

A tórikus műlencse tervezési és sebészeti gyakorlata

(Pontszerző, referáló közlemény, tesztkérdésekkel)

NÉMETH GÁBOR DR.^{1,2}

¹Miskolci Központi Kórház, Szemészeti Osztály, Miskolc
(Osztályvezető főorvos: Dr. Németh Gábor egyetemi docens)

²Miskolci Egyetem, Egészségtudományi Kar, Alkalmazott Egészségtudományok
Intézete, Miskolc (Dékán: Dr. Kiss-Tóth Emőke főiskolai tanár)

A továbbképző közlemény célja, hogy összefoglalja az astigmatiáról rendelkezésre álló főbb elméleti ismereteket és gyakorlati szempontból is elemezze az astigmia tórikus műlencsével megoldható korrigálásának lehetőségeit és fontosabb aspektusait.

Az astigmia, mint a szem egyik alacsonyrendű fénytörési hibája, jelentős mértékben befolyásolhatja a páciens látóélességét. A cornealis astigmia mértéke átlagosan 1,0 D körüli, azonban a populáció jelentős részében több mint 1,5 D, amelyet nem műtét és műtét módszerrel korrigálhatunk. Amennyiben mértékét szürkehályog-műtete során csökkentjük, az incíziós módszereken túlmenően hatékonyan és tartósan tórikus műlencsével oldható meg semlegesítése. Pontatlan műtéti korrekciója után a reziduális astigmia az egyik leggyakoribb oka a betegelégedetlenségnek. A tórikus műlencse beültetésének a reguláris cornealis astigmia meglétén kívül számos ritkábban alkalmazott indikációja is létezik, beültetésének kontraindikációja pedig döntően a lencsetokban várható stabilitásának bizonytalansága. A tórikus műlencse tervezése ma már modern optikai módszerekkel és új generációs lencsetervező módszerekkel javasolt. Beültetése során figyelembe kell venni a sebészileg indukált astigmatiát, a cyclotorziót, emellett kiemelt szerepe van a műtét utáni tengelyének a műtét előtt különböző módszerekkel végzett jelölésének. Még a legpontosabb műtéti technika és tervezés mellett is számos hibaforrás okozhat szuboptimális eredményt, amely esetekben jellemzően jól megtervezhető műlencse-repozícióra kerülhet sor.

Calculation and surgical practice of the toric intraocular lens

The aim of the present education article is to summarise the essential theoretical knowledge on astigmatism and to analyse the possibilities and important aspects of the astigmatism correction with a toric intraocular lens from a practical standpoint.

Astigmatism, as a low-order refractive error of the eye, can significantly affect the visual acuity of the patient. The average corneal astigmatism is around 1.0 D and is over 1.5 D in a significant proportion of the population, which can be corrected by surgical and non-surgical methods. Exceeding the effectivity of incision methods, toric intraocular lens implantation is a potent way to neutralize corneal astigmatism in the course of cataract surgery. After inaccurate surgical correction, residual astigmatism is one of the most common causes of patient dissatisfaction. In addition to the presence of regular corneal astigmatism, there are a number of less common indications for the implantation of a toric lens. The main contraindication is the uncertainty of the expected lens stability in the capsule. Nowadays, toric intraocular lens power calculation is recommended using modern optical and new generation calculation methods. Its implantation must take into account surgically induced astigmatism, cyclotorsion, and the marking of the post-operative axis by different methods before surgery is of particular importance. Even with the most precise surgical technique and planning, many sources of error can cause suboptimal results, in which case a well-planned artificial lens repositioning can be performed, typically.

KULCSSZAVAK

astigmia, cornealis astigmia, kataraktműtét, intraocularis műlencse kalkulációja, tórikus intraocularis műlencse

KEYWORDS

astigmatism, corneal astigmatism, cataract surgery, intraocular lens power calculation, toric intraocular lens

Kézirat beérkezése: 2022. 05. 10. Közlésre elfogadva: 2022. 07. 03.

Az astigmia

A szem fénytörési hibáit alacsony- és magasabb rendű fénytörési hibák alkotják. Az alacsonyrendű fénytörési hibák közé a prizmaeltérés mellett a szférikus hibák (myopia és hypermetropia) és az astigmia tartozik. Ezek az alacsonyrendű fénytörési hibák alkotják az összes fénytörési hiba 85-90%-át és általában jól korrigálhatók kontaktlencsével, szemüveggel vagy műtéti eljárásokkal.

Az alacsonyrendű fénytörési hibák egyike tehát az astigmia. A szem fénytörésére jellemző teljes astigmat, vagyis a refraktív astigmatiát a cornealis astigmia, valamint a szemlencse- és a retina által képzett astigmatias fénytörési hiba együttesen hozza létre, azonban a refraktív astigmia fő komponense a cornea astigmatiája.

A cornea astigmatiája

A cornea astigmatiáját az elülső és hátsó szaruhártya-görbület együttesen határozza meg. A két törőfel-szín közül az elülső, konvex felszín a levegő és a cornea határát jelenti, a refraktív indexben nagy a különbség (1,0 vs. 1,376). A hátsó, konkáv felszín a cornea és a csarnokvíz határfel-színe, ez „negatív lencse”-ként viselkedik, és a refraktív indexben viszonylag kicsi a különbség (1,376 vs. 1,336).

A cornealis astigmia mértéke az irodalomban fellelhető prevalencia-adatok alapján 0,9-1,12 D közötti az egészséges populációban (13, 16–18, 25, 32, 53), amelyet magyar adatok is megerősítenek (15, 71). A cornealis astigmia 0,5 D-nál nagyobb 40,0-88,8%-ban és több mint 1,5 D a populáció 7,4-22%-ában (13, 25, 53, 92). Érdekes tény, hogy a 0,5-1,5 D közötti cornealis astigmia tartományban nem elég hangsúlyos a cornealis astigmia műtéti korrigálása, pedig ide tartozik az átlagos populáció 50-58,5%-a (13, 17, 25, 53, 71).

A hátsó cornealis astigmia szerepe

A hátsó cornealis felszín szerepe ma már jól ismert a tórikus műlencsék

tervezésével kapcsolatban. Paramé-tereit már számos eszközzel közvetlenül is mérhetők. Az Orbscan, a Pentacam HR, a Galilei készülék, a Sirius, a Cassini, a Visante OMNI, az IOLMaster 700, az Anterior és más elülső szegmentum OCT-k mérni képesek nagyságát és/vagy irányát is. A hátsó cornealis astigmia mértéke átlagosan kb. 0,3 D, jellemzője, hogy többségében direkt irányú, vagyis a függőleges tengelyben kisebb (negatívabb) a dioptriában kifejezett keratometriás érték. Negatív lencseként legtöbbször növeli a teljes szem indirekt astigmatiájának mértékét.

Az elülső és a hátsó cornealis astigmia között a korreláció mértéke „mérsékelt”, ha az elülső felszín astigmatiája direkt irányú, „gyenge”, ha az elülső felszín astigmatiája ferde és „elhanyagolható”, ha az elülső felszín astigmatiája indirekt (25, 45, 53, 56).

A hátsó cornealis felszín astigmatiájának figyelmen kívül hagyása astigmia-korrekciónál esetén a nem tervezett posztoperatív reziduális astigmia egyik fő oka (84). Tórikus műlencse-beültetésnél kiemelt szerepe van, vagyis bizonyítottan pontosabb eredményt/kimenetelt ad, ha az elülső cornealis felszín görbülete mellett a hátsóval is számolunk (57, 94, 98). Ez a hatás főleg kisebb műlencse-toricitásnál jelentkezik (61), míg 2,0-2,5 D elülső cornealis astigmia felett ez a hatás kisebb, bár statisztikailag még szignifikáns (30, 61).

