

Femtosekundumlézeres keratoplasztika

Módis László dr. ■ Szalai Eszter dr. ■ Flaskó Zsuzsanna dr.
Kolozsvári Bence dr. ■ Berta András dr.

Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szemészeti Tanszék, Debrecen

Bevezetés és célkitűzés: A femtosekundumlézer-asszisztált perforáló keratoplasztika műtéti eredményeinek bemutatása.

Betegek és módszer: Huszonöt szemén 25 műtétet végeztünk, az indikációk a következők voltak: pseudophakiás bullous keratopathia ($n = 10$), keratoconus ($n = 4$), dystrophia corneae ($n = 5$), leucoma corneae ($n = 4$), opacitas zonularis ($n = 2$). Mind a donor, mind a recipiens trepanálását VisuMax femtosekundumos lézerkészülék (Carl Zeiss Meditec AG, Jéna, Németország) segítségével végeztük. Minden alkalommal a donorszövetet trepanáltuk ki elsőként, mesterséges elülső csarnok segítségével (Moria, Antony, Franciaország). A műtéti terv felállításához, majd a posztoperatív szakban különböző cornealis képalkotó vizsgálatokat végeztünk. A törőerőt corneatopográffal (TMS-4, Tomey, Nürnberg, Németország) és Scheimpflug-kamerával (Pentacam HR, Oculus, Wetzlar, Németország) mértük meg. A centrális corneavastagságot Pentacammal, az endothelialis sejtszámot spekulár mikroszkóppal (SP3000P, Topcon, Tokió, Japán) határoztuk meg. A cornea szerkezetét az elülső szegmentum vizsgálatára alkalmas optikaikoherencia-tomográffal (Visante, Carl Zeiss Meditec AG) tanulmányoztuk. A vizsgálatokat az első évben négy alkalommal, majd évente végeztük el. A követési idő egységesen 3 év volt.

Eredmények: A műtét utáni átlagos korrigált, decimális távoli látóélesség folyamatosan javult, a műtét előtti $0,1 \pm 0,1$ -ről a követési idő végére $0,71 \pm 0,18$ -re ($p = 0,03$). A követési periódusban valamennyi transzplantátum tiszta maradt, immunrejekció nem fordult elő. A topográfiás astigmatismus az első hónapban $4,5 \pm 3,1$ D volt, összességében csökkenő tendenciát mutatott, de már nem változott szignifikánsan a 3 éves követés alatt. Az átlagos centrális corneavastagság a 3 év alatt $60 \mu\text{m}$ -en belül változott, szignifikáns eltérést itt sem mutattunk ki az első hónapi ($564 \pm 52 \mu\text{m}$), a köztes és a 3. évi átlagérték ($596 \pm 64 \mu\text{m}$) között ($p = 0,1$). Az átlagos centrális endothelialis sejtszám folyamatosan csökkent, majd stagnált, de szignifikáns eltérést itt sem figyeltünk meg az első (1641 ± 433 sejt/ mm^2) és az utolsó kontroll (1220 ± 391 sejt/ mm^2 , $p = 0,1$) értékei között.

Következtetések: A femtosekundumlézer-asszisztált szaruhártya-átültetés során a donor és a recipiens trepanációja automatikusan, nagy pontossággal történik. A precíz metszéspont kiváló sebgyógyulást és sebgyógyulást eredményez. A műtéten átesett betegek rehabilitációja mind funkcionális, mind anatómiai szempontból kedvező és gyors. Orv Hetil. 2018; 159(17): 671–676.

Kulcsszavak: keratoplasztika, femtosekundumlézer, astigmia, corneavastagság, endothelium

Femtosecond laser-assisted keratoplasty

Introduction and aim: To present our results on femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasty.

Patients and method: Twenty-five eyes of 25 patients underwent surgery with the following indications: pseudophakic bullous keratopathy ($n = 10$), keratoconus ($n = 4$), corneal dystrophy ($n = 5$), corneal scar ($n = 4$), band keratopathy ($n = 2$). Trephination of both the donor and recipient corneas were performed with VisuMax femtosecond laser device (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany). In each case, trephination of the donor tissue was performed first with an artificial anterior chamber (Moria, Antony, France). For the surgical plan and in the postoperative period we obtained different corneal imaging modalities. The corneal power was measured with corneal topography (TMS-4, Tomey, Nürnberg, Germany) and Scheimpflug tomography (Pentacam HR, Oculus, Wetzlar, Germany). The central corneal thickness was evaluated with Pentacam and corneal endothelial cell density was measured with specular microscopy (SP3000P, Topcon, Tokyo, Japan). The corneal structure was imaged with anterior segment optical coherence tomography (Visante, Carl Zeiss Meditec AG). All measurements were performed every 3 months in the first year and yearly thereafter. The follow-up period was 3 years in every case.

