

A hátsó cornealis felszín hatásával is korrigáló tórikus műlencse-kalkulátorral kapott elméleti eredmények

NÉMETH GÁBOR DR.¹, MÓDIS LÁSZLÓ DR.²

¹Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Központi Kórház és Egyetemi Oktató Kórház, Miskolc (Osztályvezető: Dr. Németh Gábor főorvos)

²Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szemészeti Tanszék (Igazgató: Prof. Dr. Berta András egyetemi tanár)

Célkitűzés: Elméleti számítással meghatározni egy hátsó cornealis astigmatia szempontjából is ismert, nagyfokú astigmias adatbázison, hogy mennyit javít a posztoperatív maradék astigmatia tekintetében a Barrett-algoritmust alkalmazó tórikus műlencse-kalkulátor a hagyományos számításához képest.

Módszerek: A beavogatás feltétele a minimum 1,5 D-ás elülső cornealis astigmatia volt, egyéb szempontból egészséges szemeken. Pentacam HR-készülék által mért szimulált (elülső) és hátsó cornealis astigmatia-értékekkel számoltunk. A tórikus műlencse-számítást két kalkulátorral végeztük: a hagyományossal, és a hátsó cornealis astigmatiát figyelembe vevő Barrett-algoritmust használóval. Feljegyeztük mindkét kalkulátor számítása alapján a beültetendő műlencse cilinderértékét, illetve a két kalkulátor által számított műlencse cilinderértékek különbségeit. Meghatároztuk azon esetek arányát mindkét kalkulátor esetén, ahol azok elméletben jól működnek a hátsó cornealis astigmatia figyelembe vételével.

Eredmények: 105 esetet vizsgáltunk (életkor $53,6 \pm 20,9$ év). Az elülső felszínen mért astigmatia direkt irányú volt 73,3%-ban, indirekt pedig 14,3%-ban. A hátsó cornealis astigmatia mértéke átlagosan 0,54 D volt (tartomány: 0,0–1,5 D). A hátsó cornealis astigmatia direkt irányú volt 82,8%-ban és indirekt volt 6,6%-ban. 60%-ban a hátsó cornealis astigmatia mértéke nagyobb volt, mint 0,4 D, emellett mind az elülső, mind a hátsó astigmatia direkt irányú volt. A két kalkulátor által számított műlencse cilinderértékek különbsége (hagyományos mínusz új) $0,41 \pm 0,62$ D (tartomány: $-0,75$ D – 1,5 D) volt. A hagyományos kalkulátor „jó” eredményt adott 28,6%-ban és „nem jót” 71,4%-ban. A Barrett-algoritmust használó, új kalkulátor „jó” eredményt adott a betegek 61,9%-ában és „nem jót” 38,1%-ban.

Következtetés: A hátsó cornealis felszín hatásával is számoló tórikus kalkulátor az elméleti számítás szerint a jelentős maradék astigmatia nélküli páciensek számát megkétszerezte, azonban még így a páciensek 38%-ában hibás eredményt adott.

Theoretical results obtained with a toric intraocular lens calculator considering even the effect of the posterior corneal surface

Purpose: To theoretically determine the amount of improvement regarding residual astigmatism in a high-astigmatism patient database with known posterior corneal data, using a toric intraocular lens calculator combined with the Barrett algorithm compared to the regular calculator.

Methods: The inclusion criterion was corneal astigmatism of more than 1.5 dioptre in otherwise normal eyes. The calculations were performed with simulated (anterior) and posterior corneal astigmatism data obtained by Pentacam HR. The dioptre of the toric intraocular lens was calculated with two types of calculator: firstly, with the regular one; secondly, with the calculator using posterior corneal correction with the Barrett algorithm. The cylinder values of the intraocular lenses obtained with both calculators and the differences between these two cylindrical values were recorded. Apart from this, the ratio of the cases was determined in cases of the two calculators, where those theoretically worked well in taking into consideration the effect of the posterior cornea.