A cornea hátsó felszínének astigmatiáját tehát a tórikus műlencse tervezésénél mérni, vagy képlettel/nomogrammal becsülni kell (24), ennek hiányában általában indirekt refraktív astigmatiát alakítanánk ki. Egészséges, vagyis korábban nem operált szemeken a hátsó felszín mértékét/hatását becslő kalkulátorokkal is jók az eredmények. Újabb irodalmi adat, hogy a hátsó cornealis astigmia mesterséges intelligenciával is jól becsülhető elülső cornealis keratometriás adatokból, egyéb biometria paramé-terekből és a vizsgált páciens élet-

korából, amely eredmények még a multilineáris regressziós modellek eredményeit is felülmúlják (62).

Korábban keratorefraktív műtéten átesett szemeken, illetve keratocópusos szem esetén a refraktív kimenetelt viszont a mért hátsó cornealis astigmatiával javíthatja tovább. Érdekes, de logikus megfigyelés, hogy a teljes keratometria (tehát az elülső és a hátsó cornealis törőerő figyelembe vétele) nem-tórikus műlencse esetén is javítja a predikciós hibát SRK/T, Holladay és Haigis formulák használata esetén (26).

A cornealis astigmia életkori változása

Az elülső corneafelszín astigmatiája az életkorral előre haladva indirekt irányú változáson megy át, miközben a hátsó cornealis felszínen nincs jelentős életkori változás. Ezt a megfigyelést keresztmetszeti és longitudinális vizsgálatok is igazolták (35, 36, 38, 39, 68, 71, 83, 96). Ennek a tengelyváltozásnak klinikai jelentősége is lehet tórikus műlencse implantációja során: főleg fiatal szemén végzett kataraktműtétnél direkt (elülső) cornealis astigmia esetén kerülni kell az astigmia túlkorrigálását.

A műtét előtt indirekt elülső cornealis astigmatias szemeken az indirekt refraktív astigmia mértéke a tórikus műlencsével végzett lencseműtétek utáni 5-10. évben is megfigyelhetően növekszik, miközben az „ocularis reziduális astigmia” (ami operált szemén már döntően a tórikus műlencse hatásából ered) nem változik szignifikánsan ebben a követési periódusban. Eközben viszont a műtét előtt direkt elülső cornealis astigmia esetén ugyanebben az 5-10 éves követési időben a direkt, refraktív astigmia nem változik. Bár e változást a vízúsérték rosszabbodásában nem mutatták ki, mégis javasolják, hogy a beteg életkorát ismerve fontoljuk meg a műtét előtt indirekt elülső cornealis astigmatias betegek esetén az astigmia mértékének enyhe túlkorrekciónál tórikus műlencsével, mivel feltételezik, hogy e változás

az 5-10 éves vizsgálati perióduson túl is folytatódik (40).

Az astigmatia műtéti korrigálása

Amennyiben a kontaktlencsével, vagy szemüveggel történő astigmatia-korrektúra lehetőségei nem megfelelőek a betegnek, például életvitelével valamilyen ok miatt nem egyeztethetők össze, műtéti módszerek állnak rendelkezésünkre. Keratorefraktív műtétekkel jól korrigálható a szférikus hiba mellett jelenlévő reguláris, illetve részben az irreguláris cornealis astigmatia is.

A szem astigmatiáját a lencse műtéti során is korrigálhatjuk. 2003-ban, *Nichamin* írt először a szürkehályog-műtétről úgy, hogy ez nem zárólag az elhomályosodott lencse eltávolítását tűzi ki célul, hanem egyben refraktív műtét is, vagyis a kívánt/tervezett fénytörési érték műtét utáni elérése is elsődleges cél (73).

A nagyobb mértékű (>1,25-1,5 D) cornealis astigmatiát részben incíziós módszerekkel csökkenthetjük. Ilyen lehetőség a clear cornealis seb méretének és pozíciójának helyes megválasztása, az egymással szemben elhelyezett „kettős” cornealis bemetszés (opposite clear corneal incision, OCCI) és a limbális relaxációs incízió, amelyet speciális késekkel végezhetünk többféle, a bemetszés helyét, hosszát és mélységét is meghatározó nomogram segítségével.

A nagyfokú astigmatia lencseműtét során tervezett hatékony és tartós megoldása pedig a tórikus műlencse beültetése, amelyet Magyarországon 2018 júliusától a társadalombiztosító finanszírozza.

Az astigmatia korrekciójának céljai

Az egyébként sikeres szürkehályog-műtét után megmaradó reziduális astigmatia a szuboptimális látóélesség és a páciensek elégedetlenségének egyik fő oka. *Berdahl és munkacsoportja* vizsgálatai szerint

minden 1,0 D reziduális cylinderes fénytörési hiba 0,16 logMAR vízuszgyengülést okoz, vagyis pseudophakiás szemeken vizsgálva, logaritmikus vízustáblán, körülbelül 2 betűnyi látásromlás figyelhető meg minden negyed dioptriányi nem korrigált cylinderes hiba mellett (11). Megfigyelték azt is, hogy ha a műtét után megmaradó astigmatia direkt irányú, jobb a nem-korrigált látóélesség, mintha ugyanez az astigmatia indirekt, vagy ferde irányú (34).

Ezért az esetek többségében nem lehet és nem is érdemes teljesen szférikus kimenetelt tervezni, hanem jobb, ha hagyunk 0,0-0,3 D direkt refraktív astigmatiát a szemben. Az astigmatia-korrektúra célja a nagyobb fokú cornealis astigmatia lencseműtéttel végzett korrigálása esetén a preoperatív astigmatia csökkentése, de legalábbis a növelésének elkerülése. Emellett kitűzendő cél, hogy a műtét után érhük el a 0,5 D-nál kisebb posztoperatív refraktív astigmatiát. Kerülendő az astigmatia tengelyének lényeges megváltoztatása. Korábban említésre került, hogy főleg fiatal szemeken a direkt cornealis astigmatiát nem szabad túlkorrigálni, az indirekt astigmatia esetén pedig enyhe túlkorrektúra lehetősége mérlegelendő. Idősebbekben kisfokú indirekt myopiás astigmatia kialakítása kedvező lehet az így esetlegesen erősödő mértékű pszeudoakkomodáció miatt.

A tórikus műlencsék beültetésének indikációs köre két pilléren áll. Az egyik az előlő cornealis felszín topográffal/tomográffal igazolt reguláris cornealis astigmatiája. A cornea preoperatív topográfiája különösen fontos abban az esetben, ha eltérés mutatkozik az optikai biometria keratometriás értéke és az automata keratometria adatai között (2). Nincs egyértelmű álláspont, hogy abban az esetben, ha a biometria és az automata keratometria adatai nem mutatnak jelentős eltérést, és nincs gyanúnk keratektasia jelenlétére, van-e szükség topográfiás felvétel készítésére. Részben ezért, de nem is került be a napi gyakorlatba,

hogy tórikus műlencse tervezésénél minden esetben, vagyis rutinszerűen készüljön topográfiás vagy tomográfiás kép. Irreguláris astigmatia gyanúja merül fel abban az esetben, ha standard eszközökkel (vagyis topográfia vagy tomográfia nélkül) a görbületi sugár standard szórása (SD) nagyobb, mint 0,03 mm (keratometriás érték esetén ez kb. 0,2 D-át jelent) IOLMasterrel (75, 82). Szintén gyanújelként kell értelmezni, ha a műszerek által vetített pontok/gyűrűk torzulnak, ha nagy a különböző műszerek közti mérési különbség, vagy ha nagy a különbség a refraktív és a cornealis astigmatia között.