Results: The corrected decimal visual acuity showed an improvement from a preoperative 0.1 ± 0.1 to a postoperative 0.71 ± 0.18 value at the end of the follow-up period ($p = 0.03$). All corneal grafts maintained their transparency, there were no immunological rejection during the follow-up. Topographical astigmatism was 4.5 ± 3.1 D in the first month; it showed a decreasing tendency, but there was no significant change in the 3-year period. The mean central corneal thickness changed with $60 \mu\text{m}$ during the follow-up; there was no significant difference between the first

month ($564 \pm 52 \mu\text{m}$) and the third year ($596 \pm 64 \mu\text{m}$) mean pachymetry values ($p = 0.1$). The mean endothelial cell density decreased first, then remained stable, but did not change significantly from the first ($1641 \pm 433 \text{ cells/mm}^2$) to the last postoperative visit ($1220 \pm 391 \text{ cells/mm}^2$, $p = 0.1$).

Conclusions: In the case of femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasty, trephination of the donor and recipient cornea is performed automatically in a highly precise fashion. The accurate cutting surface provides excellent wound apposition and healing. Both anatomical and functional rehabilitation of patients undergoing surgery are favourable and fast.

Keywords: keratoplasty, femtosecond laser, astigmatism, corneal thickness, endothelium

Módis L, Szalai E, Flaskó Zs, Kolozsvári B, Berta A. [Femtosecond laser-assisted keratoplasty]. *Orv Hetil.* 2018; 159(17): 671–676.

(Beérkezett 2017. december 29.; elfogadva: 2018. január 25.)

Semmelweis Ignác születésének 200. évfordulója évében a *Szerkesztőség* felkérésére készített tanulmány.

Rövidítések

FDA = (U.S. Food and Drug Administration) az Amerikai Egyesült Államok Élelmiszer-biztonsági és Gyógyszerészeti Hivatala; FLAK = femtoszekundumlézer-asszisztált keratoplasztika; fs = femtoszekundum; LASIK = (laser-assisted *in situ* keratomileusis) lézerasszisztált *in situ* keratomileusis; OCT = optikaikoherencia-tomográf; SMILE = (small incision lenticule extraction; TIOP = Társadalmi Infrastruktúra Operatív Program

A femtoszekundumlézeres cornealis sebészet mintegy két évtizedes múltra tekint vissza. Az első lézerek kifejlesztésében, majd klinikai felhasználásában magyar közreműködők is részt vettek, úttörő szerepet vállaltak [1–3]. Az FDA 2001-ben engedélyezte a lézer használatát lebenykészítéshez LASIK-műtétek kapcsán. Ezt követően folyamatos volt a technikai fejlődés, a pulzusszám folyamatosan növekedett, a kibocsátott energia csökkent, ezáltal a szöveti károsító hatás minimalizálódott.

A femtoszekundumlézer 500 kHz frekvenciájú, infravörös tartományba eső hullámhosszúságú (1040 nm) impulzusok segítségével a fotodiszrupció elve alapján képes precíz szöveti metszéseket végezni, így a corneastrofómiában is. Következésképpen szabad elektronok, ionizált molekulák keletkeznek, látható formában kavitációs buborékok képződnek, amelyek szén-dioxidból és vízből állnak. A gáz felszívódik, létrejön a metszési felszín. A femtoszekundumlézer szaruhártyára kifejtett hatását – a precíz szöveti metszést – a rendkívül gyors, 220–580 fs időtartamú lézerimpulzusoknak köszönheti ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Ezáltal a metszési, vágási idő nemcsak rendkívüli módon pontos, hanem jelentősen lerövidül, szemben a korábbi excimerlézeres trepanációval [4, 5].

