

A műlencse-helyzet becslési hibája és összefüggése a szubjektív fénytörési hibával cataracta műtét után

NÉMETH GÁBOR¹, MÓDIS LÁSZLÓ¹, HASSAN ZIAD², SZALAI ESZTER¹, BERTA ANDRÁS¹

¹Debreceni Egyetem, Klinikai Központ, Szemklinika
(Igazgató: Prof. Dr. Berta András egyetemi tanár)

²Orbi-Dent Refraktív Sebészeti és Lézer Centrum, Debrecen
(Igazgató: Hassan Ziad)

Célkitűzés: Elemezni az SRK/T formula által becsült, valamint a Scheimpflug képalkotással preoperatív és posztoperatív mért elülső csarnok mélység különbségét és felderíteni a kapcsolatot ezen különbségek és a posztoperatív szubjektív refrakciós hiba között.

Módszerek: Lege artis végzett szürkehályogműtét során kiszámítottuk az SRK/T formula által becsült effektív műlencse-helyzetet. A műtét előtt, és azután legalább nyolc héttel az elülső csarnok mélységét Pentacam HR készülékkel mértük meg. A tervezett és a műtét után elért szubjektív fénytörést szintén feljegyeztük.

Eredmények: 102 páciens 102 szemén (életkor tartomány: 36,2-87,5 év) végeztük vizsgálatainkat. A tengelyhossz értéke 21,46 és 27,04 mm között volt. A szubjektív visus alapján értékelt refrakciós hiba $\pm 0,25$ D-n belül volt 70 szemén; 0,25 D vagy 0,5 D volt 21 szemén, és több mint 0,5 D refrakciós hibát tapasztaltunk 11 szemén. A szemek tengelyhossza és a preoperatív mért illetve a formula által becsült preoperatív effektív műlencse-helyzet közötti korreláció szignifikáns volt ($r=0,31$, $p<0,001$ és $r=0,56$, $p<0,001$). A korreláció nem volt szignifikáns a tengelyhossz és a csarnokmélység becslési hiba közt ($r=0,12$, $p=0,21$) és a tengelyhossz és a szubjektív refrakciós hiba közt sem ($r=0,09$, $p=0,37$). Minél mélyebb volt a posztoperatív mért csarnokmélység, annál nagyobb volt a csarnokmélység becslési hibája ($r=0,81$, $p<0,05$). A csarnokmélység becslési hiba és a szubjektív módszerrel felvett refrakciós hiba közti korreláció mértéke nem volt szignifikáns ($r=0,12$, $p=0,26$).

Következtetés: A műlencse-helyzet becslési hibája széles tartományban mozog anélkül, hogy befolyásolná a tényleges szubjektív refrakciós eredményt, standard műlencse beültetése után.

The prediction error of effective intraocular lens position and its relation to subjective refractive error after cataract surgery

Purpose: To analyze differences between the SRK/T formula estimated, Scheimpflug technique measured preoperatively and postoperatively measured anterior chamber depths (ACDs) and assess the relationship between these difference and the postoperative subjective refractive error.

Methods: The inclusion criteria were uneventful cataract surgeries. The SRK/T formula's estimated effective lens position (ELP) was calculated. The ACD was measured with a Pentacam HR preoperatively and a minimum of eight weeks postoperatively, at which the errors between the planned and achieved subjective refraction were also recorded.

Results: 102 eyes of 102 patients (age range: 36.2-87.5 years) were enrolled in our study with an axial length (AL) between 21.46-27.04 mm. The subjective refraction error was within ± 0.25 D in 70 eyes, 0.25 D or 0.5 D in 21 eyes, and more than 0.5 D error was present in 11 eyes. The correlation between the AL and preoperative measured and formula estimated preoperative ELP was significant ($r=0.31$, $p<0.001$; $r=0.56$, $p<0.001$). The correlation was not significant between the AL and the ACD estimation error ($r=0.12$, $p=0.21$) or between the AL and subjective refraction error ($r=0.09$, $p=0.37$). The higher the postoperative measured ACD, the higher the ACD estimation error ($r=0.81$, $p<0.05$). The correlation between the ACD estimation error and the subjectively measured refraction error was not significant ($r=0.12$, $p=0.26$).

