

Refraktív sebészet a XXI. században

A fénytörési hibák műtéti javítása

Nagy Zoltán Zsolt, Szabó Viktória, Süveges Ildikó

REFRACTIVE SURGERY IN
THE XXIST CENTURY
– SURGICAL CORRECTION OF
REFRACTIVE ERRORS

A refraktív sebészeti beavatkozások világszerte egyre népszerűbbek. A műtétekkel az a célunk, hogy a szemüveg vagy kontaktlencse használata nélküli, úgynevezett korrígalatlan látásélességet a szaruhártya törőerejének megváltoztatásával javítsuk, és a páciens ne szoruljon többet optikai korrekcióra.

A közleményben bemutatjuk a refraktív sebészet történetét, az excimer lézerek legfontosabb tulajdonságait és típusait, a napjainkban alkalmazott legkorszerűbb refraktív sebészeti műtéti eljárásokat és alternatív refraktív sebészeti módszereket, a sebészi kezelhetőség alsó és felső dioptriahatárait, a legújabb diagnosztikai és technikai fejlesztések, azaz a hullámfront-analízis nyújtotta lehetőségeket.

Refractive surgical procedures have become more and more popular worldwide. The ultimate aim of these procedures is to change the refractive power of the cornea in order to achieve good uncorrected visual acuity and to get rid of the optical correction need. In this article, the history of refractive surgery, the most important characteristics and types of the excimer lasers, the most up-to-date refractive surgical techniques and alternative refractive procedures are presented. The lower and upper limits of surgical correction, the newest diagnostic and technical development, i.e. the possibilities of wavefront technology are also discussed.

**refraktív sebészet, szaruhártya-törőerő,
excimer lézer, hullámfront-analízis**

**refractive surgery, corneal refractive power,
excimer laser, wavefront analysis**

dr. Nagy Zoltán Zsolt (levelező szerző/correspondent), dr. Szabó Viktória, dr. Süveges Ildikó:
Semmelweis Egyetem, Általános Orvosi Kar, I. Sz. Szemészeti Klinika/Semmelweis University,
Faculty of Medicine, 1st Department of Ophthalmology;
H-1083 Budapest, Tömő u. 25–29. E-mail: nz@szem1.sote.hu

Érkezett: 2004. április 16. Elfogadva: 2004. május 25.

A XX. század utolsó évtizedét a magyar és a nemzetközi szemészetben méltán nevezhetjük a refraktív sebészet évtizedének, hiszen napjainkban ezek a műtétek világszerte a leggyakoribb beavatkozásokká váltak.

Az emberi szem optikai rendszerében a két legfontosabb törőközeget képviselő anatómiai képlet a szaruhártya és a szemlencse. A Donders-féle, redukált szemmodell szerint a +63,0 dioptriás (D) teljes törőerőből +43,0 D-t a szaruhártya képvisel, míg a szemlencse csupán +20,0 D-t. Kézenfekvő tehát, hogy fénytörés-változtatásra elsősorban a szaruhártya kezelése jön szóba. Ez azért is előnyös, mert nem kell hozzá meg-

nyitni a szemgolyót, ennél fogva nem áll fenn az endophthalmitis veszélye. A beavatkozás után gyors visusrehabilitációra számíthatunk.

Epidemiológiai adatok szerint az európai populációban a lakosság közel 35%-a szemüveges, a távolkeleti országokban pedig 75% körüli a fénytörési hibák prevalenciája (1). A különbség okát nem tudjuk; a távolkeleti országokban feltehetően az életkörülmények gyors változása, a folytonos tanulási kényszer, a táplálkozási szokások változásai és az akceleráció játsszanak szerepet. A fénytörési hibák gyakorisága az életkor előrehaladtával növekszik, de a szemlencse rugalmatlanná válása (öregszeműség) miatt 45 éves kor

után az egyébként jól látó egyénnek is olvasószemüvegre van szüksége. Bizonyos életkor után tehát szinte mindenki valamilyen optikai korrekcióra szorul.

A fénytörési hibák típusai

Normális látás – azaz úgynevezett *emmetropiás* fénytörés – esetén fiatalkorban sem távolra, sem közelre nem szükséges optikai korrekció. A szemtengely hossza mintegy 24,0 mm.

A leggyakoribb fénytörési hiba a *rövidlátás* (*myopia*), amelynek alapvető oka a szemgolyó megnyúlása; a hossz tengely egy milliméternyi növekedése átlagosan $-3,0$ D myopiát okoz. A rövidlátók távolra homályosan, közelre azonban kiválóan látnak. Idősebb korban szemüveg nélkül tudnak olvasni, de a rövidlátásból adódó távoli látásélességük nem változik. A rövidlátást bikonkáv lencsével lehet korrigálni.

A *túllátás* (*hypermetropia*) sokkal ritkább, mint a myopia. A hypermetropia oka az, hogy a szemgolyó rövidebb, mint az emmetropiás bulbus. Fiatalkorban a kis dioptriaértékű fénytörési hibákat a túllátó egyén a szemlencse domborúbbá tételével kompenzálni tudja (közelre alkalmazkodás, akkomodáció). Időskorban a lencse rugalmatlanná válásával ez a tulajdonság megszűnik, ezért a túllátók sem közelre, sem távolra nem látnak élesen. Olvasáshoz nem veszik le a szemüvegüket, mint a myopiások, hanem a távoli korrekciójuknál erősebb szemüveget kell használniuk. A távollátás bikonvex lencsével korrigálható.

Gyermekkorban a nem korrigált távollátás kancsalságot és tompalátást okozhat, ezért a gyermekkori szemészeti szűrővizsgálatok nagyon fontosak.

Az *astigmia* olyan fénytörési hiba, amelyet általában a szaruhártya görbületének szabálytalansága, illetve az ebből fakadó törőerő-egyenletlenség okoz. A

fénysugarak a retinán nem pontban, hanem egy elmosódott vonalban találkoznak. A hiba korrigálására a hengerfelszínű, úgynevezett cilindres üvegek alkalmaznak. Az astigmia önmagában is előfordulhat, de kombinálódhat myopiával, hypermetropiával, sőt, vegyes astigmia esetén az egyik tengely „pluszos”, a másik tengely „mínuszos” fénytörésű.

