

Optikai biométerek összehasonlítása: a hossz mérés, illetve a teljes szaruhártya-törőerőt leíró paraméterek eltérései

SZALAY LÁSZLÓ DR., TÓTH-MOLNÁR EDIT DR.

Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szemészeti Klinika, Szeged (Igazgató: Dr. Tóth-Molnár Edit, egyetemi docens)

Célkitűzés: Három swept-source OCT (ssOCT) és egy részleges koherencia-interferometria (PCI) elvén működő biométer méréseinek összehasonlítása.

Módszerek: Méréseinket az IOLMaster500 (PCI), valamint a ssOCT Argos, IOLMaster700 és Anterior készülékekkel, 10 fő, 20, szemészeti eltérést nem mutató szemén végeztük. Mindegyik készülékkel, minden szemén 3-3 mérési ciklust hajtottunk végre. Összehasonlítottuk a 3-3 mérés átlageredményeit, valamint vizsgáltuk a 3 mérés közötti eltérést is.

Eredmények: Statisztikai különbségek a tengelyhossz (AL) esetén az Argos és IOLMaster500, az elülső csarnokmélység (ACD) tekintetében az Anterior és IOLMaster700 valamint Argos, a standard keratometria (K), átlagértékeit vizsgálva pedig az Argos és Anterior valamint IOLMaster700 között voltak. Az egyes mérések variabilitását összevetve AL esetén az Anterior szignifikáns mértékben kisebb eltéréseket mutatott, mint az IOLMaster500, ACD és K esetén a variabilitásban az egyes készülékek között statisztikai eltérés nem mutatkozott. Az IOLMaster700 TK („teljes keratometria”) és K-értékeinek valamint az Anterior méréseiből származó szaruhártya elülső és hátsó görbületi sugarak hányadosai között korrelációt ($r^2=0,9545$) tapasztaltunk. A TK és az Anterior TSZT (teljes szaruhártya-törőerő) értékei közötti különbség statisztikai és gyakorlati szempontból is jelentős (átlag \pm sd: TK: $42,98 \pm 1,48$; TSZT: $42,42 \pm 1,52$ D; $p < 0,001$).

Következtetések: Noha az AL-, ACD- és K-értékei statisztikailag szignifikáns eltéréseket mutathatnak, ezek gyakorlati jelentősége elenyésző. Ugyanakkor TK és TSZT elvi és értékbeli eltéréseik miatt nem felcserélhetők! A szaruhártya elülső és hátsó görbületi értékei alapján, a fenti korreláció segítségével a TK-érték jó közelítéssel generálható, ennek alkalmazása a nem tervezett posztoperatív refrakciós hiba mértékét csökkentheti. Tekintettel az egyes biométerek jelentősen eltérő zavarérzékenységére, a mindennapi használat szempontjából ennek figyelembe vétele is ajánlott.

Comparison of different optical biometers: different length measurements and parameters of total corneal refraction

Aim: A side-by-side comparison of three swept-source OCT- (ssOCT) and one partial coherence interferometry (PCI)-based biometers.

Methods: 20 eyes of 10 persons without ophthalmological alterations were measured by IOLMaster500 (PCI), and Argos, IOLMaster700 and Anterior ssOCT biometers. All eyes three times were measured with each of the types of equipment. The triads of measures were compared as either their averages and as the differences within them.

Results: We found statistical differences in axial length (AL, Argos vs. IOLMaster500), anterior chamber depth (ACD, Anterior vs. IOLMaster700 and Anterior vs. Argos), and standard keratometric (K, Argos vs. Anterior and Argos vs. IOLMaster700) mean values. Parameter variability showed a significant difference only for AL (IOLMaster500 vs. Anterior). We found a correlation between IOLMaster700's TK/K (“total keratometry”/standard keratometry) and Anterior's anterior/posterior corneal radii ($r^2=0.9545$). Considering parameters for overall corneal refraction, the difference between TK and Anterior's TSZT (total refractive power) showed both statistical and practical significances (mean \pm sd: TK: 42.98 ± 1.48 , TSZT: 42.42 ± 1.52 D, $P < 0.001$) as well.

Conclusion: However, the measured AL, ACD, and K values may show statistical differences in a side-by-side comparison, their practical relevance is insignificant. On the other hand, - due to the principal and numerical margins between TK and TSZT - they must be considered incompatible! Nevertheless, if anterior and posterior corneal radii are available, the upper-mentioned correlation allows an approximation of TK, which method may reduce unexpected postoperative refractive error. Since biometers' disturbance sensitivity may show significant differences, thus adjusting this feature for the expected use is strongly suggested.

KULCSSZAVAK

teljes keratometria, IOLMaster500, Argos, IOLMaster700, Anterior

KEYWORDS

total keratometry, IOLMaster500, Argos, IOLMaster700, Anterior

Bevezetés

Az optikai koherencia tomográfia (OCT) utóbbi években tapasztalt robbanásszerű fejlődése a műlencsetervezés optikai biometriai lehetőségeit is jelentősen kiterjesztette. A legfejlettebb, swept-source OCT (ssOCT) -technológia alkalmazása egyrészt biztosítja a tengelyhossz mérését érettebb hályogok mellett is, másrészt lehetővé teszi a szaruhártya hátsó felszíni görbületét is figyelembe vevő szaruhártya-törőerő teljes és részletes meghatározását.

Jelen közleményünkben három, demonstrációs céllal klinikánkon ideiglenesen állomásozó ssOCT-készülékkel (Argos, Movu, IOLMaster700, Zeiss és Anterior, Heidelberg Engineering) végeztünk párhuzamos méréseket, az eredményeket az általunk régebb óta használt részleges koherenciájú interferometria elvén működő IOLMaster500 készülék adataival vetettük össze. Habár a vizsgálatba bevont ssOCT-készülékek a törőközeghatárok észlelésére hasonló technológiát használnak, ennek alkalmazása a három biométerben jelentősen eltér: az Argos a távolságmérés során – az ultrahang biometriában alkalmazott, a hang adott közegbeli terjedési sebességét figyelembe vevő módszertanra emlékeztetően – az adott közeg optikai törésmutatójával számol (11). Az IOLMaster700 nem él ezzel a korrekcióval, viszont pachymetriás térképet készít, amit a hagyományos, reflexión alapuló keratometriás felszínre illesztve, a szaruhártya hátsó felszínét meghatározni képes (4). Az Anterior az előbbi készülékekkel szemben nem dedikált műlencsetervező biométer, hanem par excellence elülső szegmensanalizátor, amely mintegy kiegészítő funkcióként műlencsetervezésre is képes, mérései (így a keratometriához felhasználtak is) kizárólagosan OCT-pásztázással történnek.

