



# Ab Interno Gonyotomi/Gonyektomi Teknikleri

## Ab Interno Goniotomy/Goniectomy Techniques

1 Zeynep Aktaş<sup>1</sup>, 2 Syril Dorairaj<sup>2</sup>, 3 Mohamed Sayed<sup>3</sup>, 4 Arsham Sheybani<sup>4</sup>, 5 Ahmet Yücel Üçgül<sup>5</sup>, 6 Isabella Wagner<sup>2</sup>,  
6 Mohamed Khodeiry<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Tektaş Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, San Antonio, TX, ABD

<sup>2</sup>Mayo Klinik Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Jacksonville, FL, ABD

<sup>3</sup>Cleveland Klinik, Abu Dhabi, Abu Dhabi, BAE

<sup>4</sup>Washington Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları ve Görme Bilimleri Anabilim Dalı, St Louis, MO, ABD

<sup>5</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye

<sup>6</sup>Kentucky Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Lexington, KY; ABD ve Bascom Palmer Göz Enstitüsü, Miami Üniversitesi Miller Tıp Fakültesi, Miami, FL, ABD

### Öz

Minimal invaziv glokom cerrahileri (MİGC), Kahook Dual Blade (KDB), bent ab interno needle gonyotomi (BANG), gonyoskopi yardımlı transluminal trabekülotomi (GATT), OMNI, Trabektom, Streamline ve TrabEx+ gibi teknikleri içermekte olup, glokom tedavisinde göz içi basıncını (GİB) düşürerek ve aköz hüner dışı akışını iyileştirerek önemli ilerlemeler sağlamıştır. Bu yenilikçi prosedürler, trabeküler ağ (TA) ve Schlemm kanalı gibi yapıların hedeflenmesiyle daha invaziv filtrasyon cerrahilerine etkili alternatifler sunar. MİGC, doğal drenaj yollarını iyileştirerek GİB'de belirgin düşüşler ve glokom ilaçlarına bağımlılıkta azalma sağlar. Her cihazın kendine özgü bir çalışma mekanizması vardır. KDB, TA bir şerit halinde kesip çıkarır. BANG, eğik bir hipodermik iğne ile kontrollü gonyotomi yapar. GATT, mikrokaterer veya Prolene (polipropilen) sütür kullanarak Schlemm kanalında 360 derecelik trabekülotomi gerçekleştirir. OMNI, kanaloplasti ve trabekülotomiye tek bir prosedürde birleştirir. Trabektom, elektrik enerjisi kullanarak TA dokusunu ablyasyon ile temizlerken, Streamline viskodilatasyon yaparak dışı akış kanallarını genişletir. TrabEx+, irrigasyon ve aspirasyonu entegre ederek etkili bir gonyotomi sağlar. Klinik çalışmalar, bu MİGC tekniklerinin güvenli ve etkili olduğunu, trabekülotomi veya tüp şant implantasyonu gibi geleneksel cerrahlere göre daha az komplikasyonla sonuçlandığını göstermektedir. MİGC, kısa iyileşme süresi ve düşük risk profili nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak uzun vadeli etkinlik ve dayanıklılığın tam olarak belirlenebilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. MİGC teknolojisindeki ilerlemeler ve uzun vadeli veriler, glokom hastaları için sürdürülebilir ve güvenilir faydalar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Minimal invaziv glokom cerrahisi, gonyotomi, gonyektomi

### Abstract

Minimally invasive glaucoma surgeries (MIGS), such as Kahook Dual Blade (KDB), bent ab interno needle goniectomy (BANG), gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT), OMNI, Trabectome, Streamline, and TrabEx+, have significantly advanced the treatment of glaucoma by improving aqueous humor outflow and reducing intraocular pressure (IOP). These innovative procedures target the trabecular meshwork (TM) and Schlemm's canal, offering effective alternatives to more invasive filtration surgeries. By enhancing the natural drainage pathways, MIGS can achieve notable reductions in IOP and minimize the need for long-term glaucoma medications. Each device has a distinct mechanism of action. The KDB excises a strip of TM, while BANG uses a bent hypodermic needle for controlled goniectomy. GATT performs a 360-degree trabeculotomy using a microcatheter or Prolene (polypropylene) suture to open Schlemm's canal. OMNI combines canaloplasty and trabeculotomy in a single procedure. The Trabectome ablates TM tissue with electrical energy, whereas Streamline performs viscodilatation to expand outflow channels. TrabEx+ facilitates goniectomy with integrated irrigation and aspiration. Clinical studies have shown these MIGS techniques to be both safe and effective, with fewer complications compared to traditional surgeries like trabeculotomy or tube shunt implantation. MIGS procedures are particularly appealing due to their reduced recovery time and lower risk profile. However, further research is essential to establish their long-term efficacy and durability. Continued advancements and comprehensive long-term studies will ensure that MIGS provide sustainable and reliable benefits for glaucoma patients, optimizing treatment strategies in clinical practice.

**Keywords:** Minimal invasive glaucoma surgery, goniotomy, goniectomy

**Cite this article as:** Aktaş Z, Dorairaj S, Sayed M, Sheybani A, Üçgül AY, Wagner I, Khodeiry M. Ab Interno Goniotomy/Goniectomy Techniques. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:159-170

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Zeynep Aktaş, Tektaş Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, San Antonio, TX, ABD  
E-posta: drzeynep2000@yahoo.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-8339-3433  
Geliş Tarihi/Received: 05.08.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 12.01.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.29345

### Giriş

Glukom, yüksek göz içi basıncı (GİB) ile ilişkili progresif optik nöropati ile karakterizedir ve dünya çapında kalıcı körlüğün önde gelen nedenlerinden biridir. Multifaktöriyel bir hastalıktır ve GİB'in zamanında yönetimi, hastalık progresyonunu önlemek için en etkili strateji olmaya devam etmektedir. Medikal tedaviler ve lazer tedavilerindeki gelişmelere rağmen, birçok hastada yeterli GİB kontrolü sağlamak için cerrahi müdahale gerekmektedir. Uzun süredir ileri glukom tedavisinde standart



seçenekler trabekülektomi ve tüp şantları gibi geleneksel glokom cerrahileridir. Etkili olsa da, bu invaziv cerrahilerin hipotoni, enfeksiyon, bleb ile ilgili komplikasyonlar gibi riskleri vardır ve iyileşme süreleri uzundur.

