

Szemnyomáscsökkentő eljárások modernkori gyakorlata

(Pontszerző, referáló közlemény, tesztkérdésekkel)

CSUTAK ADRIENNE DR., NAGY KATALIN DR., HÁMOR ANDREA DR.

Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ, Szemészeti Klinika, Pécs
(Igazgató: Prof. Dr. Csutak Adrienne, egyetemi tanár)

A glaukóma sebészeti kezelése napjainkban jelentős fejlődésen megy keresztül, amelyet egyrészt a glaukómában szenvedő páciensek számának folyamatos növekedése, másrészt az orvostudomány azon törekvése indokol, hogy a műtéti technikák kevesebb megterheléssel járjanak. Ezen túlmenően a betegek igénye a jobb életminőség iránt is egyre fontosabb szerepet tölt be a kezelések és beavatkozások fejlődésében.

A minimál invazív glaukómasebészet (MIGS) célja a szemén komolyabb anatómiai destrukció nélkül hosszú távú, hatékony szemnyomáscsökkentés elérése, jobb terápiás kontroll kialakítása. Ez történhet a trabekuláris hálózat, a Schlemm-csatorna vagy a suprachorioideális tér szintjén, csarnokvíz-elvezetést segítő implantátumok vagy műtéti technikák által. Napjainkra megjelentek olyan implantátumok is, amik a trabeculectomiához hasonlóan a subconjunctivális tér felé vezetik el a csarnokvizet az elülső csarnokból nagy hatékonysággal, mindezt alacsonyabb műtéti szövődményrátaival.

A szemcsepp-monoterápia mellett a primer nyílt zugú glaukóma (POAG) elsővonalbeli terápiájaként a szelektív lézer trabekuloplasztika (SLT) is szerepel a nemzetközi ajánlásokban. Az excimer és femtoszekundum lézer trabekulotómiával végzett klinikai vizsgálatok szintén ígéretes eredményekkel zárultak. Az eddig refrakter glaukóma kezelésére alkalmazott ciklodestruktív lézeres beavatkozások biztonsági profilja és hatékonysága az optimalizált energialeadás és az intraoperatív vizualizáció miatt a kiszámítható dózírozásnak köszönhetően szignifikánsan javult.

A közlemény célja, hogy röviden összefoglalja azokat az eljárásokat, amik a glaukóma terápiájának modernkori szemléletéhez elengedhetetlenek.

Present-day methods for intraocular pressure reduction (Overview article with test questions and credit points)

The surgical management of glaucoma is currently undergoing significant advancements, driven by the increasing prevalence of glaucoma and the continuous pursuit of surgical techniques that minimise patient burden. Furthermore, the growing demand for an improved quality of life among patients plays an increasingly critical role in the evolution of treatment modalities and surgical interventions.

The objective of minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) is to achieve sustained and effective intraocular pressure (IOP) reduction while preserving ocular anatomy and minimising tissue disruption. This can be accomplished at the level of the trabecular meshwork, Schlemm's canal, or the suprachoroidal space through the implementation of aqueous humour drainage implants or surgical techniques. Recently, novel implants have been introduced that facilitate aqueous outflow toward the subconjunctival space, similar to trabeculectomy, but with greater efficiency and a lower rate of surgical complications.

In addition to monotherapy with topical hypotensive agents, selective laser trabeculoplasty (SLT) has been incorporated into international guidelines as a first-line treatment for primary open-angle glaucoma (POAG). Moreover, clinical studies investigating excimer and femtosecond laser trabeculotomy have demonstrated promising outcomes. Cyclodestructive laser procedures, historically reserved for refractory glaucoma, have significantly improved in safety and efficacy due to optimised energy delivery, enhanced intraoperative visualisation, and precise dosing, resulting in more predictable therapeutic outcomes.