Előbbi rövid összehasonlításból is kitűnhet, hogy az IOLMaster700 és Anterior készülékek azok, amelyek nem csupán az elülső felszín alapján becsült (K), hanem hátsó

cornealis felszín is mérve, a szaruhártya „teljes” törőerejének meghatározására képesek. Felhívánk azonban a figyelmet, hogy az IOLMaster700 által mutatott „teljes keratometria” (TK) alapvetően eltér az Anterior által számolt teljes szaruhártya-törőerőtől (TSZT): ugyanis míg előbbi a standard keratometria értékéhez illesztett, attól csupán a szaruhártya elülső és hátsó görbüeti arányának (és feltehetően a szaruhártya-vastagság) átlagtól való eltéréseinek mértékében különbséget mutató, „relatív” érték, addig az utóbbi az általánosan elfogadott törésmutatók alapján, sugárkövetéssel számolt „abszolút” adat! Mivel a konstansoptimalizálás során a készülékek mért paramétereinek között esetlegesen mutatkozó rendszeres hiba (bias) jórészt kiküszöbölésre kerülhet, összehasonlító vizsgálatunk célja kevésbé a bias, sokkal inkább az egyes mérések közötti véletlen hiba (variabilitás) feltérképezése volt.

Módszerek

Vizsgálatainkat – mivel a biométerek különböző időpontban voltak jelen Klinikánkon – a SZTE Szemészeti Klinika önként jelentkező, 10 dolgozójának (6 nő, 4 férfi, életkor – med., min.-max.: 27,5; 25–56 év) 20 szemén végeztük. Kizáró okként kontaktlencse-viselés, szemszárazság, korábbi szemsérülés, szemműtét, szemészeti panasz szerepelt. A vizsgált szemek tengelyhossza (med., min.-max.): 23,64; 22,02–25,37 mm, K-értéke (n: 1,3375; med., min.-max.): 42,80; 40,27–45,81 D volt. A vizsgált személyeknek távoli korrekciós igényük nem volt. A vizsgálatok a SZTE Regionális Kutatás-Értékelési Bizottságának engedélyével történtek.

A mérésekhez a következőkben felsorolt készüléket használtuk: IOLMaster500 (I500, Carl Zeiss Meditec, Oberkochen, Németország), Argos (Arg, Movu, Santa Clara, Kalifornia, Amerikai Egyesült Államok), IOLMaster700 (I700, Carl Zeiss Meditec, Oberkochen, Né-

metország), Anterior (Ant, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Németország).

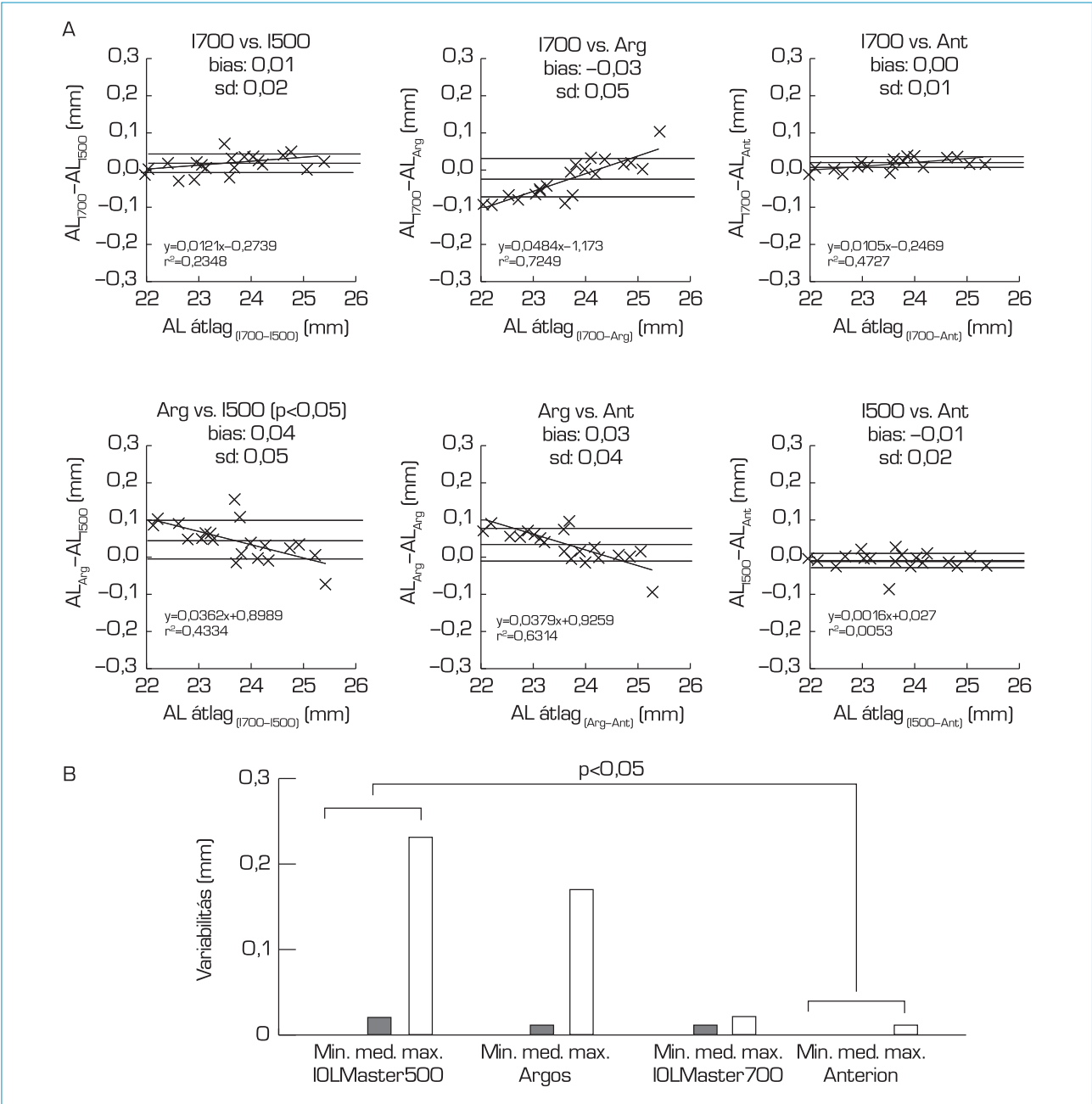
Minden szemem 3-3, egymást követő mérési ciklust végeztünk. Vizsgálódó az egyes készülékek pozicionálási hibaszűrését, az I500, Arg és I700 esetében a mérések a készülékek automatikus üzemmódjában történt, az Anterionnál erre lehetőség nem lévén, a biometriát a készülék által optimálisnak ítélt pozícióban, a vizsgáló kezdeményezte. Az összes mérést ugyanaz a személy (SzL) végezte. A mért paramétereket két módon hasonlítottuk össze: egyrészt a 3-3 mérés értékeit átlagolva az egyes készülékekkel kapott adatokat egyenként és csoportonként hasonlítottuk össze, másrészt számoltuk a 3, egymást követő mérés közötti legnagyobb eltérést, majd a kapott 20 különbséget sorba helyezve ábráztuk a legkisebb, a legnagyobb és a medián eltérést, valamint számoltuk csoportszintű, műszerenkénti eltéréseiket.