Történeti áttekintés

Az első optikai korrekció megjelenését a XII. évszázadra datálhatjuk, amikor muranói és pisai üvegfúvó mesterek elkészítették az első presbyop (bikonvex üveg) korrekciót. Ezek a mesterek céhekbe tömörültek, mesterségük szakmai titkait őrizték. Szemüvegeik nagyon drágák voltak, csak a kiváltságosok, vagyonosok tudták megfizetni (lásd a „pápaszem” elnevezést). Közel két évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy a

rövidlátás korrekciója is lehetségessé váljon a bikonkáv szemüveglencsék megalkotásával. Az astigmias fénytörési hibák optikai korrekciójához már ismerni kellett a *Newton* és *Descartes* által felfedezett és leírt alapvető fénytani törvényeket.

A XVIII. században, Németországban *Fukala* a szemlencse teljes eltávolításával kezelte a nagyfokú ($-20,0$ D-t meghaladó) rövidlátást. A műtéti érzéstelenítésnek és az aszepszis-antiszepszis eszközeinek a hiánya, valamint a szövődmények (üvegtestvesztés, retinaleválás, endophthalmitis, szemnyomás-emelkedés, megvakulás) gyakorisága miatt a módszer nem terjedt el széles körben. A XIX. században a kokainos helyi érzéstelenítés bevezetésével ismét gyakrabban végeztek ezeket a műtéteket, azonban a mikrosebészeti feltételek hiánya miatt túl sok komplikáció lépett fel, ezért felhagytak a próbálkozással.

A XIX. század végén közel egy időben, Németországban és az Amerikai Egyesült Államokban *Lans* és *Bates* szemorvosok paracentesist, kauterizációt és bemetszéseket végeztek a szaruhártyán, amellyel a nagyfokú astigmatizmust és a keratoconust igyekeztek sebészileg kezelni (2). Az eredmények jóslhatósága, vagyis az optikai tervezhetőség nagy szórást mutatott, ezért a módszer leginkább a korabeli újságokat és a szemészeti történelmet gazdagította.

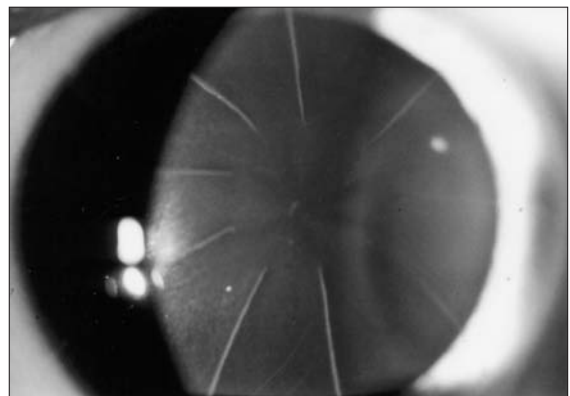
A XX. század közepén a japán *Sato* a szaruhártya külső és belső felszínén bemetszéseket végzett a nagyfokú asztigmatizmus és a keratoconus sebészi kezelése céljából (3). A belső felszín borító endothelium sérülése az esetek többségében a cornea súlyos károsodásához, dekompenzációjához vezetett, ezért a módszer nem nyert elfogadást.

A 70-es években *Fjodorov* és *Yenaliev* felelevenítették az eljárást radiális keratotomia néven. A bemetszéseket kívülről végezték, vigyázva arra, hogy a szaruhártya belső felszíne ne sérüljön (4). A módszer lényege az volt, hogy a centrális, 3,0 mm átmérőjű optikai zóna megkímélése mellett a periféria felől 8–16 radiális bemetszést végeztek, amelyeknek a metszési

Bizonyos életkor után szinte mindenki valamilyen optikai korrekcióra szorul.

1. ÁBRA

Radiális keratotomia utáni állapot; jól láthatók a radier lefutású, maradandó stromabegek



mélysége 90%-os volt (1. ábra). A keletkező vonal-szerű hegek a szaruhártyát meghúzták, ily módon a cornea görbülete laposabbá vált, a szem össztörőereje csökkent, vagyis a myopiás fénytörési hiba mérséklődött. Az így kezelt szaruhártyák megtartották transzparenciájukat. A módszert az Amerikai Egyesült Államokban is bevezették a 80-as évek elején, azonban az amerikai lakosság magasabb elvárásai miatt az FDA (Food and Drug Administration) egy prospektív vizsgálatot rendelt el az eredmények értékelése céljából (5, 6). Az öt éves betegkövetések során kiderült, hogy a radiális keratotomia csupán $-4,0$ D-ig ajánlható, az efeletti dioptriák esetén az eredmények nagy szórást mutatnak. Műtét közben előfordulhat a szaruhártya perforálása, következményes endophthalmitissel. Gyakori a fénytörés diurnális ingadozása, a progresszív hypermetropia, a hegek ereződése. Közúti baleset során a radiális hegek megnyílhatnak (például légzsáksérülés). A 90-es évek eleje óta, az excimer lézerek megjelenését követően a radiális keratotomia alkalmazása visszaszorult.