Results: In total, 105 cases were examined (age of the patients was 53.6 ± 20.9 years). The meridian of the anterior corneal astigmatism was with-the-rule in 73.3%, and against-the-rule in 14.3%. The mean level of the posterior corneal astigmatism was 0.54 D (range: 0.0–1.5 D). The meridian of the posterior corneal astigmatism was with-the-rule in 82.8% and against-the-rule in 6.6%. It was more than 0.4 D and with-the-rule oriented in 60%. The difference between the cylindrical value of the calculated intraocular lens (regular minus new calculator) was 0.41 ± 0.62 D (range: -0.75 D – 1.5 D). The regular calculator gives „good” results in 28.6% and it was „not good” in 71.4%. The new calculator using the Barrett algorithm gave „good” results in 61.9% and it was „not good” in 38.1%.

Conclusions: The number of the patients with no significant residual astigmatism was doubled by a theoretical calculation using the effect of the posterior corneal surface; however, in 38%, it still gave erroneous results.

KULCSSZAVAK astigmatia, Barrett-algoritmus, hátsó cornealis felszín, tórikus kalkulátor

KEYWORDS astigmatism, Barrett-algorithm, posterior corneal surface, toric calculator

BEVEZETÉS

A szaruhártya a szem teljes törőerejének mintegy kétharmadáért felel. A cornealis törőerő döntő hányadát annak elülső felszíne adja, azonban a hátsó felszín is részt vesz a kialakításában. Ennek az aránytalanságnak az az oka, hogy a refraktív index jelentősen nagyobb a levegő és a cornea elülső felszíne között, mint a cornea hátsó felszíne és a csarnokvíz között.

A szemészeti gyakorlatban a keratometria során az elülső cornealis felszín görbületi sugarát mérjük, és egy megszokott, állandó, standardizált refraktív indexszel (Európában általánosan 1,3375), pusztán tapasztalati úton korrigáljuk a mért értéket azért, hogy a teljes cornealis görbületi értékre vonatkoztassunk. A keratometriák matematikai képletei így a fentiek értelmében végső soron hibásan határozzák meg a teljes cornealis törőerőt. A hiba forrása az, hogy fix arányt tételeznek fel az elülső és a hátsó cornealis felszín görbületi értékei között, a hátsó cornealis felszín hatását a teljes cornealis törőerőre vonatkoztató becslése céljából. Azonban a cornea egészét figyelembe véve, ezzel a keratometriás indexszel túlbecsülik a teljes cornealis astigmatiát abban az esetben, ha direkt irányú a mért astigmatia, és alulbecsülik azt indirekt astigmatia esetében (12, 17, 21). Ez a mérési, illetve számítási anomália az utóbbi években vált számottevő problémává a katarakta sebészetben, a tórikus műlencsék implantálásának fokozódó elterjedésével. A tórikus műlencsék beültetése után az irodalmi adatok jelentős arányban, akár a betegek harmadánál igazolnak klinikailag is jelentős mértékű maradék refraktív astigmatiát (13, 15, 19, 24), amely a betegelégedetlenség egyik fő oka lehet. Ezen műlencsék költsége ráadásul az ellátóhelyek többségénél az operált beteg által fizetendő. Tórikus műlencse beültetése után a maradék astigmatia hátterében a tökéletes műtési technikát és műlencse-implantációt feltételezve a műoperatív biometria hibája, a mű-

lencse posztoperatív rotációja, tiltja, a sebészileg indukált astigmatia kiszámíthatatlansága és a hátsó cornealis astigmatia figyelmen kívül hagyása feltételezhető; azonban nem tisztázott, hogy ezek a hibaforrások milyen arányban vesznek részt a maradék astigmatia kialakításában. Az utóbbi időben a hátsó cornealis felszín törőerejének szerepe annyira elfogadottá vált, hogy a tórikus műlencse kalkulátorok, nomogramok, illetve algoritmusok már képesek e hatással korrigálni a beültetendő tórikus műlencse cilinderértékét (1, 2, 3, 9). Az egyik ilyen korrekciós lehetőség a Barrett-algoritmus használata. Ezen algoritmus célja is a reziduális astigmatia csökkentése a hátsó cornealis astigmatia elméleti korrekciójával. A Barrett-algoritmus az irodalmi átlag szerinti, direkt irányú hátsó cornealis astigmatiával számol. A kalkulátor működése rendkívül egyszerű: a műlencse cilinderértékét direkt elülső cornealis (vagyis keratometriás) astigmatia esetében alulkorrigálja, indirekt astigmatia esetében pedig felülkorrigálja egy matematikai képlet alapján. A Barrett-algoritmus hibája így abból ered, hogy nem a mért hátsó cornealis astigmatia értékkel számol, miközben ismert, hogy a hátsó cornealis astigmatia mértéke és meridiánja igen nagy szórású (17, 18, 20, 22, 26).

