

# Számítógépprogram a lencsedőlés elülső szegmens OCT-felvételek alapján történő meghatározására

SIMÓ GERGELY DR., GYETVAI TAMÁS DR., SZALAY LÁSZLÓ DR., TÓTH-MOLNÁR EDIT DR.

Szegedi Tudományegyetem, Szemészeti Klinika, Szeged  
(Intézetvezető: Prof. Dr. Tóth-Molnár Edit, egyetemi tanár)

**Bevezetés:** A lencse dőlése – egyéb optikai aberrációk mellett – asztigmatiát is indukál. Irodalmi adatok alapján a szemlencse és a beültetett műlencse dőlése között összefüggés mutatkozik, ezért felmerül annak lehetősége, hogy a preoperatív lencsedőlést figyelembe vegyük tórikus műlencse tervezése során. A rendelkezésünkre álló elülső szegmens képalkotó eszköz (Anterion<sup>®</sup>, Heidelberg Engineering) az elülső szegmens és a lencse térbeli elhelyezkedéséről pontos képet nyújt, ám a lencse dőlését nem méri, a paraméter számolását egy általunk írt számítógépes program segítségével valósítottuk meg. Célkitűzésünk egy olyan számítógépes program megalkotása volt, amely a lencse dőlését meghatározni képes.

**Módszer:** Az Anterion<sup>®</sup> elülső szegmens biométer „Metrics” alkalmazása által, tágított pupilla mellett készített, majd exportált 6 darab radier, 30° szögeltéréssel készített OCT-felvétel alapján a Python nyelven írt script az egyes felvételeken meghatározza az adott lencsesík dőlését, és ezekből számolja a lencsedőlést, valamint annak irányát. A lencsedőlés irányának a lencse leginkább előremutató vektorát tekintettük, úgy, hogy a nasalis irányt jelöltük 0°-ként, az ettől való felfele, illetve lefele való eltérést pedig pozitív vagy negatív fokértékekkel jelöltük.

**Eredmények:** Az ugyanazon szemem egymást követően elvégzett 2 mérés lencsedőlés eltérése a phakiás szemeken  $0,22 \pm 0,12^\circ$ ,  $0,01^\circ$ ,  $0,54^\circ$  míg műlencse mellett  $0,27 \pm 0,15^\circ$ ,  $0,06^\circ$ ,  $0,48^\circ$  (átlag  $\pm$  SD, min., max.) bizonyult. A dölések iránykülönbségeinek eredménye szemlencse mellett  $6,55 \pm 8,42^\circ$ ,  $0,25^\circ$ ,  $33,50^\circ$ , IOL esetén  $5,10 \pm 4,61^\circ$ ,  $1,00^\circ$ ,  $14,75^\circ$  volt. A lencse dölésének irányát jellemzően egy függőlegeshez közeli tengely mentén, nasalis részükkel előre-fele állóként, mértékét phakiás szemem  $4,97 \pm 1,78^\circ$ ,  $0,96^\circ$ ,  $8,25^\circ$ -nak, műlencse mellett  $5,10 \pm 1,24^\circ$ ,  $2,83^\circ$ ,  $6,68^\circ$ -nak tapasztaltuk.

**Következtetés:** az általunk kifejlesztett számítógépes program a lencsedőlés irányát és mértékét jól reprodukálható módon határozza meg. Az így elvégzett elülső szegmens analízis a lencsedőlés számolásával további paramétert szolgáltat a lencsetervezéshez. Habár a lencse döléséből fakadó asztigmia az esetek túlnyomó részében csekély mértékű, ám figyelembevétele hozzájárulhat a tórikus műlencsetervezés sikeréhez.