Az egyes műszerek alkotta csoportok adatait a SigmaPlot 12.5 statisztikai programmal (Sysstat Software, San José, Kalifornia, Amerikai Egyesült Államok) hasonlítottuk össze. Nem paraméteres, illetve lehetőség szerint paraméteres próbákat végeztünk: több csoportot ANOVA-módszerrel, két csoportot Wilcoxon-tesztel vetettük össze. A csoportok közötti különbséget $p < 0,05$ esetén tekintettük statisztikailag szignifikánsnak.

Eredmények

A szemtengelyhossz (AL) 3 mérés átlagaként számolt értékeinek összehasonlításából tendenciájában jellemzően az Argos mérései válnak el a többi vizsgált műszerétől (1. [A ábra](#)). A mért AL-értékek között szignifikáns eltérés csupán az Argos és IOLMaster500 között volt kimutatható: (átlag \pm sd: I500: 23,61 \pm 0,93; Arg: 23,65 \pm 0,90; I700: 23,62 \pm 0,94; Ant: 23,62 \pm 0,93 mm). A tengelyhosszmérések variabilitásának reprezentatív, me-

1. ábra: A tengelyhossz [AL] eltérései. 1. A: Az egyes biométerek AL-méréseinek összevetése Bland-Altman szerint (segédvonalak: átlagos eltérés [bias], \pm sd, lineáris trendvonal, annak egyenlete és determinációs együtthatója [r^2]). 1. B: Az egyes biométerek AL-méréseinek variabilitása: szemenként 3 mérés közötti legnagyobb eltéréseket figyelembe véve a legkisebb (min.), a medián (med.) és a legnagyobb (max.) érték

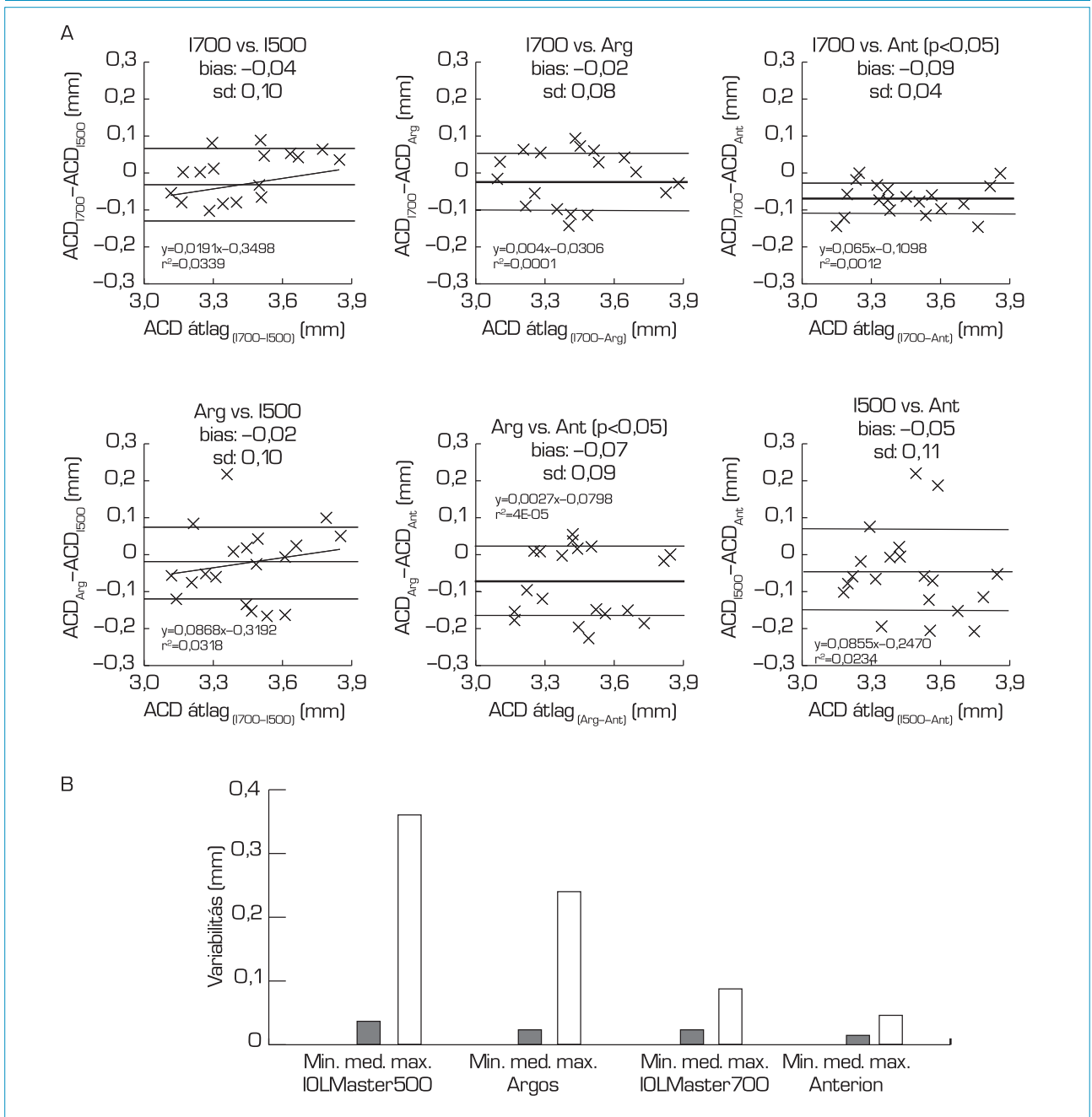


dián értékeit tekintve mindegyik készülék alacsony értéket mutat (1. B ábra; I500: 0,02; Arg: 0,01; I700: 0,01; Ant 0,00 mm), ám figyelemre méltó az IOLMaster500 és Argos-készülékek kiugró legnagyobb eltérése (I500: 0,23; Arg: 0,17 mm). Ezzel szemben megemlítendő az IOLMaster700 és An-

terion-készülékek tengelyhosszméréseinek maximális értéken is alacsonynak mutatkozó variabilitása (I700: 0,02, Ant: 0,01 mm). Statisztikai vizsgálattal a variabilitások (átlag \pm sd: I500: 0,04 \pm 0,05; Arg: 0,02 \pm 0,4; I700: 0,01 \pm 0,01; Ant: 0,00 \pm 0,01 mm) között különbség ugyanakkor csupán az