Conclusions: The prediction error of the ELP can move within a broad range without influencing the subjective postoperative refractive result after the implantation of a standard IOL.

KULCSSZAVAK biometria, effektív műlencse-helyzet, Pentacam HR, szubjektív refrakció

KEYWORDS biometry, effective lens position, Pentacam HR, subjective refraction

A mai, modern cataracta sebészet egyik fő célja a páciens és az operátor által tervezett posztoperatív refrakciós cél elérése. A szürkehályogműtét utáni csarnokmélység becslése, vagyis a műlencse végső, axiális pozíciójának tervezése az egyik legfontosabb feladat a nem tervezett posztoperatív refrakciós hibák számának és mértékének csökkentése érdekében. A posztoperatív műlencse pozíció tervezési bizonytalansága egyike az elkerülhetetlen hibaforrásoknak a műlencse dioptriaértékének meghatározásában. Ez a hibaforrás az oka a posztoperatív tapasztalt, átlagosan 0,35 D-ás refrakciós hibának (16), más szavakkal, a pseudophakiás csarnokmélység becslésének hibája felel az összes posztoperatív refrakciós hiba 22-38%-áért (15).

Definíció szerint, az effektív műlencse-helyzet (angolban: effective lens position, ELP) a cornea másodlagos fősíkjá és a beültetett műlencse vékonylencse-ekvivalens fősíkjá közötti axiális távolság. Mivel a műtét után kialakuló effektív, valódi műlencse-helyzet becslése – a preoperatív mérés lehetőségének értelemszerű hiánya miatt – tisztán matematikai feladat, ennek többnyire hibás volta egy biológiai mintán így „magától értetődik”. Emellett pedig az is ismert a klinikai gyakorlatból, hogy az objektív és szubjektív refrakciós hiba mértéke nem feltétlenül azonos.

A cataracta műtétei során az operátor egyik célja, hogy növelje a $\pm 0,5$ D-ás refrakciós hibán belül eső szemek százalékos arányát, – ami ma maximum 75-80%-ra tehető (1, 4, 7) –, és, hogy jelentősen csökkentse a nagyfokú ($> 1,5$ D) refrakciós „meglepetések” számát.

Célunk az volt, hogy elemezzük a különbséget a cataracta műtét előtt mért, az SRK/T formula által becsült és a posztoperatív mért elülső csarnokmélységek között, Scheimpflug képalkotás segítségével. Másik célunk volt, hogy kapcsolatot keressünk e csarnokmélység különbség és a posztoperatív elért szubjektív refrakciós hiba között.

BETEGEK ÉS MÓDSZEREK

A beválogatási kritérium a lege artis phacoemulsificatiós szürkehályogműtéten átesett páciens volt. A műtét során azonos típusú, összehajtható műlencsét implantáltunk a lencse tokzsákjába; másik szempontunk az volt, hogy a posztoperatív, korrigált látásélesség 0,1 vagy ennél jobb legyen, logMAR skálán vizsgálva.