A tórikus műlencsék beültetésének másik indikációs pillére az 1,0 D-nál, illetve inkább 1,5 D-nál nagyobb, műtét után várható astigmatia (3, 9, 20, 29, 43, 88). Ennek az irodalom tapasztalatai által meghúzott határnak az a fő oka, hogy 1,5 D-nál nagyobb műlencse-toricitás felett (ez megfelel kb. 1,1 D cornealis cylindernak) jelentősen javul az eredmény kiszámíthatósága (20, 43, 88). Ismertek a tórikus műlencse-beültetésnek olyan indikációi is, amelyek a fenti fő szabályokon túlmutatnak. Keratoconus esetén igazolták a hatékonyságot, amennyiben a cornea irregularitása enyhe-közepes fokú és a refrakciós állapot stabil, vagy a progresszió rizikója minimális (10, 19, 51, 58, 77, 95).

Pellucid marginális degeneráció esetén is szóba jön tórikus műlencse implantációja, ha a refrakciós állapot igazoltan stabil (5, 46, 63, 74). Perforáló keratoplasztika után maradó (reguláris) astigmatia korrekciójára (8, 52, 66, 80, 86, 89, 93), mély előlő lamelláris keratoplasztika után (85), keratorefraktív műtétek után (1, 54, 27, 93), de cornealis heg, pseudopterygium, trabeculectomia műtét után (50, 93) is leírták a tórikus műlencse alkalmazhatóságát. Azonban ilyen esetekben mégis inkább elsősorban monofokális műlencse beültetése javasolt, és szükség esetén egy későbbi műtétként primer vagy szekunder piggyback tórikus műlencse imp-

lantációja jöhet szóba, amely emellett reverzibilis megoldás is. Ismertek *Alport-szindróma* esetén (33, 60), a retina egyes műtétei után (7, 58, 59) és szubluxált lencse, zonulolysis esetén is esetismertetések (12, 47) tórikus műlencse beültetésével kapcsolatban.

Kérdéses, illetve nem tisztázott indikációk

Továbbra is kérdéses, hogy a műtét előtt mért 1,0-1,25 D-nál kisebb cornealis astigmia esetén van-e létjogosultsága a tórikus műlencséknek. A keratometria módszere jelenleg talán ma még nem elég pontos ehhez, ugyanis önmagában a mérési ismételhetőségi értékük is mintegy 0,2-0,4 D (81). 1,0-1,25 D-nál kisebb preoperatív cornealis astigmia esetén nagyobb a reziduális astigmia előfordulási aránya, vagyis nem mindig jósolható jól az eredmény (20, 43, 88). Emellett ebben a dioptriartartományban az astigmia más módszerrel is kezelhető (meredek cornealis tengelyben végzett sebnyitás, OCCI), és a tórikus műlencse használata esetén az ár/érték arány sem feltétlenül megfelelő. Bár már létezik tórikus műlencse erre az astigmia-tartományra (pl. 1,0 D műlencse toricitás, Rayner), a technika valószínűleg még „nem tart itt”, így a közeljövő fogja eldönteni ezt a kérdéskört.

Egyedi elbírálást igényelnek azon esetek, amikor az irreguláris astigmia topográfiás képén a szimulált keratometriás érték nem tér el jelentősen a valódi tengelyektől, azaz nem túl nagyfokú az irregularitás. Ilyen esetekben egyedi elbírálás alapján szóba jön tórikus műlencse implantációja. Megerősíti ezt az indikációt, ha a toricitás a műtét előtt szemüveggel legalább részlegesen korrigálható.

Relatív indikációk, kontraindikációk, egyéni indikációk

A tórikus műlencse-beültetéssel

kapcsolatos kizáró okok lehetnek cornealis okok, lencsével/lencsetokkal összefüggő okok és retinalis megbetegedések.

Az implantációt kizáró cornealis ok lehet a nagyfokban irreguláris astigmia. A Fuchs-, vagy egyéb olyan progresszív cornealis dystrophia, ahol a későbbiekben keratoplasztika várható, szintén kizáró okként szerepel.

A műlencse toricitásának (és szférikus értékének) ismert mérési problematikája keratorefraktív műtét utáni szemeknél ugyan nem zárja ki a tórikus műlencse használatát, de igen nagy odafigyelést és egyéni mérlegelést kíván. Ugyanez igaz a súlyos szárazszem-szindróma esetére is, ahol a keratometriás mérés esetleges pontatlansága miatt a műtét végeredmény jelentősen eltérhet a tervezettől.

A lencsetokkal kapcsolatos kizáró ok, ha nincs meg a lencsetokba történő implantáció lehetősége a műtét végén, vagyis a hátsó tok nagymértékben hiányzik. A hátsó tok ruptúrája, illetve az esetleg tervezett hátsó tok rhexis esetén egyéni mérlegelés, a posztoperatív szakban a tokzsugorodás miatt várható lencsedislokáció zavaró hatásának egyéni megítélése szükséges. Ha intraoperatív instabilitás észlelhető, illetve, ha posztoperatív várható instabilitás, pl. pseudoexfoliációs szindróma miatt, inkább ne használjunk tórikus műlencsét. A traumás esetek, a zonulolysis különböző típusai esetén pedig mindig egyedi mérlegelés szükséges a beültethetőséget illetően.

Elvi kizáró ok lehet a tórikus műlencse-beültetéssel kapcsolatban a makuláris patológia megléte, például a súlyos makuladegeneráció is. Ezen patológiák azonban az alacsonyrendű aberrációkat (vagyis esetünkben az astigmat) nem változtatják meg, így a tórikus műlencse beültetésének lehetősége ilyen esetekben szintén inkább egyedileg mérlegelendő a várható pozitív hatás figyelembe vételével.

A tórikus műlencse tervezéséhez szükséges paraméterek

A tengelyhossz (axial length, AL)

A corneacsúcs és a retina közötti távolság méréséhez korábban kontaktultrahangos módszer állt rendelkezésre, amelyet ma már nem ajánlott használni. Immerziós technikával végzett ultrahangos módszer javasolt túlérett, átlátszatlan lencse műtétjének tervezéséhez, amennyiben nem áll rendelkezésre az ilyen szemeken is legtöbbször pontos tengelyhosszat mérő swept-source OCT-alapú biometriás készülék. A mai, modern módszerek az axiális tengelyhossz mérésére optikai módszerek, mint a parciális koherencia interferometria (PCI), az optikai alacsony koherenciájú interferometria (OLCI) és optikai alacsony koherenciájú reflektometria (OLCR). Az utóbbi években elérhetővé váltak a fentebb már említett „új típusú”, swept-source OCT-alapú mérések is, amelyek egyik nagy előnye a pontos mérés mellett az átlátszatlan lencsék esetében rajzolódik ki.

A cornea keratometriás értékei (K-értékek és tengely)

A cornea görbületeinek méréséhez manuális- és automata keratometerek állnak rendelkezésre. Emellett a hagyományos, elülső cornealis felszín vizsgáló topográfok is képesek meghatározni az elülső szimulált keratometriás értékeket, és keratectasia gyanújakor topográfiás képet is készíthetünk velük. A mai gyakorlatban leginkább használt optikai biométerek az elülső cornealis törőerőt jellemzően a görbületi értékek reflektometriai méréséből számítják, keratometriás indexek segítségével. Az elülső és a hátsó cornealis astigmia méréséhez és elemzéséhez alkalmasak a Scheimpflug-képalkotás alapján működő tomográfok (pl. Pentacam) és egyéb, korábban felsorolt készülékek. A keratorefraktív műtéten átesett szemek esetén is jellemző-

en ezen új típusú mérési eszközök használandók, azonban az adatok feldolgozásánál így is fokozott figyelem szükséges.

A keratometriás mérésekkel kapcsolatban kiemelendő, hogy a mérés a száraz szem rendezése és kontaktlencse-eltávolítás után javasolt (lágylencse esetén átlagosan 1 héttel, keménylencse esetén legalább 1 hónappal).