KULCSSZAVAK

minimálinvazív, glaukómasebészet, implantátum, lézer

KEYWORDS

minimal invasive, glaucoma surgery, implant, laser

Bevezetés

A zöldhályog a retina ganglion-sejtjeit érintő progresszív optikus neuropátiát okozó heterogén betegségcsoport, amely kezeletlen esetben visszafordíthatatlan látásvesztéshez vezethet. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) a zöldhályogot a világ egyik vezető vaksági okaként tartja számon. Becslések alapján 2020-ban világszerte több mint 76 millió ember lehetett érintett, és ez a szám 2030-ra várhatóan 94 millió főre fog emelkedni (1, 2). A zöldhályog kezelésének legfőbb célja a látásfunkció megőrzése a betegség progressziójának lassításával vagy megállításával. Az Európai Glaukóma Társaság (EGS) 2021-ben megjelent terápiás irányelvei szerint a legfőbb befolyásolható rizikófaktor – továbbra is – az intraokuláris nyomás (IOP), ezért ennek csökkentése jelenti a kezelés elsődleges célját (3). Az elsővonalbeli kezelések közé tartoznak a szemcseppek és a lézeres eljárások, azonban előrehaladott esetekben sebészeti beavatkozás válhat szükségessé (4). Az elmúlt évtizedekben előtérbe kerültek kevésbé invazív glaukómaműtétek, amelyek felvetik a kérdést azaz kapcsolatban, hogy a sebészeti beavatkozások korábbi alkalmazása előnyösebb lehet-e a betegségmenedzsment, valamint a páciensek életminőségének szempontjából (5). A glaukómasebészet története több mint egy évszázadra nyúlik vissza, azonban a legjelentősebb mérföldkövet a trabeculectomia 1968-as megjelenése jelentette (6). Ez a filtrációs műtét antimetabolitok alkalmazásával a mai napig aranystandardnak tekintendő a glaukóma műtéti kezelésében. Ugyanakkor a beavatkozás intra- és posztoperatív szövődeményekkel, például túlzott hipotóniával vagy a filtrációs párna elégtelenségével járhat. A filtrációs műtétek mellett különböző egyéb sebészeti megoldások, csarnokvíz-elvezető hosszú tubusos implantátumok (Ahmed-sönt, Molteno-sönt, Baerveld-sönt) és nem filtrációs eljárások (deep sclerectomy, viscocanalostomia)

is megjelentek. A ciklodestruktív módszerek, mint a cyclophotocoagulation vagy cyclocryopexia, szintén szerepet játszanak a glaukóma kezelésében, de ezek általában nem első- vagy másodvonalban alkalmazott eljárások (7).

Az utóbbi években egyre nagyobb teret nyert a minimálisan invazív glaukómasebészet (MIGS), amely rövidebb műtéti időt és gyorsabb posztoperatív felépülést kínál. Ezek a technikák kevésbé radikális beavatkozást jelentenek a hagyományos filtrációs műtétekhez képest, és kisebb szövődményrátaival rendelkeznek (5). Azonban nem minden esetben alkalmazhatók, hatékonyságuk trabeculectomiával összevetve korlátozott, és gyakran drága implantátumokat vagy speciális műszerparkot igényelnek. Fontos azt is megemlíteni, hogy a jelenleg rendelkezésre álló randomizált, kontrollált klinikai vizsgálatok alapján egységes terápiás ajánlás felállítása még nem lehetséges a MIGS tekintetében. Ennek ellenére a glaukómás betegek számának folyamatos növekedése miatt egyre nagyobb az igény az új, biztonságosabb és kevésbé invazív sebészeti megoldások iránt.

Minimál invazív glaukómasebészet (MIGS)

Az EGS 2022-es ajánlása alapján a minimál invazív glaukómasebészet fogalma alatt azokat a beavatkozásokat értjük, amelyeket ab-interno (csarnokzug vagy trabekuláris hálózat felőli) megközelítésből, filtrációs párna képzése nélkül végeznek. Ezek lehetnek implantátumok, amik a trabekuláris hálózatba vagy suprachorioideális térbe kerülnek beültetésre, vagy olyan eljárások, amelyek során a csarnokvíz konvencionális elfolyási útját alkotó képletek normál anatómiai szerkezetét módosítják különböző eszközökkel (1. táblázat). Fontos tisztában lenni azzal, hogy az alábbi eljárások vagy implantátumok jelenleg államilag támogatott formában nem elérhetők Ma-

gyarországon, bár számos európai országban rutinszerű az alkalmazásuk, korábban hazai közlemény is foglalkozott már hat implantátum részletes ismertetésével (30).

Trabekuláris hálózatot célzó eljárások

A trabekuláris hálózat áthidalására alkalmazott iStent (Glaukos) egy apró, titánium implantátum, amelyet a trabekuláris hálózatba helyeznek, hogy javítsa a csarnokvíz elvezetését a Schlemm-csatorna felé. Az iStent Inject W (Glaukos) rendszer két stentet tartalmaz, amelyeket egyetlen beavatkozás során ültetnek be (1. ábra). Szintén a trabekuláris hálózat áthidalására alkalmas a Hydrus Microstent (Alcon) (2. ábra). A flexibilis nitinol implantátum képes 90°-ban megtámasztani a Schlemm-csatorna falát, ezzel elősegítve a csarnokvíz elvezetését. Egy prospektív randomizált klinikai tanulmány alapján a Hydrus Microstenttel hatékonyabb szemnyomáscsökkentés volt elérhető, mint az iStent implantátumokkal (8). Az említett eszközök beültetését gyakran szürkehályog ellenes műtéttel kombináltan végzik (9). Az eljárás indikációs körébe olyan nyílt zugú glaukómával kezelt páciensek tartoznak, akiknél a betegség okozta funkcionális károsodás enyhe vagy közepes mértékű (10).

