltételezhetjük tehát, hogy a relatíve nagyméretű eltávolított lencse mögött hagyott „űr” az első posztoperatív napon nem veszi fel a végleges állapotát a relatíve vékony mülencse

mögött, sőt mélysége még az első hónapra sem lesz definitív. Természetesen ezt az elméletet kórszövettani elemzéssel is alá kell támasztani.

Továbbá a 2A csoportban Spearman-féle korrelációval igazolhatóan az alsó és felső régió értékei, illetve a nasalis és temporalis régió értékei együtt változnak, minden kontroll időpontban ($p < 0,05$). Ezt az összefüggést azonban az 1. csoport esetében csak az első heti méréseknél lehet észrevenni ($p < 0,05$). Sem az üvegtest, sem pedig az EH nem egy merev anatómiai képlet. 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. A 2A csoportban a lassú, szimmetrikus visszarendeződés azt mutatja, hogy a vitreolenticularis határfelszín finom tartóstruktúráinak bizonyos fokú funkcionalitása még megtartott a műtét utáni időszakban.

Észrevettük, hogy a preoperatív és a posztoperatív EHL is összefüggésben van a bulbushosszal. Az 1. csoport átlagos tengelyhossza a normál tartományban volt, de statisztikailag szignifikánsan rövidebbek voltak ezek a szemek, mint a 2. csoportba sorolt bulbusok. Az adatbázisunkban előforduló 26 nagyfokú tengely-myopiás szem ($AL > 26,0$ mm, tartomány: 26,02-33,02 mm) mindegyike a 2A csoportba került, vagyis egyetlen hosszú tengelyű szemben sem lehetett preoperatív EHL-t látni. Ezen felül, a 2B csoport szemei szignifikánsan hosszabbak voltak, mint a 2A csoportban található szemek. Ebből következően joggal feltételezhetjük, hogy a posztoperatív EHL is összefügg a bulbushosszal. A preoperatív tapadó EH a sok esetben nem vált le a hosszabb szemekben, a relatíve rövidebbek esetében viszont igen. Szem előtt tartva, hogy a HHL a fiatal myopiás szemekben bizonyítottan korán megtörténik (69), feltételezhetnék egy ezzel párhuzamos, hasonló folyamat meglétét az EHL-ra vonatkozóan. Saját vizsgálatunkban a nagyfokú myopiás betegek átlagéletkora 54 év volt. Ezen betegek több mint felének még egy év után sem alakult ki EHL. A fent észleltekre több magyarázatot is találtunk. Nem tartjuk valószínűnek az egyébként egyszerű és kézenfekvő párhuzamosságot a HHL és EHL mechanizmusa között. Azt gondoljuk, hogy az elülső vitreus és a hátsó vitreus öregedési folyamatai nem egyformán zajlanak. Bizonyított tény, hogy idősebb korban illetve a myopiás szemeken a HH leváláskor az üvegtest elfolyósodása megy végbe, meggyengítve a hátsó üvegtesti cortex és az ILM kapcsolatát (140). Meglátásunk szerint az adott anatómia miatt az üvegtest elfolyósodása az elülső üvegtestben eltérő mechanikai hatással bír. Másrészt a myopiás szemekben a bulbus megnyúlás folyamatában a sclera átalakul, a vastagságbeli csökkenést szenved el, legmarkánsabban a hátsó póluson, kevésbé érintve az ora serrata és az ora serrata előtti

területeket (141); ezáltal a terhelés kevésbé érinti az elülső vitreus határait, és kisebb valószínűséggel sürgeti az EHL-t.

5.2. A phacoemulsificatio paramétereinek hatása a vitreolenticularis határfelzínre

Weidle 1986-ban elsőként jelenítette meg a BS-t. Viscoelasticus anyag befecskendezésével sikerült szeparálnia az elülső üvegtesti határhártyát a hátsó toktól, és ilyen módon gond nélkül tudott posterior capsulotomiát végezni (61). Ezt az módszert fejlesztette tovább Tassignon és mtsai., akik a posterior capsulorhexist rutinszerűen alkalmazták bag-in-the-lens implantatiónál (142). 2016-ban Tassignon és Ghubhghaill iOCT-vel jelenítette meg phacoemulsificatio közben az EH. Azt feltételezték, hogy a BS egy valós anatómiai tér, melynek élettani szerepe van és ezt védeni kell (71). 2017-ben Masuda és mtsai. egy irrigációs dinamikus nyomással segített hidrodisszekciós technika alkalmazását javasolták, amely megakadályozza a nagynyomású hidrodisszekcióval kapcsolatos szövődeményeket, például a capsular block syndrome-t és az EH szakadását a szürkehályog műtét során (143). 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, mint például az Active Centry (Alcon Inc., Fort Worth, Texas, USA) megelőzhető (77). Ezek a példák azt mutatják, hogy érdemes a lehető legszélesebb körben megvizsgálni, hogy mely phacoemulsificatio paraméterek hajlamosak az EHL előidézésére. Vizsgálatunkban szignifikáns lineáris trendet figyeltünk meg a látható EHL és a zonularis gyengeség között ($p \leq 0,024$) minden kontroll alkalmával. A magas CDE korrelált az EHL-al minden követési időpontban (t-teszt: $p \leq 0,005$). Hasonlóképpen, EHL-t figyeltünk meg 1 hónapos, 3 hónapos és 1 éves utánkövetéskor fokozott magsclerosis ($p \leq 0,044$) és magas folyadékfogyasztás esetén ($p \leq 0,021$). Ezzel szemben a capsulorhexis méretének, a hidrodisszekciók számának és a teljes műtéti időnek a hatása nem mutatott szignifikáns összefüggést az EHL-al. Szám szerint öt közlemény is foglalkozik a különböző phacoemulsificatio paraméterek hatásával a posztoperatív EHL-ra vonatkozóan (73, 75-78). E vizsgálatok eredményeit a 4. táblázat foglalja össze.