Son yirmi yılda bu sınırlamaları ortadan kaldırmak için, oküler yapılarda hasarı minimum düzeye indirerek hüümör aközün dışı akımını artırmayı amaçlayan minimal invaziv glokom cerrahileri (MİGC) geliştirilmiştir. İlk olarak 2000'li yılların başında ortaya çıkan MİGC teknikleri, geleneksel cerrahlere göre daha güvenli ve daha az invazivdir ve glokom yönetiminde devrime neden olmuştur. Trabekülektomiden farklı olarak, MİGC işlemleri genellikle ab interno yaklaşımla gerçekleştirilir. Bu nedenle konjonktiva diseksiyonu yapılması gerekmez ve postoperatif komplikasyon riski azalır. Ayrıca, MİGC teknikleri ile ameliyat süreleri kısalmış, iyileşme hızlanır ve konjonktiva bütünlüğü daha iyi korunur. Bu nedenle MİGC, ileride cerrahi müdahaleye ihtiyaç duyabilecek hastalar için özellikle avantajlıdır.

MİGC'lere olan gereksinim, tıbbi tedavi ile daha invaziv cerrahi seçenekler arasındaki boşluğu doldurmalarından kaynaklanmaktadır. Cihaz ve teknik yelpazesinin genişlemesi ile MİGC'ler, glokomda spesifik anatomik ve fizyolojik zorlukları ele alacak şekilde uyarlanabilir ve tedavi yaklaşımlarının çok yönlü olmasını sağlar. Bu işlemler ile, özellikle hafif ve orta dereceli glokomlu hastalarda GİB'i düşürmede ve glokom ilaçlarına bağımlılığı azaltmada başarılı olunmuştur. Ayrıca, MİGC'lerin katarakt cerrahisi ile kombine şekilde yapılabilmesi, uygulanabilirliklerini ve çekiciliklerini daha da artırmıştır.

Bu derleme, MİGC tekniklerine genel bir bakış sunmayı, tekniklerin evrimini, uygulamalarını ve sonuçlarını vurgulamayı amaçlamaktadır. Farklı MİGC yöntemleri karşılaştırarak, modern glokom yönetimindeki rolleri ve geleneksel cerrahi yaklaşımlara göre avantajları aydınlatılmaya çalışılacaktır.

### Kahook Dual Blade Gonyotomi

#### Teknik Bilgiler

Kahook Dual Blade (KDB; New World Medical), ab interno gonyotomi için özel olarak tasarlanmış bir oftalmolojik bıçaktır. Hem pediatrik hem de yetişkin glokom hastalarında kullanılabilen KDB ile hastalıklı trabeküler ağ (TA) dokusu yakalanır, gerilerek bir şerit çıkarılır.<sup>1</sup> Bu MİGC cihazı, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından 2015 yılında 510(k) sınıf I muafiyeti kapsamında onaylanmıştır. Cihaz, dokunun hassas bir şekilde çıkarılmasını kolaylaştıran benzersiz bir tasarıma sahiptir. Hedef dokuya penetrasyon sağlanması için bir sivri uç, 230 µm genişliğinde distal bir taban plakası, doku elevasyonu sağlayan bir rampa ve TA dokusunu geren ve kesen bir çift posterior yerleşimli yükseltilmiş entegre paralel bıçaklardan oluşur.<sup>2,3</sup> Literatürde, KDB işleminin güvenlik profilinin geleneksel insizyonel girişimlerden daha iyi olduğu ve çok çeşitli glokom tipleri ve hastalık derecelerinde GİB'de anlamlı azalma sağlandığı ve glokom ilaçlarına bağımlılığın azaldığı tutarlı bir şekilde gösterilmiştir.

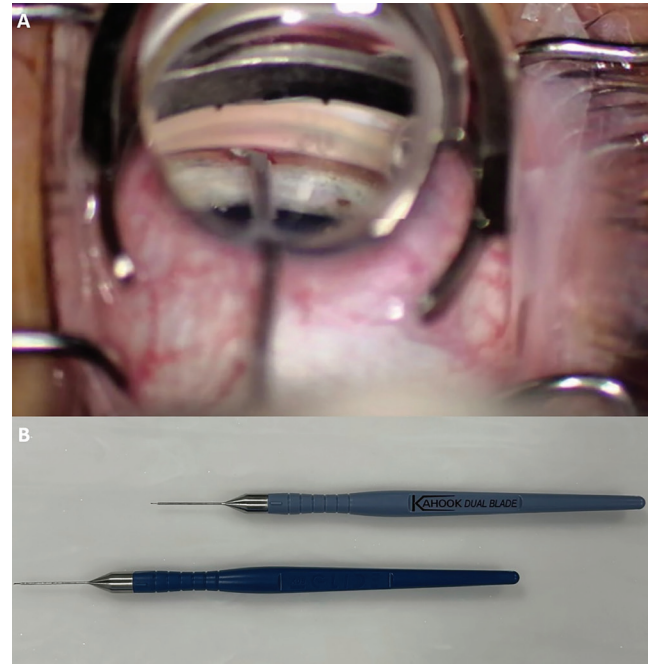
### Cerrahi Uygulama

KDB ile eksizyonel gonyotomi direkt gonyoskopik görüntüleme altında yapılır. İntraoperatif KDB gonyotomi görüntüsü **Şekil 1A**'da gösterilmiştir. Cihaz, nazal TA'yı hedef alan temporal periferik saydam kornea insizyonundan ön kamaraya sokulur. Sivri uç bir açıklık oluştururken, taban plakası Schlemm kanalının ön duvarına yaslanır. Cihaz kanal boyunca ilerletilirken rampa TA'yı kaldırarak çift bıçağa doğru yönlendirerek doku eksizyonu yapılmasını sağlar. Bu işlem, kesilen TA şeridinin genişliğini maksimuma çıkarırken, çevredeki yapılara verilen ek hasarı en aza indirir.<sup>4</sup>