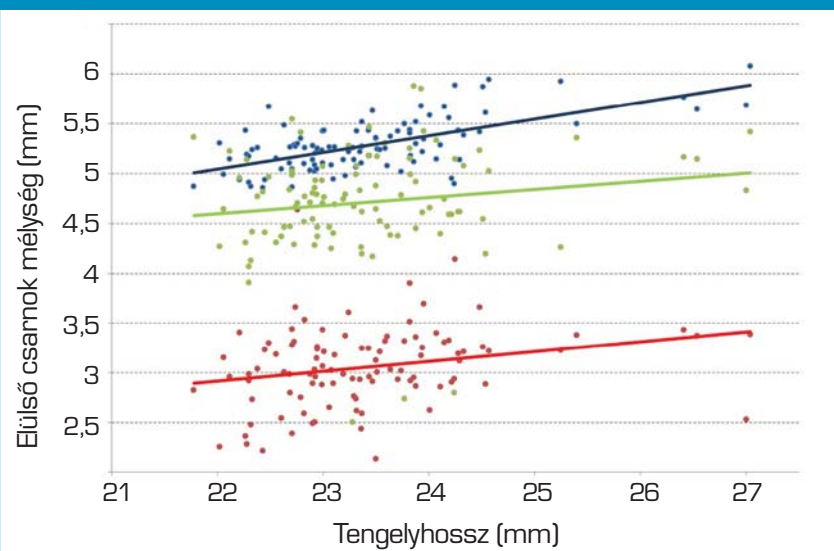
A műtétek előtt, IOLMasterrel (Carl Zeiss Meditec, Jena, Németország, software verzió 5.4.3.0002) mértük a szemek tengelyhosszát és a keratometriás értékeket. A tengelyhossz mérése során a minimum 5,0 értékű jel/zaj arányt fogadtuk el és minimum öt tengelyhossz érték és három keratometriás érték átlagával dolgoztunk a továbbiakban. Ezután három felvételt készítettünk a Pentacam nagyfelbontású verziójával (Pentacam HR, Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Németország, software verzió 1.17r139), non-accomodativ beállítási helyzet mellett. Az automatikusan mért anatómiai, azonban a Pentacam által „külső csarnokmélységnek”

(„external anterior chamber depth”, a cornea epitheliuma és a lencse elülső felszíne közti távolság) nevezett értékeket jegyeztük fel, és három érték átlagával számoltunk tovább.

A legmeredekebb corneális tengelyben készített, 2,85 mm-es clear cornealis seben át végzett standard phacoemulsificatiós műtétek során minden esetben azonos típusú intraocularis műlencsét ültettünk be (Sensar OptiEdge AR40e, Abbott Medical Optics Inc., Santa Ana, California, USA). A műlencse dioptriaértékét az SRK/T formulával kalkuláltuk; a refrakciós cél értéke nulla, vagy minimális (maximum 0,25 D) negatív érték volt.

Minimum nyolc héttel a műtétek után újra három felvételt készítettünk a Pentacammal minden operált szemről. A posztoperatív fénytörési hiba precíz megállapítását ugyanaz az orvos végezte minden vizsgált páciensünk esetében, egy szubjektív, decimális visustáblát használva. A korrekció nélküli visus megállapítása után feljegyeztük a páciens által elfogadott legjobb spherikus és cylinderes értékeket. E

1. ábra: Az egyes elülső csarnok mélységek (y tengely, mm-ben) és a tengelyhossz (x tengely, mm-ben) összefüggése 102 szemben. Vörös jelölők és vonal: preoperatív csarnokmélység adatok Pentacam HR készülékkel mérve; zöld jelölők és vonal: posztoperatív csarnokmélység adatok Pentacam HR-el mérve; kék jelölők és vonal: az SRK/T formula által becsült elülső csarnok mélység adatok



vizsgálat eredményeit a további számításokhoz, logMAR értékekbe konvertáltuk. A biometria során tervezett posztoperatív refrakciós dioptriaértéktől való szubjektív értékelt dioptria eltérést „refrakciós hiba”-ként definiáltuk.

Kiszámítottuk a posztoperatív és preoperatív mért csarnokmélységek különbségeit. Ezután a csarnokmélység formula által számolt (vagyis becsült) adatát kalkuláltuk ki, a SRK/T formula javított, elérhető egyenletéből (18) (a képletben ACDeSt néven szereplő adat), amit ebben a vizsgálatban elneveztünk „formula által becsült csarnokmélységnek”. Ezt az értéket az A konstans, a cornea görbületi sugara és a tengelyhossz határozza meg és a cataracta műtete után, a műlencse axiális helyzetét jellemzi. Ezek után a posztoperatív, Pentacammal mért csarnokmélység adatot kivontuk a „formula által becsült csarnokmélység” adatból és ezt az értéket elneveztük „csarnokmélység becslési hibának”. Végül kiszámítottuk ezen adatok és a tengelyhossz, a preoperatív mért csarnokmélység és a szubjektív fénytörési hiba közti korrelációkat.