A Trabectome (Neomedix) és a Kahook Dual Blade (New World Medical) működési elve a trabekuláris hálózat szerkezeti integritásának megbontásán alapszik. A Trabectome egy magas frekvenciájú mikroelektro-kauterizációra alkalmas eszköz, amellyel a trabekuláris hálózat és a Schlemm-csatorna belső fala 60-120°-ban eltávolítható (3). Előnye, hogy a műtét során keletkező vérzést képes csillapítani, valamint irrigálás-aspirálás révén a szövettörmelékelt eltávolítani. Hátánya, hogy a Schlemm-csatorna endotheliuma a beavatkozás során károsodhat (3. ábra). Hasonló elven működik a Kahook Dual Blade, ami a műszer végén párhuzamosan elhe-

1. táblázat: MIGS-implantátumok és eljárások

Implantátum vagy eszköz neve	Gyártó cég	Megközelítés	Hatásmechanizmus	Nyílt zugú glaukómás károsodás foka
iStent	Glaukos	ab-interno	trabekuláris hálózat áthidalása	enyhe vagy közepes
iStent Inject W	Glaukos	ab-interno	trabekuláris hálózat áthidalása	enyhe vagy közepes
Hydrus Microstent	Alcon (Ivantis)	ab-interno	trabekuláris hálózat áthidalása és Schlemm-csatorna megtámasztása	enyhe vagy közepes
Trabectome	NeoMedix	ab-interno	trabekuláris hálózat egy részének eltávolítása	közepes vagy súlyos
Kahook Dual Blade	New World Medical	ab-interno	trabekuláris hálózat egy részének eltávolítása	közepes vagy súlyos
GATT	gyártótól független	ab-interno	trabekulotómia 360°-ban	közepes vagy súlyos
AbiC	Ellex iScience	ab-interno, (ab-externo)	Schlemm-csatorna tágítása	enyhe vagy közepes
OMNI Surgical System	Sight Sciences	ab-interno, (ab-externo)	Schlemm-csatorna tágítása és trabekulotómia	enyhe vagy közepes
Trab360	Sight Sciences	ab-interno, (ab-externo)	trabekuláris hálózat áthidalása, trabekulotómia	enyhe vagy közepes
CyPass	Alcon	ab-interno	csarnokvíz elvezetése a supraciliaris tér felé	enyhe vagy közepes
Miniject	iSTAR Medical	ab-interno	csarnokvíz elvezetése a supraciliaris tér felé	enyhe vagy közepes
Preserflo MicroShunt	Santen	ab-externo	csarnokvíz elvezetése a kötőhártya alá	közepes vagy súlyos
XEN	Allergan	ab-interno, ab-externo	csarnokvíz elvezetése a kötőhártya alá	közepes vagy súlyos
EX-PRESS	Alcon	ab-externo	csarnokvíz elvezetése a kötőhártya alá	közepes vagy súlyos

lyezkedő kettős penge kialakítás révén precíz kimetszést tesz lehetővé, minimális károsodást okozva a környező szövetekben. Hátránya, hogy vérzés léphet fel alkalmazása során (4. ábra) (14). A trabekuláris hálózat szöveti integritását megerősítő eljárások közül még kiemelendő a GATT (Gonioscopy-Assisted Transluminal Trabeculotomy vagy gonioszkópia irányításával végzett

transzluminális trabekulotómia). A beavatkozás során a csarnokzug felől egy kis bemetszéssel keresztül a Schlemm-csatornába 360°-ban bevezetett megvilágított mikrokatéter visszahúzásával vagy a csatornába bevezetett 5-0-ás vagy 6-0-ás polipropilén monofilamentum meghúzásával körkörös trabekulotómia végezhető. Ezen eljárások akár önállóan, de jobb szemnyomáscsök-

kenés elérésének érdekében szürkehályog ellenes műtéttel kombinálva is alkalmazhatók nyílt zugú glaukómában közepes és előrehaladott károsodás esetén (12).

A Schlemm-csatornát célzó eljárások

Az AbiC (Ab Interno Canaloplasty, Ellex iScience), az OMNI Sur-

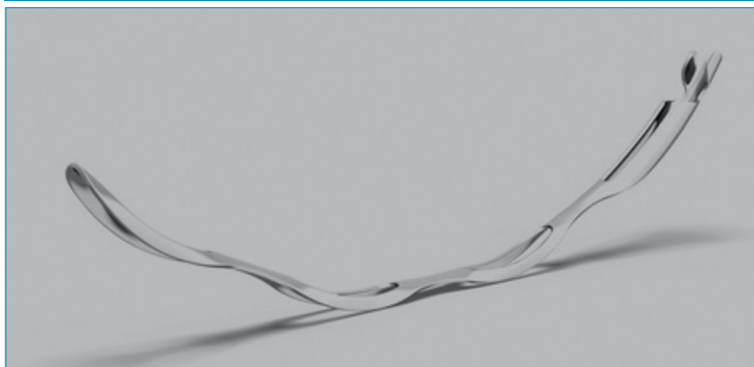
1. ábra: iStent inject®

Forrás: optohellas.com/product/ophtalmology/trabecular-micro-by-pass/glaukos-istent-inject-w