Egyéb biometriai adatok

A modern műlencse-kalkulációs módszerek többsége esetén szükséges már az első csarnok mélységének (anterior chamber depth, ACD) ismerete is, a legújabb módszerek pedig a lencse vastagságát (lens thickness, LT), a cornea horizontális átmérőjét (white-to-white, WTW), illetve a cornea centrális vastagságát (central corneal thickness, CCT) is kérhetik opcionális, és a refraktív eredményeket potenciálisan javító adatként. Ezeket a paramétereket a jelenleg alkalmazott biométerek döntően már képesek mérni.

Megjegyzendő, hogy egyes új módszerek a beteg biológiai nemét is kötelezően kérik a műlencse dioptriaértékének számításához.

A műlencsére jellemző konstansok

A műlencse-kalkulációhoz a fenti adatokon kívül szükséges a beültetendő műlencse konstansa (A-konstans, vagy egyéb konstansok), amelyek az adott műlencse optikájának- és haptikájának formai kialakítását és a műlencse refraktív indexét foglalják egy dimenzió nélküli számba. A posztoperatív adatokat felhasználva folyamatosan pontosított értékük egy online adatbázisból érhető el (iolcon.org), illetve optimalizálással saját magunk is pontosíthatjuk azt.

A műtéti főseb helye és az indukált astigmia mértéke

A tórikus műlencsék tervezéséhez szükséges ismerni az operatőrre

jellemző sebészileg indukált astigmia (SIA) mértékét (leírása később), amely a műtéti sebzésre jellemző adatként befolyásolja a becsült, várható posztoperatív astigmatiát.

A tórikus műlencse kalkulációja

A tórikus műlencse kalkulációja a szférikus és a tórikus dioptriaérték meghatározásából áll, valamint szükséges ismernünk a sebészileg indukált astigmia és a cyclotorzió jelenségét.

A tórikus műlencse szférikus értékének meghatározása

A tórikus műlencse szférikus értékének meghatározása modern műlencsetervező módszerekkel (Barrett Universal II, mesterséges intelligenciát használó algoritmusok) javasolt, vagy esetleg multiformulával, amely a korábbi, ismert formulák által kapott eredmények átlagolását jelenti.

Több közlemény foglalkozik azaz, hogy melyik műlencse-kalkulációs formulával érhetjük el a legnagyobb klinikai pontosságot, vagyis azon betegek legmagasabb százalékos arányát, akiknél a posztoperatív jelentkező nem tervezett fénytörési hiba 0,5 D-nál kisebb. Egy 2021 novemberében megjelent, 166 közlemény adatait feldolgozó review eredményei szerint a teljes tengelyhossztartományt tekintve a nem-tórikus szférikus műlencsedioptria meghatározásában a Kane-módszer volt a legpontosabb (16, 48).

A tórikus műlencse toricitásának meghatározása

A tórikus műlencse toricitásának meghatározása is több módszerrel lehetséges. Egyik lehetőség a biométerekbe épített szoftverek használata. Másik módszer az „univerzális” kalkulátorok internetes változatainak használata, mint a Barrett tórikus kalkulátor (ascrs.org/tools/barrett-toric-calculator), amely mért

vagy becsült hátsó astigmia értékkel is képes számolni, a Kane tórikus kalkulátor (www.iolformula.com) és a Hoffer QST tórikus kalkulátor (www.hofferqst.com). Harmadik módszer a műlencsegyártók weblapján elérhető „saját” kalkulátorok alkalmazása. Minden tórikus műlencse gyártónak saját internetes kalkulátora van; ezeken a honlapokon javasolt a hátsó cornealis astigmia figyelembe vétele, amelyre ezek az alkalmazások különböző lehetőségeket adnak. Az Alcon műlencsetervezője a Barrett-algoritmussal korrigál, a Bausch and Lomb oldalán korábban volt egy „overcorrection/undercorrection” lehetőség, jelenleg ez nem elérhető. A Hoya kalkulátora az Abulafia-Koch-korrektúra lehetőségét ajánlja fel, a Johnson and Johnson kalkulátora pedig „posztterior szaruhártya-astigmia beszámítását” javasolja. A Medicon-tur honlapja az Abulafia-Koch-korrektúra lehetőségét adja meg, a Zeiss internetes kalkulátora pedig egy nomogram használatát ajánlja fel, amelyben matematikai kalkuláció kompenzálja a hátsó cornealis astigmia hatását.

Tórikus műlencse tervezése esetén a Kane tórikus formula használatával került a legtöbb beteg (65,6%) a (szférikus) 0,5 D-n belüli predikciós hibájú csoportba, szemben a Barrett-formulával (59,9%), az Abulafia-Koch-formulával (59,5%), az EVO 2.0 formulával (58,9%) és a Holladay 2 formulával (53,9%) (49).

A sebészileg indukált astigmia

A tórikus műlencse kalkulátorai a szokásos biometriai paraméterek mellett kérik a sebészileg indukált astigmia mértékét és a seb tervezett helyzetét is. Minden cornealis incízió megváltoztatja a cornea görbületét valamilyen mértékben a sclerocornealis rostok részleges átmetszése miatt kialakuló relaxáló hatás miatt. Ez az astigmatiaindukció a cornea elülső és hátsó felszínén is kimutatható (14, 55, 70). Az astigmia sebészeti indukciójának mértéke jellemzően nagyobb, ha a cornealis

seb 12 h-s lokalizációjú, ha centrálisabb, illetve, ha a seb szélessége nagyobb. A műlencse-kalkulátorok az indukált astigmatiát tekintve nem irodalmi adat bevitelét kérik, hanem az operátorra jellemző egyéni indukált astigmatiamérték átlagát, amely a seb mérettől és a seb lokalizációjától is függ. Ezért javasolt minden operatőrnek sebtípusonként 50-100 szemmen a saját műtétekre jellemző indukált astigmatiát kiszámítani, bár az átlagos érték éppen a definíció miatt nem minden betegen lesz valós. Erre számos módszer áll rendelkezésre, egyik ilyen a www.doctorhill.com oldalon található, vektoranalízist alkalmazó kalkulátor. Az indukált astigmia egyértelműen hatással van a tórikus műlencsével végzett lencse-műtétek posztoperatív eredményére.

A cyclotorzió jelensége

Ülő és fekvő állapotban a cornealis astigmia tengelye különbözhet a szemizmok tevékenysége miatt. Ezt a jelenséget nevezzük cyclotorzióknak, amelynek mértéke átlagosan ugyan alacsony ($+1,43^\circ$, SD: $3,41^\circ$), azonban a cyclotorzió $-10,3^\circ$ és $+24,0^\circ$ között változhat (21, 72, 79). Az észlelt cyclotorzió egy része testhelyzeti hibákból származik, vagyis a fej dőlése és a testtartási hiba együttese miatt mérjük (79). A cyclotorzió figyelmen kívül hagyása a reziduális astigmia növekedéséhez vezethet tórikus műlencse implantációja után, ezért az astigmatengely jelölése minden esetben ülő helyzetben szükséges, miközben a beteg másik szeme távolra fixál.

A tórikus műlencse leendő tengelyének jelölése

A műtét előtt szükséges a meredek cornealis tengely jelölése, amely kézi vagy digitális módszerekkel, illetve jelölőeszközökkel lehetséges. A kézi jelölést stabil, egyenes fejtartás mellett, az áll és a homlok biztos megtámasztása után, szükség esetén tágitott szemrészénél végezzük,

ülő helyzetben. Gyakran használt módszer, amikor külön eszköz nélkül, egy erre alkalmas réslámpa fókuszálója és egy tű segítségével a limbusnál apró, de látható két sebést ejtünk egymástól 180° -ra, amelyeket esetleg steril festékkel teszünk még láthatóbbá a műtét során való felhasználáshoz.