A vizsgálatainkat a Helsinki Deklaráció alapelveinek megfelelően végeztük és minden páciens aláírta a műtétéhez való beleegyezését. A statisztikai analízist a Microsoft Excel és a MedCalc 10.0 szoftverekkel végeztük. Az adatok normalitását

Kolmogorov–Smirnov-teszttel vizsgáltuk. Amennyiben a normális eloszlást kizártuk ($p < 0,001$), non-paraméteres tesztekkel dolgoztunk tovább. Léfró statisztika során medián értékeket, a medián 95%-os fiducia intervallumát (95% CI) és interquartilis tartományokat (IQR) írtunk le. A korrelációs számításokat Spearman-teszttel végeztük; a szignifikancia szintet $p < 0,05$ értéknél állítottuk be.

EREDMÉNYEK

102 páciens 102 szemét vizsgáltuk (életkor medián: 73,9 év, a medián 95% CI értéke: 71,92–75,21 év, range: 36,2–87,5 év). A tengelyhossz mediánja 23,26 mm, a műtét előtti elülső csarnok mélység mediánja 3,03 mm, a műtét utáni elülső csarnok mélység mediánja pedig 4,72 mm volt. A csarnokmélység becslési hibájának mediánja 0,58 mm-nek adódott. A részletes adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

A műtétek után a korrekció nélküli látásélesség 0,0 és 0,54 között volt, a korrigált látásélesség pedig 0,0 és 0,1 között, logMAR skálán. A szubjektív fénytörési hiba $\pm 0,25$ D-an belül volt 70 szemem (68,63%), 0,25 D vagy 0,5 D volt 21 szemem (20,59%) és több, mint 0,5 D volt 11 szemem (10,78%).

A tengelyhossz és a preoperatív mért illetve a preoperatív, formula által becsült effektív műlencse-helyzet közötti korrelációk statisztikailag szig-

nifikánsak voltak ($r = 0,31$; $p < 0,001$ és $r = 0,56$; $p < 0,001$). A tengelyhossz és a csarnokmélység becslési hiba közti, illetve a tengelyhossz és a szubjektív refrakciós hiba közti korreláció statisztikailag nem volt szignifikáns ($r = -0,12$; $p = 0,21$ és $r = 0,09$; $p = 0,37$). Minél nagyobb volt a posztoperatív, Pentacammal mért csarnokmélység, annál nagyobb volt a csarnokmélység becslési hibája ($r = 0,81$; $p < 0,05$). A csarnokmélység becslési hiba és a preoperatív csarnokmélység közti korreláció nem volt szignifikáns ($r = -0,08$; $p = 0,65$). A csarnokmélység becslési hiba és szubjektív refrakciós hiba közti korreláció szintén nem volt statisztikailag szignifikáns ($r = 0,12$; $p = 0,26$). Sem a csarnokmélység becslési hiba, sem a posztoperatív refrakciós hiba nem korrelált szignifikánsan az életkorral sem ($r = -0,25$; $p = 0,21$ és $r = 0,09$; $p = 0,38$).

MEGBESZÉLÉS

A szürkehályogműtét után sokszor tapasztalt, nem várt szubjektív fénytörési hiba hátterében számos ok állhat. Korábban a tengelyhossz precíz preoperatív mérése kritikus lépés volt a műlencse tervezés eredményének javításában (17), ma azonban az optikai mérési módszerek (IOLMaster és LenStar) e hiba mértékét – legalábbis egészséges szemem – jelentősen minimalizálták (16). *Preussner és munkatársai*

1. táblázat: A pre- és posztoperatív adataink statisztikai részletezése (n=102). IQR: interquartilis tartomány, 95% CI: a mediánérték 95% fiducia intervalluma, csarnokmélység különbség: a posztoperatív és preoperatív mért csarnokmélységek különbsége. Csarnokmélység becslési hiba: a posztoperatív, Pentacammal mért csarnokmélység és a preoperatív, SRK/T formula által becsült csarnokmélység különbsége