IOLMaster500 és Anterion között volt kimutatható. Az Argos és egyéb műszerek AL-értékeit összevetve tengelyhosszfüggő eltérés sejlik: amennyiben a Bland-Altman-értékpárokra regressziós egyenest illesztünk, az Argos összevetéseiben az egyenesek abszolút meredeksége és determiná-

2. ábra: Az elülső csarnokmélység (ACD) eltérései. 2. A: Az egyes biométerek ACD-méréseinek összevetése Bland-Altman szerint (segédvonalak: átlagos eltérés (bias), \pm sd, lineáris trendvonal, annak egyenlete és determinációs együtthatója [r^2]). 2. B: Az egyes biométerek ACD méréseinek variabilitása: szemenként 3 mérés közötti legnagyobb eltéréseket figyelembe véve a legkisebb (min.), a medián (med.) és a legnagyobb (max.) érték



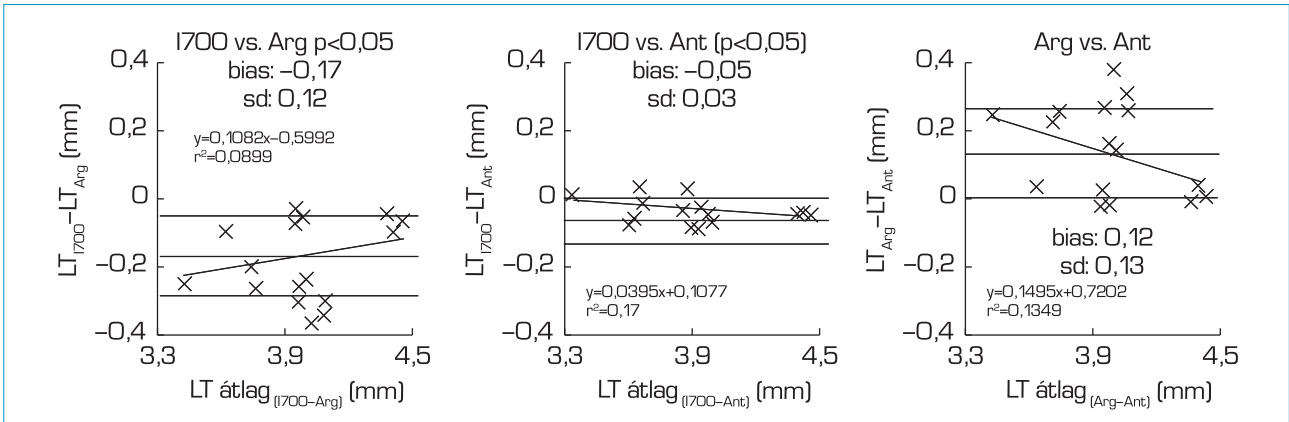
ciós együtthatója átlagosan 0,0408, valamint 0,5966, ugyanakkor a többi műszer között ez csupán 0,0081 és 0,2376 (1. A ábra)!

Az Argos AL vélelmezett tengelyhosszfüggő mérésre figyelemmel külön is vizsgáltuk a mért elülső csarnokmélységet (ACD), lencsevas-

tagságot (LT), valamint számoltuk a hátsó szegmenshosszt (HSZH=AL-ACD-LT). Az ACD egyes műszerekkel mért átlagértékei (átlag \pm sd: I500: 3,45 \pm 0,20; Arg: 3,42 \pm 0,21; I700: 3,41 \pm 0,21; Ant: 3,49 \pm 0,21 mm) az Anterior és IOLMaster700, valamint az Anterior és Argos között

mutattak statisztikai különbséget. Az ACD-értékek eltérései között csekély mértékű korreláció az IOLMaster500 méréseivel szemben mutatkozik (2. A ábra). A csarnokmélység-variabilitások (átlag \pm sd: I500: 0,07 \pm 0,1; Arg: 0,05 \pm 0,07; I700: 0,03 \pm 0,02; Ant: 0,01 \pm 0,01 mm)

3. ábra: A lencsevastagság (LT) eltérései: az egyes biometerek LT-méréseinek összevetése Bland-Altman szerint (segédvonalak: átlagos eltérés [bias], \pm sd, lineáris trendvonal, annak egyenlete és determinációs együtthatója [r^2])

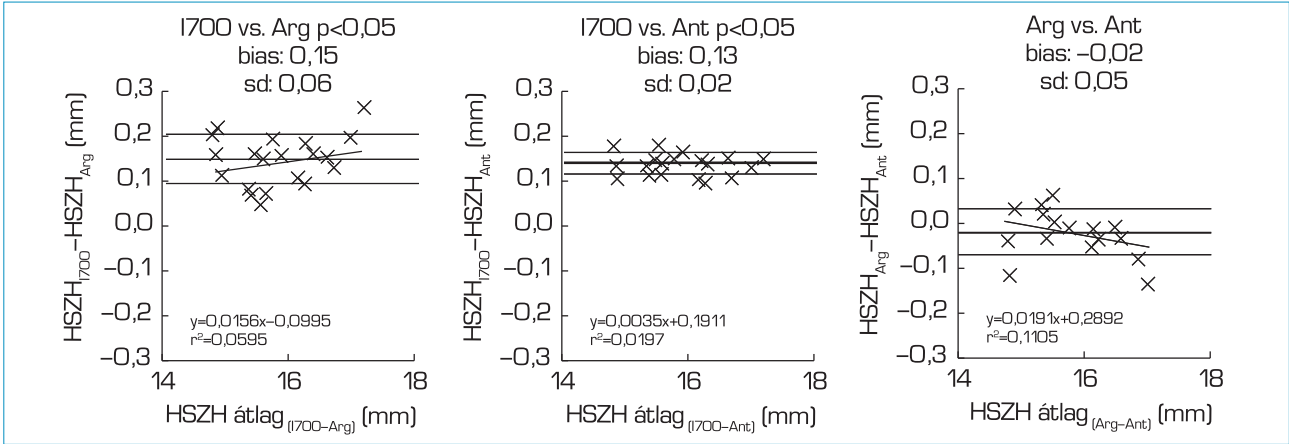


nem tértek el szignifikáns mértékben egymástól (2. B ábra). Az LT mérése és a HSZH számolása csupán az Argos, IOLMaster700 és Anterior-készülékek esetében volt lehetséges. A lencsevastagság átlagértékeiben (átlag \pm sd: Arg: 4,07 \pm 0,30; I700: 3,91 \pm 0,34; Ant: 3,95 \pm 0,35 mm) az IOMaster700 és Argos valamint az IOLMaster700 és Anterior mérései között mutatkozott statisztikai különbség. Az Argos és egyéb biometerek összefüggésében az AL értékeihez hasonló jellegű, ám csekélyebb mértékű korrelációt tapasztaltunk (3. ábra). A mérések variabilitásai (átlag \pm sd: Arg: 0,06 \pm 0,08; I700: 0,03 \pm 0,03; Ant: 0,02 \pm 0,01 mm) az Anterior esetén szignifikánsan cse-

