

**Egyetemi Doktori (Ph.D) értekezés**

# **AZ ACCOMODATIO VIZSGÁLATA PSEUDOPHAKIÁS SZEMEKEN**

**Dr. Németh Gábor**

**Témavezetők: Dr. Módis László és Prof. Dr. Berta András**



**DEBRECENI EGYETEM**

**Orvos- és Egészségtudományi Centrum, Általános Orvostudományi kar**

**Szemklinika**

**Debrecen, 2008**

## Tartalomjegyzék

Rövidítések jegyzéke .....	2.
Bevezetés és irodalmi áttekintés.....	3.
Célkitűzések.....	10.
Betegek és módszerek.....	11.
Eredmények.....	19.
Megbeszélés .....	23.
Az új eredmények összefoglalása .....	33.
Summary of new results .....	34.
Táblázatok .....	35.
Ábrák .....	40.
Irodalomjegyzék.....	44.
Hivatkozott közlemények jegyzéke.....	44.
Az értekezéshez felhasznált közlemények.....	58.
Egyéb, az értekezéshez fel nem használt közlemények.....	59.
Az értekezés témájához kapcsolódó előadások jegyzéke .....	61.
Egyéb előadások jegyzéke.....	62.
Poszterek.....	64.
Az értekezés témájában megjelent idézhető absztraktok.....	65.
Tárgyszavak.....	66.
Köszönetnyilvánítás .....	67.
Függelék.....	68.

## Rövidítések jegyzéke

ACD	-	elülső csarnok mélység (anterior chamber depth)
CV	-	variációs coefficiens (coefficient of variation)
D	-	dioptria
ETDRS	-	Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study
IOL	-	intraocularis műlencse (intraocular lens)
LED	-	fénykibocsátó dióda (light-emitting diode)
OCT	-	optikai coherentia tomograph
PCI	-	partialis coherentia interferometria
PCL	-	hátsó csarnoki műlencse (posterior chamber lens)
SD	-	standard deviatio
UH	-	ultrahang

## Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az emberi szem alapvető funkciója a távolra és közelre történő éleslátás biztosítása. Azt a folyamatot, mely során a szem refrakciós állapotában változás történik, accomodationak nevezzük. Az accomodatio során a szem alkalmassá válik közeli tárgyak élesen látására.

Az accomodatio folyamatát számos, részben különböző elmélet magyarázza. Az 1855-ben Hermann von Helmholtz által publikált és azóta is általánosan elfogadott teória (1) szerint közeli tárgyra történő fixálás során a musculus ciliaris circularis rostjai összehúzódnak, csökkentve ezzel a lencse equatoránál a lencsefüggesztő zonulák feszülését. A szemlencse így kerekébbé válik és a törőereje megnő. Emellett a sphericus aberráció változása is megfigyelhető a human szem accomodatiója során (2). Távolra nézéskor a musculus ciliaris nyugalomba kerül, a lencsefüggesztő zonulák feszülése megnő. A lencse egésze laposodik és így a törőereje csökken. Helmholtz teóriájával azonban nem magyarázható az a tény, hogy a lencse elülső perifériás széle a megfigyelések szerint accomodatio során nagyobb mértékben laposodik (3).

Ronald Schachar 1996 óta ismertté vált elmélete az accomodatiót a Helmholtzétól jelentősen eltérő módon magyarázza (4, 5, 6). Vizsgálatai szerint a musculus ciliaris összehúzódnásakor a zonulákon az equatorialis tensio emelkedik, ezáltal a lencse középső része domborodik, vastagabbá válik, a lencse perifériája pedig laposodik. Az elülső és hátsó lencsefüggesztő zonulák az accomodatio során pedig elernyednek (3).

A szemlencse életkor előrehaladtával tapasztalható elváltozásai miatt elveszik a közeli tárgyra való fókuszáló képesség. Az accomodatio amplitúdója így fokozatosan csökken és a közeli látásélesség szemüveges korrekció nélkül lassan gyengül, vagyis a szem presbyopiássá válik.

Szürkehályogműtét során a transzparenciáját veszített és már accomodatióra legtöbbször képtelen lencse helyére jelenleg általában monofocalis műlencsét implantálunk. A műtét után kiváló távoli látásélesség érhető el szemüveges korrekció nélkül, azonban a közeli visus ritkán kielégítő, vagyis szükségessé válik olvasószemüveg viselése. Tehát egy igen nagy számban végzett, kifinomult, precíz és költséges műtéti eljárás, valamint a legmodernebb, standard műlencse beültetése után az optikai rehabilitáció csak részleges. A jelenkori szemészet egyik legnagyobb kihívása a szürkehályogműtét után a szem accomodatiójának pótlása illetve helyreállítása.

Számos lehetőség ismert a probléma részleges megoldására, azonban a sikeres és teljes accomodatio kompromisszumok nélküli helyreállítása jelenleg még nem megoldott. A presbyopiás, phakiás szemén végzett egyes műtéti megoldások az accomodatióban döntő szerepet játszó corpus ciliare helyzetének megváltoztatásával próbálják visszaállítani a fiziológiás accomodatiót, de csak átmeneti és általában részleges eredményt mutatnak. A szürkehályogműtét után kialakult hiányzó accomodatio pótlására fejlesztették ki a bifokális, majd a multifokális műlencsék különböző generációit. Ezekkel a típusú műlencsékkel a látás minőségében nagy szerepet játszó kontrasztérzékenység azonban jelentős mértékben csökkenhet, különösen homályos fényviszonyok között, ráadásul

számos, látásminőséget csökkentő, zavaró fényjelenség is felléphet (glare, flare, halos) (7). A legújabb fejlesztésű multifokális műlencse az optika centrális 3,6 mm-es zónájában apodizált, diffraktív optikájú Alcon AcrySof® ReSTOR (SN60D3 és SN6AD3) műlencse, amellyel a látásminőséget negatívan befolyásoló tényezők mértéke minimálisra csökkent, és amellyel kapcsolatban egyre többen számolnak be pozitív tapasztalataikról (8-11). Új lehetőség lehet az accomodatív műlencsék beültetése (12-16), amelyek optikai a fizioiógias accomodatiós inger hatására a musculus ciliaris összehúzódásának segítségével a szem optikai tengelye mentén elmozdulnak és megváltoztatják a szem teljes törőerejét. Implantálásuk után azonban gyakran csak kismértékű, esetleg ideiglenes accomodatio biztosítható (15-17). Újabban kettős, egymáshoz képest elmozdulni képes optikájú műlencsékkel folytatott tanulmányok is megjelentek (19, 20). Léteznek állatkísérletes modellek is, melyekben az üres lencsetok feltöltését felfújható endocapsularis "zsákkal" (21) vagy speciális szilikon alapú polymerizált, rugalmas géllal (22, 23) oldották meg, és folyamatban vannak lágy, nyúlékony hydrogel műlencse implantációval folytatott állatkísérletek is (24). Ezek alkalmazása során problémát jelent a beültetett anyag capsulorhexisen át észlelt szivárgása és az elülső illetve hátsó lencsetok igen korai elszürkölése (20, 22, 24). Alkalmazásuk ezért humán esetekben jelenleg még nem megoldott.

Rövid időn belül mindkét szemem tervezett cataracta műtét esetén, egyes betegek esetén választhatjuk a „monovision” technikát, azaz az egyik szembe távoli, a másik szembe pedig közeli korrigálatlan látást biztosító műlencsét ültetünk. Ezzel a módszerrel azonban a binocularis látás előnyei jelentősen

sérülnek. Egyes foglalkozásoknál, például éjszakai vezetés esetén a „monovision” kialakítása ezért kizáró tényező.

Megfigyelték azonban, hogy egyes betegek monofocalis műlencse implantálása után, távoli korrekció mellett is kielégítő és jól használható közeli látásélességet érnek el. Ezt a jelenséget nevezi az irodalom pseudoaccomodatióknak, vagy látszólagos accomodatióknak („apparent accomodation”) (25), mely létrejöttében két különböző mechanizmus játszik szerepet. Az egyik a pseudophakiás pseudoaccomodatio, amely a musculus ciliaris accomodatio közben észlelt összehúzódásától független. Ezt a folyamatot a pseudophakiás szem statikus optikai tulajdonságai határozzák meg, úgymint a cornea magasabb rendű multifokalitása, az enyhe indirekt myopiás astigmatismus, és a szűk pupilla okozta megnövekedett mélységélesség, de szerepet játszhat benne a beteg motivációja is (26-36). A pseudoaccomodatio során tehát a műlencse anatómiai helyzete, így az elülső csarnok mélysége (ACD) nem változik. A másik lehetséges folyamat a pseudophakiás accomodatio, mely során a musculus ciliaris összehúzódása következtében a monofocalis műlencse az optikai tengely mentén előrefelé mozdul el (37-41), vagyis dinamikus változás jön létre a szem refrakciós állapotában. Ezzel párhuzamosan pedig csökken a cornea és a műlencse közötti távolság, vagyis csökken az elülső csarnok mélysége. Thornton 1986-ban bizonyította először és real-time A-scan ultrahang segítségével dokumentálta, hogy egyes műlencsék a szem anteroposterior tengelyén képesek előrefelé elmozdulni accomodatio során észlelt musculus ciliaris aktivitás kapcsán (42). Egyes, ténylegesen accomodáló műlencsék (Humanoptics 1CU) ezt a

dinamikus változást igyekeznek kihasználni, vagyis felépítésük miatt a musculus ciliaris összehúzódásakor, azaz accomodációs inger hatására optikájuk előre mozdul el. A Miyake-Apple féle „posterior view video” technikával a HumanOptics 1CU accomodativ műlencse valódi, anterior irányú mozgását figyelték meg a lencsetokon belül, a lencsefüggesztő rostok elernyedésével párhuzamosan, ami a valódi accomodációhoz igen hasonló folyamatnak felel meg pseudophakiás szemben (43). A musculus ciliarissal direkt kontaktusban lévő, legtöbbször az átlagosnál nagyobb teljes átmérőjű műlencsék nagyobb mozgási amplitúdót mutattak azoknál a kisebb méretű műlencsékénél, amelyek haptikái a corpus ciliare-től messzebb helyezkedtek el (40). A műlencse lencsetokban való fixációja, vagyis a haptika tulajdonsága, angulációja, valamint a musculus ciliaris rostjaihoz viszonyított helyzete is befolyásolhatja az ACD változás mértékét, részben ezzel magyarázható a különböző típusú műlencsék különböző mértékű accomodációs amplitúdója (37,43-46).

Egy valódi, egytestű accomodativ műlencse (BioComFold, Morcher) implantációja után A-scan ultrahangos eszközzel mérve az elülső csarnok mélységének maximális változása már egy hónappal a szürkehályogműtét után is átlagosan 0,72 mm volt egyes vizsgálatok szerint (46). Partialis coherentia interferometria (PCI) technikát használva a méréshez, az ACD változás mértéke kisebb volt két, szintén accomodativ műlencse esetén (BioComFold 43A és 43E, Morcher); a szerzők mindössze 0,12 és 0,22 mm elmozdulást mértek (40). A PCI technikát alkalmazó Zeiss IOLMaster segítségével a Humanoptics 1CU műlencse esetén átlagosan 0,78 mm-es, ultrahanggal mérve 0,63 mm-es csarnokmélység

változást mértek a postoperatív hatodik hónapban (46). Leírták, hogy egyes mívelensék accomodatio során az optikai tengely mentén hátrafelé mozdulhatnak el (40).

A pseudophakiás accomodatio és a pseudophakiás pseudoaccomodatio elkülönítése a különböző típusú mívelensék optikai hatásának megértéséhez és méréséhez különösen fontos és a későbbiekben segítséget nyújthat a fiziológiás és fiatal állapotot jobban közelítő, új típusú multifokális illetve accomodáló mívelensék kifejlesztéséhez.

Az accomodatio amplitúdójának változása során tehát a szem elülső csarnokának mélységében változás következhet be. A pseudophakiás szemeken észlelhető accomodatio amplitúdóját különböző módszerekkel mérhetjük, melyeket Langenbucher (47) csoportosított. Az elülső csarnok mélység változását legpontosabban statikus objektív módszerekkel vizsgálhatjuk (47). A méréshez számos, eltérő fizikai elvet használó szemészeti diagnosztikus eszközt használhatunk fel: a standard A-scan szemészeti ultrahangon kívül a mérésre ultrahang biomikroszkóp, Scheimpflug képalkotást felhasználó műszerek, elülső szegmentum optikai coherentia tomograph, a partialis coherentia interferometria elvét használó eszközök, valamint nagy felbontású mágneses rezonancia képalkotás is alkalmas (47). A pseudophakiás accomodatio amplitúdója ezen kívül objektíven mérhető dinamikus retinoscopiával és a videorefractometria módszerével is (47-49). Az optikai módszerek, főleg a PCI technika jelentősen nagyobb felbontóképességgel rendelkeznek, mint az irodalomban leggyakrabban használt szemészeti ultrahang (40,51-54).