	CDE	UH idő	telj. műt. idő	I/A idő	foly. felh.	irr. ny.	inf. ny.	zon. lazaság	NCG	LT	AL	CP	CC
Lin és mtsai.	igen	-	-	-	-	-	-	igen	-	-	-	-	-
Lin és mtsai.	igen	nem	-	igen	nem	-	-	-	nem	-	-	-	-
Zhang és mtsai.	-	-	igen	-	-	igen	-	-	-	nem	nem	-	-
Mori és mtsai.	-	-	-	-	-	-	-	-	nem	-	igen	igen	nem
Scarfone és mtsai.	-	-	-	-	-	-	igen	-	-	-	-	-	-

4. táblázat: A phacoemulsificatio és a szürkehályogos szem jellemzőinek és különböző paramétereinek hatása a posztoperatív vitreolenticuláris tér viselkedésére korábbi szerzők vizsgálataiban. Igen: látható BS/elülső hyaloid membrán (BS/EH) vagy posztoperatív elülső üvegtesti leválás (EHL). Nem: láthatatlan BS/EHL vagy nincs posztoperatív EHL. Rövidítések: BS=Berger-tér, EH=elülső üvegtesti határhártya, EHL= elülső üvegtesti határhártya leválás, CDE=összes leadott ultrahang energia, UH idő=ultrahang működési ideje, telj. műt. idő=teljes műtéti idő, I/A idő=irrigálás-aspirálás időtartama, foly. felh.=folyadékfelhasználás, irr. ny.=irrigációs nyomás, inf. ny.=infúziós nyomás, zon.=zonula, NCG=magkeménység foka, LT=lencse vastagság, AL=tengelyhossz, CP=cornea törőereje, CC=cornea cylindere.

Tapasztalataink megegyeznek az ide vonatkozó szakirodalommal, miszerint a zonula lazaság (73), az átlagosnál nagyobb ultrahanghasználat (73, 75, 78), a nagynyomású infúzió (77, 78) és a magasabb CDE (75) hajlamosít EHL-ra. A korábbi összehasonlítások nem találtak szignifikáns összefüggést az EHL, valamint a fokozott magkeménység és a nagy mennyiségű folyadékfogyasztás között (75, 76); mi azonban azt találtuk, hogy mindkét paraméter szignifikánsan korrelált az EHL-al a kontrollok többségén. Valószínűnek tartjuk, hogy a mérési módszerek különbözősége miatt nem egyeznek meg saját adataink a korábban publikáltakal. Azt találtuk, hogy az intraoperatív kockázati tényezőkhöz kapcsolódó EH leválás nem változott

az 1 éves követési idő alatt. Vael és mtsai. az életkort az EHL kockázati tényezőjeként azonosították. Modelljük megállapította, hogy az EHL esélye 5,3%-kal nőtt a betegek életkorának minden évében a szürkehályogos betegek csoportjában (78). Érdemes lenne megvizsgálni, hogy ez a megállapítás a phacoemulsificatio utáni populációra is érvényes-e. Ez a probléma egy évnél jóval hosszabb nyomon követési időszakot igényel. Jelenlegi ismereteink szerint továbbra sem teljesen tisztázott, mennyire fontos, hogy a phacoemulsificatio során lehetőség szerint őrizzük meg a vitreolenticularis határfelszín integritását. Egyetértünk ugyanakkor Tassignon elméletével, miszerint a 8-9 mm-es gyűrű alakú Wieger-szalagban összegyűlő folyadék szinoviumként működhet, elősegítve a lencse alkalmazkodását (71). A tapadó EH szerepet játszhat a posztoperatív refrakció gyorsabb stabilizálódásában is. Mori és mtsai. arról számoltak be, hogy a posztoperatív refrakció becslése kevésbé volt pontos azoknál a szemeknél, ahol a phacoemulsificatio után EHL volt látható (76).

A vitreolenticularis tér egységének megbontása segíti a különböző mikrobák és gyulladásozó mediátorok zonulán keresztül történő diffúzióját a BS-be, következésképpen növelve a vitritis, makulaödéma és endophthalmitis kockázatát. Különböző források szerint 2,0-25,0%-ban tenyésztethető ki baktérium az elülső csarnokból phacoemulsificatio után, bár a perioperatív aszepszis és antiszepszis alapvető szabályait szigorúan betartották (144-146). Fontosnak tartjuk ezért, 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. A sebészek gondosan be tudják majd állítani a palack magassága és az áramlási sebesség közötti arányt a kiegyensúlyozott állapot elérése érdekében, ami növelheti a folyadékkeringés stabilitását és a biztonságot a műtét során. Gyakorlati szempontból, ha már műtét előtt tudjuk, hogy a betegnek preformált BS-e van, esetenként megfontolhatjuk a hátsó capsulorhexis elkészítését is. A későbbiekben akár rutinszerű vizsgálattá válhat ezért a preoperatív BS keresése. Ugyancsak fontos, hogy a CDE-t és a folyadékfelhasználást megfelelően csökkenteni kell azoknál a szürkehályogos betegeknél, akiknek zonula gyengesége van, például magas myopiás és pseudoexfoliációs szindrómában szenvedő betegeknél a zonularis rostok károsodásának mérséklése és az EHL előfordulásának csökkentése érdekében.

Az LM-BS a szakirodalom szerint azaz állapot, amikor a lencse anyagának lemorzsolódását különböző módszerekkel vizualizálni tudjuk szürkehályog műtét során a BS-ben. Ez történhet iOCT-vel, illetve az LM-BS operáló mikroszkóppal is könnyen észlelhető, mivel jellegzetes képe van (71-75). Az LM-BS ezentúl posztoperatív is kimutatható AS-OCT segítségével (72, 75). Saját észleléseink megegyeznek Anisimova és mtsai. (72), valamint Lin és mtsai. (75)

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 vitreolenticuláris anatómia integritásának meghibásodását 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.