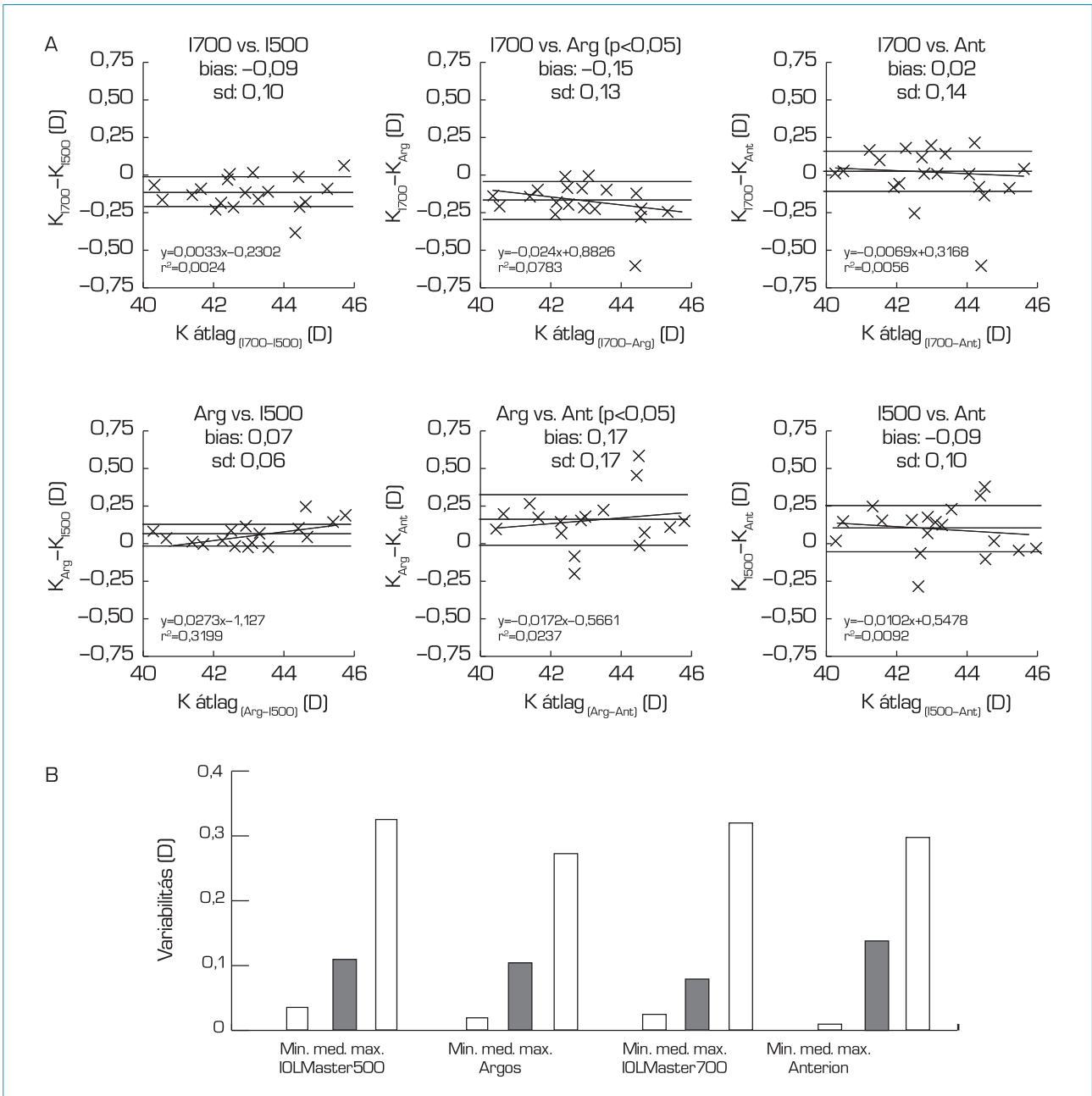
kélyebbek, mint akár az IOLMaster700, akár az Argos esetében. A HSZH átlagértékei (átlag \pm sd: Arg: 16,16 \pm 0,88; I700: 16,31 \pm 0,89; Ant: 16,18 \pm 0,89 mm) az I700 esetében szignifikánsan nagyobbak bizonyultak mind az Argos, mind az Anterior paramétereiből számoltakhoz képest. Az Argos és a másik két készülék értékeinek eltérései az LT méréseihez hasonló, bár annál is csekélyebb mértékű korrelációt mutatnak (4. ábra). A mérési variabilitások (átlag \pm sd: Arg: 0,04 \pm 0,04; I700: 0,01 \pm 0,01; Ant: 0,02 \pm 0,01 mm) eltérése az Argos és az IOLMaster700 között statisztikailag szignifikáns. Az egyes készülékek standard keratometriás értékeiben (5. A ábra,

n: 1,3375, I500: 43,06 \pm 1,50; Arg: 43,13 \pm 1,54; I700: 42,98 \pm 1,51; Ant: 42,96 \pm 1,53 D) statisztikailag szignifikáns különbségek az Argos és Anterior, valamint az Argos és IOLMaster700 között voltak. A medián eltérések (5. B ábra; I500: 0,11; Arg: 0,10; I700:0,07; Ant: 0,13), és a legnagyobb különbségek (I500: 0,32; Arg: 0,27; I700: 0,32; Ant: 0,29) dioptriának bizonyultak. Csoportszinten vizsgálva (átlag \pm sd: I500: 0,12 \pm 0,07; Arg: 0,10 \pm 0,08; I700: 0,10 \pm 0,08; Ant: 0,13 \pm 0,08 D) a variabilitások között statisztikai különbség nem volt. Az IOLMaster700 TK, valamint az Anterior TSZT értékeinek összevetésekor látható a már bevezetõben

4. ábra: A hátsó szegmenshossz (HSZH) eltérései: az egyes biometerek méréseiből számolt HSZH (HSZH=AL-ACD-LT) összevetése Bland-Altman szerint (segédvonalak: átlagos eltérés [bias], \pm sd, lineáris trendvonal, annak egyenlete és determinációs együtthatója [r^2])