2. ábra: Hydrus® Microstent

Forrás: myalcon.com/professional/glaucoma/hydrus-microstent



3. ábra: Trabectome®
 Forrás: store.microsurgical.com/PublicStore/product/TrabectomePack,6,106.aspx



4. ábra: Kahook Dual Blade®
 Forrás: newworldmedical.com/kdb-glide



gical System (Sight Sciences) és a TRAB360 (Sight Sciences) olyan MIGS-eszközök, amelyek a Schlemm-csatorna megnyitásával vagy dilatációjával segítik a csarnokvíz elfolyását, ez által csökkentve a szemnyomást. Ezek az eljárások különböző mechanizmusokkal működnek, és eltérő előnyöket kínálnak a páciensek egyéni igényeinek megfelelően.

Az AbiC egy ab-interno eljárás, amely során a Schlemm-csatornába mikrokatóéter kerül bevezetésre, majd azt 360°-ban vezetnek végig rajta. A katóéter visszahúzásakor egy időben viszkodilatáció is történik, ami segít fenntartani a csatorna nyitottságát és javítja az elfolyást a gyűjtő csatornák felé. Előnye, hogy megőrzi a Schlemm-csatorna integritását, és mivel nem igényel implantátumot vagy nagyobb beavatkozást, minimális a szövődmények kockázata. Ennek eredményeként különösen enyhe és közepesen súlyos primer nyílt zugú glaukómában lehet hatékony.

Az OMNI Surgical System egy kombinált eszköz, amely kanáloplasztikára és trabekulotomiára egyaránt alkalmazható. Az eljárás első lépése a Schlemm-csatorna tágítása viszkodilatációval, majd a trabekuláris hálózat részleges vagy teljes megnyitása, ami jelentősen fokozza a csarnokvíz elfolyását. Az OMNI egyik legnagyobb előnye a rugalmassága: a sebész dönthet arról, hogy csak a kanáloplasztikát

végzi el, vagy kiegészíti azt a trabekulotomiával, így az eljárás egyénre szabható a páciens állapotának megfelelően. Az implantátum hiánya miatt a hosszú távú szövődmények kockázata alacsony és hatékonyabb lehet az előrehaladott nyílt zugú zöldhályog esetekben is (5. ábra).

A TRAB360 egy egyszer használatos eszköz, ami kizárólag trabekulotomia végzésére szolgál. Az eljárás során a Schlemm-csatornába bevezetett műszert 180°-ban vagy 360°-ban végighúzzák, majd a trabekuláris hálózatot átszakítják, megnyitva az elfolyási utat. Ez az eljárás gyorsabb és egyszerűbb, mint az OMNI vagy az AbiC, és nagyobb szemnyomáscsökkentő hatás érhető el vele, mivel teljes trabekulotomiát végez. Hátránya, hogy gyakrabban alakul ki hyphaema, és következményes szemnyomás-kiugrás, valamint, mivel nem történik viszkodilatáció, a Schlemm-csatorna állapotát kevésbé befolyásolja.

Suprachorioideális tér felé vezető implantátumok

Az előlő csarnok és a suprachorioideális tér összekötésével az uveosclerális elfolyás javítását célzó implantátumokról kevés hosszú távú eredmény áll rendelkezésünkre, a klinikai vizsgálatok jelenleg is zajlanak. Ennek a csoportnak volt egyik képviselője a CyPass Micro-Stent (Alcon). Habár a szemnyomást je-

lentősen csökkentette, 48 hónappal a műtétet követően szignifikáns cornealis endothelsejt-vesztés volt megfigyelhető feltételezhetően az implantátum pozíciója miatt, így 2018-ban kivonták a forgalomból (13).

A jelenleg az egyetlen kereskedelmi forgalomban lévő supraciliaris teret célzó implantátum a Miniject (iSTAR Medical), egy mikroporózus, flexibilis szilikonból készült eszköz, amellyel akár 40%-os szemnyomáscsökkenés is elérhető 24 hónappal a beültetését követően (14). A suprachorioideális tér vastagsága változó, amelyet befolyásolhat az érhártyának vagy a szemnyomásnak a változása, ami bizonyos esetekben ezen eszközök elzáródásához vezethet (15) (6. ábra).

Nagyobb mértékű szemnyomáscsökkentő hatásuk miatt ezeknek az eljárásoknak az alkalmazása inkább közepesen súlyos és előrehaladott nyílt zugú glaukóma esetén javasolt (10).