5.3. Új eredmények

1. Az Anterior automatikus üzemmódjának kikapcsolásával, manuális üzemmódban sikerült egy új, rutinszerűen alkalmazható SS-AS-OCT eljárást kidolgozni.
2. Elsőként a szakmában, eseménytelen phacoemulsificatio után nagy betegcsoporton, prospektíve 1 éven át követtük a BS és EHL változását a posztoperatív szakban.
3. Megállapítottuk, hogy valamennyi posztoperatív kontroll alkalmával szignifikáns különbség van a BS mélységében a preoperatív már EHL-t mutató betegcsoport, és a között a betegcsoport között, ahol a EHL phacoemulsificatiót követően alakult ki.
4. Elsőként igazoltuk, hogy más műtéti paraméterek mellett a magkeménység és a folyadékfelhasználás is szignifikánsan korrelál a posztoperatív EHL-al mind a korai, mind a késői posztoperatív szakban.
5. Elsőként igazoltuk, hogy laza zonula és nagyobb intraoperatív folyadékfelhasználás esetén szignifikánsan nagyobb eséllyel találunk intraoperatív lencseanyagot a BS-ben.

6. Összefoglalás

A vitreolenticularis határfelszín és az elülső üvegtesti határhártya viselkedését phacoemulsificatio kapcsán csak nemrégiben kezdték tanulmányozni. Ennek egyik oka az volt, hogy a fenti terület megjelenítésére alkalmas eszköz sokáig nem állt rendelkezésre. Az igazi áttörést ezen a területen az elülső szegmens OCT technika, és ezen belül is az swept source elülső szegmens OCT fejlődése hozta meg. Vizsgálataink során elülső szegmens swept-source OCT-t használva kifejlesztettünk egy jól reprodukálható, megbízható mérési eredményeket adó módszert az elülső üvegtesti határhártya ábrázolására mind saját lencsés, mind műlencsés szemeken. 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. 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 folyadékfelhasználás 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, ami biztos jele a Wieger-szalag sérülésének. Megfigyeléseinkre alapozva tudatosabban választhatjuk meg a phacoemulsificatio műtéti paramétereit, finomíthatjuk műtéti technikánkat. Eredményeinkre támaszkodva követhetjük a vitreoretinalis interfész posztoperatív állapotát, és ez jó alapot adhat nekünk további funkcionális vizsgálatok kivitelezésére.

7. Summary

The behaviour of the vitreolenticular compartment and the anterior vitreous membrane after phacoemulsification has only recently begun to be studied. One reason for this was that a suitable device for imaging the above area was not available for a long time. The real breakthrough in this field was brought by the development of the anterior segment OCT technique, and within this, swept source anterior segment OCT. In our studies, we developed a method that provides highly reproducible, reliable measurement results using anterior segment swept-source OCT to image the anterior vitreous membrane in eyes with native lenses and also in pseudophakic eyes. For the first time in the field, we prospectively followed the changes in the Berger space and the anterior vitreous membrane in a large group of patients after uneventful phacoemulsification for 1 year in the postoperative period. At all postoperative controls, we found a significant difference in the depth of the Berger space between the group of patients with preoperative anterior vitreous detachment and the group of patients whose anterior vitreous detachment developed only after phacoemulsification. We demonstrated that the adhesion and detachment of the anterior vitreous after phacoemulsification is highly dependent on certain preoperative anatomical factors, the age of the patient, and the surgical parameters used during cataract surgery. We demonstrated that, in addition to other surgical parameters, nuclear sclerosis and fluid consumption are also significantly correlated with postoperative anterior vitreous detachment in both the early and late postoperative periods. We were the first to describe that in the case of a loose zonula and greater intraoperative fluid use, there is a significantly higher chance of finding intraoperative lens material in the Berger space, which is a sure sign of injury to the Wieger's ligament. Based on our observations, we can more consciously choose the surgical parameters of phacoemulsification and refine our surgical technique. Based on our results, we can follow the postoperative state of the vitreoretinal interface, and this can give us a good basis for performing further functional examinations.

8. Tárgyszavak

elülső üvegtesti határhátya, üvegtest, Berger-tér, phacoemulsification, vitreolenticularis határfelszín, elülső határfelszín

anterior hyaloid membrane, vitreous body, Berger's space, phacoemulsification, vitreolenticular interface, anterior interface