Az elülső csarnok mélységének mérése a pseudophakiás szemeken észlelt accomodációs amplitúdó meghatározása mellett fontos a műlencse tervezésében használt új generációs biometria képletek használatához, az egyre inkább teret hódító phakiás intraocularis műlencsék pontos tervezéséhez, valamint a glaucoma diagnózisában és értékelésében is (55-57).

Bármely új eszköz és mérési módszer alkalmazása és bevezetése során felmerül a standard, elterjedt vizsgáló módszerekkel való összehasonlíthatóság és a mérési eredményeik egyezőségének vizsgálata. Lényeges, hogy az újonnan bevezetésre kerülő módszerek mérési eredményeinek jó ismételhetősége és magas megbízhatósági indexe legyen. Emellett a standard és nemzetközileg elfogadott vizsgáló módszerekkel fennálló szignifikáns korreláció is fontos tényező.

## **Célkitűzések**

Tudományos munkánkban a következő célokat tűztük ki:

- I. A szürkehályogműtét után megfigyelhető pseudophakiás accomodatio és pseudoaccomodatio mérése illetve elkülönítése három módszerrel két, különböző típusú monofocalis műlencse implantációja után.
- II. A csarnokmélység méréséhez Scheimpflug képalkotást felhasználható új fejlesztésű diagnosztikai eszköz (Pentacam<sup>®</sup>) eredményének összehasonlítása a standard, kontakt ultrahangos módszerrel phakiás és pseudophakiás szemeken.
- III. Egy újonnan kifejlesztett optikai eszköz, az elülső szegmentum optikai coherentia tomograph (Visante<sup>®</sup> OCT) elülső csarnok mélység mérésének eredményeit illetve annak ismételhetségét és megbízhatóságát vizsgálni immerziós ultrahangos módszerrel összehasonlítva, phakiás szemeken.

## Betegek és módszerek

A Debreceni Egyetem Szemklinikáján prospektív, összehasonlító tanulmányokat végeztünk. Tanulmányainkat a Helsinki Deklaráció és a helyi, klinikai etikai bizottság normáinak megfelelően végeztük. A műtétek ill. a műszeres vizsgálatok előtt teljes körű szemészeti kivizsgálás történt.

*A tanulmányainkban használt szemészeti vizsgálóeszközök:*

A vizsgálatainkban használt *szemészeti ultrahang* (Ultrascan Imaging System, Alcon Laboratories, Forth Worth, TX, USA és Tomey AL-2000, Tomey, Erlangen, Germany) 10 Mhz-es hanghullámokat használ. A tengelyhossz mérésével párhuzamosan képes az elülső csarnok mélységét kontakt módszerrel mérni (1.a. ábra). Emellett alkalmas non-kontakt, immerziós módszer segítségével is mérni, mely során az ultrahang fej és a cornea felszíne között vízfürdő helyezkedik el (1.b. ábra). A direkt cornealis kontaktus elkerülése a sérülés lehetősége és az infekcióforrás eliminálása mellett azért fontos, mert a cornea benyomása nélkül, vagyis a szem tengelyhosszának rövidítését kizárva mérjük az elülső csarnok mélységét. A szemészeti ultrahang a csarnok mélységét az elülső cornealis és az elülső lencse felszín közötti távolsággént definiálja. A 10 Mhz-es ultrahang axiális felbontása 200-300  $\mu\text{m}$  (58,59).

Az *ACMaster*<sup>®</sup> (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) 850 nm-es hullámhosszú fény segítségével, tehát optikai módon mér, felhasználva a partialis coherentia

interferometria fizikai elvét. Non-kontakt módon képes mérni egy ultrahanghoz hasonló A-scan segítségével (2. ábra) a cornea vastagságát, az elülső csarnok anatómiai mélységét és a szemlencse vastagságát, 1  $\mu\text{m}$ -es axiális felbontással. Az eszközbe épített belső fixációs pont igen tág határok közötti dioptria skálán mozgatható, így a fiziológias accomodationnak megfelelő ingert is tudunk alkalmazni. A PCI technika másik előnye, hogy a vizsgált szem alkalmazkodik a vizsgálat során (ultrahang esetén a beteg a másik szemével fixál és accomodál), így a műszer minden esetben az optikai tengelyben mér.

A *Pentacam*<sup>®</sup> (Oculus, Lynnwood, WA) 475 nm-es monokromatikus kék fényt kibocsátó dióda (LED) segítségével a Scheimpflug képalkotást felhasználva egy forgó kamerával képes a szem elülső szegmentumáról non-kontakt technikával 3 dimenziós képet készíteni kevesebb, mint 2 másodperc alatt. Méri a teljes corneafelületre kiterjedően a cornea vastagságát, az elülső csarnok mélységét, a cornea elülső és hátsó felületéről topographiás képet és a lencséről densitometriás térképet készít. Axiális felbontása 18  $\mu\text{m}$ . A *Pentacam*<sup>®</sup>, a csarnokmélységet az ultrahanghoz hasonlóan az elülső cornealis és elülső lencsefelület közti távolsággént definiálja (3. ábra).

A *Visante*<sup>®</sup> *elülső szegmentum optikai coherencia tomograph* (*Visante*<sup>®</sup> OCT, Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) szintén optikai elven működő non-kontakt vizsgálati eszköz, amelyben a vizsgáló fény 1310 nm-es infravörös tartományú fény. Az alacsony coherencia interferometria módszerét alkalmazza, a műszer axiális felbontása 18  $\mu\text{m}$ . Ez a vizsgálóeszköz szintén alkalmas cornealis pachymetria végzésére, valamint az elülső csarnok paramétereinek és a lencse

vastagságának mérésére különböző accomodációs állapotokban. A mérések minden esetben az optikai tengelyben történnek egy dioptria szerinti skálán mozgatható, beépített fixációs pont segítségével. A *Visante OCT*<sup>®</sup> az elülső csarnok „belső” mélységét méri, így az anatómiai csarnokmélység meghatározásához a cornea centralis vastagságát hozzá kell adnunk a *Visante OCT*<sup>®</sup> által mért „belső” csarnokmélységhez (4. ábra).

*A tanulmányainkban használt módszerek:*

### **I. A pseudophakiás szemeken megfigyelhető accomodatio mérése három különböző módszerrel.**

44 beteg (életkor:  $72,02 \pm 8,53$  év, range: 54-84 év) 51 pseudophakiás szemét vontuk be a prospektív vizsgálatokba. Kizáró ok volt az 1,0 D-nál nagyobb cornealis astigmia illetve bármi olyan szemészeti megbetegedés, amely akadályozta volna a műtét után kialakuló teljes látásélességet. Clear cornealis seben keresztül végzett standard phacoemulsificatio után két műlencse egyike került beültetésre, minden esetben a lencsetokba.

1. csoport (N=21): egytestű, anguláció nélküli Alcon Acrysof<sup>®</sup> SA60AT (Alcon Laboratories, Forth Worth, TX, USA)

2. csoport (N=30): háromtestű, 10 fokos angulációjú Alcon Acrysof<sup>®</sup> MA60AC (Alcon Laboratories).

Átlagosan  $13,85 \pm 7,35$  hónappal a szürkehályogműtétek után (1. csoport:  $7,05 \pm 4,71$  hónap, 2. csoport:  $17,01 \pm 6,44$  hónap) az accomodatio amplitúdóját 3 különböző módszerrel vizsgáltuk, anélkül, hogy tudtuk volna a többi vizsgálat eredményét. A vizsgálatok időrendi sorrendje minden esetben a következő volt: 1. szubjektív defókuszáló technika, majd 2. a csarnokmélység objektív mérése partialis coherentia interferometria módszerrel fiziológias accomodatio előtt és után, végül 3. az elülső csarnok mélységének mérése közeli fixatio során, majd a musculus ciliaris pharmacologiai bénítása után, maximalis ciliaris relaxációban.

1. módszer: *A szubjektív defókuszáló technika.*

Minden betegnél először szubjektív defókuszáló technikával határoztuk meg a pseudophakiás szem teljes accomodativ amplitúdóját. Ennek során a vizsgált személy 5 méterre ült a megvilágított ETDRS (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study) visustáblától, és a nem vizsgált szemet letakarva, a vizsgált szemmel a Snellen ekvivalens 20/20-as visusértékhez tartozó betűre néztük. A korrekcióval megállapított távoli visus felvétele után 0,25 dioptriás lépcsőkben erősödő konkáv lencsét helyeztünk a távoli korrekció elé. A pseudoaccomodativ amplitúdót abban a dioptria értékben határoztuk meg, amellyel a beteg a látásélességét még a 20/20 Snellen ekvivalens értéken tudta tartani.

2. módszer: *Az elülső csarnok mélységének mérése partialis coherentia interferometria technikát alkalmazva.*

Az ACD mérésére az optikai elven, PCI technikával (51,60) működő ACMaster<sup>®</sup>-t használtuk (Carl Zeiss Meditec). Ennek beépített, dioptriaskálán mozgatható fixáló pontja fiziológiás ingert jelent közeli és távoli fixáció során is. Az eszköz a fixáló szemén mér, így kiküszöböli a konvergenciából eredő esetleges hibát. 5-5 mérést végeztünk a távoli korrekcióval, majd a távoli korrekciót 3,0 D-vel csökkentve, vagyis accomodatiós kényszerben. Az ACD változás mértékét a két mért csarnokmélység-adat különbségeként határoztuk meg.

3. módszer: *Az ACD mérése közeli fixatio során, majd a musculus ciliaris pharmacologiai bénítása után, maximalis ciliaris relaxatióban.*

A vizsgált szembe 1%-os cyclopentolat szemcseppet alkalmaztunk háromszor, 15 perces időközönként. Ezután az elülső csarnok mélységét a másik szemmel való fixáció során mértük, ülő állapotban. A mérést kontakt A-scan ultrahangos módszerrel végeztük (Ultrascan Imaging System<sup>®</sup>, Alcon Laboratories) és 10-10 mérés átlagát vettük az ACD értékének. Az ACD shift mértékét a cyclopentoláttal bénított állapot és a közeli fixáció során mért állapot közötti ACD átlagok különbségeként határoztuk meg.

## **II. Az elülső csarnok mélységének mérése Pentacammal<sup>®</sup> és A-scan kontakt szemészeti ultrahanggal phakiás és pseudophakiás szemeken.**

42 phakiás beteg (életkor:  $65,12 \pm 14,27$  év) és 42 pseudophakiás beteg (életkor:  $70,62 \pm 10,97$  év) 1-1 szemét vontuk be a vizsgálatokba. Az életkorok között nem volt szignifikáns különbség ( $p=0,09$ ). A vizsgált szemek tengelyhossza kontakt ultrahangos eszközzel mérve  $22,81 \pm 1,19$  mm volt a phakiás csoportban és  $22,99 \pm 1,23$  mm a pseudophakiás csoportban ( $p=0,53$ ). A pseudophakiás csoportban a méréseket standard phacoemulsificatio és tokzsákba történő AcrySof<sup>®</sup> SA60AT műlencse-implantáció után  $35,03 \pm 16,67$  hónappal végeztük. A csarnokmélységet minden alkalommal pupillatágítás nélkül végeztük távoli fixálatás során.

Először a centralis ACD mérése Pentacammal<sup>®</sup> (Oculus) történt 3-3 alkalommal, a műszer automatikus analizáló szoftverét használva (3. ábra). Ezután ultrahangos módszerrel (Tomey AL-2000, Tomey), illetve, szemcseppel történő felszíni érzéstelenítés után, kontakt módszerrel is meghatároztuk az elülső csarnok mélységet, miközben az accomodatio kizárása céljából a vizsgált személy távolra fixált. Az ultrahang elülső csarnokban mérhető átlagos sebességét  $1532$  m/sec-ra állítottuk. A Pentacammal<sup>®</sup> és az ultrahangos módszerrel mért 3-3 mérési eredmény került statisztikai feldolgozásra.