Dorairaj ve ark.<sup>2</sup> tarafından tarif edilen üç eksizyonel yaklaşım mevcuttur: 1) *İşaretle ve birleştir*: Bir uçta bir başlangıç açıklığı oluşturulduktan sonra cihaz çıkarılır ve karşı uçta TA'ya yeniden girilerek iki nokta arasındaki doku şeridi çıkarılır. 2) *Diştan içe*: Cihaz ile bir uçta bir kesi oluşturulduktan sonra orta noktaya kadar ilerletilir, ardından diğer uçtan orta noktaya kadar kesilerek tam bir şerit eksizyonu yapılır. 3) *İçten dışa*: Cihaz ile eksizyonun orta noktasına girilir ve bir uca doğru ilerlenir, 180 derece döndürüldükten sonra şerit iki yarım şeklinde kesilerek çıkarılır ve cerrahin tercihine göre yerinde bırakılabilir.

### Endikasyonlar

KDB'nin endike olduğu durumlar, 1) *Açık açılı glokom (AAG)*: Tek başına veya fakoemülsifikasyon ile kombine şekilde hafif ile şiddetli glokom hastalarında kullanılabilir, 2) *Açık kapanması glokomu (AKG)*: Gonyosineşializ (GSL) ile birlikte periferik ön sineşi (PÖS) yönetiminde ve GİB'i azaltmak için kullanılabilir.



**Şekil 1.** A) Kahook Dual Blade gonyotomi işleminin intraoperatif görüntüsü; B) Birinci nesil Kahook Dual Blade modeli (üstte) ve ikinci nesil Kahook Dual Blade Glide® modelinin (altta) görüntüleri

### Literatür Taraması

KDB eksizyonel gonyotomi, AAG tedavisinde, hastalık şiddetinden bağımsız olarak tek başına veya fakoemülsifikasyon ile kombine halde yapılabilir. Çok merkezli bir retrospektif analizde, ElMallah ve ark.<sup>5</sup>, ağırlıklı olarak hafif ila şiddetli primer açık açılı glokomlu (PAAG; %85,7) 42 gözden oluşan bir örneklemede tek başına yapılan KDB gonyotominin güvenliğini ve etkinliğini değerlendirmiş ve sırasıyla 6. ve 12. aylarda GİB'de başlangıca göre sırasıyla ortalama %27,7 ile %19,3 ve kullanılan glokom ilacı sayısında %32,6 ile %12,5 azalma olduğunu ve 12. ayda gözlerin %40,5'inde GİB düşürücü ilaç sayısının en az bir adet azaldığını bildirmişlerdir. Dorairaj ve ark.<sup>6</sup> 52 gözden oluşan prospektif, çok merkezli bir olgu serisinde fakoemülsifikasyon ile kombine KDB gonyotominin klinik sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Yazarlar, 12. ayda GİB (-%26,2) ve kullanılan glokom ilacı sayısında (-%50,0) anlamlı azalma olduğunu bulmuş, başlangıca göre gözlerin %57,7'sinde GİB'de >%20'lik bir düşüş ve %63,5'inde ilaç sayısında >1 azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca tek başına KDB gonyotomi ile elde edilen sonuçlar fakoemülsifikasyon ile kombine KDB gonyotomi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Barkander ve ark.<sup>7</sup> tarafından yapılan tek merkezli retrospektif bir çalışmaya hafif ila şiddetli PAAG veya psödoeksfolyatif glokomlu (PEG) 90 hasta dahil edilmiş ve KDB gonyotominin tek başına veya fakoemülsifikasyon ile kombine şekilde yapılması ile 24 ayda GİB'de (sırasıyla %-39,5; %-37,3) ve kullanılan glokom ilaçlarının sayısında (sırasıyla %-11,4 ;%-30,3) anlamlı azalma olduğu bulunmuştur. Yazarlar, kombine grupta postoperatif hifema oranının (%4'e kıyasla %26; p=0,008) ve glokom cerrahisi riskinin (p=0,026) daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bu, KDB'nin fakoemülsifikasyon ile kombine şekilde yapılmasının ek faydalar sağladığını düşündürmektedir.<sup>7</sup> Mevcut literatürdeki KDB çalışmalarının çoğunda izlem süreleri 6 ile 24 ay arasında değişmektedir, ancak iki çalışmada, AAG'li gözlerde fakoemülsifikasyonla kombine KDB gonyotomi ile 36 ayda GİB'de (%24,7-39,0) ve glokom ilaç yükünde (%33,3-50,0) çok güçlü azalma olduğu bulunmuştur.<sup>8,9</sup> Ayrıca, fakoemülsifikasyon yapıp yapılmadığına bakılmaksızın, başlangıçta >1 GİB düşürücü ilaç kullanan hafif ila orta şiddetli AAG'li gözlerde de uzun süreli (60 aylık) başarı elde edilmiştir.<sup>10</sup>

KDB gonyotomi AAG ve oküler hipertansiyon tedavisinde endikeyken, AKG tedavisinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Dorairaj ve ark.<sup>11,12,13</sup> tarafından AKG'li 42 gözden oluşan bir kohort ile yapılan retrospektif çalışmalarda, KDB destekli GSL ve eksizyonel gonyotomi ile kombine fakoemülsifikasyonun 6., 12. ve 24. aylarda hem GİB (sırasıyla %-48,8; %-47,2; %-47,1) hem de glokom ilaç yükünde (sırasıyla -%91,7; -%91,7; -%76) anlamlı azalmaya neden olduğu gösterilmiştir. Çalışma kohortunda 24. aya kadar tekrar glokom cerrahisi yapılması gerekmemiştir. Tüm gözlerde GİB'de başlangıca göre >%20 azalma sağlanmış ve hastaların %69'unun ilaç kullanmasına gerek kalmamıştır. Yazarlar, bu kombine yöntem ile elde edilen mükemmel güvenlik ve etkinliğin, kısmen, mevcut PÖS'yi ele alma yeteneğinden kaynaklandığını ve tek başına fakoemülsifikasyon ile bunun yapılmadığını ileri sürmüşlerdir.