9. Irodalomjegyzék

1. Sebag J WRG. Vitreous and Vitreoretinal Interface. Fifth ed. Stephen J. Ryan SRS, David R. Hinton, Andrew P. Schachar, Srinivas R. Sadda, C.P. Wilkinson, Peter Wiedemann, Andrew P. Schachar, editor: Elsevier; 2013.
2. Elekes A, Vamosi P. Our knowledge of the anterior vitreous membrane and the vitreolenticular interface. *Szemészet*. 2025;162(1):2-13.
3. Eyre DR, Apon S, Wu JJ, Ericsson LH, Walsh KA. Collagen type IX: evidence for covalent linkages to type II collagen in cartilage. *FEBS letters*. 1987;220(2):337-41.
4. Balazs EA. Hyaluronan as an ophthalmic viscoelastic device. *Current pharmaceutical biotechnology*. 2008;9(4):236-8.
5. Szirmai JA, Balazs EA. Studies on the structure of the vitreous body. III. Cells in the cortical layer. *AMA archives of ophthalmology*. 1958;59(1):34-48.
6. Schmut O, Mallinger R, Paschke E. Studies on a distinct fraction of bovine vitreous body collagen. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 1984;221(6):286-9.
7. Bishop PN, Crossman MV, McLeod D, Ayad S. Extraction and characterization of the tissue forms of collagen types II and IX from bovine vitreous. *The Biochemical journal*. 1994;299 (Pt 2)(Pt 2):497-505.
8. Bhatta IA, Kim SY, McLeod DS, Merges C, Fukai N, Olsen BR, et al. Localization of collagen XVIII and the endostatin portion of collagen XVIII in aged human control eyes and eyes with age-related macular degeneration. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2004;45(5):1544-52.
9. Ohlmann AV, Ohlmann A, Welge-Lüssen U, May CA. Localization of collagen XVIII and endostatin in the human eye. *Current eye research*. 2005;30(1):27-34.
10. Cain SA, Morgan A, Sherratt MJ, Ball SG, Shuttleworth CA, Kielty CM. Proteomic analysis of fibrillin-rich microfibrils. *Proteomics*. 2006;6(1):111-22.
11. Ferrell Ramos M AM, Stern ME, Brassard JA, Kim AS, Matsumoto S, Vangyi C. Safety Evaluation of Ocular Drugs. Second ed: Academic Press, Elsevier.; 2017.
12. Kim H, Robinson SB, Csaky KG. Investigating the movement of intravitreal human serum albumin nanoparticles in the vitreous and retina. *Pharmaceutical research*. 2009;26(2):329-37.
13. Comper WD, Laurent TC. Physiological function of connective tissue polysaccharides. *Physiological reviews*. 1978;58(1):255-315.
14. Ophthalmology AAo. Basic Clinical and Science Course Section 12.
15. Gal-Or O, Ghadiali Q, Dolz-Marco R, Engelbert M. In vivo imaging of the fibrillar architecture of the posterior vitreous and its relationship to the premacular bursa, Cloquet's canal, prevascular vitreous fissures, and cisterns. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 2019;257(4):709-14.
16. Schaal KB, Pang CE, Pozzoni MC, Engelbert M. The premacular bursa's shape revealed in vivo by swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2014;121(5):1020-8.
17. Polak BC, Ringens PJ, Worst JG. Physiological vitreous changes may contribute to the pathogenesis of macular degeneration. *Acta ophthalmologica*. 2012;90(8):e652-3.
18. Eisner G. [Gross anatomy of the vitreous body (author's transl)]. *Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie Albrecht von Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology*. 1975;193(1):33-56.
19. G. W. Über den Canalis Petiti und ein 'Ligamentum Hyaloideocapsulare': Université de Strasbourg; Strasbourg, France; 1883.
20. Swann DA. Chemistry and biology of the vitreous body. *International review of experimental pathology*. 1980;22:1-64.
21. Duke-Elder S C, C., St. Louis: C. V. Mosby. Normal and abnormal development. S D-E, editor1963. 141-54 p.
22. Balazs EA, Toth LZ, Ozanics V. Cytological studies on the developing vitreous as related to the hyaloid vessel system. *Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie Albrecht von Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology*. 1980;213(2):71-85.
23. Sang DN. Embryology of the vitreous. Congenital and developmental abnormalities. *Bulletin de la Societe belge d'ophtalmologie*. 1987;223 Pt 1:11-35.
24. van der Zypen E, Fankhauser F. [Ultrastructure of the hyaloid canal and its retraction during gestation (author's transl)]. *Klinische Monatsblätter fur Augenheilkunde*. 1982;180(5):329-32.
25. Balazs EA. Fine structure of the developing vitreous. *International ophthalmology clinics*. 1975;15(1):53-63.