	Medián	A medián 95% CI értéke	Minimum	Maximum	IQR
Tengelyhossz (mm)	23,26	22,99–23,54	21,46	27,04	22,73–23,88
Preoperatív csarnokmélység (mm)	3,03	2,96–3,18	2,14	4,63	2,86–3,30
Posztoperatív csarnokmélység (mm)	4,72	4,61–4,82	2,517	5,88	4,42–5,04
Csarnokmélység különbség (mm)	1,68	1,58–1,77	-0,58	1,93	1,35–1,97
SRK/T képlet által becsült effektív műlencse-helyzet (mm)	5,25	5,19–5,28	4,57	6,07	5,09–5,42
Csarnokmélység becslési hiba (mm)	-0,58	-0,68–0,39	-2,76	0,76	-0,84–0,19

(17), IOLMasterrel mérve, csak klinikailag inszignifikáns mértékű különbséget írtak le a pre- és posztoperatív tengelyhosszértékek között. A keratometriás értékek mérési szintén megbízhatóak ezen optikai eszközökkel (3,8). Ráadásul a keratometria-független, csarnokmélységgel valamint a corneális vertex hátsó felszíne és a csarnokzugokat összekötő egyenes távolságával számoló effektív-műlencse helyzet számítás eredménye refraktív műtét utáni szemeken is összehasonlítható eredményt mutat a hagyományos módszerekével (2, 6). Így, a mai, optikai biometria mellett a tengelyhossz mérésnek (17) és minden bizonnyal a keratometriának is csak minimális szerepe van a klinikailag is jelentős posztoperatív refrakciós hibák kialakulásában. A saját, korábban nem operált beteganyagunk is optikai biometria eredménye alapján került műtetre, így ezen hibaforrások nagy valószínűséggel nem játszottak szerepet a leírt refraktív hibák létrejöttében.

A kialakult fénytörési hibák hátterében a cornea görbületi értékeinek posztoperatív, időbeni fluktuációja is állhat (13). Ismert a műlencsék gyártási sajátágaiból adódó probléma is („the diopter mislabeling”) (17, 12, 22) és egyes corneális asphericitások is okozhatnak predikciós hibákat. Bizonyították korábban, hogy a műlencse az első hat hónapos posztoperatív időben az anteroposterior sík mentén képes minimális elmozdulásra, ami kicsi, de nagy variabilitású változásokat okozhat a fénytörési értékekben (9). A cataracta műtét után tapasztalt, nem tervezett fénytörési hiba hátterében álló legnagyobb probléma a műlencse axiális helyzetének helytelen preoperatív becslése (14), mely becslést egyes új, érdekes, egyelőre teoretikus lehetőségek, mint az üres lencsetok helyzetének intraoperatív mérése, javíthatnak (5). Elméletileg, a posztoperatív műlencse helyzetet csak a ray-tracing módszer által kalkulált manifeszt refrakcióval lehet megállapítani;

bár, kissé meglepő módon a ray-tracing kalkulációk eredménye alapján beültetett aszferikus műlencsével is „csak” a szemek maximum 81%-ában érték el a $\pm 0,5$ D-ás refrakciós hibahatárt (7). A capsulorhexis mérete, a lencsetok igen egyéni, nagyfokban variábilis posztoperatív változásai, a műlencse alak kialakítása, a műlencse anguláció mértéke és a haptikák típusa is befolyásolják a műlencse végső, tokzsákon belüli helyzetét, melyek mind-mind a sokszor tapasztalt, de előre nem látható és nem tervezhető refrakciós hibák hátterében állhatnak.

Az egyes biometriai formulák posztoperatív csarnokmélység adatának becslése, vagyis helyesebben kalkulációja különböző. Az átlagos nem várt refrakciós hiba tengelyhossztól és alkalmazott formulától függően 0,38 és 0,75 D között van *Aristodemou és munkatársai* adatai szerint (1), 22-26 mm-es, vagyis átlagos tengelyhossz értékek között. A predikciós hiba mértéke összevethető, hasonló volt Haigis, Hoffer Q, Holladay 1 és SRK/T formulák mellett (7,23), bár nagyobb esetszámon végzett vizsgálatokban a tengelyhossz érték szerint alcsoportokra osztott beteganyagban különbségeket is kimutattak (1). A jelen vizsgálatunkat is közelítőleg ebben a tengelyhossz tartományban végeztük, ráadásul a tengelyhossz és a csarnokmélység becslési hiba között nem is igazoltunk szignifikáns mértékű korrelációt. A biometriai képletek egyes konstansainak matematikai algoritmusokkal végzett módosítása, valamint a legújabb generációs műlencse-kalkulációs formulák használata a nem tervezett refrakciós hibát a páciensek körülbelül 75%-ában képes $\pm 0,50$ D belülré szorítani, egyébként egészséges, korábban nem operált szemek esetén (1). A fentiekből látható, hogy az elérhető célunk a cataracta sebészet során ma „csak” az lehet, hogy ezt a predikciós hiba mértékét és előfordulási arányát csökkentjük, amennyire lehet, valamint elimináljuk a nagy fénytörési „mele-