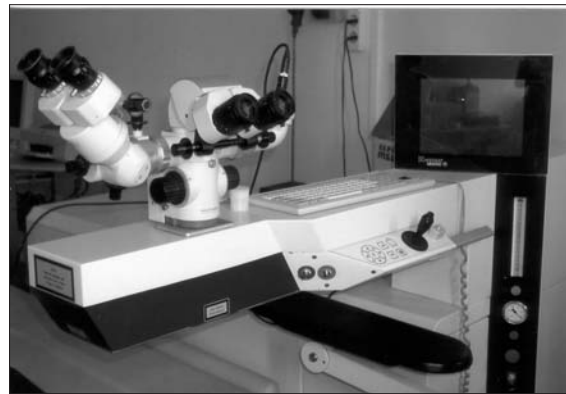
Excimer lézerek

Az excimer lézerek a 90-es évek eleje óta terjedtek el széles körben, az évtizedeket igénybe vevő műszerfejlesztés, az állatkísérletek és a számítógépes szoftverprogramok kifejlesztése nyomán. Hoffmann (7) nevéhez fűződik az argon-fluorid (ArF) molekula felfedezése, amely a mai modern excimer lézereknek is alapvető fizikai egységét alkotja. Az ArF molekula a természetben nem fordul elő, létrehozásához nagyon nagy energiára, több ezer voltos feszültségre van szükség. A molekula instabil, elbomlása esetén 193 nm hullámhosszú elektromágneses sugárzást bocsát ki, amely az excimerlézer-készülék különleges tulajdonságait biztosítja. Ez a rendkívül rövid hullámhossz az elektromágneses spektrum szemmel nem látható, ultraibolya-C tartományába tartozik. A nagy energia-koncentráció miatt a szaruhártya minden kémiai kötését képes felbontani. Mivel igen rövid a hatásideje (nanoszekundum), a szöveti felmelegedésre nincs idő. Hatásmélysége csupán $1 \mu\text{m}$; ebben a mélységben „elpárologtatja” a szaruhártya szövetét, de a mélyebb rétegekben nem okoz semmiféle morfológiai vagy biológiai elváltozást. Ezért alkalmas a „szöveti csiszolásra”, azaz a szaruhártya törőerejének megváltoztatására.

A készülék megalkotása után az egyes fénytörési hibák kezeléséhez szükséges geometriai paramétereket meg kellett szerkeszteni és ehhez hozzárendelni a megfelelő számítógépes szoftverprogramokat. A szaruhártya durván $0,5 \text{ mm}$ -es ($500 \mu\text{m}$) centrális vastagsága miatt érthető, hogy a programot úgy kellett megalkotni, hogy a lehető legkisebb szövetmennyiség eltávolításával a lehető legnagyobb fénytörési változást érjük el. A jelenlegi paraméterek megválasztása során $9 \mu\text{m}$ szövetvastagság fotoablációja körülbelül $1,0$ dioptria fénytörésváltozásnak felel meg. Természetesen a kezelési

2. ÁBRA

A repülőpont-technikás excimerlézer-készülék képe. A kezelés fekvő testhelyzetben, helyi cseppéztelenítéssel történik. Egy $-5,0$ D-s fénytörési hiba 30 másodperc alatt kezelhető



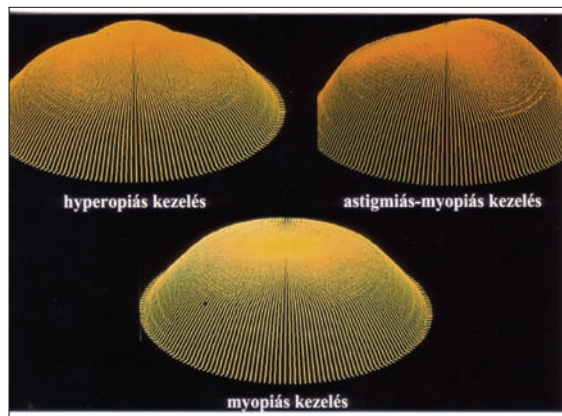
átmérő növelése az ablációs mélység növekedését is magával hozza.

A 80-as évektől állatkísérletekkel igazolták, hogy a mélyebb szövetekben nem történik semmiféle változás, ezért 1988-ban embereken is elvégezhetők az első kezeléseket. Az egyik kezelés során a radiális keratotomiához hasonló, sugárirányú bemetszéseket készítettek az excimer lézerrel (8), a másik kezelés során a centrális, $4,5 \text{ mm}$ -es optikai átmérőben felszíni fotoablációt végeztek (9). Az eredmények a felszíni kezelés jogosságát igazolták, amellyel tartósabb és pontosabban jósolható eredmények érhetők el a szaruhártya transzparenciájának változása nélkül.

A jelenlegi excimer lézereknek három fő típusát különíthetjük el. Az első generációs készülékek széles lézersugár-átmérővel (large beam) működtek. Ennek az volt a hátránya, hogy esetenként a centrális szigetképződés jelensége miatt alulkorrekció alakulhatott ki, továbbá ezek a készülékek csak nagyon alacsony dioptriaértékű hypermetropiás fénytörési hibák kezelésére voltak alkalmasak. A pásztázó (scanning) excimer lézer képviselte a készülékek újabb csoportját. Ezzel a centrális szigetképződés már nem fordult elő, azonban a hypermetropiás kezeléseket jósolhatósága továbbra is alacsony maradt. A repülőpont-technika (flying spot) lézerkészülékek képezik a harmadik generációs csoportot (2. ábra), amellyel a korábbi problémák kiküszöbölhetők lettek, a hypermetropiás kezeléseket felső dioptriahatára megemelkedett. Ezekben a készülékekben megjelent az aktív szemkövető (eye tracker) rendszer, amely egy infravörös-kamera segítségével a szemgolyó legkisebb elmozdulását is érzékeli, és a kezelést ennek megfelelően módosítja. A legújabban megjelent, egyénre szabott kezelési programok (aberrometria; lásd később) csak a repülőpont-technikás excimerlézer-készülékkel lehetségesek. A modern refraktív sebészeti központokban ma jobbra a repülőpont-technikás készülékeket alkalmazzák.