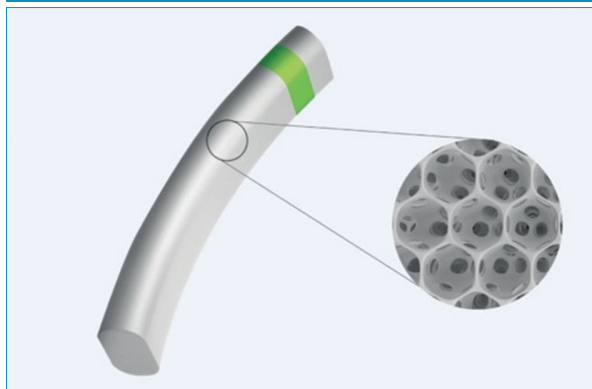
Subconjunctivalis bleb képző eljárások

A trabeculectomiához hasonlóan céljuk a csarnokvíz alternatív úton történő elvezetése a subconjunctivalis tér felé. Beültetésük során filtrációs párna képzése szükséges, valamint hegesedést gátló citotoxikumok (5-Fluorouracil, Mitomycin-C) alkalmazását javasolják. Mindezek alapján a subconjuncti-

5. ábra: OMNI® Surgical System
Forrás: omnisurgical.com



6. ábra: Miniject® Forrás: istar-medical.com/treatments/miniject-migs



valis bleb képző műtétek az EGS által meghatározott MIGS-definíciónak nem tesznek eleget, külön csoportként kezelendők.

Jelenleg Magyarországon az egyetlen kereskedelmi forgalomban elérhető képviselőjük a Preserflo MicroShunt (Santen) (7. A ábra). A 8,5 mm hosszú, 350 μ m külső, és 70 μ m lumen átmérővel rendelkező flexibilis biokompatibilis implantátumot ab-externo megközelítésből egy sclera-alagúton át vezetik be az elülső csarnokba. Nagy előnye a trabeculectomiával szemben, hogy a posztoperatív hipotónia rizikója alacsonyabb, valamint gyorsabb posztoperatív felépülést biztosít.

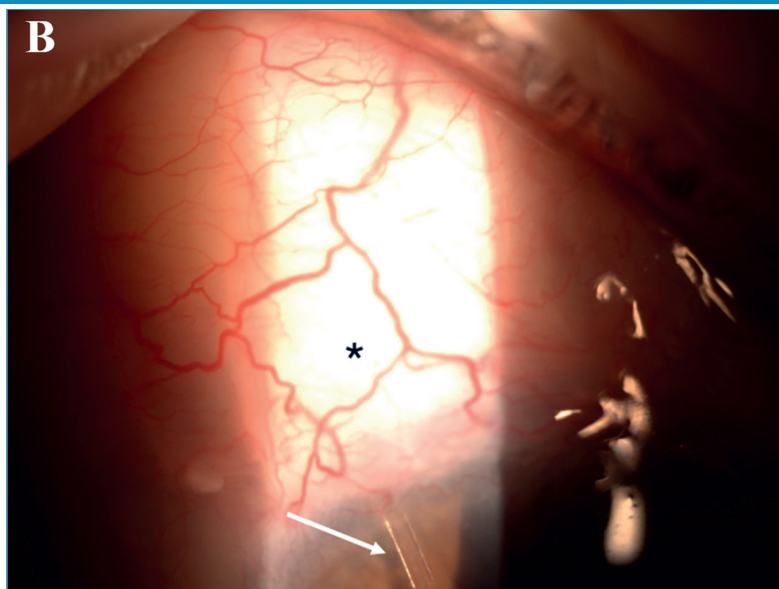
Habár hatékonyságában nem múlja felül az aranystandardnak tekintendő filtrációs műtet, kedvezőbb biztonsági profilja és a viszonylag gyors és könnyen elsajátítható műteti technika miatt vonzó alternatívát jelenthet, különösen azoknál a betegeknél, akiknél a hagyományos műtét fokozott kockázattal járna (16) (7. B ábra).

Megemlítendő továbbá a Xen (Allergan) gél stent és az EX-PRESS Glaukóma Filtrációs Eszköz (Alcon), amelyek akár trabeculectomiához hasonló szemnyomáscsökkenést is tudnak biztosítani lényegesen kisebb intra- és posztoperatív szövődményráta mellett (17, 18). Mind a

Xen-t, mind az EX-PRESS-söntöt több lumenátmérővel helyezték forgalomba. A XEN gél stent beültetése ab-interno és ab-externo megközelítésből is történhet, míg az EX-PRESS-sönt beültetése csak ab-externo módon javasolt (3).

Mindhárom eljárás magas szemnyomáscsökkentő potenciállal bír, azonban a posztoperatív gondozás terén fokozottabb odafigyelést igényelnek, mint a MIGS-csoportba tartozó beavatkozások. Beültetésük elvégezhető phacoemulsificatioval kombináltan is, és alkalmazásuk közepesen súlyos és előrehaladott zöldhályogos károsodás esetén javasolt (10).