Al Habash ve Albuain<sup>14</sup>, 11 AKG'li gözde bu kombine yöntem ile 37 AAG'li gözde fakoemülsifikasyon ile kombine KDB gonyotominin sonuçlarını prospektif olarak analiz etmiştir. AKG ve AAG'li gözlerde 24. ayda ortalama GİB (sırasıyla -%31,4; -%32,1) ve glokom ilacı yükünde (-%56,3; -%62,7) anlamlı azalma gözlenmiş ve her iki grupta da sekonder cerrahi müdahale yapılması gerekmemiştir.

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, tek başına yapılan KDB gonyotominin sonuçları diğer MİGC teknikleriyle karşılaştırılmıştır. Boopathiraj ve ark.<sup>15</sup> tarafından yapılan tek merkezli retrospektif bir çalışmada, orta ila şiddetli AAG'de KDB gonyotomi, Xen jel stent ile karşılaştırılmıştır. KDB gonyotomi 36. ayda GİB'de %23,5 (23,2±6,0 mmHg'den 16,6±5,4 mmHg'ye) ve ilaç yükünde %30,8 (2,2±1,4'ten 1,1±0,7'ye) azalma sağlamıştır. Bu sonuçlar, GİB'de %22,1 ve ilaç yükünde %25,6 azalma izlenen Xen ile benzer bulunmuştur. Ancak, KDB grubunda tekrar cerrahi müdahale gereksinimi daha az olmuştur (%11,5'e karşı Xen grubunda %42,2). Bu da KDB'nin uzun dönem komplikasyon oranının daha düşük ve ek ameliyat ihtiyacının daha az olacağını düşündürmektedir.<sup>15</sup>

### Komplikasyonlar

Bildirilen komplikasyonlar arasında 1) *Transient hifema*: Yaygın görülür ancak konservatif tedavi ile düzelir. 2) *GİB sıçramaları*: Ameliyat sonrası gözlenir ancak yönetilebilir. 3) *Hipotoni*: Siklodiyaliz, nadir de olsa (olguların yaklaşık %1,2'si) hipotoni makülopati gibi ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Yakın zamanda yapılan bir olgu çalışmasında, minimal invaziv direkt internal siklopeksi (MIDIS) yöntemiyle KDB gonyotomi ile ilişkili siklodiyalizin etkili bir şekilde tedavi edilebileceği gösterilmiştir.<sup>16</sup> Konjonktival veya skleral insizyon yapılmaması nedeniyle MIDIS, gelecekte trabekülektomi yapılması gerekebilecek hastalar için uygun bir seçenektir. Bu teknik ile hipotoni makülopatisinin tedavisi ve görme keskinliğinin geri kazanılmasının yanı sıra uzun süreli GİB kontrolünde de başarı elde edilmiştir.<sup>16</sup>

KDB yapılan hastalar, koroid dekolmanı ve hipotoni makülopatisi gibi persistan hipotoni belirtileri açısından takip edilmelidir. Tedavi seçenekleri arasında refrakter olgularda sikloplejik ilaçlar ile konservatif tedavi veya siklopeksi ile cerrahi onarım yer alır. Erken tanı ve komplikasyonların ciddiyetine göre özel tedavi önerilmektedir.

### Gelecekteki Gelişmeler

İkinci nesil KDB cihazı KDB Glide®, 2020 yılında FDA onayı almıştır. Her iki KDB modeli [Şekil 1B](#)'de gösterilmiştir. Yapılan geliştirmeler arasında Schlemm kanalından geçişin daha yumuşak olmasını sağlamak için kenarlara eğim verilmesi ve taban plakası köşelerinin yuvarlatılması yer almaktadır. Preklinik veriler, TrabEx™, Prolen (polipropilen) sütür ile 360° trabekülektomi ve iAccess® Trabeküler Trefin gibi diğer cihazlara kıyasla TA eksizyon yeteneğinin daha üstün olduğunu göstermektedir. Daha ileri çalışmaların bu bulguları doğrulaması beklenmektedir.<sup>17,18</sup>

## Omni Cerrahi Sistemi

### Teknik Bilgiler

OMNI cerrahi sistemi (Sight Sciences Inc., Menlo Park, CA, ABD), tek bir kornea insizyonu ile kanaloplasti ve trabekülotomi yapılmasına ve hümmör aköz dışa akış yolundaki direnç noktalarının açılmasına olanak sağlar. Aralık 2017'de FDA tarafından onaylanan ve Mart 2018'de piyasaya sürülen cihazda bir mikrokateter, kateteri iletmek için kullanılan bir kanül bulunmaktadır. Cihaz tek kullanımlık bir el aletidir ve mikrokateteri yerleştirmek ve geri çekmek için bir ilerletme tekerleği ve bir oftalmik viskomateryali doldurmak için bir port vardır (Şekil 2A). Bu sistem, Schlemm kanalının mikrokateterizasyonu, viskodilatasyonu ve ardından trabekülotomi yapılmasına olanak sağlar. Bu nedenle hafif ila orta dereceli glokom tedavisinde çok yönlü bir seçenektir.<sup>19</sup>

### Cerrahi Uygulama

Cerrahi işlem temporal kornea insizyonu ile başlar. Mikrokateter, viskodilatasyon için Schlemm kanalına yerleştirilir (Şekil 2B), dışa akış yolunun hem proksimal (TA ve Schlemm kanal iç duvarı) hem de distal (toplayıcı kanallar) kısımlarındaki dirençler hedef alınır. Kanaloplastiden sonra yapılan trabekülotomi ile TA direnci azaltılır ve aköz dışa akış artırılır (Şekil 2C). OMNI cihazı, skleral diseksiyon veya konjonktiva hasarını önler ve gözde implant kalmaz, bu da cihazın minimal invaziv profiline uygundur.