A femtoszekundumlézerek szemészeti alkalmazási területe folyamatosan bővül. A fő felhasználási terület a már említett femto-LASIK, de ezenkívül használható myopia, hypermetropia, astigmia, presbyopia kezelésére, stromalisalagút-seb készítésére intracornealis gyűrű beültetéséhez, továbbá lamelláris és perforáló szaruhártya-átültetésekhez [6–8]. Újdonságnak számít a myopia se-

bézi kezelésében a lebenykészítés nélküli beavatkozás VisuMax készülékkel (Carl Zeiss Meditec AG, Jéna, Németország), stromalis lenticula eltávolításával [6, 9, 10]. Ez az úgynevezett SMILE eljárás. A femtoszekundumlézer a cornealis felhasználása mellett elterjedt a cataractsebészetben is, segítségével clear cornealis seb készítése, capsulorhexis és a mag darabolása végezhető [11, 12].

Néhány éve a Debreceni Egyetem által elnyert TIOP európai uniós pályázat keretében femtoszekundumlézert szereztünk be és működtetünk (*1. ábra*). A lézerkészüléket válogatott esetekben elsősorban szaruhártya-átültetések műtéteiben használjuk. A jelen tanulmányban a femtoszekundumlézer-asszisztált keratoplasztika (FLAK)-műtétekről számolunk be.

Betegek és módszer

Az eddig elvégzett 59 FLAK-műtétből annak a 25 betegnek (átlagéletkor $58,64 \pm 16$ év) az adatait dolgoztuk fel, akiknél perforáló műtét történt; a beavatkozásokat egy operatőr végezte (ML), és a követési idő egységesen 3 év volt.

A műtéti indikációk a következők voltak: pseudophakia bullosus keratopathia ($n = 10$), keratoconus ($n = 4$), dystrophia corneae ($n = 5$), leucoma corneae ($n = 4$), opacitas zonularis ($n = 2$).

A műtéti sikert elsősorban a legjobban korrigált távoli látóélesség meghatározásával értékeltük.

A műtét megtervezéséhez, valamint a posztoperatív időszakban a szaruhártya törőerejét corneatopográfival (TMS-4, Tomey, Nürnberg, Németország) és Scheimpflug-kamerával (Pentacam HR, Oculus, Wetzlar, Németország) mértük meg, és a szimulált centrális keratometriás értékeket használtuk fel statisztikai elemzésre. A centrális corneavastagságot Pentacammal, az endothelialis sejtszámot spekulár mikroszkóppal (SP3000P, Topcon, Tokió, Japán) határoztuk meg. A cornea szerkezetét elülsőszegmens-OCT segítségével (Visante, Carl Zeiss Meditec AG) tanulmányoztuk. A vizsgálatokat az első évben négy alkalommal, majd évente végeztük el.



1. ábra | A VisuMax femtoszekundumos lézerkészülék, a tervező képernyőkkel



2. ábra | A mesterséges elülső csarnokon rögzített donor cornea a dokkolás előtt

A műtéti technika

Mind a donor, mind a recipiens trepanálását VisuMax femtoszekundumos lézerkészülék segítségével végeztük. Minden alkalommal a donorszövetet trepanáltuk ki elsőként, mesterséges elülső csarnok segítségével (Moria, Antony, Franciaország), állandó szemnyomást biztosítva (2. és 3. ábra). A donor felszínére a szaruhártya görbületének megfelelő feltétet, dokkolóegységet, szívógyűrűt helyeztünk, amely biztosítja a szövet és a lézerkészülék közötti kapcsolódást. Ezek speciális, kizárólag keratoplasztikához használt feltétek, amelyekből 3 különböző méret áll rendelkezésre, a cornea anatómiai paramétereinek megfelelően, S, M és L méretben. A donor kivágásá-



3. ábra | A donor cornea (transzplantátum), közvetlenül a trepanáció után

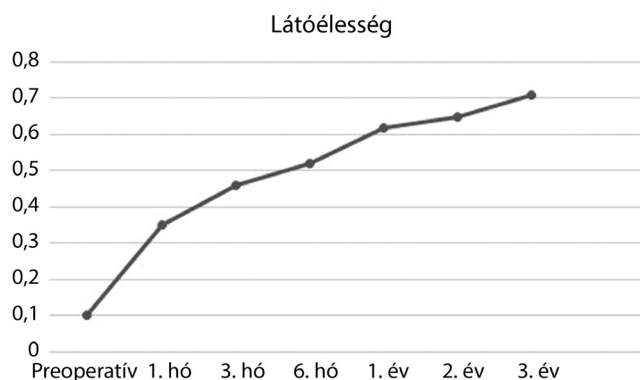
hoz a gyártó által is ajánlott L-es csomagot használtuk minden esetben. A tökéletes applanációt, a dokkolást a lézer által keltett vákuum segítségével értük el.