5. ábra: A standard keratometria [K] eltérései. 5. A: Az egyes biométerek K-méréseinek összevetése Bland-Altman szerint [átlagos eltérés [bias], ± sd, lineáris trendvonal, annak egyenlete és determinációs együtthatója r^2]. 5. B: Az egyes biométerek K-méréseinek variabilitása: szemenként 3 mérés közötti legnagyobb eltéréseket figyelembe véve a legkisebb [min.], a medián [med.] és a legnagyobb [max.] érték

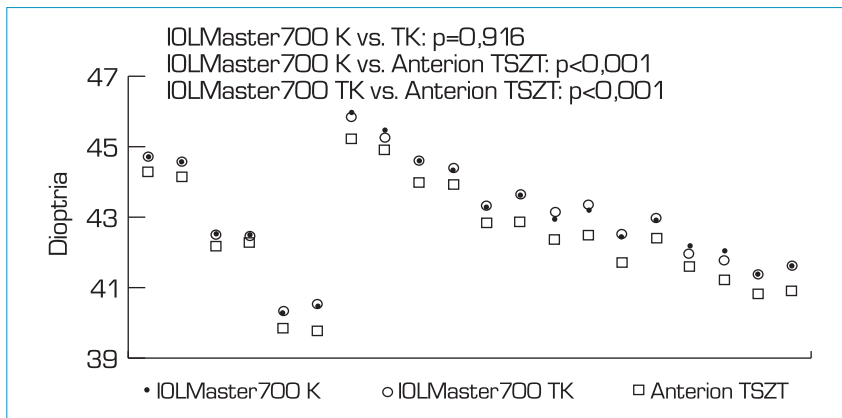


is jelzett különbség, a két hasonlónak tűnő, ám lényegileg különböző paraméter (TK: $n:1,3375$ mellett számolt) szignifikáns, gyakorlati jelentőséggel bíró eltérése (6. ábra; átlag±sd: TK: 4; $p < 0,001$). Hangsúlyozandó, hogy a TK és TSZT közötti különbség alapvetően nem az elülső felszínnek között mért el-

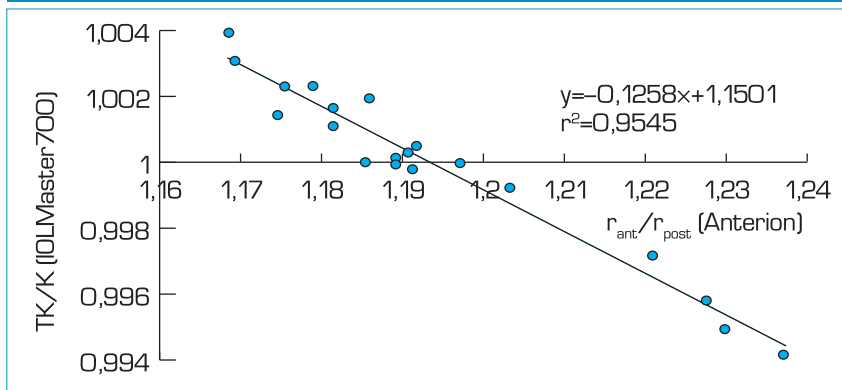
térésből fakad, hiszen az IOLMaster700 és az Anterior K-értékei ($n:1,3375$) hasonlóak (átlag ± sd: I700: $42,98 \pm 1,51$ Ant: $42,96 \pm 1,53$ D). Végül, de nem utolsósorban kiemelendő, hogy az IOLMaster700 TK és K arányának (TK/K; $n=1,3375$), valamint az Anterior által számolt elülső és hátsó szaruhártya-görbű-

leti sugár hányadosának (r_{ant}/r_{post}) ábrázolásakor a TK/K és r_{ant}/r_{post} között lineáris korreláció látható (7. ábra; $r^2=0,9545$). Amennyiben r_{ant}/r_{post} értéke 1,19 vagy alacsonyabb, akkor TK-értéke meghaladja K-t, míg 1,20 t meghaladó r_{ant}/r_{post} esetén csekélyebb annál. Azon szemek ($n=6$) Anterior K- és

6. ábra: Az IOLMaster700 standard keratometriás (K, n: 1,3375), „teljes keratometriás” (TK, n: 1,3375), valamint az Anterior sugárkövetéssel számolt, teljes szaruhártya-törőerő (TSZT) értékei szemenként



7. ábra: A „teljes” és standard keratometriás (n: 1,3375) adatok hányadosainak (TK/K, IOLMaster700), valamint a vonatkozó szaruhártya elülső és hátsó görbületi sugar hányadosok (r_{ant}/r_{post} , Anterior) szemenként, a két érték lineáris korrelációja, az illesztett egyenes képlete, a korreláció determinációs együtthatója (r^2)



TSZT-értékeinek hányadosát számolva, amelyekben az IOLMaster700 K- és TK-értékei nem, vagy csak csekély mértékben tértek el, a TSZT kumulatív refrakciós indexéül $1,3333 \pm 0,0002$ (átlag \pm sd) adódott.

Megbeszélés

Az egyre inkább teret nyerő ssOCT-technológia a műlencsetervezésben is egyre szélesebb lehetőséget nyújt. Nem csupán azért, hogy a korábbi alacsony, vagy részleges koherencia interferometrián alapuló optikai biométerekhez képest jelentősebb lencsehomály

mellett is biztosítja a szem tengelyhossz mérését, de általa is, hogy a szaruhártya mind elülső, mind hátsó felszínét leképezve, a cornea törőereje pontosabban meghatározhatóvá válik. A folyamatosan fejlődő mérés technika következményeképp hasonló célból, különböző technológiákat felvonultató készülékek jelenhetnek meg anélkül, hogy a túlhaladottság vádja fölmerülne. A sokszínűséget táplálja a felhasználói igények különbözősége is: egy közel optimális mérési körülményekre paraméterezett technológia és mérési algoritmus egy kevésbé kooperáló páciens esetében

nehezebben megvalósítható mértést jelent, míg egy „megengedőbb” metódussal a biometria könnyebben kivitelezhető, ám ez a kapott eredmények szorosabb ellenőrzését igényli. Természetesen maguk a technológiák is hordozhatnak különbségeket: a standard, reflexión alapuló, a vizsgált szaruhártyarész egészét egyszerre mérni képes elülső felszíni keratometria elméletileg nagyobb repetícióval és stabilitással végezhető, mint a mégoly fejlett és gyors, ám pontról-pontra haladó ssOCT távolságmérései.

Összehasonlító vizsgálatunk során arra igyekeztünk választ kapni, hogy a mindennapi gyakorlat során az egyes eszközök által biztosított lehetőségek milyen gyakorlati funkcionalitással társulnak. Mivel a készülékek nem egy időben voltak elérhetőek klinikánkon, a vizsgálatok alanyai munkatársaink közül kerültek ki. Ennek eredményeképp az általuk alkotott csoport életkora, szemészeti státusza és kooperációja biztosan nem reprezentatív, valamint a vizsgálatok alacsony száma csökkenti a sikeres statisztikai elemzés esélyét is. A közleményben található megállapítások tehát inkább csak tendenciákat jeleznek, ám hisszük, hogy benyomásaink a napi műlencsetervezés során végzett biometriai mérések tapasztalata által megerősítettek.