## KULCSSZAVAK

lencsedőlés, asztigmia, Anterion, Python-program

## Computer program for determining lens tilt based on anterior segment OCT recordings

**Introduction:** Lens tilt, along with other optical aberrations, induces astigmatism. According to literature, there is a correlation between the tilt of the natural lens and that of the implanted intraocular lens (IOL). This raises the possibility of considering preoperative lens tilt in the calculation of toric IOLs. Although the anterior segment imaging device available to us (Anterion<sup>®</sup>, Heidelberg Engineering) provides accurate images of the spatial arrangement of the anterior segment and the lens, it does not measure lens tilt, so we developed a computer program to calculate it.

**Objective:** Our goal was to create a computer program capable of determining lens tilt.

**Method:** Using the “Metrics” app on the Anterion<sup>®</sup> anterior segment biometer, we recorded and then exported the six radial OCT images taken with a 30° angular separation under dilated pupil conditions. A Python script written by us determined the tilt of the lens plane in each image and calculated the lens tilt

and its direction from these data. Lens tilt direction was defined as the vector of the foremost part of the lens. Nasal direction was considered as 0°, the upward deviations with positive, the downward ones with negative notations, respectively.

**Results:** The difference in lens tilt between two consecutive measurements on the same eye was  $0.22 \pm 0.12^\circ$ ,  $0.01^\circ$ , and  $0.54^\circ$  for phakic eyes, and  $0.27 \pm 0.15^\circ$ ,  $0.06^\circ$ , and  $0.48^\circ$  (mean  $\pm$  SD, min., max.) for eyes with intraocular lenses. The differences in the direction of tilt were  $6.55 \pm 8.42^\circ$ , and  $0.25^\circ$ ,  $33.50^\circ$  for natural lenses, and  $5.10 \pm 4.61^\circ$ ,  $1.00^\circ$ , and  $14.75^\circ$  for IOLs. The direction of lens tilt was typically along an axis close to vertical, with the nasal part tilted forward, and the magnitude of tilt was measured as  $4.97 \pm 1.78^\circ$ ,  $0.96^\circ$ , and  $8.25^\circ$  for phakic eyes and  $5.10 \pm 1.24^\circ$ ,  $2.83^\circ$ , and  $6.68^\circ$  for eyes with IOLs.

**Conclusion:** The computer program we developed determines lens tilt, reproducibly. The anterior segment analysis performed in this way, including lens tilt calculation, can provide an additional parameter for lens design. Although the astigmatism induced by lens tilt is minimal in the majority of cases, taking it into account may contribute to the success of toric IOL calculations.

## KEYWORDS

lens tilt, astigmatism, Anterior, Python script

## Bevezetés

A szürkehályog-elleni műtét tervezése során a lehető legpontosabb műlencsetervezés igénye napjainkban is aktuális. Habár az újabb biometria módszerekkel és formulákkal elérhető további tervezési előnye egyre csekélyebbnek tűnik, a korrekció lehetősége – a tórikus műlencsék társadalombiztosítás általi finanszírozottsága okán – jelentős, lehetőség szerinti optimális kihasználása pedig elvárás. Minde mellett számolhatunk azzal is, az OCT-alapú biométerek örvendetes, egyre bővülő elterjedtsége okán, lehetőségünk van eddig nem – vagy rutinszerűen nehezebben mérhető – paraméterek figyelembevételére is. Ez utóbbiak közé tartozhat a lencsedőlésből fakadó asztigmia meghatározása. Az, hogy a szemlencse dőlése – egyéb, magasabb rendű aberrációk mellett – asztigmatiát is indukál, már korábban is figyelmet kapott (1). Azok az irodalmi adatok, amelyek jelzik, hogy a beültetett műlencse posztoperatív dőlése jól követi a szemlencse preoperatív dőlését (2, 3), arra nyújtanak lehetőséget, hogy a műlencsetervezés során mért lencsedőlést figyelembe vegyük a műtétet követő asztigmia becslésekor, ezáltal – reményeink szerint – pontosíthassuk tórikus lencsetervezésünket. Kétségtelen ugyanakkor, hogy a lencsedőlésből származtatható asztigmia mértéke csekély (4), ám ha figyelembe vesz-

szük, hogy új eszköz kifejlesztése nélkül, egy OCT-biométer meglévő potenciálját használva, pusztán szoftverkiegészítéssel, a lencsedőlés számolható, úgy gondoljuk, hogy a lencsedőlés-okozta asztigmia figyelembevétele a tórikus műlencsetervezés egyszerűen megvalósítható, kiegészítő paramétere lehet.