A donor és a recipiens corneaszövet trepanálása előtt a lézerbe épített számítógépes program segítségével állítottuk be a kívánt metszési paramétereket, amelyek OCT- és Pentacam-vizsgálatok eredményén alapultak, figyelembe véve a cornea görbületi sugarát és vastagságát is. Ezek szerint programozható a vágás átmérője, mélysége, illetve a lézer dőlésszöge. Tizenhét esetben a trepanáció a felszínre merőlegesen, 90 fokban, 8 esetben pedig 100 fokban történt. A donor cornea hátsó átmérője átlagosan $6,92 \pm 0,3$ mm, elülső átmérője $7,9 \pm 0,4$ mm volt. A recipiens cornea esetében a fenti sorrendet követve $6,7 \pm 0,3$ mm, illetve $7,7 \pm 0,4$ mm volt az átlagérték. A varrási technika hasonló volt, mint hagyományos műtétnél, 4 pozíciós varrat betétele után a transzplantátumot 10/0 nylonvarrattal, 16 kacsos tova futó varrattal rögzítettük. A posztoperatív kezelés egy hétig antibiotikum- és minimum fél évig tartó szteroidcseppentéssel állt. A varratokat átlagosan 9,5 hónappal a műtét után távolítottuk el.

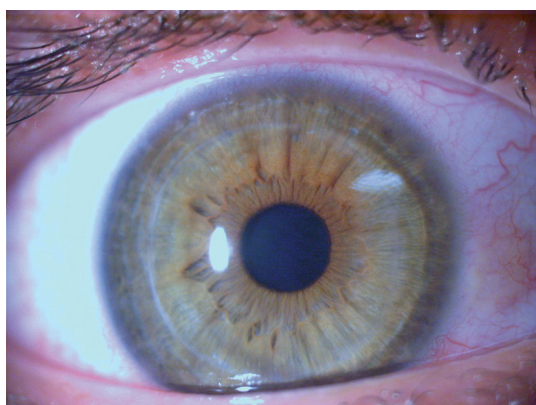
Eredmények

Mind a recipiens, mind a donor corneák kimetszése automatikusan, szívógyűrűvel felépített vákuum létrehozása után, femtoszekundumlézer segítségével történt, a donor esetében mesterséges elülső csarnok használatával. A donor corneák esetében komplett trepanáció 21 esetben volt lehetséges, 3 esetben spatulával, egy esetben mikroollóval komplettáltuk a metszést. A recipiensnél 7 alkalommal (28%) kellett mikroollóval a hátsó stromalis szövethidakat átvágni a teljes trepanációhoz. Intraoperatív, illetve lézer okozta komplikációt nem tapasztaltunk.

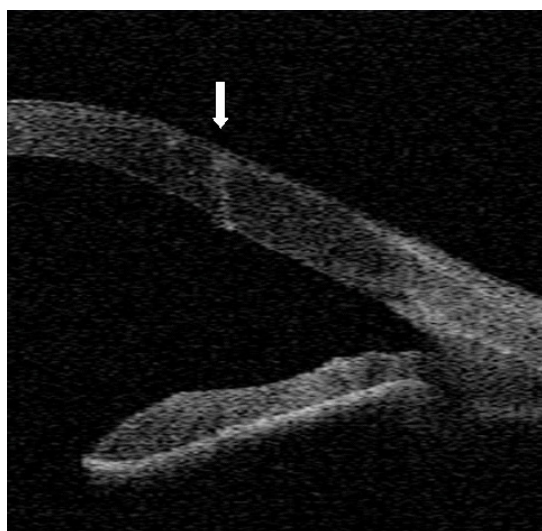
A műtét utáni átlagos korrigált, decimális távoli látóélesség folyamatosan javult, a műtét előtti $0,1 \pm 0,1$ -ről a követési idő végére $0,71 \pm 0,18$ -re ($p = 0,03$) (4. ábra).



4. ábra | A látóélesség változása perforáló FLAK-műtét után



5. ábra | Perforáló FLAK-műtét utáni állapot, két hónappal a varratszedés után



6. ábra | Perforáló FLAK-műtét utáni állapot. OCT-felvétel, a nyíl a heg-vonalat jelöli (a felszínre merőleges trepanáció)

A követési periódusban valamennyi transzplantátum tiszta maradt, a kiváló sebadaptációt OCT segítségével is igazoltuk (5. és 6. ábra). Immunreakció nem fordult elő. Egy betegnél varratszedést követően a seb rövid szakaszon megnyílt, ebben az esetben 3 csomós varrat behelyezésére volt szükség. Később, a sebvonal mellett

ezen a szakaszon reverzibilis hámerózió, majd centrumot nem érintő macula alakult ki.