### Endikasyonlar

OMNI cihazı hafif ila orta şiddette glokom için endikedir ve tek başına veya katarakt cerrahisi ile kombine halde kullanılabilir. Özellikle psödoftak hastalar ve birden fazla seviyede çıkış direncinin iyileştirilmesinin kritik olduğu olgular için uygundur.

### Literatür Taraması

Dışa akış direnci, fizyolojik dışa akış yolunun çeşitli bölümlerinden kaynaklanır. Primatlarda, bu direncin %75'i TA'ya ve özellikle de jukstakanaliküler dokuya bağlıdır.<sup>20,21</sup> Schlemm kanalının iç duvarı ise normal gözlerde direncin en çok %10'undan sorumludur.<sup>22</sup> Çalışmalar, PAAG'li gözlerde, Schlemm kanalının kesit alanının ortalama %54 daha düşük olduğunu ve ortalama dışa akış kolaylığının normal gözlerle kıyasla %55 daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu bulgular,

Schlemm kanalı atrofisinin dirence sebep olabileceğine işaret etmektedir.<sup>23</sup> Diğer bir direnç noktasının, toplayıcı kanalların ağzında olduğu gösterilmiştir. Sığır gözündeki GİB artışının iç duvarın ve jukstakanaliküler dokunun toplayıcı kanalların ağzlarına doğru herniasyona yol açtığı bildirilmiştir.<sup>24</sup>

Kanaloplasti ve trabekülotominin birlikte yapılması, hem proksimal (TA ve Schlemm kanalının iç duvarı) hem de distal (Schlemm kanalı ve toplayıcı kanallar) konvansiyonel dışa akış direnç noktalarını hedef alır.<sup>25</sup> İşlemin kanaloplasti kısmı, toplayıcı kanal ağzı da dahil olmak üzere distal dışa akış yolunu açar ve ardından yapılan trabekülotomi, TA'ya bağlı direnci ortadan kaldırır. OMNI sisteminin kullanılması aynı zamanda skleral diseksiyondan kaçınılması, konjonktival hasara neden olunmaması ve göz içinde implant kalmaması gibi avantajlara sahiptir.<sup>26</sup> Bu nedenle glokom hastaları için etkili ve güvenli bir MİGC seçeneğidir.

ROMEO çalışması, hafif ila orta dereceli glokomda ( $\leq 4$  ilaç ile GİB  $\leq 36$  mmHg) OMNI sisteminin etkinlik ve güvenlik profillerini değerlendiren retrospektif çok merkezli bir çalışmadır.<sup>26,27,28</sup> Tek başına kanaloplasti ve trabekülotomi yapılan psödoftak hastalarda 1 yıllık başarı oranı (tekrar glokom cerrahisi yapılmadan aynı sayıda veya daha az ilaçla GİB'de başlangıca göre %20 azalma veya GİB'in 6 ila 18 mmHg arasında olması olarak tanımlanmıştır) %72,9 bulunmuştur. Başlangıç GİB düzeyi yüksek olan hastalarda ( $>18$  mmHg), başlangıçta  $1,7 \pm 1,3$  ilaç ile GİB  $21,8 \pm 3,3$  mmHg iken, 1. yılda  $1,2 \pm 1,3$  ilaç ile  $15,6 \pm 2,4$  mmHg'ye düşmüş ve bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte, başlangıç GİB düzeyi düşük olan hastalarda ( $\leq 18$  mmHg), GİB ameliyat öncesi  $15,4 \pm 2,0$  mmHg iken ameliyattan sonra 12. ayda  $13,9 \pm 3,5$ 'e düşmüştür ( $p=0,24$ ). İlaç yükü de başlangıçta  $2,0 \pm 1,3$  iken 12. ayda  $1,3 \pm 1,3$ 'e düşmüştür ( $p=0,003$ ). Başlangıçta GİB düzeyleri  $>18$  mmHg ve  $\leq 18$  mmHg olan hastalar arasında başlangıçtaki ile aynı veya daha az sayıda ilaç kullanan hastaların yüzdeleri sırasıyla %91,7 ve %89,5 bulunmuştur. GİB'deki azalma kanaloplasti veya trabekülotominin derecesine bağlı bulunmamıştır. Bu çalışmada bildirilen komplikasyonların çoğu hafif ve geçici özellikteydi. Gözlerin %12,5'inde ameliyattan sonra hafif geçici enflamasyon izlenmiş, hastaların %10,5'ine ilave glokom cerrahisi yapılması gerekmiştir. Gözlerin %5'inde GİB'te yükselme görülmüştür. Gözlerin %4,2'sinde kornea ödemi, klinik olarak anlamlı hifema (katmanlı ve  $>1$  mm



Şekil 2. A) OMNI cerrahi sistemi; B) Sütürü Schlemm kanalına sokan OMNI cihazı; C) Sütürün kanalda görüntüsü

ve/veya 1 hafta veya daha uzun süre devam eden ve/veya sekonder müdahale gerektiren) ve görme keskinliğinde azalma bildirilmiştir.<sup>26</sup>

İki yıllık izlemde, bazal GİB değeri yüksek olup katarakt cerrahisi ile kombine kanalooplasti/trabekülotomi yapılan hastaların GİB düzeyleri, cerrahi öncesi 2,2 ila ortalama 21,7 mmHg'den 1,4 ila 15,6 mmHg'ye düşmüştür.<sup>27</sup> Öte yandan, sadece kanalooplasti/trabekülotomi, 1,9 ila 22,1 mmHg olan GİB düzeyininin 1,64 ila 14,7 mmHg'ye düşmesini sağlamıştır. Kohortun genel başarı oranı 2 yılda %75 iken, 1 yılda %80,2 bulunmuştur. Bu, hastaların çoğunda kanalooplasti/trabekülotomi cerrahisininin GİB düşürücü etkisininin devam ettiğini göstermektedir. Hastaların başlangıçta %12'si ilaç kullanmazken bu oran 2. yılda yaklaşık üçte bire yükselmiştir.<sup>28</sup>