petéseket”, mert ez a jellegű hiba teljesen nem szüntethető meg a mai technika és mai biometriai módszerek alkalmazása mellett.

Amennyiben elemezni kívánjuk a posztoperatív predikciós hibákat, ismernünk kell a preoperatív és posztoperatív csarnokmélységeket, valamint a tervezett és elért refrakciós értékeket. Azonban a pseudophakiás csarnokmélység mérése az irodalom szerint igen ellentmondásos. A pseudophakiás csarnokmélység mérésére használhatjuk a hagyományos ultrahangot, az ultrahang biomikroszkópiát, az ACMastert (10), az elülső szegmentum optikai koherencia tomographiát (21), az alacsony-coherenciájú reflectometria technikáját (LenStar) vagy a Scheimpflug képalkotást (11, 19, 20). Korábban igazoltuk, hogy a Pentacammal mért csarnokmélység átlagosan 0,44 mm-el kisebb, mint standard ultrahanggal mérve ugyanezt az adatot pseudophakiás szemeken (11), bár *Su és munkatársai* ezzel ellentétes eredményeket is közöltek, nagy mérési standard szórással (20). E munkacsoport másik megfigyelése volt, hogy a Pentacam és az IOLMaster azonos csarnokmélységeket mér phakiás és pseudophakiás szemeken is (20). Emellett, *Savini és munkatársai* (19) pseudophakiás szemeken leírták, hogy a Pentacam által mért csarnokmélység adatok statisztikailag nem különböznek az immerziós ultrahangos biometria során kapott eredményektől sem. Fentiekből látható, hogy a pseudophakiás szemek elülső csarnok mélységének mérése egy legalábbis ellentmondásos terület. Ha a pseudophakiás szemeken állandó, az általunk mért 0,44 mm-es hibával számolunk (az ultrahangos és a Pentacam által mért csarnokmélységek között), 23,5 mm-es tengelyhossz-érték és 43,5 D-ás keratometriai átlagérték mellett, azt kapjuk, hogy ez önmagában magyaráz(na) 0,35 D-ás refrakciós hibát átlagos műlencse dioptria mellett, Haigis formulát használva a biometriához. Jelen közlemény fő mondanivalója így nem is az, hogy

a pseudophakiás csarnokmélység különbözik az IOLMaster által mérttől, hanem hogy a formula által becsült csarnokmélységtől való eltérés értéke igen magas, miközben a szubjektív, posztoperatív, más néven reziduális fénytörési hiba tartománya igen kicsi a mi beteganyagunkon; ráadásul, nem is találunk szignifikáns korrelációt a csarnokmélység becslési hiba és a szubjektív refrakciós hiba mértéke között. Ráadásul, egyrészt a szubjektív refrakciós hiba beteg- és vizsgáló általi megítélése szintén jelentős szerepet játszhat a teljes pre-

dikciós hibában, ahogyan azt *Preussner és munkatársai* is megjegyezték (17). Ezt a jelenséget részben a páciensek képéletlenséggel szembeni toleranciájának és a homályosság elfogadásának különbözőségével magyarázhatjuk. Másrészt, egyéb tényezők (pupillaméret, lencsetok-zsugorodási- és korfüggő biometriai faktorok) is befolyásolhatják a refraktív eredményt, amik persze messze túlmutatnak az „egyszerű” elülső csarnok mélység becslési hibán.