Célunk az volt, hogy elméleti számítással meghatározzuk egy hátsó cornealis astigmatia szempontjából is ismert valós adatbázison, hogy mennyire működik jól, illetve mennyit javít a posztoperatív maradék astigmatia tekintetében a Barrett-algoritmust alkalmazó kalkulátor a hagyományos számításhoz képest, tórikus műlencse tervezése esetén.

BETEGEK ÉS MÓDSZEREK

A jelen vizsgálatba beválogatás feltétele volt a minimum 1,5 D-ás, szabályos elülső cornealis astigmatia megléte. Kizáró tényezők voltak bármilyen elülső szegmentumot

érintő megbetegedés, illetve korábbi szemészeti műtét. Kontaktlencseviselő nem volt a vizsgált esetek között.

A Scheimpflug-képalkotást alkalmazó Pentacam nagyfelbontású verziójával (Pentacam HR) minden vizsgált szem elülső szegmentumáról egy felvételt készítettünk, mivel a hátsó cornealis astigmatia meghatározása esetén is megbízhatóak ezek a mérések (4). A Pentacam HR-készüléket 25 kép/2 másodperc beállítás mellett használtuk, a felvételek hibátlan centrálás mellett, automata módon készültek. Amennyiben a képalkotás során bármilyen, a műszer által is jelzett hiba jelentkezett (pl. pislogás, adathiány), a felvételt megismételtük. A 3,0 mm-es átmérőre vonatkozó szimulált keratometriás értékkel és a hátsó cornealis keratometriás értékekkel számoltunk tovább.

Az astigmatiát annak meridiánja alapján a következőképpen csoportosítottuk: A 0–29 és a 150–179 fokos tengelyek közti legmeredekebb keratometriás adatok esetén indirektként, a 30–59 és a 120–149 fokos tengelyek közt ferdeként, a 60–119 fokos tengelyek közt direkt astigmatiáként definiáltuk a cornealis astigmatia meridiánját, az elülső cornealis felszín, illetve a szimulált keratometriás értékek esetén. A konkáv hátsó cornealis felszín esetén az irodalomban megszokott definíció szerint direkt irányú az astigmatia, ha a függőleges tengelyben kisebb, vagyis negatívabb a keratometriás érték dioptriában kifejezve.

Elméleti számítást végeztünk ezen a valós adatbázison. A tórikus műlencse tervezését két különböző, interneten elérhető kalkulátorral végeztük: a hagyományos, régivel, amely a hátsó cornealis astigmatiát nem veszi figyelembe, és a szimulált keratometriás értékekkel számol (<http://www.wacrysoftoriccalculator.com/aspheric/Calculator.aspx>). A másik a Barrett-kalkulátort használó, új verzió volt (<https://www.myalcon-toriccalc.com/#/calculator>), amely a Barrett Universal II formula effektív műlencse pozícióját hasz-

nálja a műlencse szférikus értékének meghatározásához, a cylinderérték megállapításához pedig a Barrett-algoritmust.

A kalkulátorok a cornealis seb helyzetét is kéri beviteli adatként. Minden esetben a meredek cornealis tengelyt jelöltük meg, a sebészileg indukált astigmatiát pedig direkt astigmia esetén egységesen 0,5 D-ának, ferde esetén 0,4 D-ának, indirekt esetben pedig 0,3 D-ának állítottuk be.

A kalkulátorok a számítás végén több lehetséges elméleti posztoperatív maradék astigmia eredményét írják ki. Azt a műlencsét választottuk minden esetben, ahol a nullához közeli, lehetőleg legkisebb várható maradék astigmia alakulna ki; emellett a két kalkulátor által számolt reziduális astigmia különbséget a legkisebbre állítottuk (az abszolút érték átlaga 0,16 D – tartomány: 0,01–0,48 D) volt.