Prospektif GEMINI çalışmasında, fakoemülsifikasyon sırasında OMNI cerrahi sistemi ile yapılan 360° kanalooplasti ve 180° trabekülotomi, başlangıçta 23,8±3,1 mmHg olan ilaçsız diurnal GİB'in 12. ayda 15,6±4,0'a düşmesini sağlamış ve gözlerin %84,2'sinde başlangıca göre GİB'de ≥%20 düşüş elde edilmiştir. Benzer şekilde, ortalama GİB azalması 24. ayda 6,2 mmHg ve 36. ayda 6,9 mmHg bulunmuş ve GİB'de ≥%20 azalma olan gözlerin oranınının 24. ve 36. ayda sırasıyla %77 ve %78 olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 12., 24. ve 36. aylarda ilaç sayısında anlamlı azalma olduğu bildirilmiştir (sırasıyla 0,4±0,9, 0,4±0,9 ve 0,3±0,6, buna karşılık başlangıçta 1,8±0,9). Çalışmaya dahil edilen hastaların %74'ününün 36. ayda ilaç kullanmadığı görülmüştür. Çalışmada en sık bildirilen komplikasyon, tedavi edilen gözlerin %6'sında meydana gelen geçici hifema (>1 mm) olmuş ve hastaların hiçbirinde işlem nedeniyle görme keskinliğinde azalma görülmemiştir. Bir hastaya 30. ayda GİB kontrolü için tekrar glokom cerrahisi yapılması gerekmiştir.<sup>29,30</sup> Glokom progresyonu için önemli risk faktörlerinden biri GİB dalgalanmalarıdır.<sup>31</sup> Üç farklı zaman noktasında (09:00, 12:00 ve 16:00) GEMINI çalışmasından elde edilen diurnal GİB değerlerinin post-hoc analizinde, başlangıca göre tedaviden sonra kaydedilen en yüksek GİB değerinin yaklaşık 8 mmHg ve GİB dalgalanmalarınının 1 mmHg daha düşük olduğu bulunmuştur. Ek olarak, her diurnal zaman noktasındaki cerrahi sonrası GİB düzeyleri, cerrahi öncesi ilgili zaman noktalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur.<sup>32</sup>

OMNI cihazı, GİB'i düşürmek ve glokom ilaçlarının sayısını azaltmak için diğer MİGC'lerle birlikte kullanılabilir.<sup>33</sup> Dickinson ve ark.<sup>34</sup> tarafından yapılan retrospektif bir çalışmada, 6. ayda sadece Hydrus mikrostenti ile fakoemülsifikasyon yapılan hastalarda başarı oranı %44,5 (ilaç veya ileri cerrahi müdahale olmadan hedef GİB'e ulaşılması) iken fakoemülsifikasyon-Hydrus-kanalooplasti (OMNI cihazı kullanılarak) grubunda başarı oranı %70,0 bulunmuştur (p=0,04). Tek başına mikrostent grubunda ilaç azalma yüzdesi %67 iken, mikrostent-kanalooplasti grubunda bu oran %88 olmuştur (p<0,05). Her iki gruptaki hastaların hiçbirine GİB kontrolü için tekrar cerrahi yapılması gerekmemiştir. Yazarlar, mikrostent-kanalooplasti grubunda başarı oranınının artmasını, olasılıkla toplayıcı kanallardaki herniasyon dokusunu tersine çeviren

ve Hydrus implantınının distalinde daha büyük bir çıkış alanı sağlayan kanalooplastininin dilatasyon etkisinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Ek olarak, Schlemm kanalınının viskodylasyonu, Hydrus implantınının kanalda doğru konumlandırılmasını kolaylaştırabilir. Benzer şekilde, iStent (Glaukos, San Clemente, CA, ABD) implantasyonu sonrası GİB kontrolü yetersiz olan hastalarda, OMNI cihazı kullanılarak yapılan kanalooplasti ve trabekülotomi, GİB'de %23'lük ve ilaç yükünde %18'lik bir azalma sağlamıştır.<sup>35</sup> Kombine veya ardışık MİGC işlemlerinin ilave GİB ve ilaç azaltıcı etkileri, bu işlemlerin maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.<sup>36,37</sup>

Deneyimlerimize göre, aktif toplayıcı kanalların çoğunun inferior ve nazal yerleşimli olduğu düşünüldüğünden, kombine olgularda katarakt cerrahisini tamamladıktan sonra temporal yaklaşımla kanalooplasti/trabekülotomi yapmayı tercih ediyoruz.<sup>38</sup> Ayrıca, 360° ve 180° trabekülotomi başarı oranları karşılaştırılabilir olduğundan, 180° trabekülotomi (360° trabekülotomi yerine) ile 360° kanalooplasti yapma eğilimindeyiz.