Tanulmányunk egyik limitációja, hogy az objektív refrakciós értéke-

ket nem dolgoztuk fel a műtétek után. Az objektív és a szubjektív refrakciós értékek közti különbség elemzése ismert irodalmi téma, (nem is ennek vizsgálata volt munkánk célja); ráadásul a szürkehályogműtét után a páciensek számára a hétköznapi életben a szubjektív refrakció hibaértéke számít.

Összefoglalva, az effektív műlencse-helyzet predikciós hibája széles tartományban mozog anélkül, hogy jelentősen befolyásolná a szubjektív posztoperatív refrakciós eredményt, standard, egyfókuszú műlencse beültetése után.

IRODALOM

1. Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 63–71.
2. Dooley I, Charalampidou S, Nolan J, Loughman J, Molloy L, Beatty S. Estimation of effective lens position using a method independent of preoperative keratometry readings. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 506–512.
3. Dulku S, Smith HB, Antcliff RJ. Keratometry obtained by corneal mapping versus the IOLMaster in the prediction of postoperative refraction in routine cataract surgery. *Clin Experiment Ophthalmol* 2013; 41: 12–18.
4. Eom Y, Kang SY, Song JS, Kim YY, Kim HM. Comparison of Hoffer Q and Haigis formulae for intraocular lens power calculation according to the anterior chamber depth in short eyes. *Am J Ophthalmol* 2014; 157: 818–824.e2.
5. Hirnschall N, Amir-Asgari S, Maedel S, Findl O. Predicting the postoperative intraocular lens position using continuous intra-operative optical coherence tomography measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013; 54: 5196–203.
6. Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Estimation of the effective lens position using a rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 2119–2127.
7. Hoffmann PC, Lindemann CR. Intraocular lens calculation for aspheric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 867–872.
8. Hsieh YT, Wang IJ. Intraocular lens power measured by partial coherence interferometry. *Optom Vis Sci* 2012; 89: 1697–1701.
9. Koepl C, Findl O, Kriechbaum K, Buehl W, Wirtitsch M, Menapace R, Drexler W. Postoperative change in effective lens position of a 3-piece acrylic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29: 1974–1979.
10. Kriechbaum K, Leydolt C, Findl O, Bolz M, Drexler W. Comparison of partial coherence interferometers: Acmaster versus laboratory prototype. *J Refract Surg* 2006; 22: 811–816.
11. Nemeth G, Vajdas A, Kolozsvári 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.
12. Norrby NES, Grossman LW, Geraghty EP, Kreiner CF, Mihori M, Patel AS, Portney V, Silberman DM. Accuracy in determining intraocular lens dioptric power assessed by interlaboratory tests. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 983–993.
13. Norrby S, Hirnschall N, Nishi Y, Findl O. Fluctuations in corneal curvature limit predictability of intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 174–179.
14. Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85: 472–485.
15. Olsen T. Sources of error in intraocular lens power. *J Cataract Refract Surg* 1992; 18: 125–129.
16. Preussner PR. Accuracy limits in IOL calculation: current status. *Klin Monbl Augenheilkd* 2007; 224: 893–899.
17. Preussner PR, Olsen T, Hoffmann P, Findl O. Intraocular lens calculation accuracy limits in normal eyes. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 802–808.
18. Retzlaff J, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implantation power calculation formula. *J Cataract Refract Surg* 1990; 16: 333–340.
19. Savini G, Olsen T, Carbonara C, Pazzaglia S, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Anterior chamber depth measurement in pseudophakic eyes: a comparison of Pentacam and ultrasound. *J Refract Surg* 2010; 26: 341–347.
20. Su PF, Lo AY, Hu CY, Chang SW. Anterior chamber depth measurement in phakic and pseudophakic eyes. *Optom Vis Sci* 2008; 85: 1193–1200.
21. Zhang Q, Jin W, Wang Q. Repeatability, reproducibility, and agreement of central anterior chamber depth measurements in pseudophakic and phakic eyes: optical coherence tomography versus ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 941–946.
22. Zudans JV, Desai NR, Trattler WB. Comparison of prediction error: labeled versus unlabeled intraocular lens manufacturing tolerance. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 394–402.
23. Wang JK, Chang SW. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *Int J Ophthalmol* 2013; 6: 150–154.