A topográfiás astigmia az első hónapban $4,5 \text{ D} \pm 3,1$ volt, amely kisebb változásokat mutatott, de összességében csökkenő tendenciával már nem változott szignifikánsan sem az értéke, sem a tengelye, és mindvégig reguláris maradt a 3 éves követés alatt (7. ábra).

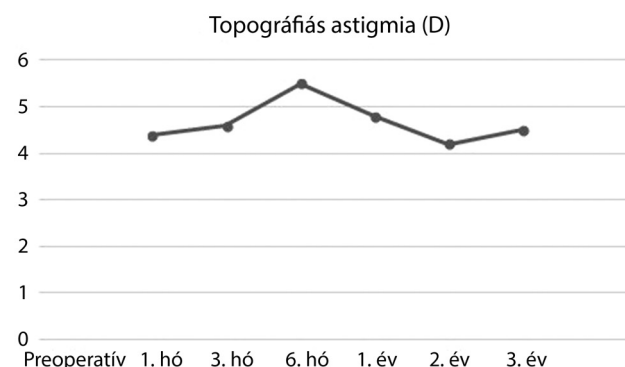
Az átlagos centrális corneavastagság a 3 év alatt $60 \mu\text{m}$ -en belül változott; szignifikáns eltérést itt sem mutattunk ki az első hónapi ($564 \pm 52 \mu\text{m}$), a köztes és a 3. évi átlagérték ($596 \pm 64 \mu\text{m}$) között ($p = 0,1$).

Az átlagos centrális endothelialis sejtszám az első évben kisebb, majd az első év után nagyobb mértékben csökkent, de szignifikáns eltérést itt sem figyeltünk meg az első ($1641 \pm 433 \text{ sejt/mm}^2$) és az utolsó kontroll ($1220 \pm 391 \text{ sejt/mm}^2$, $p = 0,1$) értékei között (8. ábra). Az endothelialis sejtszám kezdeti és a 3. év végén mért csökkenése 24%-os sejtvészteségnek felel meg.

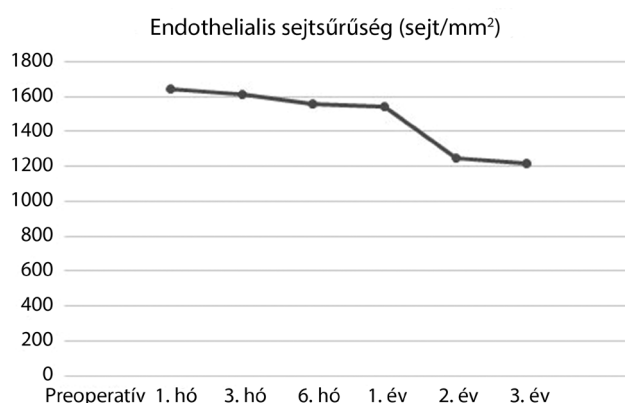
Megbeszélés

A femtoszekundumlézer a szemészetben eredetileg refraktív célból kezdték alkalmazni, de segítségével számos, tetszőleges metszési forma kialakítható, ezért felhasználási területe hamar kiszélesedett [6–8].

A lézer a fotodiszrupció elve alapján működik, képes gyorsan, számítógép által vezérelten mikronnyi pontossággal szöveti metszéseket végrehajtani. Egyik újabb sze-



7. ábra | Az astigmia változása a posztoperatív szakban



8. ábra | A centrális cornealis endothelialis sejtszám változása a műtét utáni időszakban

mészeti felhasználási területe a keratoplasztika. Perforáló műtéten kívül, segítségével végezhető elülső és hátsó lamelláris keratoplasztika is.

A jelen tanulmányban a perforáló műtétek hosszú távú eredményeit vizsgáltuk. Ezekben az esetekben a trepanáció paraméterei a számítógép vezérelte határok között választhatók meg. Mind a donor, mind a recipiens hátsó átmérője 5,50–9,00 mm között változtatható. Mint a manuális műtétnek, itt is nagyobb donorméretet célszerű megadni, magunk átlagosan 0,2 mm-rel választottunk nagyobb donorátmérőt.