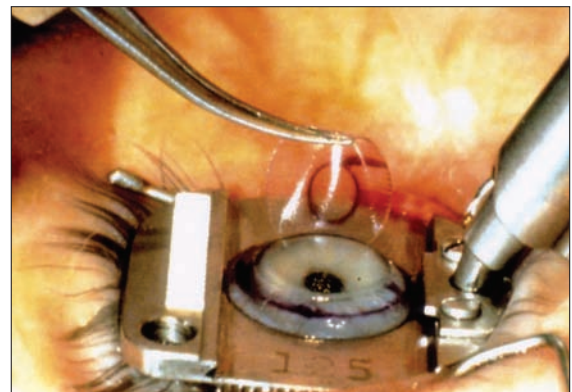
3. ÁBRA

A szaruhártya alakváltozásának komputermodellje myopiás, hypermetropiás és astigmias fénytörési hiba excimer lézeres kezelése után



4. ÁBRA

A lézeraszisztált in situ keratomileusis során a szaruhártyát 130–160 µm mélységben részlegesen átmetszszük, a lemetszett lebeny egy „gallérral” rögzül eredeti helyére



Excimer lézeres eljárások

Fotorefraktív keratectomia

Magyarországon 1992 óta végzünk refraktív célú szaruhártyaműtéteket. Az első, széles körben bevezetett műtéttípus a fotorefraktív keratectomia (PRK) volt. Lényege, hogy a szaruhártya cseppéztelenítése után 8,0 mm-es átmérőben a cornea hámját mechanikusan eltávolítjuk, az excimerlézerekkel megtörténik a fénytörési hiba korrekciója, majd antibiotikum-cseppel kap a beteg. Ez után kontaktlencsét illesztünk a kezelt szemre, vagy csak bekötjük. A szaruhártya hámja 3-4 nap alatt regenerálódik, majd a szemüveg nélküli látásélesség helyreáll. A PRK mindenfajta fénytörési hiba esetén végezhető; a kezelhetőség határa myopia esetén -12 D, hypermetropiában $+6,0$ D és astigmatismus esetében $+/-6,0$ D (3. ábra). Myopiában a szaruhártya centrumát egyenletesen laposítjuk, ezért viszonylag nagyobb szövetmennyiség távolítható el káros következmények nélkül, és így nagyobb dioptriaeltérés korrigálható. Ezzel szemben a hypermetropia kezelése kapcsán egy geometriai „trükk” segítségével tudjuk a cornea törőerejét növelni: a centrális, 1,5 mm átmérőjű zóna érintetlenül hagyása mellett egy gyűrű alakú geometriai formát „csiszolunk” a szaruhártya felszínére (3. ábra). Ha túl sok szövetet távolítunk el, csökkenhet a legjobb korrigált visus értéke. Az astigmia kezelése kapcsán a nagyobb törőerejű résznek megfelelően történik a szöveteltávolítás, azaz ebben az esetben is szabálytalan geometriai formát kell alkalmaznunk (3. ábra).

A PRK hátrányai közé sorolható, hogy az első 2-3 napban a szem fájdalmas lehet, és magas dioptriaértékek esetén óvakodni kell az ultraibolya-B sugárzástól (sielés, napozás, szolárium), mert annak hatására a hámréteg alatt átmeneti stromahomályok jelenhetnek meg, amelyek éjszakai látászavart okozhatnak, és az elért optikai hatás regressziójához vezethetnek. Ezek a stromahomályok néhány hónap múlva felszívódnak és

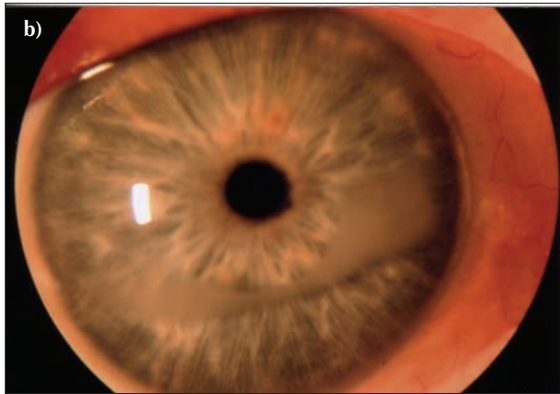
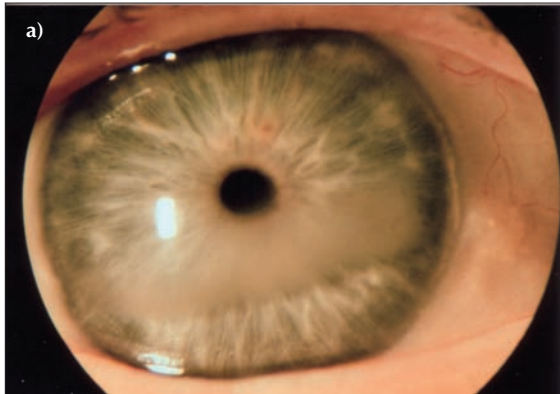
a panaszok rendeződnek. A világon először klinikánkon tisztáztuk, hogy az ultraibolya-B sugárzás a sebgyógyulásra kedvezőtlen hatást gyakorol a műtét utáni korai időszakban (10).

Lézeraszisztált in situ keratomileusis

A kezelhetőség felső határának emelése céljából fejlesztették ki a lézeraszisztált in situ keratomileusist (LASIK). Előzetes helyi érzéstelenítés után egy mikrokeratomnak nevezett műszerrel 130–160 µm mélységben egy részleges lebenyt vágunk ki a szaruhártyából (4. ábra). A lebeny egy gallérral rögzül, és a refraktív kezelés elvégzése után eredeti helyére visszailleszthető. A lebeny a stromában szintetizálódó fibronectin segítségével körülbelül két perc alatt rögzül, és normális pislogás esetén már nem mozdul el. A durvább hatás elkerülésére a szemre egy üres kagylókötést helyezünk, majd a beteg hazamehet. Otthon antibiotikus és szteroidtartalmú szemcseppet kell használnia. A módszer előnye, hogy általában fájdalommentes, bár néhány beteg a korai posztoperatív szakban érez fájdalmat. Viszonylag gyors a visus-rehabilitáció, a lokális szemcseppek alkalmazása is korábban felfüggeszthető. Centrális homályok nem alakulnak ki, a metszési vonalban látható heg azonban tartósan jelzi a műtét megtörténtét. Az intraoperatív szövődmények ritkák, de jelentősen korlátozhatják a látást; ilyen például a gomblyuklebenyképzés, a lebenyvesztés, a túl kis méretű lebeny vagy a szemgolyó perforálása. A korai posztoperatív időszakban diffúz lamelláris keratitis alakulhat ki: a lebeny alatt apró szemcsék jelennek meg. Immunológiai eredet feltételezhető, általában emelt adagú antibiotikum- és szteroidcseppre szűnik. Ellenkező esetben a felemelt lebeny alatt gyógyszeres öblítés kell végezni. Súlyosabb szövődmény, a lebeny beolvadása és következményes látásromlás is felléphet.