A kézi jelölés lehet egy- vagy kétlépcsős. Első esetben a vízszintes tengelyt jelöljük fel, majd a műtőasztalon íves kézi markerrel indikáljuk a meredek tengelyt. A második esetben direkt módon a meredek tengelyt jelöljük. Az esetek többségében az egyszerűbb és kevesebb hibaforrást tartalmazó egylépcsős jelölés könnyen kivitelezhető, nagyon szűk szemrés esetén viszont célszerűbb a kétlépcsős technikát alkalmazni.

Eszközös megoldások is rendelkezésre állnak, amelyek „egyszerű” jelölők (Mendez Degree Gauge, Whitman Axis Marker, Storz), Goldman tonométerre applikált fej (ToMark, Geuder), vízszintező marker (Toric Bubble-marker, Storz), Nuijts-Lane Pre-op Toric Reference Marker (Asico), RoboMarker (Surgilum) vagy penduláris marker (Whitehouse Gravity Axis Marker, Rumex) lehetnek.

A digitális jelölés során az iris és/vagy a perilimbális erek képi, digitális rögzítése történik, amely segítségével egy videótechnika a műtési területre vetítve (overlay) segíti a megfelelő tengelyben történő sebnyitást, a capsulorhexist és a műtét végén a tórikus műlencse tervezett tengelybe pozicionálását. Jelenleg elérhető ilyen rendszerek a Verion® Image-Guided System (Alcon), a Callisto Eye System® (Zeiss), a True-Guide® (Leica) rendszere és az iTrace™ Surgical Workstation (Hoya).

A szürkehályog-műtét fő lépései tórikus műlencse beültetése esetén

1. A szemrés feltárása, povidone-jodid használata a szakmai irányelv szerint,

2. cornealis sebnyitás a tórikus kalkulátorban megjelölt tengelyben,
3. az elülső csarnok viszkoelasztikus anyaggal való feltöltése,
4. a műlencse optikájának szélét később körben fedő capsulorhexis készítése,
5. a lencse eltávolítása a szokott módon,
6. az elülső tok polírozása nem feltétlenül javasolt minden esetben,
7. a tok kohezív viszkoelasztikus anyaggal való feltöltése,
8. egyéni mérlegelésként tokfeszítő gyűrű implantációja (ellentmondásos eredmények),
9. a műlencse implantációja a tokba,
10. a műlencse tervezett tengely elé forgatása $5-10^\circ$ -kal,
11. viszkoelasztikus anyag eltávolítása a műlencse mögül is,
12. a műlencse végső tengelybe forgatása,
13. a jelölés és a műlencsetengely fedésbe hozása,
14. javasolható, hogy a műlencsét a hátsó tokra enyhén nyomjuk rá,
15. sebzáras, intracameralis antibiotikum alkalmazása,
16. fiziológiás szemnyomás ellenőrzése, illetve „beállítása”.

Hibaforrások a tórikus műlencsék használatánál és ezek megoldásai

Az astigmia korrekciójának kiszámíthatósága tórikus műlencse-implantáció után a nem tervezett reziduális astigmia mértékével és előfordulási arányával jellemezhető. Irodalmi adatok alapján a reziduális refraktív cylinder mértéke $0,45-0,7$ D közötti, kisebb, mint $0,5$ D az esetek 50-80%-ában, és kisebb, mint $1,0$ D az esetek 64-98%-ában (37, 43, 44, 65). Más adatok szerint a posztoperatív astigmia kisebb, mint $1,0$ D az esetek 70,55%-ában (78). Irodalmi adatok alapján szemüveges korrekció nem volt szükséges műtét után 6 hónappal a vizsgált betegek 61,0%-ában (43). A szubjektív posztoperatív astigmia mértéke

Barrett tórikus kalkulátor használatával és digitális jelölés mellett akár az operált betegek 95%-ában is 0,5 D alatti lehet hazai adatok alapján (76). A reziduális cylinder egy másik tanulmányban több mint 0,50 D volt és/vagy a műlencse-rotáció $\geq 10^\circ$ volt 27,2-50,5%-ban. Direkt astigmia esetében túllkorrekció volt 36,4%-ban, amely kisfokú astigmia esetén volt a gyakoribb, indirekt astigmia esetében pedig alulkorrekció volt 37,6%-ban (44). Egy másik megfigyelés szerint 30 vizsgált szemből 8 esetében a reziduális astigmia 1,0 D-nál nagyobb volt; ezekben a nem tervezett esetekben viszont kiderült, hogy a hátsó cornealis astigmia 0,6 D-nál nagyobb volt, vagy a műlencse rotációja volt nagyobb, mint 5° -os (42).

A nem tervezett reziduális astigmia hátterében számos hibaforrás állhat. A cornealis astigmia pontatlan mérését rossz műszer, nem jó mérés-technika, de a súlyosabb szárazszem-szindróma, illetve szemfelszínbetegség is okozhatja.

Keratometria előtt javasolt a száraz szem megfelelő kezelése, a mérés előtt közvetlenül is érdemes ilyenkor műkönnyet használni, amely után rövid várakozási idő is javasolt. Fokozottan figyelni kell ismert szárazszem-szindróma esetén, hogy a keratometria előtt kerüljük az applanációs tonometriát.

A keratometria előtt javasolt a kontaktlencse levétele, amelynek oka, hogy akár a lágy kontaktlencse is okozhat kisfokú, de klinikailag jelentőssé váló corneagörbületi eltérést a kontaktlencse mérés előtti közvetlen levétele esetén. Javasolt a kemény kontaktlencsét legalább 1 hónappal eltávolítani (90). A lágy kontaktlencse eltávolításának szükséges idejét az irodalom viszont még a mai napig nem tisztázta: 1 nap és 2 hét közti időt javasolnak a kontaktlencse-levétel és a keratometria között (31, 64, 67, 90); az 1 hetes kontaktlencse-nélküliség elfogadható kompromiszumnak tűnik.

Ismert, hogy logisztikai háttér miatt a műlencse toricitása is, bár kis-

mértékben, de nem mindig egyezik meg a lencsedobozon lévő értékkel („mislabeling”). A predikciós hiba további okai lehetnek a hibásan számolt effektív műlencse-pozíció, a hibásan számolt műlencse-toricitás, a sebészileg indukált astigmia rossz becslése, vagy az átlagtól jelentősen eltérő posztoperatív sebgyógyulási tulajdonságok, valamint a hátsó cornea hatásának figyelmen kívül hagyása.

Intraoperatív hibás astigmatengely-jelölés, illetve pontatlan beültetés hozhat nem kívánt posztoperatív eredményt. A műtét után legtöbbször a tok egyenlőtlen zsugorodása, vagy decentrált rhexis okozhatja a tórikus műlencse pozíciójának változását, és/vagy nem kívánt rotációját, amely a posztoperatív fénytörési értéket jelentősebb mértékben is ronthatja. Bár a lencseepithelium-sejtek eltávolítása az elülső tok belső felszínéről a műlencse axiális pozíciójának stabilitását elősegítheti (6, 28), és csökkenti a műlencse-decentráció és a tilt esélyét is nagyfokú myopia esetén (97), az elülső tok polírozásának hiányában gyorsabban, könnyebben kialakuló elülső toki fibrózis csökkentheti a tórikus műlencse posztoperatív rotációját (99). Átlagosnál nagyobb tengelyhosszú szemeken leírták, hogy az átlagosnál kisebb capsulorhexis növeli a tórikus műlencse rotációs stabilitását (41). Így tórikus műlencse beültetésével tervezett szűrkehályog-műtét során az elülső tok teljes sejtmentesítésének, polírozásának szerepe legalábbis kérdéses, ezért nem javasolható minden esetben.