Feljegyeztük mindkét kalkulátor számítása alapján a beültetendő műlencse cylinderértékét, illetve a két kalkulátor által számított műlencse cylinderértékek különbségeit is. A hagyományos és a Barrett-algoritmust alkalmazó kalkulátorok logikai megfontolás alapján „jó”, illetve „nem jó” eredményt adhatnak (1. táblázat). A táblázat logikája alapján kiszámítottuk az mindkét kalkulátor esetén a „jó” és a „nem jó” eredményt kapó szemek százalékos értékét.

EREDMÉNYEK

105, a kizáró kritériumokon kívül válogatás nélküli esetben >1,5 D elülső astigmatiát mértünk (tartomány: 1,5–6,2 D). A vizsgált páciensek életkora $53,6 \pm 20,9$ év volt. Az elülső felszínen mért astigmia direkt irányú volt 77 esetben (73,3%), indirekt pedig 15 esetben (14,3%).

A hátsó cornealis astigmia mértéke a 105 vizsgált esetben átlagosan 0,54 D volt (tartomány: 0,0–1,5 D). A hátsó astigmia direkt irányú, vagyis negatív volt 87 esetben (82,8%) és indirekt volt 7 esetben (6,6%). 63 esetben (60%) a hátsó cornealis astigmia mértéke nagyobb volt, mint 0,4 D, emellett mind az elülső, mind a hátsó astigmia direkt irányú is volt.

A hagyományos kalkulátor számítása alapján a beültetendő műlencse cylinderértéke $2,55 \pm 1,46$ D (tartomány: 1,0–6,0 D), az új kalkulátorral pedig $2,13 \pm 1,46$ D (tartomány: 1,0–6,0 D) volt. A két kalkulátor által számított műlencse cylinderértékek különbsége (hagyományos-új) $0,41 \pm 0,62$ D (tartomány: -0,75 D – 1,5 D) volt.

A 105 esetünkre vonatkoztatva, a hagyományos kalkulátor „jó” eredményt adott 28,6%-ban és „nem jót” 71,4%-ban. A Barrett-algoritmust használó, új kalkulátor „jó” eredményt adott a betegek 61,9%-ában és „nem jót” 38,1%-ban.

MEGBESZÉLÉS

A katarakta műtét utáni maradék refraktív astigmia negatívan befolyásolja a látóélességet (29). Szürkehályog-műtét során az egyik cél a preoperatív astigmia mértékének megőrzése, illetve leginkább csökkentése. A populációban jelentős arányban van jelen a kataraktaműtét során is korrigálandó mértékű preoperatív cornealis astigmia (16, 23). A nagyobb fokú astigmia legkiszámíthatóbb korrekciós módja a tórikus műlencse implantációja, amely során a beteg és az operátor részéről is fokozottan elvárt a tervezett, többnyire nullához közeli refraktív cylinderérték minél pontosabb megközelítése.

A jelenlegi technika és műlencsekínálat mellett tórikus műlencse beültetése esetén a maradék astigmia mértéke az operált páciensek nagy részénél meghaladja a tervezett/kalkulált szintet és az akár klinikailag is jelentős mértékű, vagyis nagyobb, mint 0,5 D lehet (13, 15, 19, 24).

A maradék astigmia kialakulásának egyik lényeges oka a hátsó cornea nem számított szerepe. Korábban úgy gondolták, hogy a hátsó cornealis astigmia klinikailag elhanyagolható mértékű, mivel a cornea és a csarnokvíz refraktív indexe közti különbség meglehetősen kicsi (1,376 vs. 1,336). Ráadásul e paraméter mérése sokáig közvetlenül nem is volt technikailag lehetséges,

1. táblázat: A hagyományos és a Barrett-algoritmust használó tórikus műlencse-kalkulátorokkal kapható elméleti eredmények az elülső és hátsó cornealis astigmia mértékének és irányának vonatkozásában. A táblázatban azon esetek vannak feltüntetve, ahol az adott kalkulátor „jó” eredményt ad. D: dioptria