5. ÁBRA

Opacitas zonularis. a) Preoperatív kép, a centrális hámlatti mészlerakódás már az optikai centrumot is érinti. b) A fototerápiás keratectomia utáni réslámpás kép (az optikai centrum feltisztult a kezelést követően)



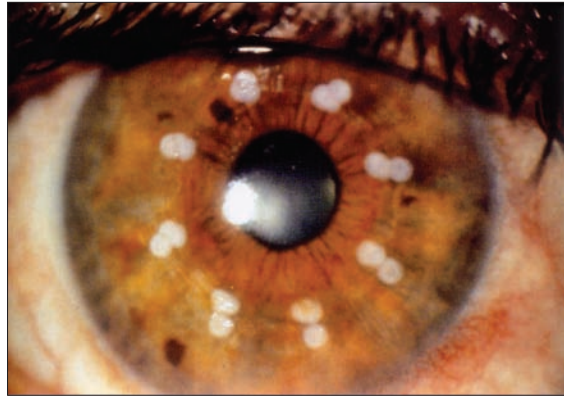
A betegkövetések során kiderült, hogy refrakciós regresszió a LASIK után is előfordul, a módszer a PRK kezelhetőségi határait nem emelte meg. Vékony szaruhártya és -10 D-nál nagyobb myopia esetén ugyanis szövödményként progresszív keratectasia (művi keratoconus) alakulhat ki, amely után a látás optikai eszközzel nem, csak keratoplasticával korrigálható. Egészséges szem esetén ezt a szövödményt igen súlyosnak kell tekinteni. Az esetek mintegy 1%-ában fordulhat elő, korrekt elővizsgálattal azonban megelőzhető. A LASIK-lebeny két évvel a műtét után is felemelhető, regresszió esetén az excimer lézeres fotoablációt ismét el kell végezni. Közúti balesetek, illetve sportsérülések kapcsán a lebeny akár két évvel a műtét után is elmozdulhat.

Lézerasszisztált intraepithelialis keratomileusis

Ez a módszer (rövidítve LASEK) az előző kettő (a PRK és a LASIK) előnyeit egyesíti, a műtéti kockázat minimalizálásával. Nem készítünk külön metszést, helyette 9,0 mm átmérőben, 30 másodperces expozíciós idővel, 20%-os etanollal fellazítjuk a hámréteg kapcsolóstruktúráit, majd a hámréteget felhajtjuk vagy „felhá-

6. ÁBRA

A lézeres thermokeratoplastica során 8-32 kerek koagulum keletkezik a szaruhártya mélyebb szövetében, a stromában



mozzuk”. A fotoabláció elvégzése után a hámréteget visszahajtjuk, majd magas víztartalmú, terápiás, lágy kontaktlencsét illesztünk a szemre (a hámréteg nagyon könnyen elmozdulna, mert a stromalebennyel ellentétben nem rögzíti fibronektin az alapjához). Néhány nap alatt a korábbi háml regenerálódik és rákúszik a hámlbony helyére, ekkor a kontaktlencse eltávolítható. A módszer előnye elvileg az, hogy a szaruhártya nem marad fedetlenül, ezért kisebb a szöveti citokinek és egyéb gyulladásos mediátorok felszabadulása a hámlhiány területében, és kisebb fájdalommal jár, mint a PRK. Az intraoperatív veszély minimális.

A gyakorlatban azt tapasztaltuk, hogy a LASEK után a visus rehabilitációja a PRK-nál tapasztaltnál hasonló, sok esetben annál még hosszabb is lehet, a fájdalom azonos, vagy az idegvégződés alkoholexpozíciója miatt nagyobb. Az elérhető refraktív eredmények azonosak a PRK-val elérhetőekkel, és a korábbi feltételezésekkel ellentétben LASEK esetén is kialakulhatnak enyhe subepithelialis stromahomályok.

Fototerápiás keratectomia

A refraktív sebészeti alkalmazáson kívül az excimer lézerek felhasználásának egyenértékűen fontos területe a terápiás alkalmazás. A fototerápiás keratectomia (PTK) során a szaruhártya felszínes elváltozásait kezeljük. Az excimer lézer rendkívül alkalmas a fájdalom, ingerkönnyezés, fotofóbia miatt a munkavégzést lehetetlenné tévő, recidiváló eróziós panaszok kezelésére. A néhány mikrométer vastagságú, kórosan megvastagodott bazálmembrán elpárologtatása után a regenerálódó hámban ismét kialakulnak a kapcsolóstruktúrák. Ezt követően a háml nem lökődik le újra és újra az alvás REM-fázisában vagy a szem megdörzsölésekor, hanem a helyén marad, és a páciensnek megszűnnek a panaszai. Javasolt felhasználási terület még az elülső felszínt érintő stromahomályok kezelése. Ilyen például az opacitas zonularis (mészlerakódás)

(5. ábra), vagy a corneadystrophiák bizonyos formái. Alkalmazásával a szaruhártya-átültetés kiváltható vagy halasztható.

Egyéb, nem excimer lézeres eljárások

Lézeres thermokeratoplastica

A hypermetropia kezelésében a korábban említett műtéti eljárásokon kívül a lézeres thermokeratoplasticát (LTK) is alkalmazzák. A beavatkozás elvégzéséhez is lézere van szükség, azonban ez nem excimer lézer, hanem az infravörös sugártartományban emittáló holmium- vagy dióalézer. Az LTK nem érinti a szaruhártya optikai centrumát: a periférián 1–3 sorban 0,6 mm átmérőjű 8–32 kerek, maradandó heggel gyógyuló koagulomot hoznak létre (6. ábra). A koagulumokban létrejövő hegcsövet meghúzza a szaruhártyát, a centrális cornea görbületi sugara meredekebbé válik, a centrális törőerő nő, azaz a keletkező kép síkja előbbre helyeződik. A módszer kevésbé megbízható, és gyakori a regresszió.