### **Komplikasyonlar**

OMNI ile en sık bildirilen komplikasyonlar, olguların %4,2'sinde görülen hafif ve geçici postoperatif enflamasyon (%12,5), GİB sıçramaları (%5) ve hifemadır (>1 mm). Bu komplikasyonlar tipik olarak konservatif tedavi ile geriler. Tam 360° trabekülotomi yerine 180° trabekülotomi ile 360° kanalooplasti yapılması benzer düzeyde etkinken hifema gibi komplikasyonların görülme olasılığını azaltır. Nadiren kornea ödemi ve geçici görme değişiklikleri izlenen olgular da bildirilmiştir.<sup>39,40</sup>

### **Gonyoskopi Yardımlı Transluminal Trabekülotomi**

#### **Teknik Bilgiler**

Gonyoskopi Yardımlı Transluminal Trabekülotomi (GATT), ilk olarak 2014 yılında tanıttılan bir MİGC'dir.<sup>41</sup> Schlemm kanalınının tek veya iki kornea insizyonu yoluyla ab interno kanülasyonudur ve geleneksel filtrasyon cerrahilerine göre daha az invaziv olan bir alternatiftir. Bu işlem ile TA disfonksiyonu ve Schlemm kanalınının komşu iç duvarına doğrudan müdahale edilerek aköz dışı akışı artırılır ve GİB azalır. GATT, primer ve sekonder AAG, AKG, pediatrik ve juvenil glokom dahil olmak üzere çeşitli glokom tiplerinde etkin bulunmuştur ve farklı hasta grupları için çok yönlü bir seçenektir.

#### **Cerrahi Uygulama**

GATT, cerrahi travma ve postoperatif komplikasyonları en aza indireyecek şekilde ab interno yaklaşımla gerçekleştirilir. Standart steril hazırlığı takiben, parasentez yolu açılarak giriş bölgesi olarak kullanılır. Viskoelastik, ön kamara derinliğini korumak için enjekte edilir. Işıklı mikrokaterer ön kamaraya sokulur, nasal açıya gelinir ve gonyotomi yapılır. Mikrokaterer, tam bir tur ilerlemesini sağlamak için mikrocerrahi forseps kullanılarak Schlemm kanalınının içinden dikkatlice ilerletilir. Mikrokaterer pasajını tamamladıktan sonra 360 derece trabekülotomi yapılır. Bimanuel irrigasyon-aspirasyon sistemi kullanılarak rezidüel viskoelastik ve kan temizlenir. Ameliyat sonrası tedavide tipik olarak kortikosteroid ve antibiyotik damlalar kullanılır.

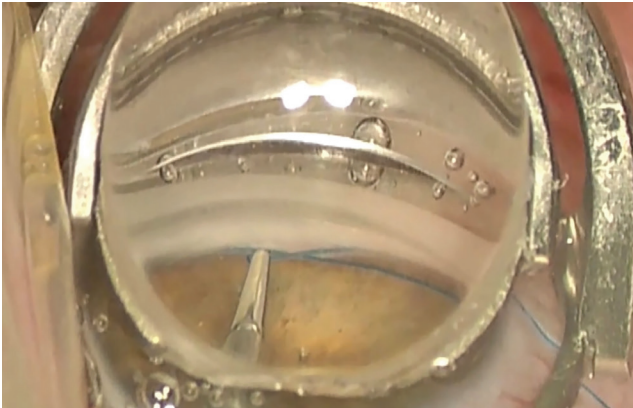
GATT, yönetilebilir düzeyde PÖS'lü AKG hastaları için en uygundur. GATT ile kombine GSL, PÖS'de açının açılması ve Schlemm kanalına erişmenin anahtarıdır. AKG'de cerrahi teknik standart GATT'tan farklıdır ve künt bir spatula kullanarak GSL yapılır. Böylece TA görülebilir ve kanal kanülasyonu kolaylaşır.

#### *Teknik ve Aletlerdeki Değişiklikler*

**Prolen GATT:** GATT tekniğinde yapılan yeni bir modifikasyon, işlem sırasında daha iyi görülebilmesi için 5-0 Prolene® (polipropilen) sütürün ucunun termal olarak işaretlenmiş ve körleştirilmiş olmasıdır (Şekil 3). Bu modifikasyon, ışıklı bir mikrokaterin kullanılmasına benzer şekilde güvenlidir, ancak maliyeti daha uygundur. Bu yaklaşım, Schlemm kanalının dolaşılması sırasında sütür ucunun iyi görülebilmesini sağlayarak ameliyatın daha kolay ve etkin olmasına katkıda bulunur.<sup>42,43</sup>

**İşaretli Sütürlü Prolen GATT:** Bu yöntemde, kanüle etmek için bir Prolene® sütür ve işaretli ek bir Vicryl® (poliglaktin 910) sütür kullanılır. Bu sayede cerrahın Schlemm kanalının kanülasyonu derecesini tahmin etmesi sağlanır. Kısmi kanülasyonda bile tekniğin güvenli ve etkili olduğu kanıtlanmıştır ve ışıklı mikrokaterlere göre düşük maliyetli bir alternatiftir. İşaretli sütürün kullanılması, işlemin progresyonunu ve başarısını takip etmeye yardımcı olur.<sup>44</sup>

**Trabektom ile Başlatılan GATT (TIBGATT):** GATT'ın bir modifikasyonu olan TIBGATT'de, başlangıçta yapılan gonyotomi insizyonu yerine trabektom kullanılarak ab interno trabekülektomi ablasyonu yapılır. Bu yaklaşım, geleneksel GATT ve trabektom ameliyatlarına benzer güvenlik ve etkinliğe sahiptir ve ilk olgu serilerinde umut verici sonuçlar elde edilmiştir.<sup>45</sup> Yazarlar, TA'nın ilk insizyonu kanamaya neden olarak cerrahın görüş alanını etkileyebileceğinden, TA ablasyonunun trabektom ile yapılmasının avantajlı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu yaklaşım, Schlemm kanalı lümeninin ve dış duvarının daha net görülmesini sağlarken, aynı zamanda açının trabektomla işlem yapılan bölgesinde yaranın tekrar yaklaştırılması daha az gerekir. TIBGATT yapılan hastalarda GİB anlamlı şekilde düşerken ilaç kullanımı da azalmıştır. Bu glaukom yönetimindeki etkin bir yöntem olduğuna işaret etmektedir.<sup>45</sup>



**Şekil 3.** Prolen (polipropilen) gonyoskopi asiste transluminal trabekülotomi. Sütür kanal içerisindedir ve distal ucu tutulmuştur