		A hagyományos tórikus kalkulátor „jó” eredményt ad	Barrett-algoritmust használó tórikus kalkulátor „jó” eredményt ad
Az elülső felszín astigmia direkt	A hátsó felszín astigmia direkt	Ha a hátsó astigmia mértéke minimális	Ha a hátsó astigmia mértéke átlagos, vagy nagy
	A hátsó felszín astigmia indirekt	Ha közel azonos az elülső és hátsó astigmia D-értéke	Ha nagy a D különbség az elülső és hátsó astigmia között
Az elülső felszín astigmia indirekt	A hátsó felszín astigmia direkt	Ha közel azonos az elülső és hátsó astigmia D-értéke	Ha nagy a D különbség az elülső és hátsó astigmia között
	A hátsó felszín astigmia indirekt	Ha a hátsó astigmia mértéke minimális	Ha a hátsó astigmia mértéke átlagos, vagy nagy

ezért matematikai módszerekkel, tehát nem mért, valós adatokkal próbálták ezt a problémát kiküszöbölni. A hátsó cornealis astigmatia mérésre számos eszköz képes ma már. Az első ilyen eszköz a slit-scanning technikát alkalmazó Orbscan volt (Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA). Az újabbak a Scheimpflug-képalkotást felhasználó Galilei Dual Scheimpflug Analyzer (Zeimer Group, Port, Svájc), a Pentacam és a Sirius (Costuzione Strumenti Oftalmici, Firenze, Olaszország) készülékek, amely utóbbi a Scheimpflug-képalkotást Placido-topográfiával kombinálva alkalmazza. Egy másik készülék, a Cassini-topográf (i-Optics, Hága, Hollandia) pedig színes LED-fényforrás segítségével végez teljes cornealis topográfiát. Az RT-Vue-100 (Optovue, Inc., Fremont, CA, USA) pedig nagyfelbontású OCT-technika segítségével, a hátsó cornealis felszín figyelembe vételével számolja a teljes cornealis törőerőt.

A hátsó cornealis astigmatia átlagos mértéke irodalmi adatok szerint, különböző műszerekkel mérve 0,3 D és 0,78 D közötti (20, 22). Döntően vertikális irányú (17, 18, 22, 26), emellett pedig 5,8%-ban (28), 9%-ban (17), 12,56%-ban (22), illetve 55%-ban (25) haladja meg a klinikailag is jelentősnek tekinthető 0,5 D-ás mértéket. Jelen vizsgálatban az átlagos hátsó cornealis astigmatia 0,54 D volt, ami igazolja, hogy magasabb elülső cornealis érték esetén általában nagyobb a hátsó felszín astigmiaja is. A populáció egészét tekintve, az elülső cornealis astigmatia meridiánja fiatalabb korban általában direkt irányú, idősebb korban pedig az ismert indirekt irányú átalakulás jellemzi (22, 26), míg a cornea hátsó felszín astigmiajának meridiánja viszonylag stabil marad az életkor előrehaladtával (22, 26). A jelen adatbázisban is látható, hogy a vizsgált szemek nagy százalékánál direkt elülső cornealis astigmatia és definíció szerint direkt irányú (negatív) hátsó astigmatia volt mérhető. Azonban

az elülső astigmatia mértékéből és irányából nem lehet a hátsó cornealis felszín hasonló adataira következtetni (18, 22), tehát sok esetben a matematikai számítás biztosan téved. Ezen betegeknél, amennyiben tórikus műlencse-implantációt tervezünk, biztosan számolni kell maradék astigmiaival egy hagyományos, hátsó felszín figyelembe nem vevő keratometriát alkalmazó biometria és tervezés esetén. Ráadásul minél nagyobb a tórikus műlencse cilinderértéke, annál nagyobb mértékű a túllkorrekció is (6).

A jelen számításban tapasztalt jelentős javulás a Barrett-algoritmus használata esetén logikus, ha figyelembe vesszük az elülső és a hátsó cornealis astigmatia populációs megoszlását. Emellett már van friss irodalmi, klinikai adat is arról, hogy a Barrett-kalkulátorral lehet kapni a legkisebb hibát maradék astigmatia tekintetében, posztoperatív eredmények alapján (1, 3, 9).

Azonban az így is nagyszámú „hibás” eset újra felhívja a figyelmet arra, hogy a biológiai minták esetén igen nagy szórásértékek és változatok vannak jelen. Ezen eseteket a tórikus műlencse cilinderérték meghatározása esetén csak a hátsó cornealis astigmatia műtét előtti közvetlen mérésével lehet(ne) kiszűrni; az eredmények igazolják is ennek jótékony hatását (27). Amíg azonban ez nem lesz része a megszokott klinikai gyakorlatnak, javasolt legalább ezen tapasztalati kalkulátorok használata a posztoperatív eredmények jelentős javítása érdekében.