Amennyiben nagyobb mértékű reziduális fénytörési hiba és/vagy reziduális astigmia alakul ki a műtét után, javasolt a fenti lehetséges okok közül megtalálni az adott esetben fennálló hibát. Amennyiben a műlencse szférikus dioptriaértékének hibája az elsődleges ok, mérlegelendő, hogy egyszerű szemüveges, vagy kontaktlencsés korrekciót, add-on műlencse-implantációt, keratorefraktív műtétet vagy a lencsecserét javasoljunk.

A nagyobb mértékű reziduális astigmia megoldása legtöbb esetben a műlencse repozíciójával megoldható, azonban ez a műtét után 1 héten belül nem javasolt az ilyenkor gyakran előforduló újabb műlencse-elmozdulás miatt. Ha eltelt a műtét után minimum 1 hét, és a lencse elmozdulása/rotációja változatlan, és a tok zsugorodása elindult, újbóli saját számítással, vagy hatékony online segítséggel (astigmatismfix.com) kiszámítható a szükséges korrekció, illetve műlencseforgatás, illetve repozicionálás mértéke. Ilyenkor paracentesis készítése, intracamerális érzéstelelítés után legtöbbször forgatóval pozícionálható a műlencse. A pozícionálás után fiziológiás sóoldattal való csarnokfeltöltés, és intracamerális cefuroxim oldat adása javasolt.

A tórikus műlencsék rotációja tehát a cylinderes hatás csökkenését okozza. Ennek mértéke azonban irodalmi vita tárgya (69). A hivatkozások legtöbbször azt írják, hogy 1° nem tervezett változás a tórikus műlencse tengelyében a cylinderes törőerő 3,3%-os csökkenéséhez vezet, és 30° -os rotáció esetén a korrekciós hatás teljesen eltűnik. A vektoranalízissel mért és egy elektro-opto-mechanikai eszközzel végzett objektív elemzés viszont igazolta, hogy nem 33° -os, hanem 45° -os nem tervezett tengelyelfordulás okoz teljes hatásvesztést tórikus műlencse-beültetés után. A tórikus hatás csökkenése és az elfordulás mértéke közötti összefüggés ráadásul nem is lineáris: az „első” 10° viszonylag kis hatáscsökkenést okoz, tehát az ilyen, kisebb mértékű műlencse-elfordulás iránti tolerancia jóval nagyobb, mint azt a tisztán matematikai számításokból korábban gondoltuk (4, 22, 23, 91). Gyakorlati szempontból ezért fontos, hogy 5 - 10° -nál kisebb különbség a tervezett és a műtét után látható műlencsetengely között klinikailag csak elhanyagolható problémát okozhat, vagyis ilyen kismértékű nem tervezett rotáció esetén végzett műtéti korrekció re-

frakciós eredményessége kérdéses, ezért inkább kerülni kell.

Következtetések

Összefoglalva, megfelelő indikációval és hibátlan műtéti technikával végzett tórikus műlencse implantációjával elfogadhatóan magas siker-

ességi aránnyal kezelhető a cornea nagyobb fokú astigmiaja, így cylindres korrekció nélkül is jó látóélesség érhető el. Amennyiben a műtét után a reziduális astigmia szubjektíven is zavaró mértéket ér el, és annak oka egyértelműen igazolódik, számos korrekciós lehetőség áll rendelkezésünkre.

Nyilatkozat

A szerző kijelenti, hogy az összefoglaló közlemény megírásával kapcsolatban nem áll fenn vele szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

IRODALOM

1. Aczél K, Vogt G. Torikus műlencse implantáció radiális keratotomia után. SHIOL 2012.
2. Aghaei H, Es'haghi A. Importance of corneal topography in surgical planning for toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2020; 46: 1450. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000387>
3. Ahmed IK, Rocha G, Slomovic AR, Climenhaga H, Gohill J, Gregoire A, Ma J. Canadian Toric Study Group. Visual function and patient experience after bilateral implantation of toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2010; 36: 609–616. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.10.044>
4. Alpíns NA. Vector analysis of astigmatism changes by flattening, steepening, and torque. J Cataract Refract Surg 1997; 23: 1503–1514. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(97\)80021-1](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(97)80021-1)
5. Balestrazzi A, Baiocchi S, Balestrazzi A, Cartocci G, Tosi GM, Martone G, Michieletto P. Mini-incision cataract surgery and toric lens implantation for the reduction of high myopic astigmatism in patients with pellucid marginal degeneration. Eye (Lond) 2015; 29: 637–642. <https://doi.org/10.1038/eye.2015.13>
6. Bang SP, Yoo YS, Jun JH, Joo CK. Effects of Residual Anterior Lens Epithelial Cell Removal on Axial Position of Intraocular Lens after Cataract Surgery. J Ophthalmol 2018; 2018: 9704892. <https://doi.org/10.1155/2018/9704892>
7. Bátor Gy. Kombinált szürkehályog műtét pars plana vitrectomiával macula lyuk esetében, tórikus műlencse beültetéssel. 2017 MSZT előadás.
8. Bátor Gy, Kardos Zs. Perforáló keratoplastica utáni szürkehályog műtétes eseteink, egyedileg gyártott tórikus műlencse beültetéssel. Magyar Szemorvostársaság 2015. január, Szemészeti Szakosztály Ülés, előadás.
9. Bauer NJC, de Vries NE, Webers CAB, Hendrikse F, Nuijts RMM. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2008; 34: 1483–1488. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.031>
10. Bausz M, Csákány B, Imre L, Görög K, Turkevi-Nagy N. Cataracta műtét keratoconusos betegek eseteiben. 2012 SHIOL előadás.
11. Berdahl JP, Hardten DR, Kramer BA, Potvin R. Effect of astigmatism on visual acuity after multifocal versus monofocal intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 2018; 44: 1192–1197. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.06.048>
12. Chang P, Li Z, Lin L, Wang S, Xie J, Zhao J. Implantation of in-the-bag capsular tension ring and toric intraocular lens for subluxated lens associated with large corneal astigmatism. JCRS Online Case Reports 2017; 5: 36–39. <https://doi.org/10.1016/j.jcro.2017.04.005>
13. Chen W, Zuo C, Chen C, Su J, Luo L, Congdon N, Liu Y. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery in Chinese patients. J Cataract Refract Surg 2013; 39: 188–192. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.08.060>
14. Cheng LS, Tsai CY, Tsai RJ, Liou SW, Ho JD. Estimation accuracy of surgically induced astigmatism on the cornea when neglecting the posterior corneal surface measurement. Acta Ophthalmol 2011; 89: 417–422. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2009.01732.x>
15. Csákány B, Hagó K, Barcsay Gy, Resch M. Biometria értékek eloszlása 12.337 vizsgálat alapján. Szemészet 2012; 149: 204–206.
16. Curragh DS, Hassett P. Prevalence of Corneal Astigmatism in an NHS Cataract Surgery Practice in Northern Ireland. Ulster Med J 2017; 86: 25–27.
17. Day AC, Dhariwal M, Keith MS, Ender F, Perez Vives C, Miglio C, Zou L, Anderson DF. Distribution of preoperative and postoperative astigmatism in a large population of patients undergoing cataract surgery in the UK. Br J Ophthalmol 2019; 103: 993–1000. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-312025>
18. De Bernardo M, Zeppa L, Cennamo M, Iaccarino S, Zeppa L, Rosa N. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery in Caucasian patients. Eur J Ophthalmol 2014; 24: 494–500. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000415>
19. Dunai Á. Tórikus műlencse-beültetés lehetőségei keratoconusban. Kurzus, 2015 MSZT Kongresszusa.
20. Ernest P, Potvin R. Effects of preoperative corneal astigmatism orientation on results with a low-cylinder-power toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg 2011; 37: 727–732. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.11.026>
21. Febraro JL, Koch DD, Khan HN, Saad A, Gatineau D. Detection of static cyclotorsion and compensation for dynamic cyclotorsion in laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg 2010; 36: 1718–1723. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.05.019>
22. Felipe A, Artigas JM, Díez-Ajenjo A, García-Domene C, Alcocer P. Residual astigmatism produced by toric intraocular lens rotation. J Cataract Refract Surg 2011; 37: 1895–1901. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.04.036>
23. Felipe A, Artigas JM, Díez-Ajenjo A, García-Domene C, Peris C. Modulation transfer function of a toric intraocular lens: evaluation of the changes produced by rotation and tilt. J Refract Surg 2012; 28: 335–340. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20120321-01>
24. Ferreira TB, Ribeiro P, Ribeiro FJ, O'Neill JG. Comparison of Methodologies Using Estimated or Measured Values of Total Corneal Astigmatism for Toric Intraocular Lens Power Calculation. J Refract Surg 2017; 33: 794–800. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20171004-03>
25. Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R, Peixoto-de-Matos SC, González-Méijome JM, Cerviño A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2009; 35: 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.09.027>
26. Findl O, Hirschnall N, Buehren T, Trost M. Accuracy of spherical equivalent using standard keratometry compared to new true keratometry measurement using posterior cornea surface curvature. ESCRS 2017 előadás.
27. Forseto AS, Nosé RM, Nosé W. Toric intraocular lens misalignment inducing astigmatism after refractive surgery. J Refract Surg 2011; 27: 691–693. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20110208-01>
28. Gao Y, Dang GF, Wang X, Duan L, Wu XY. Influences of anterior capsule polishing on effective lens position after cataract surgery: a randomized controlled trial. Int J Clin Exp Med 2015; 8: 13769–13775.

