

*A Debreceni Egyetem, Orvos- és Egészségtudományi Centrum Szemklinikájának (igazgató: prof. dr. Berta András egyetemi tanár) közleménye*

## Elülső szegmentum optikai koherencia tomográf alkalmazása a szemészetben

NÉMETH GÁBOR, MÓDIS LÁSZLÓ, KOLOZSVÁRI BENCE, VAJAS ATTILA, BERTA ANDRÁS

**Célkitűzés:** Célunk volt egy új vizsgálóeszköz, az elülső szegmentum optikai koherencia tomográf (OCT) vizsgálati lehetőségeinek felmérése az elülső szegmentum műtétei előtt és után.

**Módszerek:** A Visante OCT-t saját klinikai gyakorlatunkban alkalmaztuk elülső szegmentum különböző elváltozások során, az alábbi vizsgálati csoportok szerint: cornea, elülső csarnok, iris, szemlencse. Ezenkívül meghatároztuk az elülső csarnok mélységét 41 beteg 60 phakiás szemén (életkor:  $59,95 \pm 16,39$  év), és az eredményeinket összehasonlítottuk egy standard szemészeti UH (UltraScan Imaging System, Alcon Laboratories) eredményeivel, immerziós technikával végzett mérés mellett.

**Eredmények:** A Visante OCT-vel nyert felvételeken a cornea, az elülső csarnok, az iris és a szemlencse elváltozásait vizsgáltuk. Saját méréseink alapján elülső szegmentum optikai koherencia tomográfiával mérve a centrális ACD  $3,12 \pm 0,33$  mm, immerziós A-scan ultrahang segítségével mérve pedig  $2,98 \pm 0,33$  mm volt ( $p=0,02$ ), a két módszer mérési eredményei jól korreláltak egymással ( $r=0,732$ ;  $p<0,0001$ ).

**Következtetések:** Az elülső szegmentum OCT egy új, gyors, non-kontakt módon működő diagnosztikus képalkotó eszköz a szemészetben. Segítségével a szem elülső szegmentumáról kapunk számos diagnosztikus esetben jól használható részletes morfológiai információt, akár szemitranszparens cornea esetén is.

**Kulcsszavak:** elülső szegmentum, optikai koherencia tomográf, cornea, elülső csarnok

**Németh G, Módis L, Kolozsvári B, Vajás A, Berta A: Anterior segment optical coherence tomography in ophthalmology**

**Aim:** Our aim was to assess the potential of a new ophthalmic device for examinations before and after surgery of the anterior segment of the eye.

**Methods:** The Visante OCT was applied in our practice in cases involving alterations of the anterior segment; various examination groups were distinguished: cornea, anterior chamber, iris and lens. Additionally, we determined the depth of the anterior chamber of 60 phakic eyes of 41 patients (age:  $59.95 \pm 16.39$  years) and compared the data with those observed with a standard ophthalmological ultrasound device (UltraScan Imaging System, Alcon Laboratories), using an immersion method.

**Results:** The central depth of the anterior chamber was  $3.12 \pm 0.33$  mm with the Visante OCT, and  $2.98 \pm 0.33$  mm with the immersion A-scan ultrasound device ( $p=0.02$ ); the correlation of the data was good ( $r=0.732$ ;  $p<0.0001$ ).

**Conclusions:** Anterior segment OCT is a fast, new, non-contact diagnostic imaging method in ophthalmology. Detailed morphological information may be obtained on the anterior segment of the eye, even in cases of a semitransparent cornea.

**Key words:** anterior segment, optical coherence tomograph, cornea, anterior chamber

A szemészetben alkalmazott műtéti technikák gyors fejlődése megköveteli a preoperatív anatómiai viszonyok egyre részletesebb feltérképezését és a posztoperatív szakban végezhető gyors és kíméletes vizsgálóeljárások meglétét. Az utóbbi időben ezért egyre nagyobb elvárássá vált az elülső szegmentum műtétei előtt és után a nagy felbontású módszerrel történő, lehetőleg non-kontakt vizsgálat.