Az általunk használt készülék, a VisuMax lézer egyenes, de különböző dőlésszögű metszéseket képes végrehajtani, biztosítva a sebszélek tökéletes illeszkedését, ami kedvező tektonikai hatást eredményez. A metszés, vágás („sidecut”) 45–135 fok között állítható be, 90 fok értelemszerűen a cornea felszínére merőleges vágást jelent. A maximális mélység az átmérő csökkentésével 780 µm-re növelhető (7,5 mm-es átmérőnél). Saját gyakorlatunkban, random módon nagyobb számban 90 fokos, a 25-ből 8 esetben pedig 100 fokos metszést alkalmaztunk, a donor és a recipiens szövet esetében is. Mindkét vágás rögtön kiváló sebgyógyulást tett lehetővé, és a varrást is nagyon megkönnyítette. Kifejezetten patológiás, vaskos corneák esetén szükség lehet a perforáció komplettálására hagyományos eszközök segítségével, mint ezt a saját eseteinkben is tapasztaltuk (28%-ban), de másoknál is hasonló arányban fordult elő [13, 14].

A lézeres trepanálásnak három nagyon fontos eleme van. Az első a cornea megfelelő centrálása, pozicionálása, amely könnyebben kivitelezhető donor esetében a mesterséges elülső csarnokon. A másik a megfelelő tónus, amelyet donor esetében a mesterséges csarnokba vezetett oldat (általában BSS) segítségével és a megfelelő palackmagassággal biztosítani lehet. A harmadik pedig a felszín megfelelő nedvesítése. A fentiek hiányában a szívvagyűrű üveglemeze és a cornea felszíne között nem alakul ki megfelelő kapcsolódás (dokkolás), és ezáltal nem épül fel megfelelő vákuum. Ilyenkor a trepanáció el sem kezdődhet, esetleg szabálytalan lesz, vagy ami a legrosszabb, trepanáció közben áll le. Magunk ilyen beállítási, trepanálási nehézségeket nem tapasztaltunk. Az azonban előfordult, hogy keratoconus és mélyen ülő szemek esetében a pontos centrálás eléréséhez több idő, esetleg a bulbos elfordítása kellett.

A trepanáció ideje függ a cornea átmérőjétől, vastagságától, de lényegesen rövidebb – átlagosan 20–40 s –, mint a másik, jelenleg használatos lézeres transzplantációs technikánál, az excimerlézernél [15, 16].

A VisuMax készülék további nagy előnye mind refraktív, mind transzplantációs műtétnek, hogy a szemnyomás emelkedése ennél a készüléknél a legkevesebb, összehasonlítva a kereskedelmi forgalomban lévő femtoszekundumos lézerkészülékekkel. Ez egyrészt a homorú, ezáltal a corneára fiziológiásan illeszkedő szívvagyűrűnek, másrészt a kedvező vákuumhatásnak köszönhető. Ezáltal az átlagos intraoperatív szemnyomás 65 Hgmm-re tehe-

tő, ez az érték más készülékekénél akár négyszeres is lehet [17, 18].

A látóélesség viszonylag gyorsan javult FLAK után, mind saját, mind más szerzők eredményei szerint. A legjobban korrigált látás egységesen 0,6 volt, azon szerzők közlése szerint, akik legalább 10 műtét eredményét vették figyelembe, és legalább egy évig követték a pácienseket [19–23]. A funkcionális kimenetelt a kísérő szemészeti betegségek is befolyásolták, mint saját eseteinkben is.

Az anatómiai paraméterek is kedvezően alakultak műtét után. A cornealis astigmia a fenti szempontok alapján (legalább 10 beteg, egyéves követés, varratszedés utáni állapot) 6,0 D körül alakult három tanulmányban, egyben 2,84 D, egyben pedig 3,6 D volt [19–23]. Ezekben az esetekben a lézerkészülék különbözött az általunk használttól, és a donor, valamint a recipiens trepanálása-kor különböző konfigurációkat használtak (cikcakk-, gomba- és cilinderalakzatot). VisuMax készülékkel elért eredményekről mindössze egy közlés számol be: a látóélességet 0,65-nek találták, és fél éves követés után (nem minden varrat került még eltávolításra) az astigmia értéke 4,06 D volt. Ezek a paraméterek szinte teljesen egyeznek az általunk mért adatokkal. FLAK-műtét után bármennyire jó és gyors a sebgyógyulás, nyilván a varratok húzóhatásával ennél a műtét típusnál is számolnunk kell. Ez lehet az oka a 6. hónapban észlelt astigmiaemelkedésnek. A varratszedést követően (átlagosan 9,5 hónap) az astigmia mértéke fokozatosan, lassan csökkenő tendenciát mutatott.