26. Balazs EA, Toth LZ, Eckl EA, Mitchell AP. Studies on the Structure of the Vitreous Body. Xii. Cytological and Histochemical Studies on the Cortical Tissue Layer. *Experimental eye research*. 1964;3:57-71.
27. Albrecht M, Eisner G. The hyalo-capsular zonula. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 1982;218(2):88-92.
28. Rosen E. Zonulo-hyaloidea ligament. *Ann Ophthalmol*. 1970;2:857-62.
29. Rohen JW, Rentsch FJ. [Architecture and function of the human zonula ciliaris. Morphological principles for a new theory of accommodation]. *Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie Albrecht von Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology*. 1969;178(1):1-19.
30. Ko MK, Chi JG, Chang BL. Hyaloid vascular pattern in the human fetus. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus*. 1985;22(5):188-93.
31. Luty GA, McLeod DS. Development of the hyaloid, choroidal and retinal vasculatures in the fetal human eye. *Progress in retinal and eye research*. 2018;62:58-76.
32. Halfter W, Dong S, Dong A, Eller AW, Nischt R. Origin and turnover of ECM proteins from the inner limiting membrane and vitreous body. *Eye*. 2008;22(10):1207-13.
33. Halfter W, Winzen U, Bishop PN, Eller A. Regulation of eye size by the retinal basement membrane and vitreous body. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2006;47(8):3586-94.
34. Ihanamaki T, Pelliniemi LJ, Vuorio E. Collagens and collagen-related matrix components in the human and mouse eye. *Progress in retinal and eye research*. 2004;23(4):403-34.
35. Halfter W, Dong S, Schurer B, Ring C, Cole GJ, Eller A. Embryonic synthesis of the inner limiting membrane and vitreous body. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2005;46(6):2202-9.
36. Aliyar HA.; Foster W. HP, Ravi N. Towards the development of an artificial human vitreous. *Polymer Prepr*. 2004;45:469-70.
37. Grus FH, Joachim SC, Pfeiffer N. Proteomics in ocular fluids. *Proteomics Clinical applications*. 2007;1(8):876-88.
38. Bishop PN. Structural macromolecules and supramolecular organisation of the vitreous gel. *Progress in retinal and eye research*. 2000;19(3):323-44.
39. Skeie JM, Roybal CN, Mahajan VB. Proteomic insight into the molecular function of the vitreous. *PLoS one*. 2015;10(5):e0127567.
40. Wang H, Feng L, Hu J, Xie C, Wang F. Differentiating vitreous proteomes in proliferative diabetic retinopathy using high-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Experimental eye research*. 2013;108:110-9.
41. Yin J, Xia X, Shi Y, Lu Y, Zhao C, Huang Z, et al. Chinese familial transthyretin amyloidosis with vitreous involvement is associated with the transthyretin mutation Gly83Arg: a case report and literature review. *Amyloid : the international journal of experimental and clinical investigation : the official journal of the International Society of Amyloidosis*. 2014;21(2):140-2.
42. Saint-Geniez M, D'Amore PA. Development and pathology of the hyaloid, choroidal and retinal vasculature. *The International journal of developmental biology*. 2004;48(8-9):1045-58.
43. Khaliq S, Hameed A, Ismail M, Anwar K, Leroy B, Payne AM, et al. Locus for autosomal recessive nonsyndromic persistent hyperplastic primary vitreous. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2001;42(10):2225-8.
44. Achiron R, Kreiser D, Achiron A. Axial growth of the fetal eye and evaluation of the hyaloid artery: in utero ultrasonographic study. *Prenatal diagnosis*. 2000;20(11):894-9.
45. Jones HE. Hyaloid Remnants in the Eyes of Premature Babies. *The British journal of ophthalmology*. 1963;47(1):39-44.
46. Chen C, Xiao H, Ding X. Persistent Fetal Vasculature. *Asia-Pacific journal of ophthalmology*. 2019;8(1):86-95.
47. Goldberg MF. Persistent fetal vasculature (PFV): an integrated interpretation of signs and symptoms associated with persistent hyperplastic primary vitreous (PHPV). LIV Edward Jackson Memorial Lecture. *American journal of ophthalmology*. 1997;124(5):587-626.
48. Meeson A, Palmer M, Calfon M, Lang R. A relationship between apoptosis and flow during programmed capillary regression is revealed by vital analysis. *Development*. 1996;122(12):3929-38.
49. Meeson AP, Argilla M, Ko K, Witte L, Lang RA. VEGF deprivation-induced apoptosis is a component of programmed capillary regression. *Development*. 1999;126(7):1407-15.
50. Amaya L, Taylor D, Russell-Eggitt I, Nischal KK, Lengyel D. The morphology and natural history of childhood cataracts. *Survey of ophthalmology*. 2003;48(2):125-44.

51. Gibbs ML, Jacobs M, Wilkie AO, Taylor D. Posterior lenticonus: clinical patterns and genetics. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus*. 1993;30(3):171-5.
52. Khokhar S, Dhull C, Mahalingam K, Agarwal P. Posterior lenticonus with persistent fetal vasculature. *Indian journal of ophthalmology*. 2018;66(9):1335-6.
53. Vivian AJ, Lloyd C, Russell-Eggitt I, Taylor D. Familial posterior lenticonus. *Eye*. 1995;9 (Pt 1):119-23.
54. Simons BD, Flynn HW, Jr. A pars plana approach for cataract surgery in posterior lenticonus. *American journal of ophthalmology*. 1997;124(5):695-6.
55. Mistr SK, Trivedi RH, Wilson ME. Preoperative considerations and outcomes of primary intraocular lens implantation in children with posterior polar and posterior lentiglobus cataract. *Journal of AAPOS : the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2008;12(1):58-61.
56. Vasavada A, Singh R. Phacoemulsification in eyes with posterior polar cataract. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1999;25(2):238-45.
57. Yamada K, Tomita HA, Kanazawa S, Mera A, Amemiya T, Niikawa N. Genetically distinct autosomal dominant posterior polar cataract in a four-generation Japanese family. *American journal of ophthalmology*. 2000;129(2):159-65.
58. Gurnani B, Kaur K. Posterior Polar Cataract. *StatPearls*. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Kirandeep Kaur declares no relevant financial relationships with ineligible companies.2025.
59. Tolentino FI, Lee PF, Schepens CL. Biomicroscopic study of vitreous cavity in diabetic retinopathy. *Archives of ophthalmology*. 1966;75(2):238-46.
60. Mortada A. Hyaloideocapsular ligament of Wieger and vitreous loss in the course of intracapsular lens extraction. *The British journal of ophthalmology*. 1971;55(11):770-2.
61. Weidle EG, Lisch W, Thiel HJ. Management of the opacified posterior lens capsule: an excision technique for membranous changes. *Ophthalmic surgery*. 1986;17(10):635-40.
62. Binder PS, Sternberg H, Wickman MG, Worthen DM. Corneal endothelial damage associated with phacoemulsification. *American journal of ophthalmology*. 1976;82(1):48-54.
63. Mayali H, Baser EF, Kurt E, Ilker SS. Corneal endothelial damage in phacoemulsification using an anterior chamber maintainer compared with using an ophthalmic viscosurgical device. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2021;47(5):612-7.
64. Gupta SN, Goel R, Kumar S. Factors affecting surgically induced astigmatism in manual small-incision cataract surgery. *Indian journal of ophthalmology*. 2022;70(11):3779-84.
65. Langenbacher A, Szentmary N, Cayless A, Casaza M, Weisensee J, Hoffmann P, et al. Surgically Induced Astigmatism after Cataract Surgery - A Vector Analysis. *Current eye research*. 2022;47(9):1279-87.
66. Friedman Z, Neumann E. Posterior vitreous detachment after cataract extraction in non-myopic eyes and the resulting retinal lesions. *The British journal of ophthalmology*. 1975;59(8):451-4.
67. Hayashi S, Yoshida M, Hayashi K, Tsubota K. Progression of posterior vitreous detachment after cataract surgery. *Eye*. 2022;36(10):1872-7.
68. Qureshi MH, Steel DHW. Retinal detachment following cataract phacoemulsification-a review of the literature. *Eye*. 2020;34(4):616-31.
69. Hayashi K, Manabe SI, Hirata A, Yoshimura K. Posterior Vitreous Detachment in Highly Myopic Patients. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2020;61(4):33.
70. Neuhann IM, Neuhann TF, Heimann H, Schmickler S, Gerl RH, Foerster MH. Retinal detachment after phacoemulsification in high myopia: analysis of 2356 cases. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(10):1644-57.
71. Tassignon MJ, Ni Dhubghaill S. Real-Time Intraoperative Optical Coherence Tomography Imaging Confirms Older Concepts About the Berger Space. *Ophthalmic research*. 2016;56(4):222-6.
72. Anisimova NS, Arbisser LB, Shilova NF, Melnik MA, Belodedova AV, Knyazer B, et al. Anterior vitreous detachment: risk factor for intraoperative complications during phacoemulsification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2020;46(1):55-62.
73. Lin WL, Geng WJ, Ji M, Li PF, Luo JW, Guan HJ. [Effect of phacoemulsification on the Berger space]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] *Chinese journal of ophthalmology*. 2022;58(7):506-12.
74. Vael A, Van Os L, Melis K, Tassignon MJ. Evaluation of the vitreolenticular interface with intraoperative OCT. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2022;48(7):826-30.
75. Lin W, Luo J, Li P, Ji M, Guan H. Anterior vitreous detachment and retrolental material during cataract surgery: incidence and risk factors, with pathological evidence. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2023;49(6):578-83.