### Anyag és módszer

Vizsgálataink során a Visante (Zeiss) elülső szegmentum optikai koherencia tomográfot (OCT) használtuk (1. ábra). A műszer az alacsony

koherenciájú interferometria fizikai elvét használja 1310 nm-es infravörös fény segítségével, axiális felbontása  $15 \mu\text{m}$ . Az interferometria során szuperponálunk 2 vagy több hullámot, és detektáljuk a kialakult különbséget, melyből kép készíthető. Abban az esetben, ha a vizsgálfény koherens (azonos fáziseltérésű), koherens interferometriáról beszélünk. A vizsgálóeszköz által kibocsátott fény két optikai útvonalra válik egy féligáteresztő tükörről: az egyik, a minta-kar a minta felé (szem), a másik a referenciatükör felé halad. A kettéosztott fényhullám újbóli összetalálkozása után egy fotodetektorban interferenciamintázatot alkotnak a minta optikai denzitáskülönbségeiből adódó kérés függvényében (2. ábra). A mérés közben a referenciatükört mozgatjuk, scanneljük, így a mintának egy reflektivitásprofilja (A-scan) alakul ki. A minta azon területei, amelyek sok fényt tudnak reflektálni, nagyobb



1. ábra. A Visante OCT

interferenciát mutatnak, mint a többi terület. Az így kapott A-scanek laterális kombinálásával B-scan (tomogram) képezhető. A mérés közben videokamera monitorizálja a szemet, és az esetleges szemmozgásokat korrigálja.

A műszer segítségével a bulbusz elülső szegmentumát vizsgáltuk az alábbi vizsgálati csoportokra osztva: cornea, elülső csarnok, iris, szemlencse.

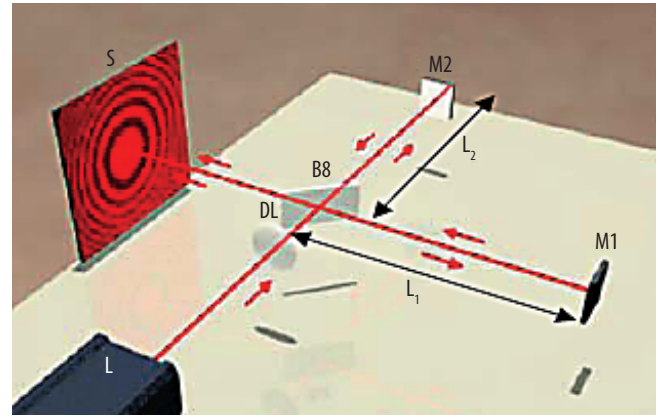
### Eredmények: az elülső szegmentum OCT alkalmazása saját gyakorlatunkban

*Áttekintő kép és részletes biometria a szem elülső szegmentumáról*

Az áttekintő, tetszőleges irányú keresztmetszeti felvételen láthatóvá válik a cornea, az elülső csarnok, a csarnokzug, az iris, valamint a pupilla területén belül a szemlencse is (3., 4. ábra). A műszer szabadon mozgatható szoftveres eszközeivel mérhetővé válik a cornea vastagsága, az elülső csarnok mélysége, a csarnokzug szöge és a csarnokzug legnagyobb szélessége (angle-to-angle) is.



3. ábra. Az egészséges szem elülső szegmentumáról elülső szegmentum OCT-vel készült kép



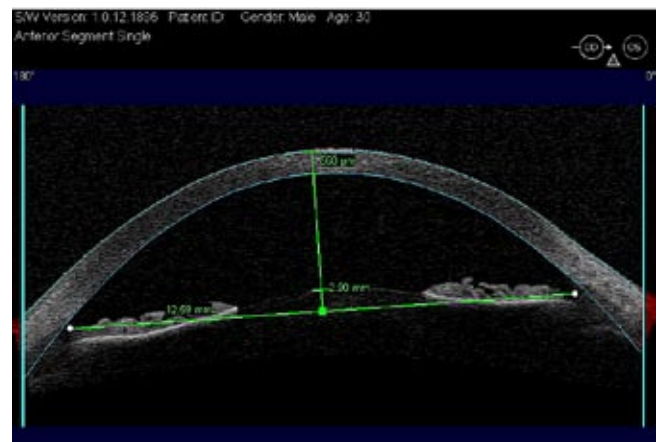
2. ábra. Az optikai koherencia tomográfia fizikai elve az alacsony koherencia interferometria: a műszer (L) által kibocsátott fény két útvonalra válik egy féligáteresztő tükörnél (DL): az egyik a minta-kar a minta felé (M2, szem), a másik a referenciatükör (M1) felé halad. A kettéosztott fénycsugár újbóli összehangolása után egy fotodetektorban (S) interferenciamentázat alakul ki a minta optikai denzitáskülönbségeiből adódó kérés függvényében. (forrás: internet)