29. Goggin M, Moore S, Esterman A. Toric intraocular lens outcome using the manufacturer's prediction of corneal plane equivalent intraocular lens cylinder power. *Arch Ophthalmol* 2011; 129: 1004–1008. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2011.178>
30. Goggin M, Zamora-Alejo K, Esterman A, van Zyl L. Adjustment of anterior corneal astigmatism values to incorporate the likely effect of posterior corneal curvature for toric intraocular lens calculation. *J Refract Surg* 2015; 31: 98–102. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20150122-04>
31. Goudie C, Tatham A, Davies R, Sifton A, Wright M. The effect of the timing of the cessation of contact lens use on the results of biometry. *Eye (Lond)* 2018; 32: 1048–1054. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0019-1>
32. Guan Z, Yuan F, Yuan YZ, Niu WR. Analysis of corneal astigmatism in cataract surgery candidates at a teaching hospital in Shanghai, China. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 1970–1977. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.07.025>
33. Habon K, Holger B, Scharioth G. Phakoemulzifikáció és tórikus műlencse beültetése Alport-szindrómás betegnél. Esetismertetés. 2014 MSZT előadás.
34. Hasegawa Y, Honbo M, Miyata K, Oshika T. Type of residual astigmatism and uncorrected visual acuity in pseudophakic eyes. *Sci Rep* 2022; 12: 1225. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05311-x>
35. Hayashi K, Hirata A, Manabe S, Hayashi H. Long-term change in corneal astigmatism after sutureless cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2011; 151: 858–865. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2010.11.014>
36. Hayashi K, Manabe SI, Hirata A, Yoshimura K. Changes in corneal astigmatism during 20 years after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43: 615–621. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.02.028>
37. Hayashi K, Masumoto M, Takimoto M. Comparison of visual and refractive outcomes after bilateral implantation of toric intraocular lenses with or without a multifocal component. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.04.032>
38. Hayashi K, Ogawa S, Manabe S, Hirata A. Influence of patient age at surgery on long-term corneal astigmatic change subsequent to cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2015; 160: 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.04.015>
39. Hayashi K, Sato T, Sasaki H, Hirata A, Yoshimura K. Sex-related differences in corneal astigmatism and shape with age. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44: 1130–1139. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.06.020>
40. Hayashi K, Yoshida M, Hayashi S, Hirata A. Long-term changes in the refractive effect of a toric intraocular lens on astigmatism correction. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022; 260: 509–519. <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05406-7>
41. He S, Chen X, Wu X, Ma Y, Yu X, Xu W. Early-stage clinical outcomes and rotational stability of TECNIS toric intraocular lens implantation in cataract cases with long axial length. *BMC Ophthalmol* 2020; 20: 204. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01465-2>
42. Hirnschall N, Maedel S, Weber M, Findl O. Rotational Stability of a Single-Piece Toric Acrylic Intraocular Lens: A Pilot Study. *Am J Ophthalmol* 2014; 157: 405–411.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2013.09.032>
43. 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: 2104–2111. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.07.033>
44. Jeon HM, Lee KH. Analysis of Mis correction after Implantation of the Toric Intraocular Lens. *J Korean Ophthalmol Soc* 2014; 55: 636–1641. <https://doi.org/10.3341/JKOS.2014.55.11.1636>
45. Jing Q, Tang Y, Qian D, Lu Y, Jiang Y. Posterior Corneal Characteristics of Cataract Patients with High Myopia. *PLoS One* 2016; 11: e0162012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162012>
46. Kamiya K, Shimizu K, Hikita F, Komatsu M. Posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for high myopic astigmatism in eyes with pellucid marginal degeneration. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 164–166. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.08.021>
47. Kandra AK. Combined special capsular tension ring and toric IOL implantation for management of post-DALK high regular astigmatism with subluxated traumatic cataract. *Indian J Ophthalmol* 2014; 62: 819–822. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.138294>
48. Kane JX, Chang DF. Intraocular Lens Power Formulas, Biometry, and Intraoperative Aberrometry: A Review. *Ophthalmology* 2021; 128: e94–e114. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.08.010>
49. Kane JX, Connell B. A Comparison of the Accuracy of 6 Modern Toric Intraocular Lens Formulas. *Ophthalmology* 2020; 127: 1472–1486. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.04.039>
50. Kavalecz F, Meleg J. Tórikus műlencse beültetés trabeculectomia utáni állapotban (Esetbemutatás). 2018 SHIOL előadás.
51. Kerényi Á, Pék G, Enyedi L, Magyar S, Pluzsik M, András B, Tóth E. Keratoconusos szemeken szűrkehályog miatt végzett phacoemulsificatio és műlencse beültetés – eredményeink. 2015 SHIOL előadás.
52. Kersey JP, O'Donnell A, Illingworth CD. Cataract surgery with toric intraocular lenses can optimize uncorrected postoperative visual acuity in patients with marked corneal astigmatism. *Cornea* 2007; 26: 133–135. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e31802be5cc>
53. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.04.026>
54. Khoramnia R, Auffarth GU, Rabsilber TM, Holzer MP. Implantation of a multifocal toric intraocular lens with a surface-embedded near segment after repeated LASIK treatments. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 2049–2052. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.08.042>
55. Kim YJ, Knorz MC, Auffarth GU, Choi CY. Change in Anterior and Posterior Curvature After Cataract Surgery. *J Refract Surg* 2016; 32: 754–759. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20160816-01>
56. 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* 2012; 38: 2080–2087. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.08.036>
57. Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, Yeu E, Wang L. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 1803–1809. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.06.027>
58. Kolozsvári BL, Losonczy G, Pásztor D, Fodor M. Correction of irregular and induced regular corneal astigmatism with toric IOL after posterior segment surgery: a case series. *BMC Ophthalmol* 2017 Jan; 17: 3. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0397-8>
59. Kolozsvári BL, Pásztor D, Berta A, Damjanovich J, Fodor M. Tórikus műlencse beültetés retina műtétek után. SHIOL 2015 előadás.
60. Ladi JS, Shah NA. Toric multifocal intraocular lens implantation in a case of bilateral anterior and posterior lenticonus in Alport syndrome. *Indian J Ophthalmol* 2016; 64: 847–849. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.195606>
61. LaHood BR, Goggin M, Esterman A. Assessing the Likely Effect of Posterior Corneal Curvature on Toric IOL Calculation for IOLs of 2.50 D or Greater Cylinder Power. *J Refract Surg* 2017; 33: 730–734. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20170829-03>
62. Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, Weisensee J, Wendelstein J, Hoffmann P. Prediction of corneal back surface power – Deep learning algorithm versus multivariate regression. *Ophthalmic Physiol Opt* 2022; 42: 185–194. <https://doi.org/10.1111/opo.12909>
63. Luck J. Customized ultra-high-power toric intraocular lens implantation for pellucid marginal degeneration and cataract. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1235–1238. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.04.009>
64. Meyer JJ, Kim MJ, Kim T. Effects of Contact Lens Wear on Biometry Measurements for Intraocular Lens Calculations. *Eye Contact Lens* 2018; 44(Suppl 1):S255–S258. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000398>
65. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.01.044>

66. Módos L, Rentka A, Kemény-Beke Á. Tórikus intraocularis műlencse beültetés szaruhártya-átültetés után. 2017 SHIOL előadás.