76. Mori H, Ueno Y, Fukuda S, Oshika T. Detection of Anterior Hyaloid Membrane Detachment Using Deep-Range Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *Journal of clinical medicine*. 2022;11(11).
77. Scarfone HA, Rodriguez EC, Rufiner MG, Riera JJ, Fanego SE, Charles M, et al. Vitreous-lens interface changes after cataract surgery using active fluidics and active sentry with high and low infusion pressure settings. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2024;50(4):333-8.
78. Zhang Z, Yao J, Chang S, Kanclerz P, Khoramnia R, Deng M, et al. Incidence and Risk Factors for Berger's Space Development after Uneventful Cataract Surgery: Evidence from Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Journal of clinical medicine*. 2022;11(13).
79. Vasavada V, Srivastava S, Vasavada V, Vasavada S, Vasavada AR, Sudhalkar A, et al. Impact of fluidic parameters during phacoemulsification on the anterior vitreous face behavior: Experimental study. *Indian journal of ophthalmology*. 2019;67(10):1634-7.
80. Kwitko ML KC, Kelman CD. *The History of Modern Cataract Surgery*. Kugler Publishers. 1998.
81. Bomer TG, Lagreze WD, Funk J. Intraocular pressure rise after phacoemulsification with posterior chamber lens implantation: effect of prophylactic medication, wound closure, and surgeon's experience. *The British journal of ophthalmology*. 1995;79(9):809-13.
82. Vámosi P, Németh G, Berta A. Első lépéseink a refraktiv phakoemulsificatióban. *Szemészet*. 2002;139:29-34.
83. Wilczynski M, Supady E, Piotr L, Synder A, Palenga-Pydyn D, Omulecki W. Comparison of surgically induced astigmatism after coaxial phacoemulsification through 1.8 mm microincision and bimanual phacoemulsification through 1.7 mm microincision. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(9):1563-9.
84. Sharma B, Abell RG, Arora T, Antony T, Vajpayee RB. Techniques of anterior capsulotomy in cataract surgery. *Indian journal of ophthalmology*. 2019;67(4):450-60.
85. Galand A. A simple method of implantation within the capsular bag. *Journal - American Intra-Ocular Implant Society*. 1983;9(3):330-2.
86. Gimbel HV, Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1990;16(1):31-7.
87. Gimbel HV, Neuhann T. Continuous curvilinear capsulorhexis. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1991;17(1):110-1.
88. Ravalico G, Tognetto D, Palomba M, Busatto P, Baccara F. Capsulorhexis size and posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1996;22(1):98-103.
89. Mutlu FM, Bilge AH, Altinsoy HI, Yumusak E. The role of capsulotomy and intraocular lens type on tilt and decentration of polymethylmethacrylate and foldable acrylic lenses. *Ophthalmologica Journal international d'ophtalmologie International journal of ophthalmology Zeitschrift fur Augenheilkunde*. 1998;212(6):359-63.
90. Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI, Mihaltz K, Kovacs I, Knorz MC. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *Journal of refractive surgery*. 2011;27(8):564-9.
91. Kovacs I, Kranitz K, Sandor GL, Knorz MC, Donnenfeld ED, Nuijts RM, et al. The effect of femtosecond laser capsulotomy on the development of posterior capsule opacification. *Journal of refractive surgery*. 2014;30(3):154-8.
92. Matossian C, Makari S, Potvin R. Cataract surgery and methods of wound closure: a review. *Clinical ophthalmology*. 2015;9:921-8.
93. Fine IH. Cortical cleaving hydrodissection. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1992;18(5):508-12.
94. Osher RH, Yu BC, Koch DD. Posterior polar cataracts: a predisposition to intraoperative posterior capsular rupture. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1990;16(2):157-62.
95. Osher RH, Cionni RJ. The torn posterior capsule: its intraoperative behavior, surgical management, and long-term consequences. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1990;16(4):490-4.
96. Gimbel HV. Divide and conquer nucleofractis phacoemulsification: development and variations. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1991;17(3):281-91.
97. K N. Phaco-chop technique eliminates central sculpting and allows faster, safer phaco. *Ocular Surgery News*. 1993:12-3.
98. Chang D. Phaco Chop Techniques. Comparing Horizontal vs. Vertical Chop. *Highlights Ophthalmol*. 2004.
99. Maloney WF, Dillman DM, Nichamin LD. Supracapsular phacoemulsification: a capsule-free posterior chamber approach. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1997;23(3):323-8.
100. Brauweiler P. Bimanual irrigation/aspiration. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1996;22(8):1013-6.
101. Buchan JC, Norridge CFE, Barnes B, Olaitan M, Donachie PHJ. The Royal College of Ophthalmologists' National ophthalmology database study of cataract surgery: Report 14, cohort analysis - the impact of CapsuleGuard(R) utilisation on cataract surgery posterior capsule rupture rates. *Eye*. 2024;38(9):1702-6.