### A cornea vastagságának mérése

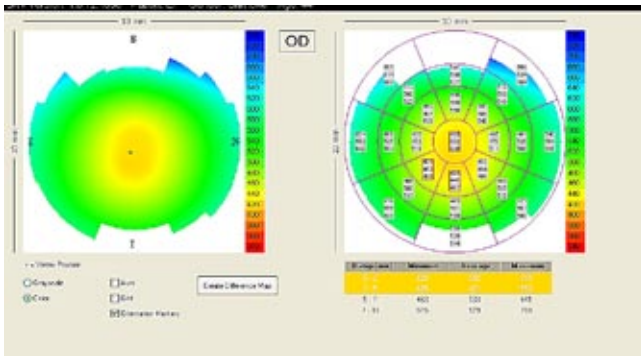
A teljes corneaátmérőre vonatkozóan tetszőleges ponton pachymetriai adatok nyerhetők, valamint a műszer alkalmas szinkódolt pachymetriás térkép készítésére is (5. ábra).

### LASIK előtti és a műtétet követő vizsgálatok

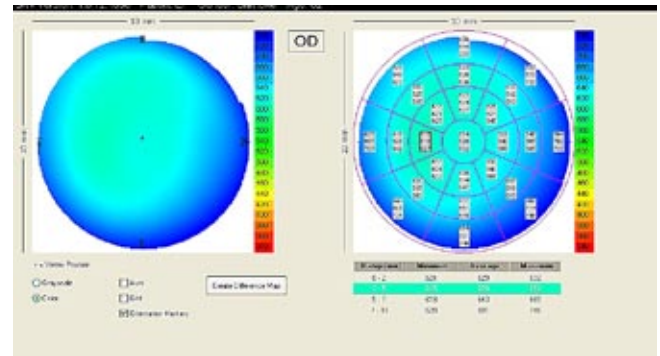
A LASIK előtt a cornea teljes felszínére vonatkozóan pachymetriai térképet készíthetünk. A műtét után akár már azonnal a flap és a reziduális stromavastagság mérése is lehetővé válik tetszőleges helyen a beépített „lap tool” szoftver segítségével.



4. ábra. Pachymetria és az elülső csarnok mélységének mérése, valamint a csarnokzug legnagyobb szélességének mérése elülső szegmentum OCT-vel készített tetszőleges keresztmetszeti képen



5. ábra. Az átlagosnál vékonyabb (bal) és vastagabb (jobb) corneáról készült pachymetriás térkép

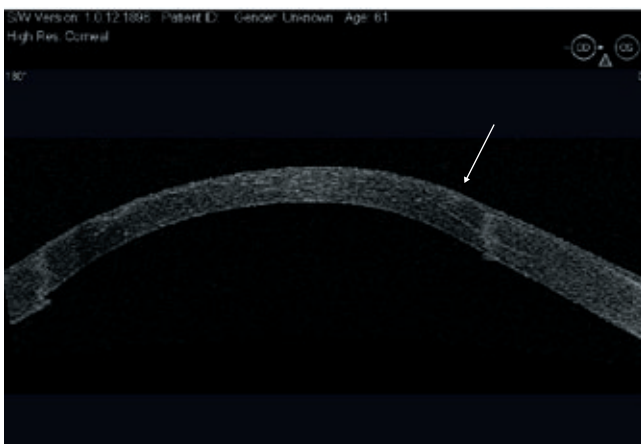


### A cornea elvékonyodásainak vizsgálata és követése

A Visante OCT alkalmas egyes cornealis elvékonyodások, ulcusok non-kontakt módszerrel történő vizsgálatára, állapotfelmérésére és követésére (6. ábra).



6. ábra. Perforáló keratoplasztika után a graftban kialakult ulcus képe. (nyíl: hegvonal)



7. ábra. Perforáló keratoplasztika után készült nagy felbontású corneafelvétel: láthatóvá válik a sebvonal perforáló keratoplasztika után