A jelen vizsgálat korlátozó tényezőjeként szükséges említeni, hogy elméleti számítás végeztünk, amely a hátsó cornea hatásán kívül nem veszi figyelembe a műlencse posztoperatív rotációjából, a tokzsugorodás okozta decentralizációból, a műlencse tiltból, a cornea és a műlencse közti, nem mindig „elvárt” távolság kialakulásából és egyéb tényezőkből eredő további maradék astigmatia kiváltó hatásokat. Azonban látható, hogy az összes ilyen

egyéb hiba nélkül, önmagában a hátsó corneafelszín figyelmen kívül hagyása is jelentős tervezési hibát hozhat létre tórikus műlencse beültetése után, amelyet klinikai adatok is megerősítenek (11). Emellett a vizsgálat jellegéből fakadóan nincsenek posztoperatív eredmények sem.

A Magyarországon 2017 tavaszán kereskedelmi forgalomban elérhető tórikus műlencsék kalkulátorai közül ABC sorrendben az Alcon, az AMO, a Bausch&Lomb és a Medcontur internetes felülete is felajánlja a lehetőséget a hátsó cornealis astigmatia ismert hatásának valamilyen formájú korrigálására, akár multifokális műlencsék tórikus változatainak tervezése során is.

Egyelőre úgy tűnik tehát, hogy a tórikus műlencse-beültetések után jelentős arányban tapasztalható klinikailag is jelentős mértékű maradék astigmatia. További megoldások és a jelentős maradék astigmatia kiküszöbölésének egyik módja lehet az intraoperatív aberrometria, amelyről pozitív (10), és negatív, nem meggyőző (14) eredmények is születnek. Ez a technika a hátsó cornealis astigmatia nyilvánvaló hatásával is számol, mivel a szem teljes refrakciós állapotát méri kataraktaműtét közben, aphakiás állapotban. Talán a másik, járhatóbb és költséghatékonyabb út lehet a műlencsék által létrehozott képminőség maradék astigmiaival szemben mutatott toleranciájának jelentős növelése. Erre egy jó példa az AMO Symphony műlencse optikai viselkedése: a versenytársakét akár háromszorosan is meghaladó mértékben, 0,75–1,0 D-ás maradék refraktív astigmatia esetén sem kell számolni klinikailag jelentős látóélesség-csökkenéssel (5, 7, 8).

KÖVETKEZTETÉSEK

Összefoglalva, a hátsó cornealis felszín hatását is figyelembe vevő tórikus műlencse-kalkulátor az elméleti számítás szerint a jelentős maradék astigmatia nélküli páciensek számát megkétszerezi. Egy olyan

adatbázison, ahol az elülső és hátsó astigmia populációs mértékei és arányai követik a tankönyvi számokat, a Barrett-algoritmust alkalmazó kalkulátor igen jól működik,

azonban még így is, – saját adataink szerint – a páciensek 38%-ában hibás eredményeket ad. Amíg tórikus műlencse tervezett implantációja esetén a legcélravezetőbb út, a mért

hátsó cornealis astigmia értékekkel való számolás nem válik általánossá, javasolt ezen új kalkulátorok használata a beteg- és orvoselégedettségek növelése céljából.