### **III. Az elülső csarnok mélységének mérése elülső szegmentum OCT-vel és szemészeti immerziós A-scan ultrahang segítségével, phakiás szemeken.**

41 phakiás beteg (életkor:  $59,95 \pm 16,39$  év) 60 szemét vontuk be a vizsgálatokba. Kizáró ok volt bármilyen elülső szegmentum rendellenesség, 3,0 D-nál nagyobb sphericus, 2,0 D-nál nagyobb cylinderes refrakciós hiba, kontaktlencse viselése és bármilyen korábbi szemészeti műtéti beavatkozás, valamint az igazolt glaucoma.

Először a centralis ACD-t elülső szegmentum optikai coherentia tomographhal (Visante<sup>®</sup> OCT, Carl Zeiss Meditec) vizsgáltuk, öt különböző felvételen, öt alkalommal. A méréseket a Visante<sup>®</sup> OCT beépített „Chamber tool” elnevezésű szoftveres (version 1.0) eszközével végeztük. A szoftver egy mindkét végén elmozdítható szakaszt helyez el az irissíknak megfelelően és egy erre merőleges szakaszon méri manuális kontroll mellett a cornea vastagságát valamint a cornea endotheliuma és a lencse elülső felszíne közötti, „belső” elülső csarnok mélységet (4. ábra). A fixációs ponthoz tartozó és a műszerben beállítható refrakciós érték minden esetben a vizsgált beteg távoli korrekciójával egyezett meg az accomodatio csökkentése érdekében. Ezután felszíni érzéstelenítés után immerziós ultrahangos módszerrel (UltraScan Imaging System, Alcon Laboratories) mértük az elülső csarnok mélységét a másik szemmel történő, távoli fixálás mellett. Mindkét műszer esetén minden mérést két vizsgáló végzett el, mindig azonos sorrendben anélkül, hogy egymás mérési eredményeit ismerték volna.

Az elülső csarnok anatómiai mélysége a cornea elülső felszíne a lencse elülső felszíne közötti távolság, ezért a Visante® OCT-vel történt mérés esetén a centralis cornealis vastagságot minden esetben hozzáadtuk a „belső” csarnok mélységéhez.

Statisztikai analízist az SPSS 11.0 illetve 13.0 szoftver (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) felhasználásával végeztünk. Az adatokat átlag±standard deviatio (SD) formájában írtuk le, egyes vizsgálatok eredményeinél mérési tartományokat (range) adtunk meg. A különböző módszerek eredményei közti szignifikancia szintet a Wilcoxon-féle non-parametrikus teszttel határoztuk meg. A mért adatok közötti összefüggéseket a non-parametrikus Spearman korrelációval vizsgáltuk (r). A szignifikancia szintet minden esetben 0,05 alatti p értéknél határoztuk meg. Az egyes vizsgálók méréseinek variációs coefficiense („repeatability”, melyet az intraobserver variációs coefficiens jellemez), és a vizsgálók mérései közötti variációs coefficiens („reproducibility”, melyet az interobserver CV jellemez) is leírásra került az elülső szegmentum OCT-vel kapcsolatos vizsgálataink esetén. A variációs coefficienst a standard deviáció és az átlagérték hányadosaként definiáltuk, és százalékos értékét használtuk. A megbízhatóságot („reliability”) az elülső szegmentum OCT és ultrahangos csarnokmérések esetén számítottuk ki mindkét vizsgáló esetében.

## Eredmények

### I. Az accomodációs amplitúdó mérése pseudophakiás szemeken három különböző módszerrel.

Phacoemulsificatio és műlencse beültetése után a látásélesség decimalis skálán értékelve  $0,88 \pm 0,2$  volt. A távoli korrekció mértéke  $-0,92 \pm 0,91$  D volt (az 1. csoportban  $-0,93 \pm 0,99$  D, a 2. csoportban  $-0,77 \pm 0,82$  D) ( $p=0,44$ ). A tengelyhossz értéke  $22,54 \pm 0,89$  mm volt (az 1. csoportban  $22,68 \pm 0,81$  mm, a 2. csoportban  $22,46 \pm 0,96$  mm) ( $p=0,68$ ).

#### 1. Eredmények defókuszáló módszerrel.

Az a dioptria, amivel a beteg a 100%-os látásélességét jelentő számot még olvasni tudta a visustáblán,  $-0,83 \pm 0,63$  D volt. Az egytestű műlencsés csoportban  $-0,95 \pm 0,67$  D (range:  $-2,5-0,0$  D), a háromtestű műlencsés csoportban pedig  $-0,81 \pm 0,53$  D (range:  $-2,0-0,0$  D). A különbség a két csoport között nem volt szignifikáns ( $p=0,4$ ).

#### 2. Az ACD mérése *partialis coherentia interferometria* módszerével.

Az ACD shift mértéke fiziológias körülmények között  $-0,026 \pm 0,134$  mm volt. Az egytestű műlencsés csoportban  $-0,043 \pm 0,193$  mm (range:  $-1,038-0,298$  mm),

a háromtestű műlencsés csoportban pedig  $0,014 \pm 0,079$  mm (range:  $-1,063-0,385$  mm). A különbség nem volt szignifikáns ( $p=0,46$ ).

*3. Az ACD mérése A-scan ultrahanggal közeli fixációban, majd a musculus ciliaris pharmacologiai bénítása után.*

Az ACD shift értéke  $-0,18 \pm 0,28$  mm volt. Az egytestű műlencse esetén  $-0,16 \pm 0,3$  mm (range:  $-0,51-0,2$  mm), háromtestű műlencse esetén pedig  $-0,2 \pm 0,28$  mm (range:  $-0,49-0,1$  mm). A különbség nem volt szignifikáns ( $p=0,68$ ).

A pharmacologiai indukált ACD shift és a defókuszáló technikával kapott dioptriaértékek között nem találtunk szignifikáns korrelációt (Spearman's  $\rho=0,16$ ;  $p=0,37$ ). A három különböző módszerrel mért eredményeinket az 1. táblázat foglalja össze.

## **II. Az elülső csarnok mélysége Pentacam<sup>®</sup>-mal, valamint kontakt ultrahangos módszerrel**

### *1. Phakiás csoport.*

A csarnok mélysége Pentacam<sup>®</sup>-mal  $2,87 \pm 0,4$  mm, ultrahanggal  $2,89 \pm 0,49$  mm volt ( $p=0,84$ ), a két eszköz eredményei szignifikánsan korreláltak ( $r=0,547$ ,  $p<0,001$ ).

## *2. Pseudophakiás csoport.*

A csarnok mélysége Pentacam®-mal  $3,41 \pm 0,28$  mm, ultrahanggal  $3,97 \pm 0,45$  mm volt ( $p < 0,001$ ), a két eszköz eredményei szignifikánsan korreláltak ( $r = 0,404$ ;  $p = 0,01$ ).

### **III. Az elülső csarnok mélység mérései és megbízhatósága elülső szegmentum optikai coherentia tomographiával és immerziós ultrahangos módszerrel.**

#### *1. Mérések elülső szegmentum optikai coherentia tomographiával.*

Az ACD  $3,12 \pm 0,33$  mm volt az első vizsgáló és  $3,11 \pm 0,33$  mm a második vizsgáló által mérve ( $p = 0,78$ ). Az intraobserver variációs coefficiens az 1. vizsgáló esetén  $0,8 \pm 0,4$  %, a második vizsgáló esetén  $1,9 \pm 1,4$  % volt. Az ACD mérések esetén az egyes vizsgálók közötti különbség  $0,007 \pm 0,041$  mm volt, ami 0,23 %-os variációs coefficiensnek felel meg. A megbízhatósági coefficiens elülső szegmentum OCT esetén 99,6 %-os volt.

#### *2. Mérések immerziós A-scan ultrahang segítségével.*

Az ACD  $2,98 \pm 0,33$  mm volt az első vizsgáló és  $2,95 \pm 0,34$  mm a második vizsgáló által mérve ( $p = 0,68$ ). Az intraobserver variációs coefficiens  $6,4 \pm 3,8$  %

volt az első és  $8,5 \pm 4,9$  % a második vizsgáló esetén. Az ACD mérés esetén a vizsgálók közötti különbség  $0,026 \pm 0,231$  mm volt, ami 0,88 %-os variációs coefficiensnek felel meg. A megbízhatósági coefficiens immerziós ultrahangos módszer esetén 87,1 %-os volt.

Az elülső szegmentum OCT illetve az ultrahangos csarnokmérés eredményei szignifikánsan különböztek mindkét vizsgáló esetén ( $p=0,02$ ). A két módszer mérési eredményei jól korreláltak egymással (1. vizsgáló:  $r=0,732$ ;  $p<0,0001$ , 2. vizsgáló:  $r=0,802$ ;  $p<0,0001$ ). A vizsgált betegek életkora és a csarnok mélysége között negatív korrelációt észleltünk (elülső szegmentum OCT:  $r=-0,411$ ;  $p=0,001$ , ultrahang:  $r=-0,37$ ;  $p=0,003$ ). A vizsgálók közötti ismételtetés elülső szegmentum OCT és ultrahangos mérés esetén hasonló volt ( $p=0,54$ ).

Az elülső szegmentum OCT-vel és immerziós ultrahanggal kapott csarnokmélység mérési eredményeinket a 2., 3. és 4. táblázatban foglaltuk össze.

## Megbeszélés

Az emberi szem alapvető funkciója a távolra és közelre történő éleslátás biztosítása. A szem refrakciós állapotában az accomodatio során változás történik, és így a szem alkalmassá válik közeli tárgyak élesen látására. A fiatal szem mintegy 14 dioptriás accomodatióra képes, ami a távolból a 7 cm-es közelpontra való fixálást jelenti.

Az életkor előrehaladtával a szemlencse anyagában és méretében kedvezőtlen változások következnek be, elveszik a fiatal lencsére jellemző rugalmasság. Az accomodatio amplitúdója fokozatosan csökken és a közeli látásélesség szemüveges korrekció nélkül fokozatosan gyengül. Az ötödik életévtized környékén a szem közelpontja a 33-40 cm-es olvasótávolságtól messzebb kerül, szükségessé válik olvasószemüveg viselése, a szem „öregszeművé”, presbyopiássá válik. A szem accomodációs képessége az életkor 60-65. évében gyakorlatilag megszűnik.

Szürkehályogműtét során az elszürkülő és már accomodatióra legtöbbször képtelen lencsét távolítjuk el. A lencserészek eltávolítása után a cornealis seben át hajlékony műlencsét implantálunk a lencse tokzákjába. Jelenleg világszerte a monofocalis műlencsék implantációja a legelterjedtebb. Ezek beültetése után a betegek hibátlan műtėti technika és a műlencse dioptriájának hibátlan tervezése esetén kiváló távoli látásélesség biztosítható szemüveges korrekció nélkül. Azonban közeli korrekció nélkül a közeli visus ritkán kielégítő, vagyis szükségessé válik olvasószemüveg viselése a 33-40 cm-es olvasótávolságra. A még tiszta, de

már accomodatióra képtelen szemlencse esetén a presbyopiát optikailag illetve sebészi úton korrigálhatjuk. Optikai korrekciót jelent az olvasószemüveg, vagy bifokális illetve progresszív kontaktlencse viselése. A presbyopia sebészi korrekciója cornealis (conductiv keratoplastica, LASIK monovision) illetve scleralis (anterior ciliary sclerotomy, scleral expansion bands) műtéti megoldásokkal lehetséges. A gyakorlatban is bevezetésre került és hatékony műtéti technikákkal a presbyopia csak részben korrigálható (62,63). A sclerán végzett műtétek egy részének hatásossága csak Schachar accomodatiós elméletének (3-6) helyessége mellett magyarázható.

Az elszürkült szemlencse műtéti eltávolítása és mülencse beültetése után a hiányzó accomodatio pótlása illetve helyreállítása a szemészetben a jelenleg egyik leginkább kutatott terület. A szürkehályogműtét utáni alkalmazkodás részleges helyreállítására számos megoldás létezik: különböző típusú multifokális illetve az optikai rész valódi mozgására képes accomodativ mülencsék implantálása vagy a „monovision” technika alkalmazása, azonban széleskörű elterjedésüket gátolják az alkalmazásuk során tapasztalt kedvezőtlen fényjelenségek (halos, glare, flare) és a látás minőségének csökkenése, valamint a kontrasztérzékenység potenciális gyengülése.