### Keratoplasztika előtti és utáni állapotok vizsgálata és követése

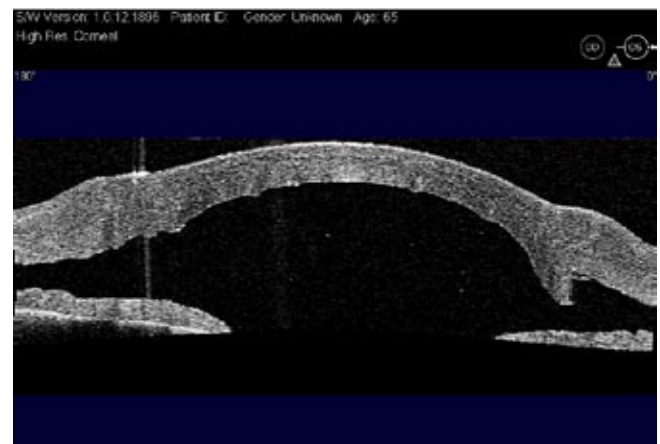
Keratoplasztika előtt részletes képet kaphatunk az elülső szegmentum állapotáról szemitranszprens cornea esetén is. A műszer a nagy felbontású corneafelvételek segítségével alkalmas a sebvonal, a sebszélek és sebdehiscenciák elemzésére. Szintén alkalmas a Descemet-leválasztásos endothelialis keratoplasztika utáni állapot rögzítésére és követésére is (7., 8., 9., 10. ábra).

### Keratoprotézis beültetése utáni állapotok vizsgálata és követése

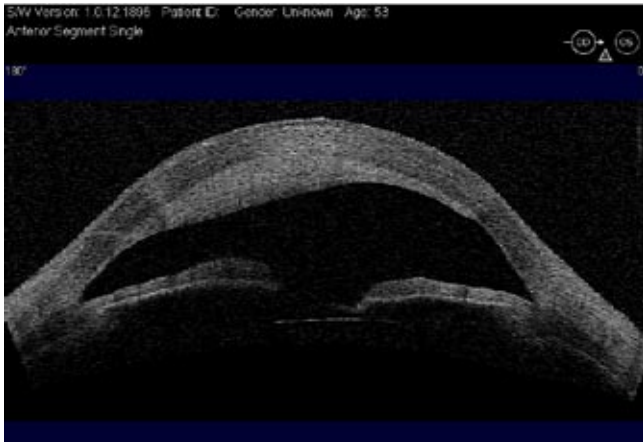
A Visante OCT alkalmas a keratoprotézis implantációját követően annak pontos helyzetét, majd időben esetleges kilazulását detektálni (11., 12. ábra).

### Az elülső csarnok mélységének mérése

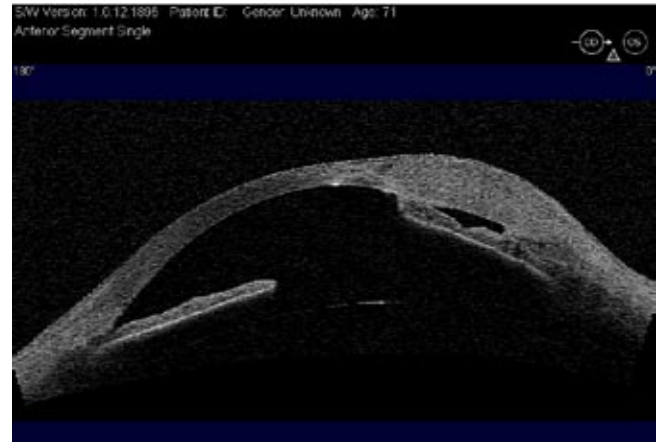
Az elülső csarnok mélységének (ACD) mérése a pseudophakiás szemeken észlelt akkomodációs amplitúdó meghatározása mellett fontos a műlencse tervezésében használt új generációs biometriai képletekhez, az egyre inkább teret hódító phakiás intraocularis műlencsék pon-



8. ábra. Perforáló keratoplasztika után látható duzzadt sebszélek egy nappal a műtétet követően



**9. ábra.** Átlátszatlan retrocornealis membrán mellett is vizsgálható az elülső szegmentum állapota rekeratoplasztika műtete előtt



**10. ábra.** Sclerokeratoplasztika után látható a széli részekben megvastagodott transzplantátum és az anterior synechia

tos tervezéséhez, valamint a glaucoma diagnózisában és értékelésében.<sup>3,4,5</sup>