A fenti megfontolások alapján, a lencsedőlés mérésére számítógépprogramot fejlesztettünk, amely ugyan nem a biométer szoftverébe integráltnan működve, hanem a készülék által készített, majd exportált képek analízisével végzi el a szükséges számításokat. Előkísérleteink célja annak bizonyítása volt, hogy a lencsedőlés reprodukálhatóan mérhető, ezáltal kellő megbízhatóságú, kiegészítő paramétert szolgáltat a tórikus műlencsék tervezése során.

## Anyag és módszer Vizsgált szemek

Vizsgálatainkba szürkehályog elleni műtét előtt álló, illetve már hátsó csarnoki műlencsebeültetésen átesett pácienseket vontunk be, férfiakat és nőket vegyesen (12 nő/4 férfi, életkor:  $68,1 \pm 10,9$  [48–84] év). A mérések reprodukálhatóságát vizsgálандó 14 esetben 2-2 preoperatív, míg 7 esetben a PCL-beültetést követő 4. héten végeztünk 2-2 posztoperatív mérést. A PCL-tilt méréspárok közül 5 szem mérései olyan szemekből

származott, amelynél preoperatív méréspárok is rendelkezésre állnak. Az OCT-felvételek pupillatágításban történtek. Kizárási kritériumként az elégtelen fixációt, a tágulni képtelen pupillát, illetve a lencsefelszínnek egyéb okból történő nem meghatározhatóságát tekintettük.

## Elülső szegmens OCT-mérések

Az Anterior® elülső szegmens OCT Metrics alkalmazásával kettő egymást követő mérést végeztünk. A Metrics alkalmazás felvétele során 6 db, egymástól  $30^\circ$ -ban elforgatott, az elülső szegmenst, valamint a lencsét tartalmazó keresztmetszeti kép készült, ezáltal a lencse térbeli elhelyezkedése reprodukálható. Az így nyert, majd exportált, nagyfelbontású ( $8485 \times 6003$  pixel) felvételek szolgáltak a lencsedőlés számolási alapjául.

## A lencsedőlés mérése

A számítások elvégzésére Python nyelven programot fejlesztettünk. A program egyenként beolvasva az exportált képfájlokat, azokon meghatározza a lencse elülső és hátsó felszínét, majd számolja a felszínre legjobban illeszkedő körív paramétereit. Az így extrapolálható elülső és hátsó felszíni körívek metszéspontjait meghatározza, és a két metszéspontot összekötő egyenes dőlését tekinti az adott síkra vonatkoztatott lencsedőlés mér-

1. táblázat: A lencsedőlés mértékének és irányának meghatározása két, egymást követő mérés alapján, phakiás és műlencsés szemeken, a mérések abszolút eltérései