67. Moshirfar M, Buckner B, Ronquillo YC, Hofstedt D. Biometry in cataract surgery: a review of the current literature. *Curr Opin Ophthalmol* 2019; 30: 9–12. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000536>

68. Namba H, Sugano A, Murakami T, Utsunomiya H, Sato H, Nishitsuka K, Ishizawa K, Kayama T, Yamashita H. Ten-year longitudinal investigation of astigmatism: The Yamagata Study (Funagata). *PLoS One* 2022; 17: e0261324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261324>

69. Nemeth G. One degree of misalignment does not lead to a 3.3% effect decrease after implantation of a toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46: 482. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000079>

70. Nemeth G, Berta A, Szalai E, Hassan Z, Modis L Jr. Analysis of surgically induced astigmatism on the posterior surface of the cornea. *J Refract Surg* 2014; 30: 604–608. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20140723-01>

71. Nemeth G, Szalai E, Berta A, Modis L Jr. Astigmatism prevalence and biometric analysis in normal population. *Eur J Ophthalmol* 2013; 23: 779–783. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000294>

72. Neuhaan IM, Lege BA, Bauer M, Hassel JM, Hilger A, Neuhaan TF. Static and dynamic rotational eye tracking during LASIK treatment of myopic astigmatism with the Zyoptix laser platform and Advanced Control Eye Tracker. *J Refract Surg* 2010; 26: 17–27. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20101215-03>

73. Nichamin LD. Treating astigmatism at the time of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2003; 14: 35–38.

74. Parikakis EA, Chatziralli IP, Peponis VG, David G, Chalkiadakis S, Mitropoulos PG. Toric intraocular lens implantation for correction of astigmatism in cataract patients with corneal ectasia. *Case Rep Ophthalmol* 2013; 4: 219–228. <https://doi.org/10.1159/000356532>

75. Park JH, Kang SY, Kim HM, Song JS. Differences in corneal astigmatism between partial coherence interferometry biometry and automated keratometry and relation to topographic pattern. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 1694–1698. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.03.047>

76. Pesztenleher N. Szubjektív és objektív posztoperatív asztigmia elemzése Barrett Toric képlet és digitális jelölés használata mellett. SHIOL 2022 előadás

77. Pesztenleher N. Tórikus műlencse tervezés dilemmái cataractás keratoconusos betegünkknél. 2018 SHIOL előadás.

78. Pesztenleher N, Szemán A. Astigmatism and implantation of toric IOLs in our practice in 2013. Femtocongress, Budapest 2014.

79. Prickett AL, Bui K, Hallak J, Bakhtiyari P, de la Cruz J, Azar DT, Chamon W. Cyclotorsional and non-cyclotorsional components of eye rotation observed from sitting to supine position. *Br J Ophthalmol* 2015; 99: 49–53. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-304975>

80. Raák P, Baatz H, Scharioth G. Tórikus hátsó csarnoki műlencse beültetés keratoconus következtében végzett keratoplasztika után. 2012 SHIOL előadás.

81. Rocha-de-Lossada C, Rodríguez-Vallejo M, Rachwani-Anil R, Burguera N, Fernández J. Predicted Refraction Variability Due to Reliability of Nine Optical Biometers for Intraocular Lens Power Calculation. *J Refract Surg* 2022; 38: 120–127. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20211122-01>

82. Roh HC, Chuck RS, Lee JK, Park CY. The effect of corneal irregularity on astigmatism measurement by automated versus ray tracing keratometry. *Medicine (Baltimore)* 2015; 94: e677. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000677>

83. Rozema JJ, Hershko S, Tassignon MJ; for EVICR.net, Project Gullstrand Study Group. The components of adult astigmatism and their age-related

changes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2019; 39: 183–193.

<https://doi.org/10.1111/opo.12616>

84. Savini G, Naeser K. An analysis of the factors influencing the residual refractive astigmatism after cataract surgery with toric intraocular lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56: 827–835.

<https://doi.org/10.1167/iovs.14-15903>

85. Schiano Lomoriello D, Savini G, Naeser K, Colabelli-Gisoldi RM, Bono V, Pocobelli A. Customized Toric Intraocular Lens Implantation in Eyes with Cataract and Corneal Astigmatism after Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: A Prospective Study. *J Ophthalmol* 2018; 2018: 1649576. <https://doi.org/10.1155/2018/1649576>

86. Sohár N, Skribek Á, Vízvári E, Facskó A. Nagyfokú posztoperatív astigmia műtéti megoldása. 2015 SHIOL előadás.

87. Statham M, Apel A, Stephensen D. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySof Toric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37: 775–779. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02154.x>

88. Statham M, Apel A, Stephensen D. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySof Toric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37: 775–779. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02154.x>

89. Stewart CM, McAlister JC. Comparison of grafted and nongrafted patients with corneal astigmatism undergoing cataract extraction with a toric intraocular lens implant. *Clin Exp Ophthalmol* 2010; 38: 747–757. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02336.x>

90. The Royal College of Ophthalmologists. Cataract Surgery Guidelines, 2010.

91. Tognetto D, Perrotta AA, Bauci F, Rinaldi S, Antonuccio M, Pellegrino FA, Fenu G, Stamatiatos G, Alpini N. Quality of images with toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44: 376–381. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.10.053>

92. Tsozbatzoglou A. Optikai biometria során mért 1,5 D feletti preoperatív cornealis astigmia előfordulási arányának meghatározása katarakta műtét-re kerülő betegekknél. 2015 SHIOL előadás.

93. Vámosi P. Nagyfokú astigmia korrigálása tórikus műlencsével. 2014 SHIOL előadás.

94. Visser N, Bauer NJ, Nuijts RM. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39: 624–637. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.02.020>

95. Visser N, Gast STJM, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Cataract surgery with toric intraocular lens implantation in keratoconus: a case report. *Cornea* 2011; 30: 720–723. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e31820009d4>

96. Vitalyos G, Kolozsvári BL, Nemeth G, Losonczy G, Hassan Z, Pasztor D, Fodor M. Effects of aging on corneal parameters measured with Pentacam in healthy subjects. *Sci Rep* 2019; 9: 3419.

97. Wang D, Yu X, Li Z, Ding X, Lian H, Mao J, Zhao Y, Zhao YE. The Effect of Anterior Capsule Polishing on Capsular Contraction and Lens Stability in Cataract Patients with High Myopia. *J Ophthalmol* 2018; 2018: 8676451. <https://doi.org/10.1155/2018/8676451>

98. 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. <https://doi.org/10.18240/ijo.2016.09.07>

99. Zhu X, He W, Zhang K, Lu Y. Factors influencing 1-year rotational stability of AcrySof Toric intraocular lenses. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 263–268. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2015-306656>