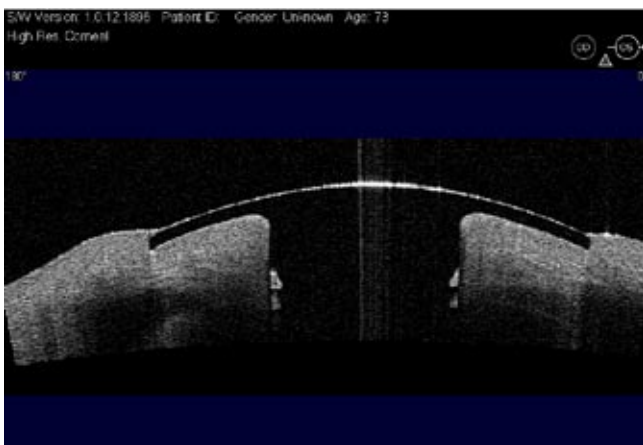
Visante OCT-vel történt saját ACD-méréseinket összehasonlítottuk szemészeti immerziós A-scan ultrahang-eredményeinkkel 41 beteg 60 phakiás szemén (életkor:  $59,95 \pm 16,39$  év). Kizáró ok volt az elülső szegmentum bármilyen rendellenessége, 3,0 D-nál nagyobb szferikus, 2,0 D-nál nagyobb cilinderes refrakciós hiba, kontaktlencse viselése és bármilyen korábbi szemészeti műtéti beavatkozás, valamint az igazolt glaucoma. Először a centrális ACD-t Visante OCT-vel vizsgáltuk, öt különböző felvételen, öt alkalommal, a Visante OCT beépített „Chamber tool” elnevezésű szoftveres eszközével. A méréseket távoli fixálatás mellett végeztük az akkomodáció 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. Az elülső csarnok anatómiai mélysége a cornea elülső felszíne és a lencse elülső felszíne közötti távolság, ezért a Visante OCT-vel végzett mérés

esetén a centrális cornealis vastagságot minden esetben hozzáadtuk a „belső” csarnok mélységéhez.

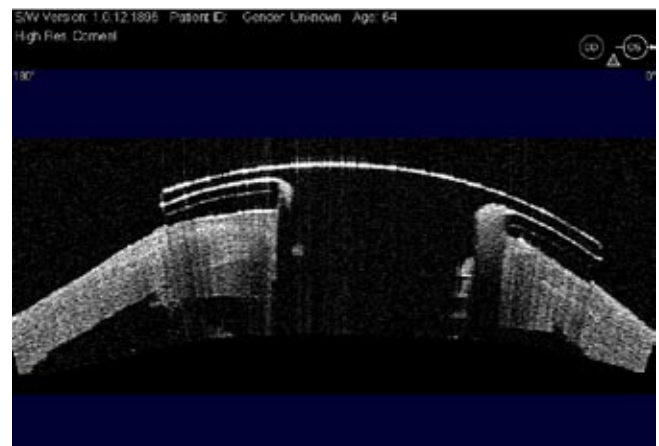
Méréseink alapján elülső szegmentum optikai koherencia tomográfiával mérve a centrális ACD  $3,12 \pm 0,33$  mm, immerziós A-scan ultrahang segítségével mérve pedig  $2,98 \pm 0,33$  mm volt. A különbség statisztikailag szignifikáns ( $p=0,02$ ), és a két módszer mérési eredményei jól korreláltak egymással ( $r=0,732$ ;  $p<0,0001$ ). A vizsgált betegek életkora és a csarnok mélysége között szignifikáns, negatív korrelációt észleltünk (elülső szegmentum OCT:  $r=-0,411$ ;  $p=0,001$ , ultrahang:  $r=-0,37$ ;  $p=0,003$ ).

#### Az iris vizsgálata

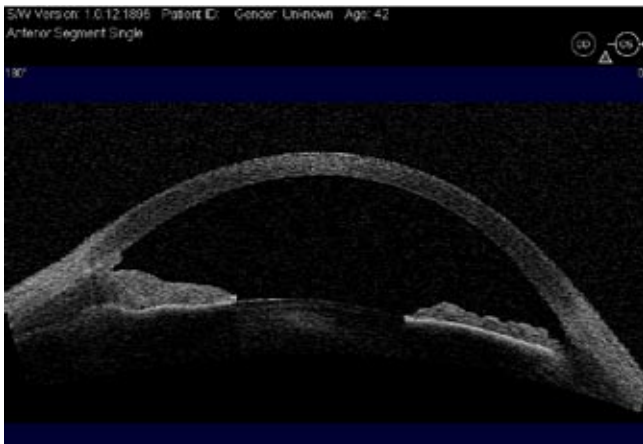
Láthatóvá válnak iriscysták, ezek méretei, kiterjedésük jól megítélhető. Egyes iristumorok, corpus ciliare tumorok szerkezete, mérete és a csarnokzughoz viszonyított helyzete vizsgálhatóvá válik (13., 14. ábra).