A szemtengelyhossz mérése során benyomásunk szerint az Argos által mért értékek tértek el a többi műszerétől, ám statisztikai vizsgálattal ez csupán az Argos és IOLMaster500 összevetésében volt igazolható. A mérések variabilitásai között statisztikai különbséget az IOLMaster500 és Anterior között tapasztaltunk. Ennek magyarázatául az IOLMaster500 kevésbé fejlett mérési technológiája állhat. Sokkalta figyelemreméltóbb azonban az Argos AL méréseinek előző közleményekben is ábrázolt, más biométer vonatkozó adataitól való távolságfüggő eltérése (5, 11). A korreláció magyarázatául az Argos által alkalmazott törésmutató-függő távolságmérést vélelmeztük: mivel

az Argos az intrabulbáris szakaszok hosszát azok elődefiniált törésmutatóinak (cornea: 1,375, csarnokvíz és üvegetest: 1,336, lencse: 1,410) közelítőleg fordított arányában korrigálja, feltételeztük, hogy az eltérés a markáns törésmutató-különbséggel rendelkező szemlencsével, annak mért vastagságbéli eltéréseivel hozható összefüggésbe. Feltételezésünket a mérések igazolni tűnnek, a jól korreláló AL-eltérések hátterben feltehetően a hasonló tendenciát mutató LT- és HSHZ-eltérések állhatnak. Amennyiben egyik vagy másik módszert referenciának fogadnánk el, a látott különbség duplázódna, ekképp már jelentős eltérés forrása lehetne. Azonban az Argos és az IOLMaster700 mérései alapján számolt posztoperatív refrakciós prediktív hibák összehasonlítása *Tamaoki* már hivatkozott közleményében lényegi eltérést nem mutatott (11). A tengelyhosszmérések összefoglalásául inkább szubjektív benyomásainkat idéznénk föl: egyrészt tapasztaltuk az Argos méréseinek könnyű kivitelezhetőségét, másrészt a jelentősebb variabilitás felhívta figyelmünket a mérések ellenőrzésének fontosságára is. Az előbbi megállapítás ellenpárjaként az Anterion jellemzése szerepelhet, amelynek mérései bár nehezebben végrehajthatók, ám a tengelyhosszmérések potenciális variabilitása a legcsekélyebb.

Az ACD mérés esetében meglepő módon nem a résfényt használó IOLMaster500 és a ssOCT készülékek átlagértékei között, hanem az Anterion és az Argos, valamint Anterion és IOLMaster700 összevetésében mutatkozott meg különbség. Az IOLMaster500 régebbi technológiája inkább a nagyobb mérési variabilitásban volt tetten érhető.

A műszerek átlag K-értékeiben statisztikailag szignifikáns, ám gyakorlati szempontból csekély különbség az Argos és IOLMaster700, valamint Argos és Anterion párok között volt kimutatható. Az egymást követő mérések variabilitása – ugyan csupán tendenciájában – az IOLMaster700 esetén volt a legalacsonyabb,

az Anterionnál a legmagasabb. Ennek magyarázata lehet, hogy a három, hagyományos reflexión alapuló műszer között az IOLMaster700 képviseli a legösszetettebb, 3 gyűrűre osztott, 18 pontból álló reflexmintázatot (IOLMaster500: 1 gyűrű, 6 pont; Argos: 1 gyűrű, 16 pont), tehát a könnyfilm változásai feltehetően itt okozzák a legkisebb eltérést. Hasonlóképp figyelemre méltó lehet még az egyes szemeket tekintve az Anterion medián variabilitásának legnagyobb értéke. Mindez, valamint a mégoly jól kooperáló csoport vizsgálata során is mutatkozó, jelentős számú sikertelennek ítélt mérés is a pásztázó OCT-technológia hagyományos keratometerekkel szembeni, a jelenben is fennálló nagyobb zavarérzékenységre utal. Tapasztalataink, és irodalmi adatok (12) alapján is valószínűsíthető, hogy az elülső felszín mérésére – legalábbis az ssOCT jelenlegi sebessége mellett – alkalmasabbnak tűnik még a reflexiós keratometria, mint a pásztázó távolságmérés. Itt megjegyzendő, hogy a teljes szaruhártya-törőerő rutinszerű meghatározása szempontjából az IOLMaster700 által alkalmazott kombinált módszer tűnik ideálisnak, nem csupán számolási módszerében, de mérési metodikájában is: hagyományos, ám fejlett reflexiós keratometria, kiegészítve az ssOCT által nyújtott pachymetriás adatokból képzett hátsó felszínnel (4). (A mérési elv laudációja kapcsán megemlítendő, hogy ez a módszer alapvetően egyezik a klinikánkon, a Zeiss-készülék leírását megelőzően, attól függetlenül kifejlesztett, hibrid keratometriának nevezett módszerrel [9, 10]). Visszatérve az elülső keratometriás adatok összehasonlítására, kiemelendő a minden egyes készülék esetén mutatkozó jelentős legnagyobb variabilitás, amelynek forrása a könnyfilm időbeli változékonysága lehet, amely a keratometriás mérések minden körülmények közötti szoros kontrolljának fontosságára utal (6). Fontosnak tartjuk továbbá hangsúlyozni az IOLMaster700 TK és az Anterion TSZT paraméterének különbségét. Habár a TK a „teljes

keratometria” megnevezést takarja, ez nem tekinthető a szaruhártya abszolút, teljes törőerejének, hanem – hasonlóan a Pentacam EKR (Equivalent K Reading) értékéhez – csupán egy meghatározott átlag-törésmutatóra vonatkoztatott K-érték módosításának tekinthető, amely utóbbtól annyiban tér el, amennyire az elülső és hátsó szaruhártya görbületi sugár (és feltehetően a szaruhártya-vastagság) becsült populációátlagtól való eltérése ezt indokolja (3). Ez az általánosan használt törésmutatóval (n: 1,3375) becsült érték azonban – amint eredményeink is mutatják – jelentősen eltér az egyes szaruhártyafelszín és -vastagság, valamint az általánosan elfogadott törésmutatók alapján számolt „abszolút” értéktől! Mivel a lencsetervező formulák és műlencsekonstansok a standard keratometria elülső felszíni görbületi sugarának értékeire optimalizáltak, könnyen belátható, hogy míg a TK-értékek ezekbe a formulákba a posztoperatív eredmények javítása céljából az adott „n” törésmutató mellett beilleszthetők, addig a TSZT alkalmazása egy pontosan még meg nem határozott, (eredményeink szerint közelítőleg n: 1,3333) kumulatív refraktív index használatával, a virtuális, „elülső felszíni görbületi sugár” visszaszámolásával, valamint az általánosan használt refrakciós indexszel képzett, a teljes szaruhártya törőerőt reprezentáló „TK” útján történhet! (Attól, hogy a szaruhártya teljes törőerejének számolásakor figyelembe vett törésmutatók mennyiben tekinthetők általánosan alkalmazhatóknak, mint a jelen cikk fókuszán jelentősen túlmutató témától, tekintsünk is el [7]!)