7. A ábra: Preserflo®. 7. B ábra: A Preserflo® implantátum vége látható az elülső csarnokban (fehér nyíl), valamint a jól funkcionáló filtrációs párna (fekete aszterisz) Forrás: santennederland.nl (A) PTE KK Szemészeti Klinika képanyaga (B)



Lézeres eljárások

A lézeres beavatkozások kiemelkedő szerepet játszanak a glaukóma kezelésében, akár a csarnokvíz termelésének vagy elvezetésének dinamikai tulajdonságait befolyásolva, akár manuális műtét kiegészítéseként.

A csarnokvíz elfolyásának elősegítését célzó eljárások

A szelektív lézer trabekuloplasztika (SLT) a jelenleg is érvényben lévő EGS-ajánlás alapján elsővonalsbeli terápiás lehetőség a szemcsepp-monoterápia mellett a primer nyílt zugú glaukóma és okuláris hipertenzió kezelésében (19). A Nd:YAG-lézer a trabekuláris hálózat endothelsejtjei által fagocitált melanin szemcséket célozza, amelyek a lézer energiájának hatására szét-esnek. Az impulzus időtartama rövidebb (3 nanoszekundum), mint a melanin szemcsék relaxációs ideje, így az erősen pigmentált sejtek szétesését váltja ki, és a környező struktúrákban nem okoz hegese-dést. Az extracelluláris mátrix átalakítása következtében a trabekuláris hálózat porózusabb szerkezetűvé válik, csökken az ellenállás a csarnokvíz elfolyásának területén, így a szemnyomás is. A kezelés hatása a szövetek átalakulását követően tapasztalható, hozzávetőlegesen négy héttel a beavatkozás után. Az SLT ismételhető eljárás, körülbelül 20-25%-os szemnyomáscsökkenést lehet vele elérni, elsővonalsbeli kezelésként és meglévő terápia kiegészítésére is alkalmas. Indikációs körébe nemcsak a primer nyílt zugú, hanem egyéb szekunder nyílt zugú glaukóma típusok (pigment glaukóma, pszeudoexfoliációs glaukóma) is tartoznak (20).

Míg az SLT a trabekuláris hálózat szerkezetének sejtszintű átalakulását idézi elő, addig a lézeres trabeculectomiák a szövetek eltávolítása által hoznak létre elvezető utat az elülső csarnok és a Schlemm-csatorna között. Az excimer lézer trabeculectomia (ELT) során clear cornea seben keresztül ab-interno megközelítésből történik a csatorna kiala-

kítása egy 308 nm hullámhosszú xenon lézerrel, intraoperatív gonioszkópia segítségével. A rendelkezésre álló szakirodalmi adatok alapján a szemnyomáscsökkentő hatása 20 és 40% közé tehető annak függvényében, hogy a beavatkozás önállóan vagy phacoemulsificatioval kombináltan történik (21).

Hasonló elven alapszik, mégis invazívítás szempontjából jóval kedvezőbb eljárás a FLIGHT (Femtosecond Laser Image-Guided High-precision Trabeculotomy), amely a nevéből adódóan 800 nm hullámhosszú femtoszekundum lézert alkalmaz, és a szemgolyó megnyitása nélkül képes kialakítani egy 500 μm $\times$ 200 μm széles, 400 μm hosszú csatornát az elülső csarnok és a Schlemm-csatorna között nagy felbontású gonio-kamera segítségével. A módszer kifejlesztésében Nagy Zoltán Zsolt professzor és munkacsoportja is részt vett: 12 páciens 18 szemén végezték el a beavatkozást és publikálták eredményeiket 24 hónappal a lézerterápiát követően, ami alapján az átlagos szemnyomáscsökkentés 34,6% volt, és a betegek több mint 80%-ánál hatékonynak bizonyult a kezelés (22).

A csarnokvíz termelődését csökkentő eljárások

Az eddig tárgyalt módszerek vagy implantátumok műtéti indikációjukat tekintve elsősorban nyílt zugú glaukómás betegek esetén alkalmazhatók, mivel a csarnokvíz elvezetésének valamilyen módját próbálják megvalósítani a meglévő anatómiai adottságokhoz igazodva. A jelenlegi ajánlások alapján a ciklodestruktív eljárások a terápiás algoritmus végén helyezkednek el, a csarnokzug állapotától függetlenül elvégezhetők. A konvencionális, folyamatos lézersugárral végzett transscleralis cyclophotocoagulation (CW-TSCPC) mellett ma már elérhetők a mikropulzus (MP3) lézer készülékek is. Előnyük, hogy míg a CW-TSCPC a sugártest kapillárisainak elzárása által ronc-solja a csarnokvíz termeléséért felelős hámsejteket, addig a mikropulzus lézer részletekben

adja le az energiát és három különböző módon (uveosclerális elfolyás fokozódása, musculus ciliaris kontrakció és hámsejtnekrózis), a szövetek szerkezetének megváltoztatásán keresztül csökkenti a szemnyomást (23). Összehasonlítva a CW-TSCPC-vel, szemnyomáscsökkentő hatásuk közel azonos (40-45%), viszont a mikropulzus lézerkezelés hosszabb távon hatékonyabbnak és biztonságosabbnak bizonyult (24).