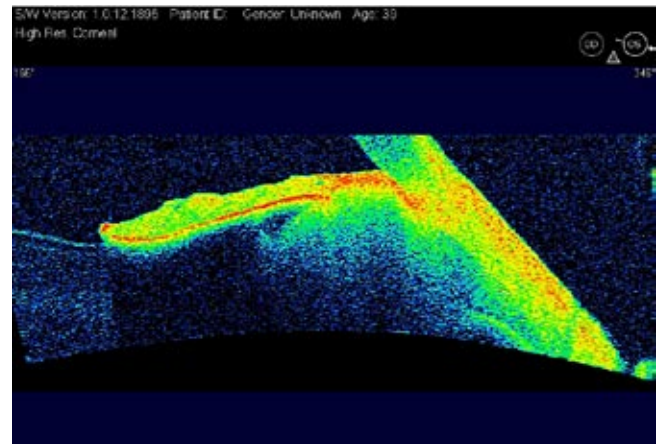
**11. ábra.** Jól illeszkedő keratoprotézisről készült felvétel



**12. ábra.** A keratoprotézis beültetése után látható annak előremozdulása



**13. ábra.** Az iris periferiájának megvastagodása iridumtor következtében



**14. ábra.** A csarnokzugot elzáró corpus ciliare tumor színekódolt képe Visante OCT-vel

#### A csarnokzug szerkezetének vizsgálata glaucoma esetén

Az elülső szegmentum OCT-vel a csarnokzug anatómiája, a csarnokzug tetszőleges helyen meghatározott szöge, az esetleges elzáródások vizsgálata lehetséges. A kontaktlencsékkel történő gonioscopia során elkerülhetetlen az elülső szegmentum kompressziója és a csarnokzug alak deformálódása. A non-kontakt Visante OCT segítségével ezen hibák kiküszöbölhetők. Egyes glaucomaelenes műtétek előtt a Visante OCT segítségével megmérhetjük a sclera vastagságát a tervezett műtéti területen. A műtétek után non-kontakt módszerrel vizsgálhatjuk a csarnokzug szögét és morfológiáját, valamint a csarnokzug esetleges elzáródásának mértékét. Lézeres iridotomia vagy iridectomia után vizsgálható a kezelt területen a művi iriscoloboma nyitottsága is. A posztoperatív szakban a sclerális, illetve a suprachoroidális shuntról adhat hasznos információt (15., 16. ábra).

#### A szemlencse, illetve a műlencse megjelenítése és elhelyezkedés pontos vizsgálata

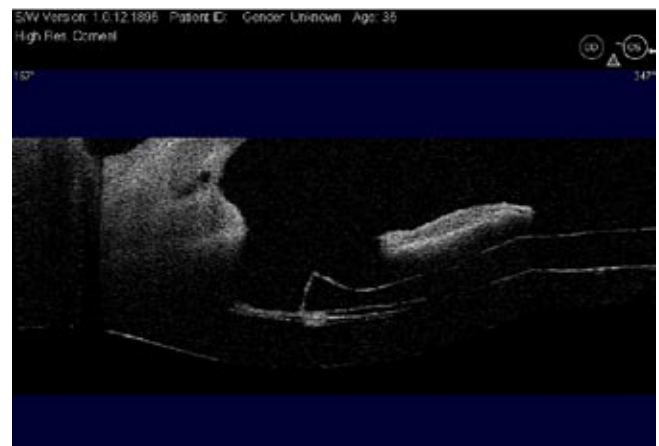
Visante OCT-vel a szemlencse szerkezete a pupilla területén belül jól vizsgálható. A műszer képes a lencse posterior poláris opacitásának, a lencsetoknak, az esetleges lenticonusnak a pontos leképezésére. Lehetővé válik az esetleges decentrálódás, illetve dőlés mértékének meghatározása tágitott pupilla mellett (17. ábra).