102. Bu JJ, Chung J, Afshari NA. Efficient use of ultrasound in cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2022;33(1):41-6.
103. Scott RA, Holtmeyer CJ, Parker TM, Scott WJ, Olson RJ. Comparison of venturi and peristaltic based phacoemulsification efficiency in routine femtosecond laser cataract surgery. *Canadian journal of ophthalmology Journal canadien d'ophtalmologie*. 2024.
104. Hida WT, de Medeiros AL, de Araujo Rolim AG, Motta AFP, Kniggendorf DV, de Queiroz RLF, et al. Prospective randomized comparative study between venturi and peristaltic pumps in WhiteStar Signature((R)) phacoemulsification machine. *Clinical ophthalmology*. 2019;13:49-52.
105. Sabur H, Eroglu SA, Azarsiz SS. Efficacy of Balanced Torsional Phacoemulsification Tip for Cataract Surgery. *Journal of current ophthalmology*. 2022;34(1):74-9.
106. Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, Sadda SR, Staurengi G. Optical coherence tomography angiography. *Progress in retinal and eye research*. 2018;64:1-55.
107. Venkateswaran N, Galor A, Wang J, Karp CL. Optical coherence tomography for ocular surface and corneal diseases: a review. *Eye and vision*. 2018;5:13.
108. Shan J, DeBoer C, Xu BY. Anterior Segment Optical Coherence Tomography: Applications for Clinical Care and Scientific Research. *Asia-Pacific journal of ophthalmology*. 2019;8(2):146-57.
109. Shimada Y, Sadr A, Nazari A, Nakagawa H, Otsuki M, Tagami J, et al. 3D evaluation of composite resin restoration at practical training using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dental materials journal*. 2012;31(3):409-17.
110. Zheng F, Deng X, Zhang Q, He J, Ye P, Liu S, et al. Advances in swept-source optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography. *Advances in ophthalmology practice and research*. 2023;3(2):67-79.
111. Schiano-Lomoriello D, Hoffer KJ, Abicca I, Savini G. Repeatability of automated measurements by a new anterior segment optical coherence tomographer and biometer and agreement with standard devices. *Scientific reports*. 2021;11(1):983.
112. Lukacs MA, Modis L. [Anterior segment optical coherence tomography in modern ophthalmic diagnostics]. *Orvosi hetilap*. 2024;165(29):1112-21.
113. Mirzayev I, Gunduz AK, Aydin Ellialtioglu P, Gunduz OO. Clinical applications of anterior segment swept-source optical coherence tomography: A systematic review. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*. 2023;42:103334.
114. Qin B, Chen S, Brass R, Li Y, Tang M, Zhang X, et al. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography-based pachymetric scoring system. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(12):1864-71.
115. Konstantopoulos A, Yadegarfar G, Fievez M, Anderson DF, Hossain P. In vivo quantification of bacterial keratitis with optical coherence tomography. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2011;52(2):1093-7.
116. Siebelmann S, Scholz P, Sonnenschein S, Bachmann B, Matthaei M, Cursiefen C, et al. Anterior segment optical coherence tomography for the diagnosis of corneal dystrophies according to the IC3D classification. *Survey of ophthalmology*. 2018;63(3):365-80.
117. Gunduz AK, Mirzayev I, Okcu Heper A, Kuzu I, Gahramanli Z, Cansiz Ersoz C, et al. Anterior segment optical coherence tomography in ocular surface tumours and simulating lesions. *Eye*. 2023;37(5):925-37.
118. Pradhan S, Sah RK, Bhandari G, Bhandari S, Byanju R, Kandel RP, et al. Anterior Segment OCT for Detection of Narrow Angles: A Community-Based Diagnostic Accuracy Study. *Ophthalmology Glaucoma*. 2024;7(2):148-56.
119. Leung CK. Optical Coherence Tomography Imaging for Glaucoma - Today and Tomorrow. *Asia-Pacific journal of ophthalmology*. 2016;5(1):11-6.
120. Guo PY, Zhang X, Li F, Lin C, Nguyen A, Sakata R, et al. Diagnostic criteria of anterior segment swept-source optical coherence tomography to detect gonioscopic angle closure. *The British journal of ophthalmology*. 2024;108(8):1130-6.
121. Yaisiri P, Panarojwongse N, Treesit I, Choontanom R, Jatuthong O, Iemsomboon W, et al. Comparison of Swept-Source Anterior Segment Optical Coherence Tomography and Gonioscopy in Detecting Anterior Chamber Angle Closure. *Clinical ophthalmology*. 2025;19:699-711.
122. Elekes A, Vamosi P. [Superior vena cava syndrome associated with bilateral angle closure glaucoma]. *Orvosi hetilap*. 2022;163(49):1967-71.
123. Bellchambers A, Shu R, Chu CJ, Petrushkin H, Solebo AL. Differentiation of anterior chamber pigment and inflammatory cells using swept-source optical coherence tomography: a cross-sectional study. *Eye*. 2025.
124. Uthayanathan P, Tanwar N, Rahi JS, Dick AD, Solebo AL. Imaging-Based Detection of Anterior Chamber Inflammation: A Comparative Diagnostic Accuracy Study. *American journal of ophthalmology*. 2025;270:131-9.