Konduktív keratoplastica

A konduktív keratoplastica (CK) esetében 90 μm átmérőjű, a mikrohullámú sugártartományban emittáló elektródákkal 450 μm mélységben szintén 8–32 pontot hoznak létre a perifériás, 6–8 mm szélességű szaruhártya-területen. A kezelés célja, hogy a perifériás kollagénrostok hegesedése révén a centrális cornearesz „kiemelkedjen”, vagyis a törőereje növekedjen.

A kezelhetőség tartománya – az LTK-hoz hasonlóan – alacsonyabb, mint az excimer lézerek esetében, hypermetropiában körülbelül +2,0, esetleg +3,0 D a maximálisan elérhető fénytörésváltozás. Mindkét módszernél jelentős regressziót írtak le, amely CK esetén általában kisebb mértékű.

Astigmias keratotomia

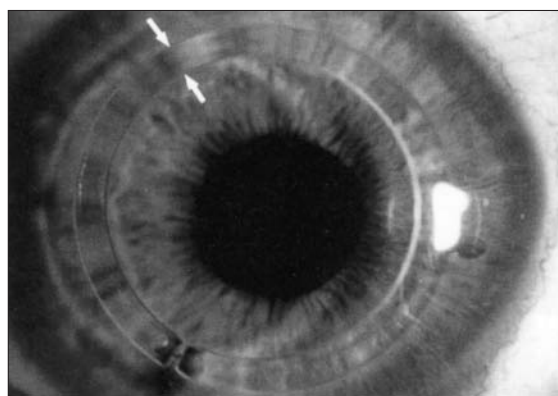
Az astigmias keratotomiát már a korábbi évtizedekben is alkalmazták, elsősorban a perforáló keratoplasticák után visszamaradt, jelentős (–3,0 D-t meghaladó) astigmatismus korrigálására. A módszer lényege szerint helyi érzéstelenítés után a meredekebb tengelyben gyémántkéssel végzett íves bemetszéssel az astigmia dioptriaértéke csökkenthető. A módszer optikai tervezhetősége alacsony, ezért általában primer beavatkozásként ma már nem végzik.

Intracornealis gyűrű beültetése

Az intracornealis gyűrű beültetése kislókú myopia (maximum –4,0 D) kezelésére alkalmazható eljárás. Helyi érzéstelenítés után a szaruhártya perifériáján,

7. ÁBRA

Az intracornealis gyűrű réslámpás képe



„XII óránál” bemetszést ejtenek, majd egy megfelelő eszközzel a stromában két, ívszerűen vezetett alagutat képeznek ki, amelybe két, polimetil-metakriláttól (PMMA) készült gyűrűfelet vezetnek be (7. ábra). Az optikai centrumot nem érinti a kezelés. Az intrastromalis PMMA-gyűrű laposítja a centrális szaruhártyarészt, ezáltal a keletkező kép fókuszpontja a retina síkja felé, azaz hátrébb tolódik. A módszer reverzibilis, azaz a gyűrű eltávolítható, azonban a „csatorna” helye tartósan megmarad, és intracelluláris zsírlerakódás miatt precipitátumok jelenhetnek meg benne. Szövődményként epithelsérülés, corneaperforáció, corneaereződés, szemnyomásváltozás, a centrális szaruhártyavastagság növekedése (oedema) és endothelsérülés alakulhat ki. Az eljárás nem terjedt el széles körben, mivel csak kislókú myopia kezelésére alkalmas, ezenkívül az excimer lézerekhez képest kevésbé biztonságos és optikai tervezhetősége is bizonytalanabb.

Phakiás intraocularis műlencse beültetése

Az intraocularis műlencsét a saját szemlencse megtartása mellett (ezt jelenti a phakiás) implantálják egy limbusközélnben végzett bemetszés után az elülső vagy a hátsó szemcsarnokba. E beavatkozás indikációs területét képezik az egyéb refrakciós sebészeti módszerekkel nem kezelhető, magas dioptriaértékű fénytörési hibák, myopia kapcsán –10,0 D és –20,0 D; hypermetropia esetében a +6,0 és +8,0 D közötti tartomány.

Az elülső csarnokba implantált lencsék kétféleképpen rögzíthetők: a csarnokzugba támaszkodó lábakkal, ez esetben mellékhatásként endothelsejt-veszteség, a lencselábak körüli irisfibrosis, a pupilla alakváltozása és másodlagos szemnyomás-emelkedés fordulhat elő; illetve az irishez fixálódó két kapoccsal (8. ábra), ekkor szövődményként a pupilla alakváltozása, a vér-csarnokvíz gát sérülése léphet fel (11).

A phakiás hátsó csarnoklencséseket az iris hátlapja és a szemlencse elülső tokja közé, a hátsó csarnokba kell implantálni. Ezek a lencsék összehajthatók (anyaguk collamer), és egy 3,0 mm-es cornealis seben beültethe-

tők. Négy hajlékony lábbal támaszkodnak a sulcusban, illetve a szemlencse perifériás részén. Az optikai centrumban el kell kerülni a saját szemlencsével való kontaktust, hiszen az elülső kérgi cataractát okozhat. A csarnokvíz akadálytalan áramlását az irisen képzett nyílással kell biztosítani, hogy elkerüljük a szemnyomás emelkedését. A phakiás hátsócsarnok-műlencse egyik legnagyobb hátránya, hogy jelenlegi ára négy-öttszöröse a hályogműtétek során alkalmazott pseudophakiás, összehajtható műlencsék árának. Szövődményként másodlagos szemnyomás-emelkedés és cataracta subcapsularis anterior alakulhat ki, a korábbi vizsgálatok szerint 2–33%-ban. Ha a cataracta centrális lokalizációjú, a műlencse eltávolítása és hályogműtét válhat szükségessé (12).