Megfigyelhető, hogy egyes, monofocalis mülencsével rendelkező betegek mégis képesek távoli korrekcióval is kielégítő közeli látásélességet elérni. Ezt a jelenséget nevezi az irodalom apparens accomodationnak (64) vagy pseudoaccomodationnak, mely mértéke egyénenként különbözik és két, jól elkülöníthető tényező eredményeként jön létre. Az egyik a pseudophakiás szem

statikus optikai tulajdonságai (a cornea multifokalitása, kismértékű indirekt myopiás astigmatismus (65-69), a szűk pupilla blendező hatása (31,33,36,67) és az így kialakuló megnövekedett mélységélesség (27,70) által meghatározott pseudophakiás pseudoaccomodatio, amely a musculus ciliaris működésétől független. A pseudoaccomodatio folyamata során a műlencse helyzete, így az elülső csarnok mélysége nem változik. A másik tényező a pseudophakiás accomodatio, mely a musculus ciliaris összehúzódása által kiváltott, a fiziológiához nagyban hasonlító accomodatio: a műlencse optikája accomodációs inger során a szem frontalis síkja mentén előre mozdul el, így változtatva meg a szem teljes törőerejét. A pseudophakiás accomodatio során a műlencse helyzetváltozásával együtt az elülső csarnok mélységében változás következik be. A fenti két összetevő egymás hatását kiegészíti és erősíti, azonban minőségi és mennyiségi elkülönítésük nem egyszerű. Megértésük és mérésük nagy segítséget nyújthat a presbyopia helyreállítását célzó új technikák kifejlesztéséhez, valamint új típusú, hatékonyabban működő, és a valódi accomodációs lencsemozgást jobban utánozó műlencsék kifejlesztéséhez.

A pseudophakiás szemek accomodációját számos módszerrel tudjuk mérni. Langenbucher tanulmánya (47) ezeket dinamikus és statikus valamint szubjektív és objektív vizsgáló módszerekre különítette el. A szubjektív, dinamikus vizsgáló módszerek (pl. szubjektív közelpont meghatározás, defókuszálás) jelentősen függenek a beteg kooperációjától és motivációjától, ráadásul nem is alkalmasak a pseudophakiás accomodatio és a pseudophakiás pseudoaccomodatio pontos szétválasztására.

A statikus módszerek közül objektív mérési lehetőség az elülső csarnok mélység változásának vizsgálata. Az ACD meghatározására számos módszer alkalmas. A leggyakrabban használt szemészeti ultrahangon kívül léteznek a partialis illetve az alacsony coherentia interferometria módszerét alkalmazó, új fejlesztésű vizsgáló módszerek, melyek felbontóképessége az ultrahang felbontásánál jelentősen jobbak. A korábbi, hagyományos módszer a musculus ciliaris farmakológiai befolyásolása (pilocarpin vagy cyclopentolate) mellett történő elülső csarnok mélység változásának mérései. Ezek az ACD mérésének olyan objektív módszerei, amelyek során csak a mülencse mozgásának lehetséges, kényszerített maximum potenciálját mutatják, nem a valódi, fizioiógias körülmények között létrejövő változást (40,47,53,71). A pseudophakiás szemeken tapasztalt accomodatio pontos meghatározásához ezért olyan vizsgálómódszereket kell választanunk, melyek a fizioiógias inger mellett bekövetkező mülencse helyzetváltozást képesek pontosan és megbízhatóan meghatározni. Fizioiógias körülmények közötti accomodatio során észlelt csarnokmélység változásának mérése csak a szemészetben újonnan bevezetett, optikai elven működő vizsgáló módszerekkel lehetséges.

Célunk volt a pseudophakiás szemeken meghatározni a teljes accomodatiós amplitúdót valamint a csarnokmélység változását accomodatio során különböző módszerekkel és az így kapott eredményeket összehasonlítani egymással. Ezen kívül célunk volt az új módszerek alkalmazásával tanulmányozni az elülső csarnok mérésének eredményeit és azokat a hagyományos, ultrahangos módszer

eredményeivel összevetni és a módszerek ismételhetőségét és megbízhatóságát vizsgálni.

A pseudophakiás szemeken tapasztalt szubjektív és objektív accomodációs amplitúdót számos tanulmány vizsgálta (38,72-74). Ezek többségében a musculus ciliaris pilocarpinnal történő stimulálása vagy cyclopentolattal elért bénítása után mérhető ACD változásokat figyelték meg, és ebből következtettek a pseudoaccomodatív amplitúdóra különböző típusú monofocalis ill. accomodatív műlencsék beültetése után (37,40,47,49,51, 74,75,76-78). A műlencsék accomodációs kényszer alatt előre (37-40) illetve egyes műlencsék (AT-45 Crystalens) beültetése esetén hátrafelé mozdulnak el (79).

Tanulmányunkban egy dinamikus, szubjektív módszert, a defókuszázó módszert és két statikus, objektív, indirekt módszert választottunk: az ACD mérése A-scan ultrahanggal és ACMaster<sup>®</sup>-el desaccomodatív és accomodatív körülmények között a musculus ciliaris bénításával illetve anélkül. A három különböző módszerrel mért accomodációs amplitúdó méréseink alapján lényegesen különbözött egymástól. PCI technikával mérve fiziológiás körülmények között nem találtunk jelentős elmozdulást. Az általunk vizsgált két műlencse eltérő kialakítású: az Alcon Acrysof<sup>®</sup> MA60AC műlencse háromtestű és 10 fokos angulációval rendelkezik, az Alcon Acrysof<sup>®</sup> SA60AT műlencse egytestű, anguláció nélküli kialakítású. A két műlencse a lencsetokban jelentősen eltérő módon fixálódik, ennek ellenére sem figyeltünk meg különbséget az accomodatio amplitúdójában, valamint a műlencse mozgásának mértékében az általunk választott egyik módszerrel mérve sem.

A cycloplegia előtt illetve után, tehát a musculus ciliaris pharmacologiai befolyásolása esetén átlagosan kb. 0,2 mm-es ACD változást tapasztaltunk, ami mindkét monofocalis műlencse esetén hasonló volt az irodalmi adatokhoz (37,39,40). Nawa mérései szerint egy ilyen mértékű műlencse elmozdulás önmagában körülbelül 0,3-0,35 dioptria pseudophakiás accomodatióknak felel meg az általunk mért, átlagos tengelyhossz mellett (80). A defókuszáló technikával viszont mindkét műlencse implantálása után jelentős, közel 1,0 D-ás szubjektív teljes accomodatiós amplitúdót mértünk. Azonban szignifikáns korrelációt ezen teljes amplitúdó és a fiziológiás illetve kényszerített ACD változások között nem tudtunk igazolni. A műlencse a nem fiziológiás körülmények között mért csarnokmélység változással mérhető elmozdulása is csak a defókuszáló módszerrel mért teljes accomodatiós amplitúdó mintegy harmadáért felelős, vagyis az ACD shiften kívül biztosan egyéb tényezők is igazolhatóan szerephez jutnak. A cornea multifokálisitása, az enyhe, indirekt myopiás astigmatismus (26), az átlagosnál kisebb pupilla átmérő mélységélességet növelő hatása, valamint a beteg motivációja is biztosan növeli és többszörözi az objektíven mérhető accomodatiós amplitúdó valódi értékét pseudophakiás szemeken.

Az accomodatio amplitúdójának különböző módszerekkel történő mérése tehát lényeges eltéréseket mutat. A teljes accomodatiós amplitúdót mérő szubjektív defókuszáló módszer, a PCI technikával mért fiziológiás műlencseelmozdulás és a musculus ciliaris bénítása során mért ACD shift maximális potenciálja egy bonyolult folyamat három lehetséges összetevőjét méri. Ezen összetevőkön kívül a pseudophakiás szemeken tapasztalt accomodatióban

egyéb részjelenségek is szerepet játszhatnak. Az egyes módszerek ráadásul különböző elvet felhasználva mérnek és így az eredmények nem összeadhatóak illetve nem összevethetőek és csak együtt értékelhetők.

Az elülső csarnok mélység mérése a fenti alkalmazáson kívül az új generációs és a preoperatív elülső csarnok mélységet is figyelembe vevő biometria képletek (Haigis, Holladay II) (81,82) alkalmazása során és a phakiás intraocularis műlencsék tervezésénél (39,40,47,83,84) is egyre fontosabbá vált. A csarnokmélység mérésének 0,1 mm-es hibája a szürkehályogműtét után kialakuló refrakcióban 0,1 D-s hibát okoz átlagos tengelyhossz érték mellett. A mai, modern cataracta sebészetben a beültetett műlencse explantációjának leggyakoribb oka a pontatlan biometria okozta nagymértékű és a beteg számára elfogadhatatlan refrakciós hiba (85,87). A műlencse accomodatio során történő esetleges elmozdulását szintén az elülső csarnok mélységének mérésével és annak változásával tudjuk detektálni (39,40,47). Az ACD különböző technikákkal mérhető: szemészeti A-scan ultrahang biometriával, ultrahang biomicroscopiával, Scheimpflug képalkotással (Pentacam<sup>®</sup>), elülső szegmentum optikai coherentia tomographia módszerével (Visante<sup>®</sup> OCT) (87-94), partialis coherentia interferometriával (95) (IOLMaster<sup>®</sup>, ACMaster<sup>®</sup>), valamint nagyfelbontású mágneses rezonancia képalkotással (47).

Az ACD mérésére a leggyakrabban alkalmazott módszer a kontakt A-scan ultrahangos módszer. A kontakt módszer hátránya a cornealis abrasio és infekció lehetősége mellett az off-axis mérés nagyobb esélye. A mérés során ráadásul a cornea benyomása miatt a valódinál kisebb elülső csarnok mélységet mérhetünk.

A kontakt és immerziós biometria során mért tengelyhossz-értékek között észlelt kb. 0,3 mm-es különbség (96) oka is a cornea kontakt módszer alkalmazása során elkerülhetetlen benyomódás miatti kisebbnek mért csarnokmélység. Kontakt ultrahangos módszerrel tehát a szem tengelyhossza is kisebbnek adódik, mint immerziós módszerrel mérve (97,98), bár ezzel ellenkező eredményű tanulmányok is ismertek (99). Ezen lehetséges hiba kiküszöbölésére a csarnok mélységének mérésére immerziós ultrahangos módszer alkalmazható. Az immerziós módszer során a cornea felszíne és az ultrahangos mérőfej között egy, a szemre a limbus mellett támaszkodó kamrában víz helyezkedik el, így a mérés direkt cornealis kontaktus nélkül végezhető. Az immerziós módszerrel történő ultrahangos mérés azonban kissé nehézkes, hosszadalmas és kényelmetlen lehet a beteg számára, ezért vetődött fel a non-kontakt és egyben gyorsabb, kényelmesebb módszerek iránti igény.

Hoffer 6950 phakiás szemén 3,24 mm-es átlagos csarnokmélységet írt le cataractás szemeken (100), ami saját, kontakt ultrahangos adatainknál (2,89 mm) valamivel nagyobb érték. A különbség hátterében az állhat, hogy a hasonló átlagéletkorú populációban (72 év), de Hoffer mérései 60 %-ban réslámpára rögzített pachymeterrel, és csak 40 %-ban A-scan szemészeti ultrahang segítségével történtek. Egy másik, nagy esetszámú tanulmány (102) immerziós ultrahangos módszerrel viszont a saját adatainkhoz hasonló átlagos csarnokmélységet írt le (2,96 mm). Vizsgálataink szerint phakiás, emmetrop szemeken az A-scan ultrahang és a Pentacam<sup>®</sup> azonos csarnokmélységet mér, pseudophakiás szemeken azonban az ultrahangos eszköz lényegesen nagyobb

értéket mér, mint az optikai eszköz. A centralis csarnok mélysége viszont nagyobbak adódott egy másik technikát alkalmazó optikai eszközzel, a Visante<sup>®</sup> OCT-vel mérve az ultrahangos eszközhöz képest. A csarnokmélység mérési eredménye tehát jelentősen függ a vizsgáló módszertől is, ezt a megfigyelést egyéb tanulmányok is megerősítették (95,100,102-111). Az elülső csarnok mélységének különböző eszközökkel mért irodalmi diverzitását az 5. táblázat foglalja össze.

A pseudophakiás betegeken különböző módszerekkel mért csarnokmélység adatok különbségének hátterében több tényező állhat. A műlencse saját lencsétől jelentősen eltérő reflektív tulajdonságai, a műlencse anyagának magas refraktív indexe, valamint esetleges interferencia is okként szerepelhet mind partialis coherentia interferometria segítségével mérve, mind Scheimpflug képalkotás során (112).