| PHAKIÁS SZEMEK         |                           |         |                          |         |                     |                    |
|------------------------|---------------------------|---------|--------------------------|---------|---------------------|--------------------|
| szem sorszáma          | lencsedőlés mértéke (fok) |         | lencsedőlés iránya (fok) |         | Δ abs dőlés mértéke | Δ abs dőlés iránya |
|                        | mérés 1                   | mérés 2 | mérés 1                  | mérés 2 |                     |                    |
| 1                      | 6,14                      | 6,05    | 17,25                    | 26,25   | 0,09                | 9,00               |
| 2                      | 8,13                      | 8,25    | 9,75                     | 9,50    | 0,12                | 0,25               |
| 3                      | 4,44                      | 4,84    | 26,75                    | 24      | 0,40                | 2,75               |
| 4                      | 4,62                      | 4,56    | 1,00                     | 6,75    | 0,06                | 5,75               |
| 5                      | 2,73                      | 3,13    | 38,50                    | 36,25   | 0,40                | 2,25               |
| 6                      | 5,62                      | 5,52    | 23,50                    | 27,25   | 0,10                | 3,75               |
| 7                      | 4,18                      | 4,27    | 40,00                    | 45,50   | 0,09                | 5,50               |
| 8                      | 0,96                      | 0,97    | 175,25                   | 172,50  | 0,01                | 2,75               |
| 9                      | 7,98                      | 8,53    | 17,50                    | 16,75   | 0,55                | 0,75               |
| 10                     | 3,19                      | 3,64    | 32,75                    | -0,75   | 0,45                | 33,50              |
| 11                     | 6,03                      | 6,17    | 27,00                    | 33,50   | 0,14                | 6,50               |
| 12                     | 5,81                      | 5,76    | 18,25                    | 18,75   | 0,05                | 0,50               |
| 13                     | 5,47                      | 5,61    | 5,75                     | 13,00   | 0,14                | 7,25               |
| 14                     | 7,59                      | 7,10    | 11,00                    | -0,25   | 0,49                | 11,25              |
| MŰLENCSÉS (PCL) SZEMEK |                           |         |                          |         |                     |                    |
| szem sorszáma          | lencsedőlés mértéke (fok) |         | lencsedőlés iránya (fok) |         | Δ abs tilt mértéke  | Δ abs tilt iránya  |
|                        | mérés 1                   | mérés 2 | mérés 1                  | mérés 2 |                     |                    |
| 1                      | 4,68                      | 4,97    | 18,25                    | 19,25   | 0,29                | 1,00               |
| 2                      | 6,41                      | 6,33    | -1,5                     | -4,25   | 0,08                | 2,75               |
| 3                      | 3,87                      | 4,12    | 20,25                    | 5,50    | 0,25                | 14,75              |
| 4                      | 6,00                      | 6,07    | 22,25                    | 19,75   | 0,07                | 2,50               |
| 5                      | 2,83                      | 3,31    | 29,75                    | 34,75   | 0,48                | 5,00               |
| 15                     | 4,76                      | 5,10    | 5,50                     | 2,25    | 0,34                | 3,25               |
| 16                     | 6,69                      | 6,33    | 27,00                    | 33,50   | 0,36                | 6,50               |

tékének. Mivel az exportált képek fájlnevei tartalmazzák mind az oldalalásra, mind az adott felvételi síkra vonatkozó információkat, így az egyes képeken számolt lencsedőlésekhez irány rendelhető. A hat irányban meghatározott lencsedőlés mértékéből a program számolja a valószínűsíthető legnagyobb lencsedőlés mértékét és irányát. A lencsedőlés irányául a lencse legelőrébb helyezett részének vektorát tekintettük úgy, hogy a két oldal összevethetőségét fenntartandó, 0°-nak a nasalis irányt tekintettük, amelytől felfele a szögeltérés pozitív, lefele pedig negatív előjelet kapott.

### Adatkezelés

Az adatok statisztikai paramétereinek számolását Microsoft Excel prog-

rammal végeztük. A kutatás a SZTE Regionális és Intézményi Humán Orvosbiológiai Kutatásértékelési Bizottságának 63/2023–SZTE RKEB számú engedélye alapján történt.