Az ép szemlencse extrakciója

Az ép, azaz tiszta lencse extrakciója (clear lens extraction: CLE) során a műtéti technika megegyezik az időskori szürkehályog-műtétnél alkalmazott, úgynevezett phacoemulsificatiós technikával: a lencse anyagát egy 2,5 mm nagyságú cornealis seben át a készülék segítségével feldaraboljuk és leszívjuk, és ugyanezen a seben keresztül egy összehajtható műlencsét implantálunk a szembe. A mai, modern mikrosebészeti technika segítségével, az aszepszis és antiszepszis meszesemenő betartásával, ez a műtéti eljárás az egynapos sebészet keretein belül is végezhető. A kezelhetőség dioptriartartománya rendkívül széles. Mivel a beültetendő műlencsék $-5,0$ D és $+36,0$ D tartományban vannak, a nagy fénytörési hibával jelentkező páciens jó reménnyel tehető emmetropiá, vagy a korábbi fénytörési hibáját minimális dioptriáértékre lehet csökkenteni. Általában a műtét 40 éves kor felett elvégezhető, legfontosabb potenciális szövődménye a hátsó tokon megjelenő fibrosis, amelyet YAG-lézer segítségével meg lehet szüntetni. A legújabb kutatások szerint a beültetendő műlencse speciális felületképzésével az alkalmazkodás (olvasási képesség szemüveg nélkül) is részlegesen vagy teljesen visszaállítható, azaz teljes optikai rehabilitáció érhető el.

Ortokeratológia

Az ortokeratológia alkalmazása kapcsán a páciens fénytörési hibáját egy olyan kontaktlencsével korrigáljuk, amelyet éjszaka, alvás közben kell viselnie. Ezek a kontaktlencsék magas gázáteresztő képességű, kemény vagy félkemény lencsék. Alakjuk kiképzése miatt különböző hidrosztatikai nyomás alakul ki a lencse és a szaruhártya között, amely a cornea centrumában nyomást, a periférián ezzel szemben húzóerőt gyakorol a szaruhártyára. Ennek révén megváltozik a szaruhártya geometriája, az epithelréteg átrendeződik, azaz a centrumban vékonyabbá válik, míg a periférián megvastagszik. Ez körülbelül 10–20 μm vastagságváltozást jelent, és kizárólag az epitheliumra korlátozódik. A hatás né-

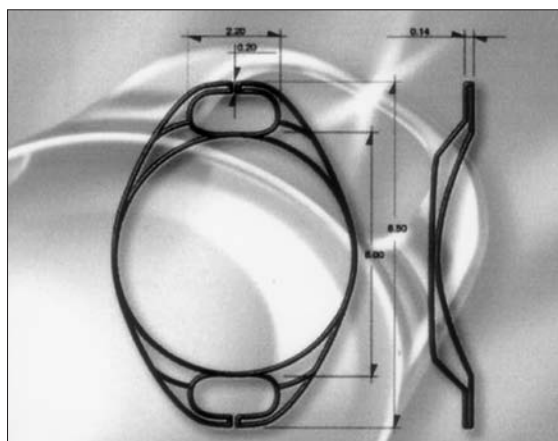
hány nap múlva alakul ki, és hozzávetőleg 16 órán át tart. Napközben a páciens nem viseli a kontaktlencsét, éjszakára azonban vissza kell helyeznie, hiszen néhány nap elteltével a szaruhártya rugalmassága révén az eredeti állapot visszaáll. A módszer elsősorban a sebészeti beavatkozásoktól idegenkedőknek javasolt, drágasága miatt nem terjedt el széles körben, és a lencseviselés kellemetlenségeitől csak napközben kímél meg, a szaruhártya fertőződésének veszélye is fennáll.

Aberrometria vagy „saszemprogram”

A refraktív sebészet fejlődésével párhuzamosan ma már nemcsak a szemüveg nélküli teljes látásélesség elérése a cél, hanem a még tökéletesebb látásélesség, azaz a „saszemprogram” lehetőségei is előtérbe kerültek. A szem kétfajta fénytörési hiba fordul elő. A fénytörési hibák 85%-áért az alacsonyabb rendű, úgynevezett spherocylindricus fénytörési hibák a felelősek. Ezeket a fénytörési hibákat eddig is ismertük, mérni tudtuk, és ezek szemüveggel jól korrigálhatók. Ezzel szemben az úgynevezett magasabb rendű aberrációk teszik ki a fénytörési hibák 15%-át (9. ábra). A magasabb rendű fénytörési hibákat a szaruhártya hátsó felszínének és a szemlencsének az egyenetlenségei, valamint az üvegtesti tér és a retina szabálytalanságai hozzák létre. Az utóbbi évekig ezeket nem tudtuk sem mérni, sem kezelni. A módszer az úrkutatásból került át a szemészetbe, az úrkutatásban ezt a vizsgálati módszert alkalmazták az úrtávcsövek optikai tulajdonságainak ellenőrzésére. A mérési eljárást hullámfront-analízisnek vagy aberrometriának nevezzük. A kezelés nyelvére történő átírását, azaz a magasabb rendű aberrációk számszerűsítését az úgynevezett Zernicke-féle polinomiálisok tették lehetővé. Zernicke a negyvenes években írta le ezt a matematikai módszert, amelyért Nobel-díjat is kapott, azonban gyakorlati felhasználása csak napjainkban kezdődik. A módszer lényege szerint egy infravö-

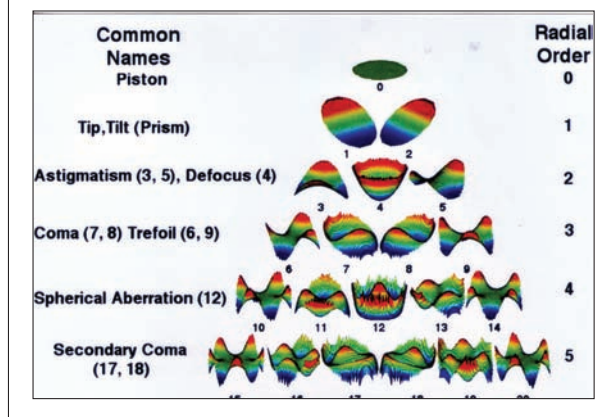
8. ÁBRA

Az irishez fixált elülsócsarnok-lencse képe és sémás rajza



9. ÁBRA

A „saszemprogram” során vizsgált magasabb rendű aberrációk háromdimenziós megjelenítési formája



rös tartományban vizsgáló műszerrel megállapíthatók a szem magasabb rendű eltérései: a lézertény visszaverődik a szemgolyó belsejéből, és bonyolult matematikai képletek segítségével elkészíthető az egyénre jellemző,

magasabb rendű *törőerőtérkép*. Ez a törőerőtérkép digitális úton átkerül az excimerlézer-készülék számítógépébe, és az alacsonyabb rendű fénytörési hibák kezelése után a magasabb rendű aberrációk is kezelhetővé válnak. Jelenleg a módszer eredményeinek elemzése folyik világszerte. Alkalmazásához a harmadik generációs repülőpont-technikás lézerekészülékek megléte a feltétel. Jelenleg úgy tűnik, hogy a LASIK-lebény-képzés önmagában számos magasabb rendű aberrációt kreál, ezért a