Az ACD mérés reprodukálhatósága ultrahangos módszerrel a relatív rossz, 200-300 µm-es (114,115) felbontóképesség miatt egyes tanulmányok szerint alacsony (93). Saját eredményeink immerziós ultrahangos módszerrel jobb reprodukálhatóságot mutattak (<1 %), ami megegyezett az elülső szegmentum OCT esetén kapott adatokkal. Az optikai, non-kontakt módszerek eredményei a vizsgálótól nagymértékben függetlenek, vagyis a mérések jól reprodukálhatók és magas megbízhatóságúak irodalmi adatok szerint (94,106-112,116). Saját tanulmányunkban 1 % alatti ismételhetséget észleltünk elülső szegmentum OCT esetén, tehát a manuálisan ellenőrzött mérések mellett is a Visante<sup>®</sup> OCT-vel

gyors, jól ismétélhető, valamint magas megbízhatóságú az elülső csarnok mélységének mérése.

A csarnokmélység mérési eredményei az elülső szegmentum OCT és az immerziós ultrahangos módszer között különböztek, azonban az adatok igen jól korreláltak.

Összefoglalva, a pseudophakiás szemeken megfigyelhető és különböző mértékű accomodációs amplitúdó háttérben álló accomodatio illetve pseudoaccomodatio mérése igen bonyolult feladat. A folyamat összetettsége miatt a különböző módszerekkel csak egy-egy részfolyamat mérhető. Ráadásul számos, pontosan nem mérhető tényező is szerepet játszik a pseudophakiás szemeken létrejött accomodatio kialakulásában. Emellett az elülső csarnok mélységének mérési eredménye a vizsgáló módszertől is nagymértékben függ. A modern, non-kontakt optikai módszerekkel a standard ultrahangos módszerhez képest jelentősen eltérő csarnokmélységek mérhetők. További tanulmányok szükségesek az egyes módszerek esetén mért csarnokmélységek pontosságának illetve validitásának vizsgálatára.

## **Az új eredmények összefoglalása**

I. A pseudophakiás szemeken észlelt pseudophakiás accomodatiót és pseudoaccomodatiót három különböző, az irodalomban leírt módszerrel mértük. A defókuszáló technikával mintegy 0,8-0,9 D-ás teljes accomodációs amplitúdót igazoltunk. Partialis coherentia interferometria módszerével mérve, a műlencsék átlagos elmozdulása fiziológiás accomodációs inger hatására minimális volt. A musculus ciliaris farmakológiai bénítása során a műlencse átlagosan 0,2 mm-t mozdult előre a szem frontalis síkja mentén, a két monofocalis műlencse implantációja esetén pedig nem mértünk különbséget.

II. Igazoltuk, hogy az elülső csarnok mélységének mérése Scheimpflug képalkotást használó új diagnosztikai eszközzel (Pentacam<sup>®</sup>) és standard ultrahangos méréssel eltér phakiás és pseudophakiás szemeken. Phakiás szemeken a két módszer eredményei azonosak, pseudophakiás szemeken azonban a Pentacam<sup>®</sup> lényegesen kisebb csarnokmélységet mér.

III. Egy újonnan kifejlesztett optikai eszköz, az elülső szegmentum optikai coherentia tomograph (Visante<sup>®</sup> OCT) az immerziós ultrahangos eszköznél nagyobb csarnokmélységet mér phakiás szemeken. Az elülső csarnok mélység mérésének intra- és interobserver ismételhetsége, valamint megbízhatósága az optikai eszközzel lényegesen jobb.

## Summary of new results

I. We had measured pseudophakic accommodation and pseudoaccommodation in pseudophakic eyes with three different methods described in the literature. With defocusing technique we had proved approximately 0.8-0.9 D total amplitude of accommodation. With partial coherence interferometry method, the mean shift of the intraocular lens was minimal under physiological accommodation condition. After pharmacological blocking of the ciliary muscle the IOL shift was a mean of 0.2 mm, with no difference between our two types of monofocal intraocular lenses.

II. We had proved that there is a difference in anterior chamber depth values in phakic and pseudophakic eyes measured by a newly developed diagnostic tool using Scheimpflug imaging and a standard ultrasonic device. In phakic eyes the results are the same, but in the case of pseudophakic eyes the Pentacam<sup>®</sup> measures significantly smaller anterior chamber depth.

III. The anterior chamber depth was larger measured with newly developed anterior segment optical coherence tomograph (Visante<sup>®</sup> OCT) than ultrasonic device using immersion technique in phakic eyes. The repeatability, reproducibility and reliability of measurement of anterior chamber depth was much better with optical device.

## Táblázatok

	accommodációs amplitúdó defókuszáló technikával (D)	ACD shift fiziológias stimulus mellett, PCI technikával mérve (mm)	ultrahanggal mért ACD shift (cycloplegia előtt és után) (mm)
egytestű PCL	-0,95±0,67	-0,043±0,193	-0,16±0,3
háromtestű PCL	-0,81±0,53	0,014±0,079	-0,2±0,28
összesítve	-0,83±0,63	-0,026±0,134	-0,18±0,28

1. táblázat: Az accomodatio amplitúdója szubjektív módszerrel, PCI technikával fiziológias körülmények között és A-scan ultrahang segítségével cycloplegia előtt és után mérve (pozitív érték a mívelencse hátra, negatív érték előre történő elmozdulását jelenti).

(ACD: elülső csarnok mélység, PCL: hátsó csarnoki mívelencse, PCI: partialis coherencia interferometria)

Módszer	ACD mm-ben (1. vizsgáló)	ACD mm-ben (2. vizsgáló)	1. és 2. vizsgáló közötti szignifikancia
elülső szegmentum OCT	3,12±0,33	3,11±0,33	p=0,78
immerziós ultrahang A- scan	2,98±0,33	2,95±0,34	p=0,68
p	p=0,02	p=0,02	

2. táblázat: Elülső csarnok mélység méréseink adatai két független vizsgáló esetén, elülső szegmentum OCT-vel és immerziós A-scan ultrahanggal mérve.

(ACD: elülső csarnok mélység, OCT: optikai coherentia interferometer)

Módszer	Intraobserver CV (1. vizsgáló)	Intraobserver CV (2. vizsgáló)
elülső szegmentum OCT	0,8±0,4 % (range: 0,2-2,1 %)	1,9±1,4 % (range: 0,2-8,9 %)
immerziós ultrahang A-scan	6,4±3,8 % (range: 0,00-15,13 %)	8,5±4,9 % (range: 0,00-18,42 %)
p	p<0,0001	p<0,0001

3. táblázat: A két független vizsgáló ACD méréseinek variációs coefficiensei elülső szegmentum OCT és immerziós A-scan ultrahang mérések esetén. P= szignifikanciaszint az elülső szegmentum OCT és az ultrahangos mérések CV értékei között.

(CV: variációs coefficiens, OCT: optikai coherentia interferometer)

Módszer	Interobserver különbség	Interobserver CV
elülső szegmentum OCT	0,007±0,041 mm	0,23 %
immerziós ultrahang A-scan	0,026±0,231 mm	0,88 %
szignifikancia az elülső szegmentum OCT és az ultrahang között		p=0,54

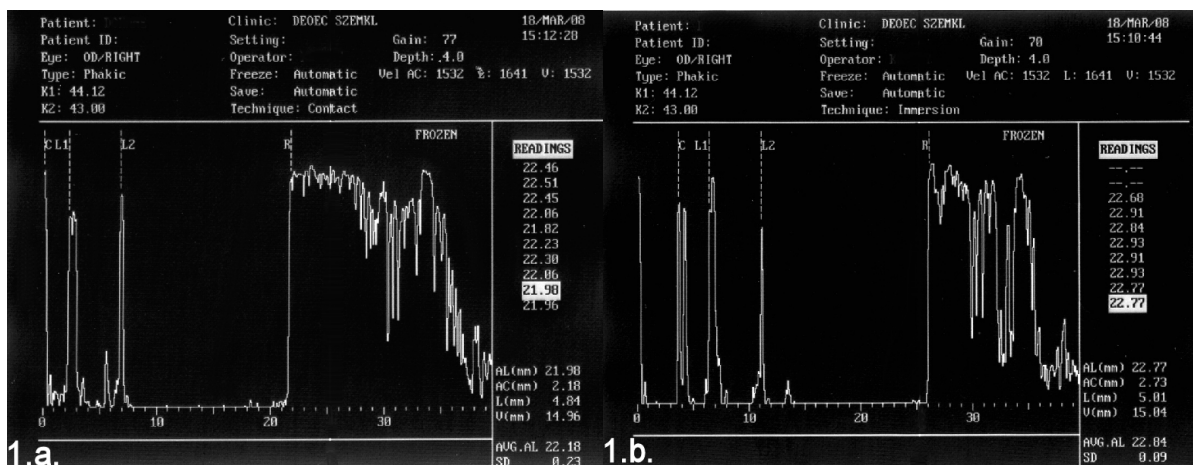
4. táblázat: A két független vizsgáló közötti mérési különbségek és variációs coefficiensek elülső szegmentum OCT és immerziós A-scan ultrahangos mérés esetén.

(CV: variációs coefficiens, OCT: optikai coherentia interferometer)

Szerzők	1. módszer	ACD mm- ben az 1. módszerrel	2. módszer	ACD mm- ben a 2. módszerrel	phakiás/ PCL/más	r	p
Kriechbaum et al. (97)	IOL Master	3,06	kontakt UH	2,87	phakiás	r=0,85 p<0,01	p<0,01
Koranyi et al. (105)	Nidek EAS-1000	3,37±0,35	kontakt UH	3,05±0,36	phakiás		p<0,001
Koranyi et al. (105)	Nidek EAS-1000	4,65±0,33	kontakt UH	3,73±0,26	PCL		p<0,001
Auffarth et al. (106)	Orbscan	3,23±0,55	immerziós UH	3,27±0,54	phakiás	r=0,96	
Reddy et al. (107)	IOL Master	3,33±0,61	kontakt UH	2,87±0,55	PCL		p<0,01
Reddy et al. (107)	Orbscan II,	3,32±0,61	kontakt UH	2,87±0,55	PCL		p <0,01
Lam et al. (113)	IOL Master	3,6±0,25	kontakt UH	3,44±0,24	phakiás		p<0,01
Vetrugno et al. (114)	Orbscan	3,51±0,25	kontakt UH	3,67±0,27	phakiás IOL		p<0,01
Nemeth et al.	Pentacam®	3,41±0,28	kontakt UH	3,97±0,45	PCL	r=0,4 p=0,01	p<0,001
Nemeth et al.	Pentacam®	2,87±0,4	kontakt UH	2,89±0,49	phakiás	r=0,54 p<0,01	p=0,841
Nemeth et al.	Visante® OCT	3,12±0,33	immerziós UH	2,98±0,33	phakiás	r=0,73 p<0,01	p=0,02

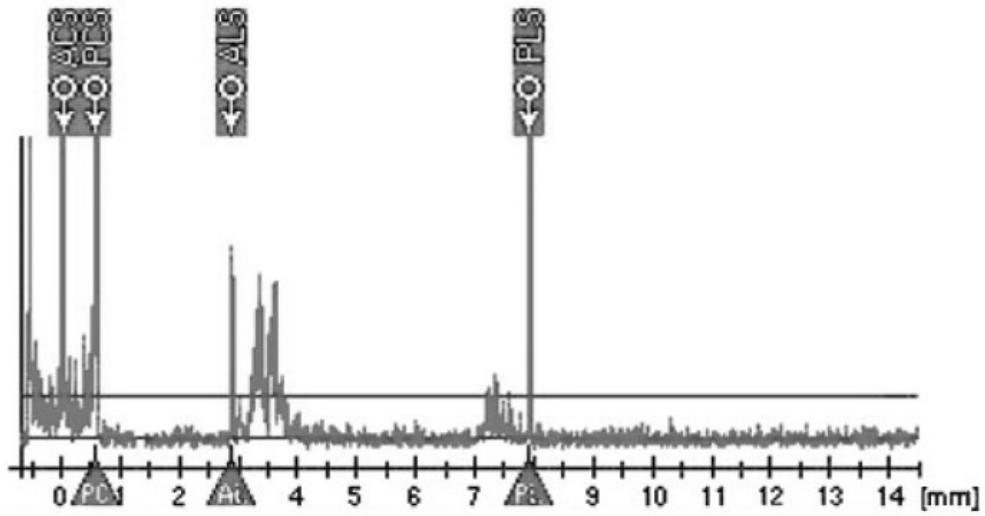
5. táblázat: Az elülső csarnok mélységének mérése különböző módszerekkel. (irodalmi összefoglaló) (ACD: elülső csarnok mélység, IOL: intraocularis műlencse, PCL: hátsó csarnoki műlencse, UH: ultrahang, OCT: optikai coherencia interferometria)