A centrális endothelialis sejtsűrűség csökkenése perforáló keratoplasztika után a leggyakrabban a biexponenciális modellel jellemezhető, amely két periódusra osztható [24, 25]. Ezek szerint a műtét utáni első évben gyors, majd a második évtől lassúbb, tartós sejtvesztés figyelhető meg. Ez az első, két éves sejtszámcsökkenés átlagosan 33%-ra tehető [26]. Ez azonos volt *Bahar* és *Levinger* perforáló FLAK utáni eredményével (32%), ugyanakkor *Birnbaum* tanulmánya csak 19%-os csökkenést említ, magunk pedig 24%-os sejtvesztést mutattunk ki [19, 21, 22].

Több szerző javasolt és végzett is a konvencionális 6 hónapnál korábbi varratszedést [19–21]. Mi is megpróbáltunk egy esetben, amikor a sebvonal részleges megnyílását észleltük. Ezért saját gyakorlatunkban továbbra is a minimum 6 hónapos időtartamot ajánljuk a varrateltávolításra.

A femtoszekundumlézer-asszisztált donor- és recipienstrepanáció szaruhártya-átültetés során nagy pontosságú metszéspont kialakítását, majd sebgyógyulást tesz lehetővé. Ez biztosítja a transzplantátum kiváló tapadását, stabilitását, kiváló optikai és biomechanikai tulajdonságát. Mindezek viszonylag gyors rehabilitációt biztosítanak a transzplantáción átesett betegeknek. A perforáló FLAK-műtétnek meghatározott indikációs területe van, ám nem minden esetben végezhető vagy ajánlott a recipiens trepanációja a lézer segítségével (1. táblázat). Ez a műtėti technika választható nem túl vaskos (<900 µm), éretlen cornealis homályok, kisebb keratoconus ese-

1. táblázat | A femtoszekundumlézer-asszisztált perforáló keratoplasztika indikációi és relatív kontraindikációi

Indikációk	Relatív kontraindikációk
Dystrophiák	Előrehaladott keratoconus (nehézkedő dokkolás)
Degenerációk	Vaskos cornea (inkomplett trepanáció)
Ectasiák	Erezett cornea (vákuumvesztés trepanáció közben)
Hegyek, homályok, ereződés nélkül	Költségigényes

tén. Kifejezetten conicus corneák dokkolása nehézkes, decentrált lehet, ereződés jelenléte kapcsán pedig a lézeres trepanáció során vákuumvesztéssel, inkomplett trepanációval szembesülhetünk.

Következtetés

Összefoglalva, a FLAK bevezetése jelentős paradigma-váltást okozott a szaruhártya-átültetés területén. Segítségével nagy pontossággal végezhető a szaruhártya-átültetés, gyors sebgyógyulással és rehabilitációval. A technikai és a sebészi háttér a Debreceni Szemklinikán rendelkezésre áll, csapatmunkára épülve beváltan működik.

Anyagi támogatás: A szerzők anyagi támogatásban nem részesültek.