#### Phakiás műlencsék tervezése és a phakiás műlencse helyzetének meghatározása

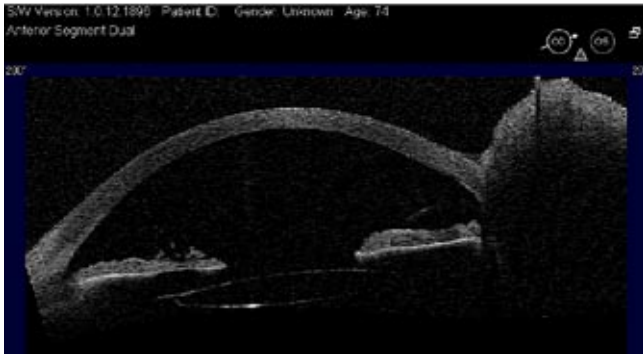
A phakiás intraocularis műlencsék egyre inkább teret hódítanak, így megnőtt az elülső csarnok paramétereinek az eddigieknél részletesebb és pontosabb mérése iránti igény is. A phakiás lencsék több méretben állnak rendelkezésre, és az elülső szegmentum Visante OCT-vel mért adataival meghatározható a kívánatos phakiás műlencse mérete. A műtét után az iris pigmentdiszperziójának mértéke is meghatározható,<sup>1</sup> valamint megítélhető az iris esetleges kompressziója a phakiás lencse és a saját



**15. ábra.** Átlagosnál sekélyebb csarnok képe ( $< 2,0\text{ mm}$ ). A felvételen mérhető a csarnokzug szöge és vizsgálható az esetleges elzáródás mértéke



**16. ábra.** Iridectomia után készült képen jól látható a műlencse periferiája is



**17. ábra.** Cataractaműtét után vizsgálhatóvá válik a beültetett hátsó csarnoki műlencse helyzete, centráltsága és az esetleges dőlés mértéke

lencse között. Meghatározható a phakiás lencse távolsága a cornealis endotheltől és a saját szemlencsétől, ami a csarnokvíz útjának esetleges gátoltságáról ad fontos információt. Akkommodáció során a phakiás műlencsék egyes típusai a saját lencséhez érhetnek,<sup>2</sup> ezáltal cataracta alakulhat ki. A műszer alkalmas ezen kontaktus kimutatására.

### Összefoglalás

Összefoglalva, a Visante elülső szegmentum OCT egy új, gyors, felhasználóbarát, non-kontakt módon működő diagnosztikus képalkotó eszköz a szemészetben. Segítségével a szem elülső szegmentumáról kapunk részletes morfológiai információt, akár szemitranszparens cornea esetén is.

A szem elülső szegmentumáról készült felvételek különböző típusú műtétek előtt és után nyújthatnak segítséget egyes diagnosztikai kérdésekben és a kezelés elbírálásában. A teljes corneára kiterjedően non-kontakt módszerrel mérhető cornealis vastagság és az elülső csarnok mélysége a standard ultrahangos módszer eredményeivel jól korrelál. A LASIK műtétek utáni flap vastagság mérése és a phakiás lencsék eddigieknél pontosabb tervezhetősége teszi teljessé a műszer értékét, melynek szélesebb körű elterjedését jelenleg csak a magas ár/érték arány hátráltatja.

### Irodalom

1. Baikoff G., Bourgeon G., Jitsuo-Jodai H., Fontaine A., Viera Lellis F., Trinquet L.: Pigment dispersion and Artisan implants: crystalline lens rise as a safety criterion. *J Fr Ophtalmol* 2005; 28: 590-597.
2. Baikoff G., Lutun E., Wei J., Ferraz C.: Contact between 3 phakic intraocular lens models and the crystalline lens: An anterior chamber optical coherence tomography study. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 2007-2012.
3. Congdon N.G., Youlin Q., Quigley H., Hung P.T., Wang T.H., Ho T.C., Tielsch J.M.: Biometry and primary angle-closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology* 1997; 104: 1489-495.

4. Devereux J.G., Foster P.J., Baasanhu J., Uranchimeg D., Lee P.S., Erdenbeleg T., Machin D., Johnson G.J., Alsbirk P.H.: Anterior chamber depth measurement as a screening tool for primary angle-closure glaucoma in an East Asian population. *Arch Ophthalmol* 2000; 118: 257-263.
5. Lee D.A., Brubaker R.F., Ilstrup D.M.: Anterior chamber dimensions in patients with narrow angles and angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1984; 102: 46-50.

Levelezési cím: Dr. Németh Gábor  
 Debreceni Egyetem, Orvos- és Egészségtudományi  
 Centrum, Szemklinika  
 4012 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.  
 E-mail: nemeth222@yahoo.com