## Ábrák



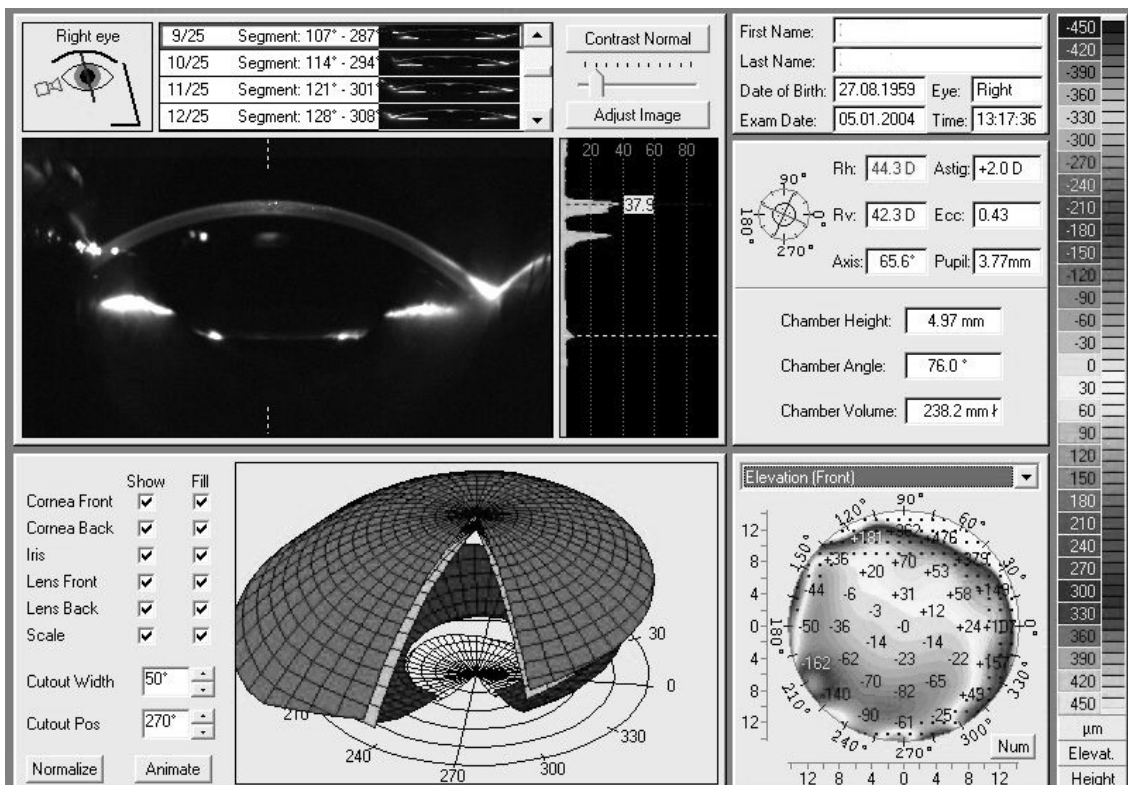
1.a. ábra: Az elülső csarnok mélység mérése kontakt ultrahang A-scan segítségével. Az A-scan tüskéi sorrendben: C: cornea, L1: a lencse elülső felszíne, L2: a lencse hátsó felszíne, R: retina.

1.b. ábra: Az elülső csarnok mélység mérése immerziós ultrahang A-scan segítségével. Az A-scan tüskéi sorrendben: C: cornea, az epithel és endothel felszíne jól elkülönül, L1: a lencse elülső felszíne, L2: a lencse hátsó felszíne, R: retina



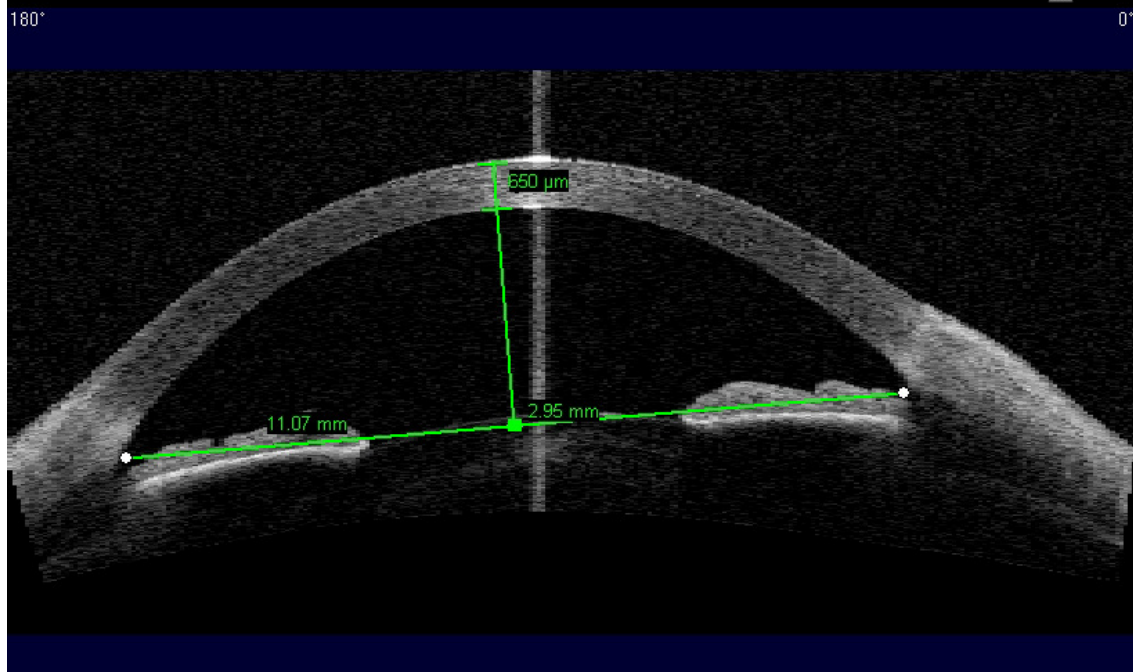
2. ábra: Az elülső szegmentum paramétereinek mérése ACMaster<sup>®</sup> segítségével.

(ACS: cornea elülső felszíne, PCS: cornea hátsó felszíne, ALS: a lencse elülső felszíne, PLS: a lencse hátsó felszíne)



3. ábra: Elülső csarnok mélység mérése Pentacam<sup>®</sup> segítségével: A műszer szoftvere a képkalkotás után automatikusan méri az elülső csarnok centralis mélységét, a csarnokzug szögét és az elülső csarnok térfogatát.

SW Version: 1.0.12.1896 Patient ID: Gender: Unknown Age: 55  
Anterior Segment Single



4. ábra: Az elülső csarnok mélység mérése a Visante® OCT beépített „Chamber tool” szoftverével (version 1.0). A szoftver egy mindkét végén elmozdítható szakaszt helyez el az irissíknak megfelelően és egy erre merőleges szakaszon méri manuális kontroll mellett a cornea centralis vastagságát (az ábrán 650 μm) valamint a cornea endotheliuma és a lencse elülső felszíne közötti, „belső” elülső csarnok mélységet (az ábrán 2,95 mm). Az anatómiai csarnokmélység meghatározásához így a „belső” elülső csarnok mélységéhez a cornea vastagságát hozzá kell adnunk.

## **Irodalomjegyzék**

### *Hivatkozott közlemények jegyzéke:*

1. Von Helmholtz, H: Uber die accommodation des Auges. Albrecht von Graefe's Arch für Ophthalmology 1855; 1: 1–74
2. Tomlinson A, Hemenger RP, Garriott R: Method for estimating the spheric aberration of the human crystalline lens in vivo. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993; 34:621-629
3. Schachar RA: The mechanism of accommodation and presbyopia. International Ophthalmology Clinics. 2006; 46: 39-61
4. Schachar RA, Anderson DA: The mechanism of ciliary muscle function. Ann Ophthalmol 1995; 27:126-132
5. Schachar RA, Huang T, Huang X: Mathematic proof of Schachar's hypothesis of accommodation. Ann Ophthalmol 1993; 25:5-9
6. Schachar RA, Tello C, Cudmore DP, Liebmann JM, Black TD, Ritch R: In vivo increase of the human lens equatorial diameter during accommodation. American Journal of Physiology 1996; 271:670-676
7. Steinert RF, Aker BL, Trentacost DJ, Smith PJ, Tarantino N: A prospective comparative study of the AMO ARRAY Zonal-progressive multifocal silicone intraocular lens and a monofocal intraocular lens. Ophthalmology 1999; 106:1243-1255

8. Alfonso JF, Fernández-Vega L, Baamonde MB, Montés-Micó R: Prospective visual evaluation of apodized diffractive intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:1235-1243
9. Souza CE, Muccioli C, Soriano ES, Chalita MR, Oliveira F, Freitas LL, Meire LP, Tamaki C, Belfort R Jr: Visual performance of AcrySof ReSTOR apodized diffractive IOL: a prospective comparative trial. *Am J Ophthalmol* 2006; 141:827-832
10. Vingolo EM, Grenga P, Iacobelli L, Grenga R: Visual acuity and contrast sensitivity: AcrySof ReSTOR apodized diffractive versus AcrySof SA60AT monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:1244-1247
11. Chiam PJ, Chan JH, Aggarwal RK, Kasaby S: ReSTOR intraocular lens implantation in cataract surgery: quality of vision. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:1459-1463
12. Uthoff D, Gulati A, Hepper D, Holland D: Potentially accommodating 1CU intraocular lens: 1-year results in 553 eyes and literature review. *J Refract Surg* 2007; 23:159-171
13. Findl O, Leydolt C: Meta-analysis of accommodating intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:522-527
14. Mastropasqua L, Toto L, Nubile M, Falconio G, Ballone E: Clinical study of the 1CU accommodating intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1307-1312
15. Cumming JS, Colvard DM, Dell SJ, Doane J, Fine IH, Hoffman RS, Packer M, Slade SG: Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens: results of the U.S. Food and Drug Administration clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:812-825

16. Cumming JS, Slade SG, Chayet A, and the AT-45 Study Group: Clinical evaluation of the model AT-45 silicone accommodating intraocular lens. Results of feasibility and the initial phase of a Food and Drug Administration clinical trial. *Ophthalmology* 2001; 108:2005-2010
17. Dick HB: Accommodative intraocular lenses: current status. *Curr Opin Ophthalmol* 2005; 16:8-26
18. Dogru M, Honda R, Omoto M, Toda I, Fujishima H, Arai H, Matsuyama M, Nishijima S, Hida Y, Yagi Y, Tsubota K: Early visual results with the 1CU accommodating intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:895-902
19. McLeod SD, Vargas LG, Portney V, Ting A: Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 1: optical and biomechanical principles and design considerations. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:37-46
20. Ossma IL, Galvis A, Vargas LG, Trager MJ, Vagefi MR, McLeod SD: Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 2: pilot clinical evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:47-52
21. Nishi O, Nakai Y, Yamada Y, Mizumoto Y: Amplitudes of accommodation of primate lenses refilled with two types of inflatable endocapsular balloons. *Arch Ophthalmol* 1993; 111:1677-1684
22. Parel JM, Gelender H, Trefers WF, Norton EWD: Phaco-ersatz: cataract surgery designed to preserve accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1986; 224:165-173
23. Nishi O, Nishi K, Nishi Y, Chang S: Capsular bag refilling using a new accommodating intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:302–309

24. Wesendahl TA, Shallaby WS, Corson DW, et al.: Entwicklung von neuartigen Hydrogel Intraocularlinsen aus Polyvinylpyrrolidone (PVP) Polymeren. *Ophthalmologe* 1996; 93:22-28
25. Elder MJ, Murphy C, Sanderson GF: Apparent accommodation and depth of field in pseudophakia. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 615–619
26. Huber C: Myopic astigmatism as a substitute for accommodation in pseudophakia. *Doc Ophthalmol* 1981; 52:123–178
27. Tucker J, Charman WN: Depth of focus and accommodation for sinusoidal gratings as a function of luminance. *Am J Opt Physiol Opt* 1986; 63:58-70
28. Tucker J, Charman WN: The depth-of-focus of the human eye for Snellen letters. *Am J Opt Physiol Opt* 1975; 52:3-21
29. Marcos S, Moreno E, Navarro R: The depth-of-field of the human eye from objective and subjective measurements. *Vision Res* 1999; 39:2039-2049
30. Fukuyama M, Oshika T, Amano S, Yoshitomi F: Relationship between apparent accommodation and corneal multifocality in pseudophakic eyes. *Ophthalmology* 1999; 106:1178-1181
31. Nakazawa M, Ohtsuki K: Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 1983; 96: 435–438
32. Oshika T, Mimura T, Tanaka S, Amano S, Fukuyama M, Yoshitomi F, Maeda N, Fujikado T, Hirohara Y, Mihashi T: Apparent accommodation and corneal wavefront aberration in pseudophakic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43:2882-2886