125. Dada T, Shah BM, Bali SJ, Bansal N, Panda A, Vanathi M. Anterior segment OCT imaging in opaque grafts with secondary glaucoma following tectonic penetrating keratoplasty for perforated corneal ulcers. *Eye*. 2011;25(11):1522-4.
126. Yoshida J, Toyono T, Shirakawa R, Miyai T, Usui T. Risk factors and evaluation of keratoconus progression after penetrating keratoplasty with anterior segment optical coherence tomography. *Scientific reports*. 2020;10(1):18594.
127. Vengayil S, Vanathi M, Panda A, Khokhar S. Anterior segment OCT-based diagnosis and management of retained Descemet's membrane following penetrating keratoplasty. *Contact lens & anterior eye : the journal of the British Contact Lens Association*. 2008;31(3):161-3.
128. Fogla R. Role of Anterior Segment OCT for Descemet Membrane Stripping During Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty in Eyes With Congenital Hereditary Endothelial Dystrophy. *Cornea*. 2021;40(4):458-61.
129. Agnes Elekes ZR, Peter Vamosi. Corneal hydrops and its modern surgical management. Case report. *Szemészet*. 2022;159(4):168-73.
130. Patefield A, Meng Y, Airaldi M, Coco G, Vaccaro S, Parekh M, et al. Deep Learning Using Preoperative AS-OCT Predicts Graft Detachment in DMEK. *Translational vision science & technology*. 2023;12(5):14.
131. Pfaeffli OA, Weber A, Hoffer KJ, Savini G, Baenninger PB, Thiel MA, et al. Agreement of intraocular lens power calculation between 2 SS-OCT-based biometers. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2022;48(5):535-41.
132. An Y, Kang EK, Kim H, Kang MJ, Byun YS, Joo CK. Accuracy of swept-source optical coherence tomography based biometry for intraocular lens power calculation: a retrospective cross-sectional study. *BMC ophthalmology*. 2019;19(1):30.
133. Al Barri L, Mercea N, Ionela-Iasmina Y, Munteanu M, Stanca HT. Evaluation of Refractive Predictive Accuracy in Intraocular Lens Power Calculations: A Comparative Study of Swept-Source Optical Coherence Tomography and Optical Low-Coherence Interferometry. *Journal of clinical medicine*. 2025;14(4).
134. Park H, Yoo YS, Shin E, Song WS, Won Y, Chung TY, et al. Comparison of ocular biometry and refractive outcomes using two swept-source optical coherence tomography-based biometers. *PloS one*. 2024;19(12):e0316439.
135. Orts-Vila P, Tana-Sanz S, Tello-Elordi C, Montes-Mico R, Tana-Rivero P. Axial length acquisition success rates and agreement of two swept-source optical biometers in eyes with dense cataracts. *Frontiers in medicine*. 2024;11:1449867.
136. Chylack LT, Jr., Wolfe JK, Singer DM, Leske MC, Bullimore MA, Bailey IL, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Archives of ophthalmology*. 1993;111(6):831-6.
137. Elekes A, Vamosi P. Examination of Vitreolenticular Interface in Relation to Different Phacoemulsification Parameters in Early and Late Postoperative Period. *Journal of clinical medicine*. 2024;13(16).
138. Zicarelli F, Staurenghi G, Invernizzi A. Anterior Segment Optical Coherence Tomography (AS-OCT) Visualization of Anterior Vitritis. *Ocular immunology and inflammation*. 2023;31(5):1101-2.
139. Naumann GO. Photographs of intralenticular hemorrhage following blunt ocular trauma. *Archives of ophthalmology*. 1999;117(4):549.
140. Ramovecchi P, Salati C, Zeppieri M. Spontaneous posterior vitreous detachment: A glance at the current literature. *World journal of experimental medicine*. 2021;11(3):30-6.
141. Jonas JB, Spaide RF, Ostrin LA, Logan NS, Flitcroft I, Panda-Jonas S. IMI-Nonpathological Human Ocular Tissue Changes With Axial Myopia. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2023;64(6):5.
142. Tassignon MJ, Gobin L, Mathysen D, Van Looveren J, De Groot V. Clinical outcomes of cataract surgery after bag-in-the-lens intraocular lens implantation following ISO standard 11979-7:2006. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011;37(12):2120-9.
143. Masuda Y, Iwaki H, Kato N, Takahashi G, Oki K, Tsuneoka H. Irrigation dynamic pressure-assisted hydrodissection during cataract surgery. *Clinical ophthalmology*. 2017;11:323-8.
144. Bausz M, Fodor E, Resch MD, Kristof K. Bacterial contamination in the anterior chamber after povidone-iodine application and the effect of the lens implantation device. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2006;32(10):1691-5.
145. Srinivasan R, Gupta A, Kaliaperumal S, Babu RK, Thimmarayan SK, Belgode HN. Efficacy of intraoperative vancomycin in irrigating solutions on aqueous contamination during phacoemulsification. *Indian journal of ophthalmology*. 2008;56(5):399-402.
146. Valdez-Garcia JE, Climent A, Chavez-Mondragon E, Lozano-Ramirez JF. Anterior chamber bacterial contamination in cataract surgery. *BMC ophthalmology*. 2014;14:57.

10. Saját publikációk listája



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

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 intracameralis 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 határfelzínről: (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., Tsozbatzoglou, 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 alapján 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.



11. 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.