Míg a CW-TSCPC és az MP3 kezelés során a sugártesti nyúlványok helyzetét csak az anatómiai pozíciót ismerve, a limbushoz viszonyítva tudjuk meghatározni, addig endoszkópos cyclophotocoagulation (ECP) során a kezelendő terület láthatóvá válik, pontos dózírozást lehetővé téve. Az ECP során is a transscleralis lézerhez hasonlóan a 810 nm hullámhosszú diódlézer alkalmazandó. A sugártest nyúlványainak megközelítése történhet a szaruhártya felől kettő clear cornea seben keresztül, vagy a pars plana felől kettő vitrectomiás kapun át. A hátsó megközelítés annyiban korlátozza lehetőségeinket, hogy pseudophakias szemek esetén lehet csak elvégezni. Összehasonlítva a hatékonyságát a trabeculectomiával és a hosszú tubusos implantátumokkal, az ECP-t követő szemnyomáscsökkentés szignifikánsan nem különbözött a konvencionális beavatkozásoktól (25). Szemmegnyitó műtét révén az ezzel járó kockázatokat magában hordozza, azonban mindezt figyelembe véve is biztonságos beavatkozásnak tekinthető (26).

CLASS (CO₂ laser assisted sclerotomy surgery – CO₂ lézerrassisztált sclerotomia)

A mély sclerectomia (DS) a trabeculectomiával ellentétben nem jár az elülső csarnok közvetlen megnyitásával, azonban a trabekulo-Des-cemet (TDM) membrán épségének megőrzése komoly sebészi precizitást igényel. Ennek megkönnyítésére fejlesztettek ki egy CO₂ lézeralapú rendszert, amely segíti a Schlemm-csatorna feltárását, mi-

közben csökkenti a TDM perforációjának kockázatát. A CO₂ lézer energiáját a víz nagyrészt elnyeli, így amint a csarnokvíz átszivárog a kezelt területen, csökken a környező szövetekre gyakorolt hatása (27). A CLASS és a konvencionális DS-műtét a szemnyomáscsökkentés céljából hasonló eredményekkel bír (28). Hatása gyengébb a trabeculectomiához viszonyítva, posztoperatív szövődmények és felépülés szempontjából kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezik (29).

Megbeszélés

A XXI. században a glaukóma terápiajának területén paradigmaváltás

figyelhető meg. A lézeres és minimál invazív sebészeti technológiák rohamos fejlődése a glaukóma kezelésében számos új eszközt és technikát eredményezett, amelyek eltérő mechanizmusokon keresztül képesek csökkenteni a szemnyomást. Ezek az innovatív eljárások ígéretes alternatívát kínálnak, de elérhetőségüket jelenleg gyakran korlátozza magas költségük vagy a széles körű hozzáférés hiánya.

Ugyan a szemnyomáscsökkentő hatásuk általában mérsékelt, mint a hagyományos trabeculectomia vagy a hosszú tubusos csarnokvíz-elvezető implantátumoké, alkalmazásuk mellett szól a kisebb műtéti kockázat és a gyorsabb posztoperatív

felépülés. Emellett fontos kiemelni, hogy ezek az eljárások nemcsak a szemnyomás, hanem gyakran a szemcsepp-használat csökkentését is lehetővé teszik, jelentős életminőség-javulást biztosítva a betegek számára.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy a további képző, pontszerző tanulmány megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