33. Ravalico G, Baccara F: Apparent accommodation in pseudophakic eyes. *Acta Ophthalmologica* 1990; 68:604-606
34. Trindade F, Oliveira A, Frasson M: Benefit of against-the-rule astigmatism to uncorrected near acuity. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:82-85
35. Yamamoto S, Adachi-Usami E: Apparent accommodation in pseudophakic eyes as measured with visually evoked potentials. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992; 33:443-446
36. Nakazawa M, Ohtsuki K: Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation posterior chamber intraocular lenses: Optical analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25:1458-1460
37. Hardman Lea SJ, Rubinstein MP, Snead MP, Haworth SM: Pseudophakic accommodation? A study of the stability of capsular bag supported, one piece, rigid tripod, or soft flexible implants. *Br J Ophthalmol* 1990; 74:22-25
38. Gonzalez F, Capeans C, Santos L, Suarez J, Cadarso L: Anteroposterior shift in rigid and soft implants supported by the intraocular capsular bag. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 1992; 230: 237-239
39. Lesiewska-Junk H, Kaluzny J: Intraocular lens movement and accommodation in eyes of young patients. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26:562-565
40. Findl O, Kiss B, Petternel V, Menapace R, Georgopoulos M, Rainer G, Drexler W: Intraocular lens movement caused by ciliary muscle contraction. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 669-676

41. Findl O, Kriechbaum K, Menapace R, Koepl C, Sacu S, Wirtitsch M, Buehl W, Drexler W: Laserinterferometric assessment of pilocarpine-induced movement of an accommodating intraocular lens. *Ophthalmology* 2004; 111: 1515–1521
42. Thornton SP: Lens implantation with restored accommodation. *Curr Can Ophthalmic Pract* 1986; 4:60-62, 82
43. Auffarth GU, Schmidbauer J, Becker KA, Apple DJ: Miyake-Apple-Video-Analyse des Bewegungsmusters einer akkommodativen Intraokularlinse. *Ophthalmologie* 2002; 99: 811-814
44. Vamosi P, Nemeth G, Berta A: Pseudophakic accommodation with 2 models of foldable intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2006; 32:221-226
45. Kühle M, Nguyen NX, Langenbacher A, Gusek-Schneider GC, Seitz B, Hanna KD: Implantation of a new accommodative posterior chamber intraocular lens. *J Refract Surg* 2002; 18: 208-216
46. Legeais J, Werner L, Werner L, Abenhaim A, Renard G: Pseudoaccommodation: BioComFold versus a foldable silicone intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25: 262-267
47. Langenbacher A, Huber S, Nguyen NX, Seitz B, Gusek-Schneider GC, Kühle M: Measurement of accommodation after implantation of an accommodating posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 677-685
48. Findl O, Drexler W, Menapace R, Bobr B, Bittermann S, Vass C, Rainer G, Hitzemberger CK, Fercher AF: Accurate determination of effective lens position and lens-capsule distance with 4 intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 1094–1098

49. Langenbucher A, Seitz B, Huber S, Nguyen NX, Kühle M: Theoretical and measured accommodation after implantation of a new accommodative posterior chamber intraocular lens. *Arch Ophthalmol* 2003; 121: 1722-1727
50. Whitefoot H, Charman WN: Dynamic retinoscopy and accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992; 12: 8–17
51. Drexler W, Baumgartner A, Findl O, Hitzemberger CK, Sattmann H, Fercher AF: Submicrometer precision biometry of the anterior segment of the human eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38:1304 –1313
52. Findl O, Drexler W, Menapace R, Hitzemberger CK, Fercher AF: High precision biometry of pseudophakic eyes using partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24:1087-1093
53. Kriechbaum K, Findl O, Koepl C, Menapace R, Drexler W: Stimulus-driven versus pilocarpine-induced biometric changes in pseudophakic eyes. *Ophthalmology* 2005; 112:453-459
54. Vogel A, Dick HB, Krummenauer F: Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry. Intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1961-1968
55. Lee DA, Brubaker RF, Ilstrup DM: Anterior chamber dimensions in patients with narrow angles and angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1984; 102:46–50
56. Devereux JG, Foster PJ, Baasanhu J, Uranchimeg D, Lee PS, Erdenbeleg T, Machin D, Johnson GJ, Alsbirk PH: Anterior chamber depth measurement as a

- screening tool for primary angle-closure glaucoma in an East Asian population. *Arch Ophthalmol* 2000; 118:257-263
57. Congdon NG, Youlin Q, Quigley H, Hung PT, Wang TH, Ho TC, Tielsch JM: Biometry and primary angle-closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology* 1997; 104:1489–495
58. Bamber JC, Trstam M: Diagnostic ultrasound. In: Webb S, ed, *The Physics of Medical Imaging*. Philadelphia, PA, Adam Hilger 1988; 319
59. Olsen T: The accuracy of ultrasonic determination of axial length in pseudophakic eyes. *Acta Ophthalmol* 1989; 67:141–144
60. Fercher AF, Mengedoth K, Werner W: Eye length measurement by interferometry with partially coherent light. *Opt Lett* 1988; 13: 186–188
61. Hitzenberger CK, Baumgartner A, Drexler W, Fercher AF: Interferometric measurement of corneal thickness with micrometer precision. *Am J Ophthalmol* 1994; 118: 468–476
62. Hamilton DR, Davidorf JM, Maloney RK: Anterior ciliary sclerotomy for treatment of presbyopia: a prospective controlled study. *Ophthalmology* 2002; 109:1970-1977
63. Malecaze FJ, Gazagne CS, Tarroux MC, Gorrand JM: Scleral expansion bands for presbyopia. *Ophthalmology* 2001; 108:2165-2171
64. Betman JW: Apparent accommodation in aphakic eyes. *Am J Ophthalmol* 1950; 33: 921–928
65. Huber C: Myopic astigmatism as a substitute for accommodation in pseudophakia. *Dev Ophthalmol* 1981; 5:17–26

66. Huber C: Planned myopic astigmatism as a substitute for accommodation in pseudophakia. *J Am Intraoc Implant Soc* 1981; 7:244–249
67. Sawusch MR, Guyton DL: Optimal astigmatism to enhance depth of focus after cataract surgery. *Ophthalmology* 1991; 98: 1025–1029
68. Datiles MB, Gancayco T: Low myopia with low astigmatism correction gives cataract surgery patients good depth of focus. *Ophthalmology* 1990; 97:922–926
69. Hillman JS, Bradbury JA: Apparent accommodation by myopic astigmatism with monofocal intraocular lenses. *Eur J Implant Refract Surg* 1990; 2:101–104
70. Elder MJ, Murphy C, Sanderson GF: Apparent accommodation and depth of field in pseudophakia. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 615–619
71. Findl O: Intraocular lenses for restoring accommodation: hope and reality. *J Refract Surg* 2005; 21:321-323
72. Rosenfield M, Portello JK, Blustein GH, Jang C: Comparison of clinical techniques to assess the near accommodative response. *Optom Vis Sci* 1996; 73: 382–388
73. Rosenfield M, Cohen AS: Repeatability of clinical measurements of the amplitude of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996; 16:247–249
74. Kragha IKOK: Amplitude of accommodation: population and methodological differences. *Ophthalmic Physiol Opt* 1986; 6:75–80
75. Rutstein RP, Fuhr PD, Swiatocha J: Comparing the amplitude of accommodation determined objectively and subjectively. *Optom Vis Sci* 1993; 70:496–500

76. Koepl C, Findl O, Kriechbaum K, Drexler W: Comparison of pilocarpine-induced and stimulus-driven accommodation in phakic eyes. *Exp Eye Res* 2005; 80:795-800
77. Lehrer IE, Tetz MR, Dumke K, Ruukonen P: Refractive lensectomy and accommodating lens implantation in a case of hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:2430-2434
78. Muftuoglu O, Hosal BM, Karel F, Zileiloglu G: Drug-induced intraocular lens movement and near visual acuity after AcrySof intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1298-1305
79. Koepl C, Findl O, Menapace R, Kriechbaum K, Wirtitsch M, Buehl W, Sacu S, Drexler W: Pilocarpine-induced shift of an accommodating intraocular lens: AT-45 Crystalens *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1290–1297
80. Nawa Y, Ueda T, Nakatsuka M, Tsuji H, Marutani H, Hara Y, Uozato H: Accommodation obtained per 1.0 mm forward movement of a posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:2069-2072
81. Holladay JT: Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:1356–1370
82. Hoffer KJ: Clinical results using the Holladay 2 intraocular lens power formula. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26:1233–1237
83. Olsen T, Corydon L, Gimbel H: Intraocular lens power calculation with an improved anterior chamber depth prediction algorithm. *J Cataract Refract Surg* 1995; 21: 313–319

84. Fechner PU: Intraocular lenses for the correction of myopia in phakic eyes: short-term success and long-term caution. *Refract Corneal Surg* 1990; 6:242–244
85. Olsen T: Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992; 18:125–129
86. Mamalis N: Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention—1998 survey. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26:766–772
87. Gazzard G, Friedman DS, Devereux JG, Chew P, Seah SK: A prospective ultrasound biomicroscopy evaluation of changes in anterior segment morphology after laser iridotomy in Asian eyes. *Ophthalmology* 2003; 110:630–638
88. Jacobs IH: Anterior chamber depth measurement using the split-lamp microscope. *Am J Ophthalmol* 1979; 88:236–238
89. Richards DW, Russell SR, Anderson DR: A method for improved biometry of the anterior chamber with a Scheimpflug technique. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988; 29:1826–1835
90. Congdon NG, Spaeth GL, Augsburger J, Klanchnik J Jr, Patel K, Hunter DG: A proposed simple method for measurement in the anterior chamber angle: biometric gonioscopy. *Ophthalmology* 1999; 106:2161–2167
91. Boker T, Sheqem J, Rauwolf M, Wegener A: Anterior chamber angle biometry: a comparison of Scheimpflug photography and ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmic Res* 1995; 27:104–109
92. Sasaki K, Sakamoto Y, Shibata T, Emori Y: The multi-purpose amera: a new anterior eye segment analysis system. *Ophthalmic Res* 1990; 22:3–8

93. Norrby S: Multicenter biometry study of 1 pair of eyes. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1656–1661
94. Baikoff G, Jitsuo Jodai H, Bourgeon G: Measurement of the internal diameter and depth of the anterior chamber: IOLMaster versus anterior chamber optical coherence tomographer. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1722–1728
95. Kriechbaum K, Findl O, Kiss B, Sacu S, Petternel V, Drexler W: Comparison of anterior chamber depth measurement methods in phakic and pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:89–94
96. Giers U, Epple C: Comparison of A-scan device accuracy. *J Cataract Refract Surg* 1990; 16:235–242
97. Hoffmann PC, Hutz WW, Eckhardt HB, Heuring AH: Intraocular lens calculation and ultrasound biometry: immersion and contact procedures. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1998; 213:161-165
98. Watson A, Armstrong R: Contact or immersion technique for axial length measurement? *Aust N Z J Ophthalmol* 1999; 27:49-51
99. Hennessy MP, Franzco, Chan DG: Contact versus immersion biometry of axial length before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:2195-2198
100. Hoffer KJ: Biometry of 7500 cataractous eyes. *Am J Ophthalmol* 1980; 90:360–368
101. Baikoff G, Jitsuo Jodai H, Bourgeon G: Measurement of the internal diameter and depth of the anterior chamber: IOLMaster versus anterior chamber optical coherence tomographer. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1722–1728