### Eredmények

Eredményeink részletes adatai az 1. táblázatban találhatók. Az elvégzett méréseink alapján számítógépes programunk a lencsedőlés mértékét jól reprodukálhatóan határozza meg: phakiás szemeken a két, egymást követő mérés eltérése  $0,22 \pm 0,12^\circ$ , műlencse mellett  $0,27 \pm 0,15^\circ$  (átlag $\pm$ sd) bizonyult. A lencsedőlés irányának eltéréseit  $6,55 \pm 8,42^\circ$  volt saját lencse mellett, míg IOL esetén  $5,10 \pm 4,61^\circ$ -nak tapasztaltuk. Saját lencsés szemekben a lencse dőlésének mértéke

$4,97 \pm 1,78^\circ$ , IOL mellett  $5,10 \pm 1,24^\circ$  volt, a dőlés iránya jellemzően a nasalis iránytól képest kissé felfele mutatónak bizonyult. Ez alól egy szem (8. sorszám) jelent kivétel, hol temporális irányba mutató lencsedőlést figyeltünk meg. A pre- és posztoperatív méréseket összevetve (1–5. sorszámú szemek) a szemlencse és az IOL dőlésének változását  $1,07 \pm 0,67^\circ$ -nak, irányeltérésüket pedig  $10,05 \pm 5,83^\circ$ -nak tapasztaltuk.

### Megbeszélés

Eredményeink szerint a meglévő, műlencsetervező biométerként is használható elülső-szegmens OCT-készülék felvételei alapján a lencsedőlés jól reprodukálhatóan számolható. A mért lencsedőlés mértéke és jellemző iránya a ko-

rábbi adatokkal egyező. Habár az előkísérleteinkbe bevont kisszámú eset során észlelt lencsedőlés mértéke – és az indukált asztigmia – mértéke csekély, az irodalmi adatok (2, 3) alapján ennél jelentősen nagyobb lencsedőlést mutató szemek megjelenésével is számolnunk kell, amelyek esetében a lencsedőléssel exponenciálisan növekvő (4), már szignifikáns mértékű dőlésindukált asztigmia figyelembevétele szükségessé válhat. Noha a vizsgált esetek száma csekély, megállapítható, hogy az általunk kifejlesztett alkalmazás a lencsedőlés mértékét jó reprodukálhatósággal mérni képes. A lencsedőlés irányának pontos meghatározhatóságát ugyanakkora dőlés mértéke jelentősen befolyásolja (alacsony tilt esetén az iránymérés bizonytalan). Ezt néhány esetben magunk is tapasztaltuk, azaz alacsony lencsedőlés mellett némely esetben a dőlés iránymeghatározásának reprodukálhatósága csökkent. Ez hasonló a keratometria során tapasztaltakhoz, hol kismértékű asztigmia mellett az asztigmia irányának meghatározása jellemzően nagyobb variabilitással történik. Mivel azonban a kismértékű lencsedőlés okozta asztigmia mértéke elhanyagolható, úgy az esetlegesen így jelentkező iránymeghatározási bizonytalanság ennek gyakorlati jelentőséget annulálja. Eredményeink kapcsán megjegyzendő, hogy korábbi adatelemzé-

seink (5, 6) szerint felmerül, hogy a használatos regressziós formulák feltehetően tapasztalati eredmények alapján figyelembe vehetik a lencsedőlésből fakadó asztigmatiát. Ezen feltételezésünket alátámasztja a mért teljes szaruhártya asztigmia, valamint a Barrett Tórikus formula a szaruhártya hátsó felszíni adatait is figyelembe vevő kalkulációjának összevetéséből származó megfigyelésünk, amely a Barrett Tórikus formula által becsült asztigmia egy olyan irányú és mértékű komponensére utal, amely asztigmia a jellemző lencsedőlés irányának és mértékéből származtatható asztigmianak megfelel. Ez egyrészt a dőlésokozta asztigmia figyelembevételének jelentőségét támasztja alá, ám másrészt felmerül annak kérdése is, hogy a lencsedőlés-kiváltotta asztigmia mérése mennyiben múlhatja felül annak becslését? Az erre adható válasz úgyszintén kettős: egyfelől a preoperatív lencsedőlés-okozta asztigmia individualizált meghatározása elméletileg mindenképp, de tapasztalva a műlencsetervezés során tapasztalható egyéni eltéréseket, valószínűsíthetően is pontosabb, mint egy indirekt módon meghatározott becsült érték. Természetesen felmerül, hogy a mégoly pontosan megmért szemlencse dőléséből mekkora valószínűséggel jelezhető előre a műlencse dőlése. Hiszen kétségtelen, hogy a szemlencsedőlés egyéni-  
füg-