IRODALOM

1. Tham YC, et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; 121(11): 2081–2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>
2. World Health Organization: World Report on Vision (2019)
3. European Glaucoma Society: A guide on surgical innovation for glaucoma (2023)
4. Jonas JB, Aung T, Bourne RR, Bron AM, Ritch R, Panda-Jonas S. Glaucoma. *Lancet* 2017; 390(10108): 2183–2193. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31469-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31469-1)
5. Saheb H, et al. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23(2): 96–104. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32834ff1e7>
6. Cairns JE. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4): 673–679.
7. Dastiridou AI, et al. Cyclodestructive Procedures in Glaucoma: A Review of Current and Emerging Options. *Adv Ther* 2018; 35(12): 2103–2127. <https://doi.org/10.1007/s12325-018-0837-3>
8. Ahmed IK, et al. A Prospective Randomized Trial Comparing Hydrus and iStent Microinvasive Glaucoma Surgery Implants for Standalone Treatment of Open-Angle Glaucoma: The COMPARE Study. *Ophthalmology* 2020; 127(1): 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.04.034>
9. Salimi A, et al. Three-Year Outcomes of a Schlemm Canal Microstent (Hydrus Microstent) with Concomitant Phacoemulsification in Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmol Glaucoma* 2023; 6(2): 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2022.08.012>
10. Balas M, et al. Minimally Invasive Glaucoma Surgery: A Review of the Literature. *Vision* 2023; 7(3): 54. <https://doi.org/10.3390/vision7030054>
11. Flinay GD, et al. Kahook Dual Blade versus Trabectome (KVT): Comparing Outcomes in Combination with Cataract Surgery. *Clin Ophthalmol* 2023; 17: 145–154. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S391527>
12. Bozkurt E, et al. The efficacy of gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy combined with phacoemulsification. *Int Ophthalmol* 2021; 41(1): 35–43. <https://doi.org/10.1007/s10792-020-01550-x>
13. Reiss G, et al. Safety and Effectiveness of CyPass Supraciliary Micro-Stent in Primary Open-Angle Glaucoma: 5-Year Results from the COMPASS XT Study. *Am J Ophthalmol* 2019; 208: 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.07.015>
14. Tan JCK, et al. Meta-Analysis of MINiject vs. Two iStents as Standalone Treatment for Glaucoma with 24 Months of Follow-Up. *J Clin Med* 2024; 13(24): 7703. <https://doi.org/10.3390/jcm13247703>
15. Achiron A, et al. Micro-invasive glaucoma surgery. *Harefuah* 2014; 153(10): 581–625. PMID: 255 18075.
16. Governatori L, et al. PreserFlo MicroShunt versus trabeculectomy: an updated meta-analysis and systematic review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* Published online: October 12, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00417-024-06649-w>
17. Ansari E. Five-year outcomes of ab interno Xen 45 gel stent implantation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024; 262(4): 1263–1269. <https://doi.org/10.1007/s00417-023-06294-9>
18. Nicolai M, et al. EX-PRESS Glaucoma Filtration Device: Management of Complications. *Vision (Basel)* 2020; 4(3): 39. <https://doi.org/10.3390/vision4030039>
19. European Glaucoma Society: Terminology and guidelines for glaucoma 5th ed. (2021)
20. Gazzard G, et al. Laser in Glaucoma and Ocular Hypertension (LiGHT) Trial: Six-Year Results of Primary Selective Laser Trabeculoplasty versus Eye Drops for the Treatment of Glaucoma and Ocular Hypertension. *Ophthalmology* 2023; 130(2): 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.09.009>
21. Durr GM, et al. Current review of Excimer laser Trabeculostomy. *Eye Vis (Lond)* 2020; 7: 24. <https://doi.org/10.1186/s40662-020-00190-7>
22. Nagy ZZ, et al. First-in-Human Safety Study of Femtosecond Laser Image-Guided Trabeculotomy for Glaucoma Treatment: 24-month Outcomes. *Ophthalmol Sci* 2023; 3(4): 100313. <https://doi.org/10.1016/j.xops.2023.100313>
23. Ma A, et al. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol* 2019; 64(4): 486–497. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.01.001>
24. Aquino MC, et al. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: a randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol* 2015; 43(1): 40–46. <https://doi.org/10.1111/ceo.12360>
25. Kaplowitz K, et al. The use of endoscopic cyclophotocoagulation for moderate to advanced glaucoma. *Acta Ophthalmol* 2015; 93(5): 395–401. <https://doi.org/10.1111/aos.12529>
26. Tóth M, et al. Endoscopic cyclophotocoagulation (ECP) for open angle glaucoma and primary angle closure. *Cochrane Database Syst Rev* 2019; 2(2): CD012741. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012741.pub2>
27. Cutolo CA, et al. Prospective evaluation of CO2 laser-assisted sclerectomy surgery (CLASS) with Mitomycin C. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256(1): 181–186. <https://doi.org/10.1007/s00417-017-3844-1>
28. Greifner G, et al. Results of CO2 Laser-assisted Deep Sclerectomy as Compared With Conventional Deep Sclerectomy. *J Glaucoma* 2016; 25(7): e630–e638. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000187>
29. Zhang H, et al. CO2 Laser-Assisted Deep Sclerectomy Surgery Compared with Trabeculectomy in Primary Open-Angle Glaucoma: Two-Year Results. *J Ophthalmol* 2021; 2021: 6639583. <https://doi.org/10.1155/2021/6639583>
30. Sohajda Z. Minimálisan invazív glaukóma – sebészeti mikroimplantátumok. *Irodalmi áttekintés. Szemészet* 2020; 157(2): 173–179.