102. Jivrajka R, Shammas MC, Boenzi T, Swearingen M, Shammas HJ: Variability of axial length, anterior chamber depth, and lens thickness in the cataractous eye. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:289-294
103. Koranyi G, Lydahl E, Norrby S, Taube M: Anterior chamber depth measurement: A-scan versus optical methods. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28:243–247
104. Auffarth GU, Tetz MR, Biazid Y, Volcker HE: Measuring anterior chamber depth with the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23:1351–1355
105. Reddy AR, Pande MV, Finn P, El-Gogary H: Comparative estimation of anterior chamber depth by ultrasonography, Orbscan II, and IOLMaster. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:1268–1271
106. Vogel A, Dick HB, Krummenauer F: Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry; intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1961–1968
107. Foster PJ, Alsbirk PH, Baasanhu J, Munkhbayar D, Uranchimeg D, Johnson GJ: Anterior chamber depth in Mongolians: variation with age, sex, and method of measurement. *Am J Ophthalmol* 1997; 124:53-60
108. Nemeth J, Fekete O, Pesztenlehrer N: Optical and ultrasound measurement of axial length and anterior chamber depth for intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:85–88

109. Goldsmith JA, Li Y, Chalita MR, Westphal V, Patil CA, Rollins AM, Izatt JA, Huang D: Anterior chamber width measurement by high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2005; 112:238–244
110. Fea AM, Annetta F, Cirillo S, Campanella D, De Giuseppe M, Regge D, Grignolo FM: Magnetic resonance imaging and Orbscan assessment of the anterior chamber. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1713-1718
111. Lam AK, Chan R, Pang PC: The repeatability and accuracy of axial length and anterior chamber depth measurements from the IOLMaster. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001; 21:477-483
112. Vetrugno M, Cardascia N, Cardia L: Anterior chamber depth measured by two methods in myopic and hyperopic phakic IOL implant. *Br J Ophthalmol* 2000; 84:1113–1116
113. Fea AM, Annetta F, Cirillo S, Campanella D, De Giuseppe M, Regge D, Grignolo FM: Magnetic resonance imaging and Orbscan assessment of the anterior chamber. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:1713–1718
114. Bamber JC, Trstam M: Diagnostic ultrasound. In: Webb S, ed, *The Physics of Medical Imaging*. Philadelphia, PA, Adam Hilger 1988; 319
115. Olsen T: The accuracy of ultrasonic determination of axial length in pseudophakic eyes. *Acta Ophthalmol* 1989; 67:141–144
116. Findl O, Kriechbaum K, Sacu S, Kiss B, Polak K, Nepp J, Schild G, Rainer G, Maca S, Petternel V, Lackner B, Drexler W: Influence of operator experience on the performance of ultrasound biometry compared to optical biometry before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2003; 29:1950-1955

*Az értekezéshez felhasznált közlemények:*

1. Nemeth G, Vajas A, Kolozsvari B, Berta A, Modis L Jr: Anterior chamber depth measurements in phakic and pseudophakic eyes: Pentacam versus ultrasound device. J Cataract Refract Surg 2006; 32:1331-1335 (IF:2.285)
2. Nemeth G, Vajas A, Tsorbatzoglou A, Kolozsvari B, Modis L Jr, Berta A: Assessment of anterior chamber depth and its reproducibility with an anterior segment optical coherence tomography compared to immersion ultrasonic method. J Cataract Refract Surg 2007; 33:443-447 (IF:2.285)
3. Nemeth G, Tsorbatzoglou A, Vamosi P, Sohajda Z, Berta A: A comparison of accommodation amplitudes in pseudophakic eyes measured with three different methods. Eye 2008; 22:65-69 (IF:2.084)

*Egyéb, az értekezéshez fel nem használt közlemények:*

1. Vamosi P, Nemeth G, Berta A: Pseudophakic accommodation with 2 models of foldable intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2006; 32:221-226  
(*IF:2.285*)
2. Nemeth G, Tsorbatzoglou A, Kertesz K, Vajas A, Berta A, Modis L Jr: Comparison of central corneal thickness measurements with a new optical device and a standard ultrasonic pachymeter. J Cataract Refract Surg 2006; 32:460–463  
(*IF:2.285*)
3. Tsorbatzoglou A, Nemeth G, Math J, Berta A: Pseudophakic accommodation and pseudoaccommodation under physiological conditions measured with partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2006; 32:1345-1350  
(*IF:2.285*)
4. Tsorbatzoglou A, Németh G, Széll N, Biró Zs, Berta A: Anterior segment changes with age and during accommodation measured with partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2007; 33:1597–1601 (*IF:2.285*)
5. Nemeth G, Felszeghy Sz, Kenyeres A, Szentmary N, Berta A, Suveges I, Modis L Jr: Cell adhesion molecules in stromal corneal dystrophies. Histology and Histopathology 2008; (in press) (*IF:2.182*)
6. Tsorbatzoglou A, Módis L, Kertész K, Németh G, Berta A: Comparison of divide and conquer and phaco-chop techniques during fluid-based phacoemulsification. Eu J Ophthalmol 2007; 17:315-319 (*IF:0.824*)

7. Tsorbatzoglou A, Kertész K, Módis L, Németh G, Máth J, Berta A: Corneal endothelial function after phacoemulsification using the fluid-based system compared to conventional ultrasound technique. Eye 2007; 21: 727-732  
*(IF:2.084)*
8. Módis L, Németh G, Takács L, Csutak A, Kettesy B, Berta A: Corneakonzerváló folyadékok összehasonlító vizsgálata. Szemészet 2001; 138:5-10
9. Vámosi P, Németh G, Berta A: Első lépéseink a refractív phacoemulsificációban. Szemészet 2002; 139:29-34
10. Kettesy B, Vámosi P, Németh G, Berta A: Phacoemulsificatio utáni cornealis változások spekulár mikroszkópos vizsgálata korai posztoperatív szakban. Szemészet 2002; 139:S27
11. Tsorbatzoglou A, Fodor M, Vámosi P, Németh G, Berta A: Tapasztalataink glaucomás szemeken végzett phacoemulsificációval. Szemészet 2003; 140:136-138

*Az értekezés témájához kapcsolódó előadások jegyzéke:*

1. Németh G, Vámosi P, Berta A: Különböző típusú hátsó csarnoki lencsék pseudoaccomodatiójának vizsgálata. 2002.04.12. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
2. Németh G, Vámosi P, Berta A, Módis L: A pseudoaccommodatio hosszútávú követése és Pentacammal<sup>®</sup> való vizsgálata. 2004.04.02. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
3. Németh G, Berta A: A musculus ciliaris morfológiájának változása accommodatio során (ultrahang biomicroscopos tanulmány). 2005.03.31-04.02. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
4. Németh G, Berta A, Módis L: A comparison of contact ultrasonographic (A-scan) and non-contact optical (Pentacam<sup>®</sup>) techniques for anterior chamber depth measurement of pseudophakic patients. 2005.09.25-29. Societas Ophthalmologica Europæa kongresszusa (SOE), Berlin
5. Németh G, Berta A, Módis L: A csarnokmélység lehetséges szerepe a műlencsetervezésben. 2006.03.31. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
6. Tsorbatzoglou A, Németh G, Máth J, Berta A: Pseudophakiás accommodatio és pseudoaccommodatio fiziológias körülmények között. 2006. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Sopron

*Egyéb előadások jegyzéke:*

1. Németh G, Vámosi P: Interferon-alfa indukálta retinopathia esete. 2002.08.31. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Retina szekció; Miskolc
2. Németh G, Vámosi P, Berta A: Különböző tengelyhosszú szemek műlencsetervezésének eredményei (SHIOL - Legjobb 40 év alatti előadók: II. díj). 2003.03.28. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
3. Németh G, Nagy V, Sipos I, Balázs E, Berta A: Usher syndroma ritka esete. 2003.08.29. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Retina szekció; Budapest
4. Németh G, Tsorbatzoglou A, Berta A: Két különböző méretű cornealis seb astigmia indukciójának vektoranalízise. 2007.03.30. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
5. Németh G: Microincisiós cataracta sebészet: előnyök, hátrányok, a jelen és a jövő. 2007.06.21. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Live Surgery, Debrecen
6. Németh G, Kettesy B, Berta A, Módis L: Változások a cornealis endothelium morfológiájában perforáló keratoplastica után. 2007.06.22. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Debrecen
7. Németh G, Berta A: Cataract and refractive Surgery in Hungary, Statistics, Centers and Research Activities. 2004.10.08-09. „Bridges in Life Sciences”: US-CEE Research Networking Meeting on Invasive Cardiac Procedures and Corneal Diseases

8. Németh G, Berta A, Módis L: Hosszútávú változások a corneális endothelium morfológiájában perforáló keratoplastica után. 2005.03.31. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
9. Németh G, Zajác M, Berta A: Megalocornea ritka esete. 2005.06.09.-11. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Szeged
10. Tsorbatzoglou A, Módis L, Kertész K, Németh G, Berta A: Divide and conquer és chop technikák alkalmazása Aqualase phacoemulsificatio során. 2006.03.31. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
11. Tsorbatzoglou A, Németh G, Berta A: Acrysof SA60D3 (ReSTOR) műlencsével szerzett tapasztalataink. 2006.03.31. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
12. Kertész K, Tsorbatzoglou A, Módis L, Németh G, Berta A: A cornealis funkció összehasonlító vizsgálata Aqualase és ultrahangos phacoemulsificatio kapcsán. 2006.03.31. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság Kongresszusa (SHIOL), Keszthely
13. Németh G, Tsorbatzoglou A, Berta A: A kontrasztszenzitivitás vizsgálata különböző típusú műlencsékkel. 2006.06.15. Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Sopron

*Poszterek:*

1. Vamosi P, Nemeth G, Berta A: Pseudoaccommodation with different intraocular lenses. 2003.09.06-10. European Society Of Cataract and Refractive Surgeons, München
2. Nemeth G, Vajas A, Kolozsvari B, Berta A, Modis L Jr: Comparison of anterior chamber depth measurements with Pentacam® and with ultrasound device in phakic and pseudophakic eyes. 2006.09.09-13. European Society Of Cataract and Refractive Surgeons, London
3. Tsorbatzoglou A, Nemeth G, Math J, Berta A: Pseudophakic accommodation and pseudoaccommodation under physiological conditions. 2006.09.09-13. European Society Of Cataract and Refractive Surgeons, London
4. Nemeth G, Tsorbatzoglou A, Berta A: Vector analysis of corneal astigmatism induction with two different sizes of corneal incision. 2007.09.08-12. European Society Of Cataract and Refractive Surgeons, Stockholm
5. Tsorbatzoglou A, Németh G, Széll N, Biró Zs, Berta A: Anterior segment changes with age and during accommodation measured with partial coherence interferometry. 2007.09.08-12. European Society Of Cataract and Refractive Surgeons, Stockholm

*Az értekezés témájában megjelent idézhető absztraktok:*

1. Németh G, Tsorbatzoglou A, Berta A: A kontrasztérzékenység vizsgálata különböző típusú mívelencsékkel. Szemészet 2006; 143(S):83
2. Tsorbatzoglou A, Németh G, Máth J, Berta A: Pseudophakiás accommodatio és pseudoaccommodatio fiziológias körülmények között. Szemészet 2006; 143(S):119

## **Tárgyszavak**

accomodatio, pseudoaccomodatio, partialis coherentia interferometria, elülső csarnok mélység, Scheimpflug képalkotás

## **Keywords**

accommodation, pseudoaccommodation, partial coherence interferometry, anterior chamber depth, Scheimpflug imaging

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Berta András Professzor Úrnak és Dr. Módis László Tanár Úrnak, akik munkámat folyamatosan figyelemmel kísérték, messzemenőig támogatták és segítettek. Szeretném elengedhetetlen segítségéért és a hosszú közös munkáért köszönetemet kifejezni kollégámnak, Dr. Tsorbatzoglou Alexis Adjunktus Úrnak. Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni a segítséget és a türelmet a Szemklinika minden munkatársának, akik lehetővé tették, hogy a tanulmányokra megfelelő mennyiségű időt szakítsak.

## **Függelék**

1. Nemeth G, Vajas A, Kolozsvari B, Berta A, Modis L Jr: Anterior chamber depth measurements in phakic and pseudophakic eyes: Pentacam versus ultrasound device. J Cataract Refract Surg 2006; 32:1331-1335

2. Nemeth G, Vajas A, Tsorbatzoglou A., Kolozsvari B, Modis L Jr, Berta A: Assessment of anterior chamber depth and its reproducibility with an anterior segment optical coherence tomography compared to immersion ultrasonic method. J Cataract Refract Surg 2007; 33:443–447

3. Nemeth G, Tsorbatzoglou A, Vamosi P, Sohajda Z, Berta A: A comparison of accommodation amplitudes in pseudophakic eyes measured with three different methods. Eye 2008; 22:65-69