IRODALOM

1. Abulafia A, Hill WE, Franchina M, Barrett GD. Comparison of methods to predict residual astigmatism after intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 2015; 31: 699–707.
2. Abulafia A, Barrett GD, Kleinmann G, Ofir S, Levy A, Marcovich AL, Michaeli A, Koch DD, Wang L, Assia EI. Prediction of refractive outcome with toric intraocular lens implants. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 936–944.
3. Alpíns N, Barrett GD, Hansen MS, Berdahl JP, Hardten DR, Holladay JT. Innovative toric IOL calculators and how to use them: Barrett Toric Calculator. *Cataract Refract Surg Today Europe*. May 2015; supplement.
4. Aramberri J, Araiz L, Garcia A, Illarramendi I, Olmos J, Oyanarte I, Romay A, Vigara I. Dual versus single Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1934–1949.
5. Beiko G. Treatment of Corneal Astigmatism at the Time of Cataract Surgery, What Can Be Promised. *European Ophthalmic Review* 2015; 9: 102–103.
6. Berdahl JP, Hardten DR, Kramer BA, Potvin R. The Effect of Lens Sphere and Cylinder Power on Residual Astigmatism and Its Resolution After Toric Intraocular Lens Implantation. *J Refract Surg* 2017; 33: 157–162.
7. Carones F. Residual Astigmatism Threshold and Patient Satisfaction with Bifocal, Trifocal and Extended Range of Vision Intraocular Lenses (IOLs). *Open Journal of Ophthalmology* 2017; 7: 1–7.
8. Cochener B. Tecnis Symphony Intraocular Lens with a "Sweet Spot" for Tolerance to Postoperative Residual Refractive Errors. *Open J Ophthalmol* 2017; 7: 14–20.
9. Ferreira TB, Ribeiro P, Ribeiro FJ, O'Neill JG. Comparison of astigmatic prediction errors associated with new calculation methods for toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 340–347.
10. Hatch KM, Woodcock EC, Talamo JH. Intraocular lens power selection and positioning with and without intraoperative aberrometry. *J Refract Surg* 2015; 31: 237–42.
11. Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol* 2009; 147: 788–795.
12. Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism. *Cornea* 2010; 29: 632–637.
13. Holland E, Lane S, Horn JD, Ernest P, Arleo R, Miller KM. The AcrySof Toric intraocular lens in subjects with cataracts and corneal astigmatism: a randomized, subject-masked, parallel-group, 1-year study. *Ophthalmology* 2010; 117: 2104–2011.
14. Huelle JO, Druchkiv V, Habib NE, Richard G, Katz T, Linke SJ. Intraoperative aberrometry-based aphakia refraction in patients with cataract: status and options. *Br J Ophthalmol* 2017; 101: 97–102.
15. Jeon HM, Lee KH. Analysis of Mis correction after Implantation of the Toric Intraocular Lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014; 55: 636–1641.
16. Khan MI, Muhtaseb M. Prevalence of corneal astigmatism in patients having routine cataract surgery at a teaching hospital in the United Kingdom. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1751–1755.
17. Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 38: 2080–2087.
18. Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of Posterior Corneal Astigmatism According to Axis Orientation of Anterior Corneal Astigmatism. *PLoS ONE* 2015; 10: e0117194.
19. Miyake T, Kamiya K, Amano R, Iida Y, Tsunehiro S, Shimizu K. Long-term clinical outcomes of toric intraocular lens implantation in cataract cases with preexisting astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1654–1660.
20. Módis L Jr, Langenbucher A, Seitz B. Evaluation of normal corneas using the scanning-slit topography/pachymetry system. *Cornea* 2004; 23: 689–694.
21. Mohammadi M, Naderan M, Pahlevani R, Jahanrad A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *Int Ophthalmol* 2016; 36: 807–817.
22. Nemeth G, Berta A, Lipecz A, Hassan Z, Szalai E, Modis L Jr. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging. *Cornea* 2014; 33: 1214–1218.
23. Nemeth G, Szalai E, Berta A, Modis L Jr. Astigmatism prevalence and biometric analysis in normal population. *Eur J Ophthalmol* 2013; 23: 779–783.
24. Pesztenleher N, Szemán A. Astigmatism and implantation of toric IOLs in our practice in 2013. Budapest: Femtocongress; 2014. absztrakt.
25. Savini G, Versaci F, Vestri G, Ducoli P, Næser K. Influence of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with moderate to high astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 1645–1653.
26. Tonn B, Klapproth OK, Kohlen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 56: 291–298.
27. Zhang B, Ma JX, Liu DY, Guo CR, Du YH, Guo XJ, Cui YX. Effects of posterior corneal astigmatism on the accuracy of AcrySof toric intraocular lens astigmatism correction. *Int J Ophthalmol* 2016; 9: 1276–1282.
28. Zheng T, Chen Z, Lu Y. Influence factors of estimation errors for total corneal astigmatism using keratometric astigmatism in patients before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 84–94.
29. Wolffsohn JS, Bhogal G, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision. *J Cataract and Refract Surg* 2011; 37: 454–460.