Szerzői munkamegosztás: M. L.: A cikk megírása, műtétek végzése. M. L., Sz. E., F. Zs.: A műszeres vizsgálatok elvégzése. K. B.: A műtétek tervezése, statisztika. M. L., Sz. E., F. Zs., B. A.: A közlemény javítása, véglegesítése. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Ratkay-Traub I, Ferincz IE, Juhasz T, et al. First clinical results with the femtosecond neodymium-glass laser in refractive surgery. *J Refract Surg.* 2003; 19: 94–103.
- [2] Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, et al. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2009; 25: 1053–1060.
- [3] Nagy ZZ. Femtolaser cataract surgery: how to evaluate this technology, read the literature, and avoid possible complications. *J Refract Surg.* 2012; 28: 855–857.
- [4] Seitz B, Langenbucher A, Naumann GO. Perspectives of excimer laser-assisted keratoplasty. *Ophthalmologie* 2011; 108: 817–824. [Article in German]
- [5] El-Husseiny M, Seitz B, Langenbucher A, et al. Excimer versus femtosecond laser assisted penetrating keratoplasty in keratoconus and Fuchs dystrophy: intraoperative pitfalls. *J Ophthalmol.* 2015; 2015: 645830.
- [6] Aristidou A, Taniguchi EV, Tsatsos M, et al. The evolution of corneal and refractive surgery with the femtosecond laser. *Eye Vis (Lond).* 2015; 2: 12.
- [7] Callou TP, Garcia R, Mukai A, et al. Advances in femtosecond laser technology. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10: 697–703.
- [8] Marino GK, Santhiago MR, Wilson SE. Femtosecond lasers and corneal surgical procedures. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2017; 6: 456–464.
- [9] Moshirfar M, McCaughey MV, Reinstein DZ, et al. Small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2015; 41: 652–665.
- [10] Taneri S, Kießler S, Rost A, et al. Experience with introduction of SMILE: learning phase of our first 200 treatments. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2017; 234: 70–76. [Article in German]
- [11] Nagy ZZ. New technology update: femtosecond laser in cataract surgery. *Clin Ophthalmol.* 2014; 8: 1157–1167.
- [12] Nagy ZZ, Kiss JH, Takács AI, et al. Results of femtosecond laser-assisted cataract surgery using the new 2.16 software and the SoftFit® Patient Interface. [A femtoszekundumlézer-asszisztált szűrkehályog-műtét eredményei az új 2.16-os szoftverrel és a módosított SoftFit® páciens felülettel.] *Orv Hetil.* 2015; 156: 221–225. [Hungarian]
- [13] Por YM, Cheng JY, Parthasarathy A, et al. Outcomes of femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol.* 2008; 145: 772–774.
- [14] Kamiya K, Kobashi H, Shimizu K, et al. Clinical outcomes of penetrating keratoplasty performed with the VisuMax femtosecond laser system and comparison with conventional penetrating keratoplasty. *PLoS ONE* 2014; 9: e105464.
- [15] Szentmáry N, Langenbucher A, Kus MM, et al. Long-term refractive results of elliptical excimer laser penetrating keratoplasty (EELPK). *Curr Eye Res.* 2007; 32: 953–959.
- [16] Seitz B, Szentmáry N, Langenbucher A, et al. PKP for keratoconus – from hand/motor trephine to excimer laser and back to femtosecond laser. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2016; 233: 727–736. [Article in German]
- [17] Vetter JM, Holzer MP, Teping C, et al. Intraocular pressure during corneal flap preparation: comparison among four femtosecond lasers in porcine eyes. *J Refract Surg.* 2011; 27: 427–433.
- [18] Strohmaier C, Runge C, Seyeddain O, et al. Profiles of intraocular pressure in human donor eyes during femtosecond laser procedures – a comparative study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013; 54: 522–528.
- [19] Bahar I, Kaiserman I, Lange AP, et al. Femtosecond laser versus manual dissection for top hat penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2009; 93: 73–78.
- [20] Chamberlain WD, Rush SW, Mathers WD, et al. Comparison of femtosecond laser-assisted keratoplasty versus conventional penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 2011; 118: 486–491.
- [21] Birnbaum F, Wiggemann A, Maier PC, et al. Clinical results of 123 femtosecond laser-assisted penetrating keratoplasties. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013; 25: 95–103.
- [22] Levinger E, Trivizki O, Levinger S, et al. Outcome of “mushroom” pattern femtosecond laser-assisted keratoplasty versus conventional penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. *Cornea* 2014; 33: 481–485.
- [23] Daniel MC, Böhringer D, Maier P, et al. Comparison of long-term outcomes of femtosecond laser-assisted keratoplasty with conventional keratoplasty. *Cornea* 2016; 35: 293–298.
- [24] Langenbucher A, Nguyen NX, Kus MM, et al. Regression analysis of corneal endothelium after nonmechanical penetrating keratoplasty. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2000; 216: 393–399. [Article in German]
- [25] Böhringer D, Reinhard T, Godehardt E, et al. Regression analysis of idiopathic endothelial cell loss after penetrating normal risk keratoplasty: basic principles for long-term analysis of endothelial risk factors in a retrospective clinical study. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 2001; 218: 412–417. [Article in German]
- [26] Culbertson WW, Abbott RL, Forster RK. Endothelial cell loss in penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1982; 89: 600–604.

(Módis László dr.,
Debrecen, Nagyerdei krt. 98., 4012
e-mail: modis.laszlo@med.unideb.hu)