gő variabilitása annak mérésével eliminálható, ám a phakiás és az IOL-tilt eltéréseiből fennmaradó bizonytalanság ki nem zárható. Az irodalmi (2, 3) és saját adataink (7) alapján úgy véljük, hogy a phakiás tilt a pre- és poszoperatív lencsedőlések bizonytalanságát figyelembe véve, átlagos lencsedőléssel és -dioptriával számolva a phakiás lencsedőlés mérése az asztigmia direkt meghatározásában mintegy 0,1 DC hozzáadott értéket jelenthet. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy ez, az esetek jelentős részében elhanyagolható mértékű asztigmia nagyobb lencsedőlés, vagy nagyobb lencsedioptria-érték mellett viszont már szignifikáns mértéket érhet el, ezért a lencsedőlés meghatározását – különösképp, hogy a meglévő OCT-készülékek ehhez nyers adatot szolgáltathatnak – megfontolandónak gondoljuk. Úgy véljük, módszerünk bizonyítékát adja a már meglévő eszközök képességeinek kihasználásával a lencsedőlés reprodukálható mérésére.

## Nyilatkozat

*A szerzők kijelentik, hogy eredeti közleményük megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.*

## IRODALOM

- Hoffer KJ, Marcos S. IOL Power. Chapter 40: Special Circumstances: Effect of IOL tilt on astigmatism. 2011. p. 223–230. Slack Incorporated. ISBN: 978-1-55642-988-0
- Hirschall N, Buehren T, Bajramovic F, Trost M, Teuber T, Findl O. Prediction of postoperative intraocular lens tilt using swept-source optical coherence tomography. J Cataract Refract Surg 2017 Jun; 43(6): 732–736. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.01.026>
- Wang L, Guimaraes de Souza R, Weikert MP, Koch DD. Evaluation of crystalline lens and intraocular lens tilt using a swept-source optical coherence tomography biometer. J Cataract Refract Surg 2019 Jan; 45(1): 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.08.025>
- Weikert MP, Golla A, Wang L. Astigmatism induced by intraocular lens tilt evaluated via ray tracing. J Cataract Refract Surg 2018 Jun; 44(6): 745–749. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.04.035>

<https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.04.035>

- Szalay L, Simó G, Tóth-Molnár E. Tórikus lencse tervezése: a műlencsedőlés szerepe? Szemészet 2023; 160(1): 28–31. <https://doi.org/10.55342/szemhungarica.2023.160.1.28>
- Szalay I, Tóth-Molnár E. A mért és becsült teljes szaruhártya-asztigmia eltérései az Anterior® elülső szegmens OCT mérései alapján (absztrakt) SHIOL 2023. évi Kongresszusa, Siófok, 2023. március 23–25. <https://www.convention.hu/Contents/ShowFileByGuid/SHIOL23/aaff3302-6015-4f51-96da-d5bc4937bb4b>
- Simó G, Gyetvai T, Szalay L, Tóth-Molnár E. A lencsedőlés meghatározása az Anterior® elülső szegmens OCT felvételei alapján (absztrakt) SHIOL 2024. évi Kongresszusa, Siófok, 2024. március 21–23., [https://store.convention.hu/SHIOL24/Convention\\_SHIOL24\\_abszakt\\_A5.pdf](https://store.convention.hu/SHIOL24/Convention_SHIOL24_abszakt_A5.pdf)

## LEVELEZÉSI CÍM

Dr. Simó Gergely, 6720, Szeged, Korányi fasor 10–11.  
E-mail: simo.gergely@med.u-szeged.hu