„saszem-programot” a felszínes szaruhártya-kezelésekben (PRK, LASEK) jobb eredménnyel lehet alkalmazni, mint a mélyebb kezelésnél (LASIK). A magasabb rendű aberrációk kezelése ma még kissé futurisztikusnak tűnhet, azonban korábban ugyanezt gondoltuk a műlencse-beültetéssel kapcsolatban is, amely ma már a mindennapos szemészeti tevékenység része. A technikai fejlődés olyan gyors, hogy

Magyarországon a refraktív sebészet terén magas színvonalú szakmai munka folyik.

hónapról hónapra újabb eredményekről számolnak be az irodalomban.

A kísérleti kutatók már nemcsak az excimer lézerek körében óhajtják az aberrometria eredményeit felhasználni, hanem elképzeléseik szerint a jövőben a kontaktlencse, illetve a beültetendő műlencse is egyéni terv alapján készülhet. Jelenleg azt vizsgálják, hogy a különböző dioptriacoportokban milyen eredmények érhetők el az említett módszerekkel.

Ma Magyarországon a fentebb említett refraktív sebészeti módszerek többsége elérhető. A refraktív sebészeti tevékenységet szakmai szempontból a Magyar Refraktív Sebészeti és Műlencse Implantációs Társaság (SHIOL) Refraktív Sebészeti Szekciója és a Szemészeti Szakmai Kollégium felügyeli. A két szervezet a tavalyi évben módszertani levelet adott ki, amelyben meghatározták a jelenlegi szakmai standardokat, valamint a működési és képzési feltételeket. A szakmai munkát tudományos szempontból jelenleg a Semmelweis Egyetem I. Sz. Szemészeti Klinikája fogja össze.

Elmondható, hogy ma, Magyarországon a refraktív sebészet terén magas színvonalú szakmai munka folyik, a minőségbiztosítási elvek messzemenő figyelembevételével, és semmilyen szempontból nem vagyunk lemaradva a világ élvonalától. A legújabb technológia mindenki számára elérhető, és jelenleg még jóval alacsonyabb áron, mint Nyugat-Európában vagy az Amerikai Egyesült Államokban. Általánosan megállapítható, hogy a refraktív sebészeti műtétek nemcsak a szemorvosok és az orvoskollégák, hanem a lakosság körében is elfogadottá váltak az elmúlt tíz évben, amit az évről évre növekvő műtétszám bizonyít. Remélhetőleg a következő tíz évben hasonló töretlen fejlődésről lehet majd beszámolni.

A fent felsorolt eljárások azt mutatják, hogy a szemész orvosnak számos választási lehetősége van. Mindegyik sebészeti módszernek vannak előnyei és hátrányai. Az indikáció felállítás, és a potenciális szövődmények előre látása és elkerülése az igazi „ars medicinae”.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény az OTKA T 037452 sz. és az ETT 97490 sz. pályázat támogatásával készült.

IRODALOM

- Nagy ZZ. A szaruhártya excimer lézeres kezelése. Budapest: DTP Kiadó; 2002.
- Lans LJ. Untersuchungen über Entstehung von Astigmatismus durch nicht-perforierende Korneawunden. *Graefes Arch Ophthalmol* 1898;8:274-9.
- Sato A, Akiyama K, Shibata H. A new surgical approach to treat myopia. *Am J Ophthalmol* 1953;36:823-9.
- Fjodorov SN, Durnev VV. Operation of dosaged dissection of corneal circular ligament in cases of myopia of mild degree. *Ann Ophthalmol* 1979;11:1185-90.
- Waring GO, Lynn MJ, Gelender H, Laibson PR, Lindstrom LR, Myers WD, et al, the PERK Study Group. Results of the Prospective Evaluation of Radial Keratotomy (PERK) Study one-year after surgery. *Ophthalmology* 1985;92:177-98.
- Waring GO, Lynn MJ, Nizam A, Kutner MH, Cowden JW, Culbertson W, et al, the PERK Study Group. Results of the Prospective Evaluation of Radial Keratotomy (PERK) Study five-year after surgery. *Ophthalmology* 1991;98:1164-76.
- Hoffmann JM, Hays AK, Tisone GC. High-power UV noble-gas-halide lasers. *Appl Phys Lett* 1976;28:538-9.
- Seiler T, Bende T, Wollensak J, Trokel SL. Excimer laser keratotomy for correction of astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1988;105:117-24.
- Mc Donald MB, Kaufmann HE, Frantz JM, Shofner S, Salmeron B, Klyce DS. Excimer laser ablation in a human eye. *Arch Ophthalmol* 1989;107:641-2.
- Nagy ZZ, Hiscott P, Seitz B, Schlötzer-Schrehardt U, Simon M Jr, Süveges I, et al. Ultraviolet-B enhances corneal stromal response to excimer laser 193-nm. *Ophthalmology* 1997;104:375-80.
- Perez-Santonja JJ, Bueno JL, Zato MA. Surgical correction of high myopia in phakic eyes with Worst-Fechner myopia intraocular lenses. *J Refract Surg* 1997;13:268-81.
- Sanders DR. Actual and theoretical risks for visual loss following use of the implantable contact lens for moderate to high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1323-32.