A teljes és standard keratometria viszonyát jelen közleményben csupán az Anterion által mutatott elülső és hátsó görbületi sugár arányának tekintetében vizsgáltuk. Az átlagos szaruhártya-vastagságtól való eltérés szerepét a TK képzésében a determinációs együttható (r^2) minimális mértékű növekedésével bizonyítottunk véljük (nem

közölt adat), ám egyrészt a szaruhártyavastagság-eltérés csekély szerepe (átlagtól való $\pm 150 \mu\text{m}$ eltérés esetén mintegy $\pm 0,03$ D eltérés a szaruhártya-törőerőben), valamint a jobb érthetőség miatt ennek bemutatásától jelenleg eltekintettünk. Jelen vizsgálataink eredményei azt mutatják, hogy az IOL-Master700 módszere a TK számolásához felhasznált szaruhártya elülső és hátsó szaruhártya-görbületi sugár átlagos hányadosát mintegy 1,19–1,20-nak tekinti. Ez az érték egyezést mutat Hasegawa távol-keleti populáción végzett vizsgálati eredményeivel (2). Az előbbi tanulmány adatait, valamint saját eredményeinket elemezve úgy becsüljük, hogy egy műlencsetervező formulában a K-értéket TK-ra cserélve a szürkehályog-elleni műtétet követően az esetek 30-40%-ában jelentkezik 0,25 D változás a szükséges poszt-

operatív korrekcióban, és ennek mintegy 10-15%-a (azaz az összes eset 3-6%-a) növelheti a $\pm 0,5$ D-ba eső, nem tervezett posztoperatív refrakciós hiba csoportját. Ez az elméleti érték egyezik a gyakorlatban is tapasztalt, TK alkalmazásával nyert 2-6 százalékpontnyi növekedéssel a $\pm 0,5$ D-nyi posztoperatív hiba tartományában (1, 8).

A TK számolásának visszafejtése jelen adatmennyiség mellett csupán közelítőleg pontosan lehetőséges (7. ábra). Nagyobb adatbázis alapján azonban TK számolási képlet pontosabban is meghatározható, és legalább r_{ant} és r_{post} értékeit használva, K módosítása a műlencsetervezésben jelentős segítséget eredményezhet. (Hasonlóképp a TSZT-hez, amelynek használata viszont egy általunk bár számolt, ám pontosan még meg nem határozott törésmutató alkalmazását igényli!)

Következtetések

Összefoglalva benyomásainkat, két irányban fogalmazzuk meg javaslatainkat: egyrészt, a már meglévő, tapasztalati eredményeket sutba nem dobva, hasznosnak tűnik egy, a formulák keratometriás bemeneti értékével kompatibilis, a szaruhártya hátsó felszíni geometriájára is reflektáló paraméter használata. Másfelől hangsúlyozzuk, hogy az anyagi lehetőségeken túl, a megfelelő biométer választásához nem csupán a műszer elvi mérési potenciáljának, de zavarérzékenységének és használati feltételeinek figyelembe vétele is ajánlott!

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm kollégáimnak a jelen vizsgálatokhoz (is) nyújtott önzetlen hozzájárulását!

IRODALOM

1. Fabian E, Wehner W. Prediction Accuracy of Total Keratometry Compared to Standard Keratometry Using Different Intraocular Lens Power Formulas. *J Refract Surg* 2019; 35(6): 362–368.
2. Hasegawa A, Kojima T, Yamamoto M, Kato Y, Tamaoki A, Ichikawa K. Impact of the Anterior-Posterior Corneal Radius Ratio on Intraocular Lens Power Calculation Errors. *Clin Ophthalmol* 2018; 12: 1549–1558.
3. Holladay JT, Hill WE, Steinmueller A. Corneal Power Measurements Using Scheimpflug Imaging in Eyes With Prior Corneal Refractive Surgery. *J Refract Surg* 2009; 25(10): 862–868.
4. LaHood BR, Goggin M. Measurement of posterior corneal astigmatism by the IOLMaster 700. *J Refract Surg* 2018; 34: 331–336.
5. Németh G, Módis L Jr. Ocular measurements of a swept-source biometer: Repeatability data and comparison with an optical low-coherence interferometry biometer. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(6): 789–797.
6. Németh J, Erdélyi B, Csákány B, Gáspár P, Soumelidis A, Kahlesz F, Lang Z. High-speed Videotopographic Measurement of Tear Film Build-Up Time. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43(6): 1783–1790.
7. Patel S, Tutchenko L. The refractive index of the human cornea: A review. *Cont Lens Anterior Eye* 2019; 42(5): 575–580.
8. Srivannaboon S, Chirapapaisan C. Comparison of refractive outcomes using conventional keratometry or total keratometry for IOL power calculation in cataract surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; 257(12): 2677–2682.
9. Szalay L, Facskó A.: Keratometria hibrid módszerrel/Hybrid keratometry. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság 2018 évi Kongresszusa. 2018.
10. Szalay L, Gyetvai T, Facskó A. Hibrid módszer alkalmazása a szaruhártya elülső és hátsó felszíni törőerejének meghatározására/ Determination of anterior and posterior corneal refraction by hybrid keratometry. *Szemészet* 2018; 155(Suppl): 48.
11. Tamaoki A, Kojima T, Hasegawa A, Yamamoto M, Kaga T, Tanaka K, Ichikawa K. Clinical Evaluation of a New Swept-Source Optical Coherence Biometer That Uses Individual Refractive Indices to Measure Axial Length in Cataract Patients. *Ophthalmic Res* 2019; 62(1): 11–23.
12. Tañá-Rivero P, Aguilar-Córcoles S, Ruiz-Mesa R, Montés-Micó R. Repeatability of whole-cornea measurements using a new swept-source optical coherence tomographer. *Eur J Ophthalmol* 2020 Jul 18:1120672120944022. doi: 10.1177/1120672120944022. (publikálás alatt)

LEVELEZÉSI CÍM

Dr. Szalay László, Szemészeti Klinika, 6720 Szeged, Korányi fásor 10–11.
E-mail: szalay.laszlo@med.u-szeged.hu