**Hemi-GATT:** Hemi-GATT'ta, geleneksel GATT'ta yapılan 360 derece yerine Schlemm kanalının sadece 180 derecesi işleme dahil edilir. Bu yaklaşım anatomik açıdan kanülasyonu zor olan gözlerde kullanılabilir ve güvenlik profili daha iyidir. Gelecekte gerekirse tekrar cerrahi yapılmasına olanak sağlar ve böylece glaukom yönetiminde aşamalı bir yaklaşım uygulanabilir. Elde edilen veriler, daha az derecenin tedavi edilmesinin işlemin etkinliğini düşürmediğini göstermektedir.<sup>46</sup>

#### *Endikasyonlar*

GATT, primer ve sekonder AAG, AKG, pigmenter glaukom, pediatrik glaukom ve geleneksel tıbbi tedavilere dirençli glaukom dahil olmak üzere çok çeşitli glaukom tipleri için endikedir. Minimal invaziv doğası ve konjonktivaya hasar verilmemesi, GATT'ı gelecekte tekrar cerrahiye ihtiyaç duyabilecek hastalar için tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir.

#### *Literatür Taraması*

GATT'ın etkinliği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Dar ve ark.<sup>47</sup> ileri evre AAG'de ortalama GİB'in 19,3 mmHg'den 13,2 mmHg'ye düştüğü ve 6. ayda gözlerin %91'inde GİB düzeyinin  $\leq 18$  mmHg olduğunu bildirmişlerdir. Faria ve ark.<sup>48</sup> medikal tedaviye dirençli olgularda 24. ayda GİB'in anlamlı şekilde 24,85 mmHg'den 12,58 mmHg'ye gerilediğini ve tek başına GATT yapılması ile elde edilen başarı oranının %64,9 olduğunu saptamışlardır. Liu ve ark.<sup>49</sup> çeşitli AAG tiplerinde 4 yılda GİB'in %45 azaldığını ve kümülatif başarısızlık oranının %53,9 olduğunu bulmuştur.

GATT, PEG'de de etkindir. Aktas ve ark.<sup>50</sup> ilk yılda başarı oranının PEG'de (%97,6) PAAG'dan (%86,8) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Grover ve ark.<sup>51</sup> GİB'de 24. ayda PAAG'de ortalama 9,2 mmHg ve sekonder AAG'de 14,1 mmHg azalma olduğunu bulmuştur. Bu veriler farklı hastalıklarda GATT'tan yararlanılabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, Rahmatnejad ve ark.<sup>52</sup> 12. ayda genel başarı oranının %63,0 olduğunu ve GİB'in 26,1 mmHg'den 14,6 mmHg'ye düştüğünü bildirmiştir.

Primer glaukomların ötesinde, GATT diğer glaukom tiplerinde de umut vaat etmektedir. Parikh ve ark.<sup>53</sup> üveitik glaukomda 12. ayda GİB'in 37,8 mmHg'den 12,2 mmHg'ye gerilediğini, başarı oranının %81 olduğunu ve kullanılan glaukom ilacı sayısının 4,6'dan 2,2'ye azaldığını bildirmiştir. Belkin ve ark.<sup>54</sup> üveitik glaukomda 1. yılda GİB'in 31,4 mmHg'den 13,8 mmHg'ye düştüğünü gözlemlemiştir. Aktas ve ark.<sup>55</sup> vitrektomili hastalarda GİB'in 31,0 mmHg'den 15,6 mmHg'ye düştüğünü ve başarı oranının %93,3 olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Smith ve ark.<sup>56</sup> daha önce keratoplasti geçirmiş gözlerde GİB ve ilaç yükünde anlamlı azalma olduğunu göstermiştir. Hopen ve ark.<sup>57</sup> steroid kaynaklı glaukomlu pediatrik hastalarda GATT'ın etkin olduğunu vurgulamış ve 360° GATT ile GİB'in azaldığını bildirmiştir.

GATT'ın AKG'de etkili olduğu kanıtlanmıştır. Fontana ve ark.<sup>58</sup> 1. yılda GİB'in 30,27 mmHg'den 15,20 mmHg'ye gerilediğini ve 6. ve 12. aylarda başarı oranlarının %93-100 olduğunu bildirmiştir. Sharkawi ve ark.<sup>59</sup> %78 başarı oranı ile 24. ayda GİB'in 21,4 mmHg'den 12,1 mmHg'ye düştüğünü göstermiştir. Ayrıca, Chira-Adisai ve ark.<sup>60</sup> AKG'de 2. yılda GİB'in 21,8 mmHg'den 15,1 mmHg'ye azaldığını bulmuştur.

Primer konjenital glokomda (PKG), Aktas ve ark.<sup>61</sup> GİB'de anlamlı düşüş (ameliyat öncesi ortalama 31 mmHg'den 17,8 mmHg'ye) ve ilaç sayısında azalma olduğunu bildirirken, Elhousseiny ve ark.<sup>62</sup> GİB'in 25,7 mmHg'den 11,5 mmHg'ye düştüğünü göstermiştir. Grover ve ark.<sup>63</sup> da PKG ve juvenil glokomda GİB'de ortalama 12,5 mmHg azalma gözlemlenmiştir. Haidu ve Aktas<sup>64</sup>, Klippel-Trenaunay-Weber sendromlu bir çocukta 6. ayda ameliyattan sonra GİB'in 10 ve 11 mmHg olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar toplu olarak GATT'ın çeşitli glokom tiplerinde çok yönlü ve etkili bir cerrahi seçenek olduğunu düşündürmektedir.

#### **Komplikasyonlar**

GATT'ın en sık bildirilen komplikasyonu geçici hifemadır. Naftali Ben Haim ve ark.<sup>65</sup> 217 gözün %24'ünde sıklıkla ilaç kesilmesiyle ilişkili GİB artışları olduğunu saptamıştır. GİB artışlarının ortalama süresinin 4,9 gün olduğunu ve bu artışların GATT başarısızlığı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Gunay ve ark.<sup>66</sup> ameliyattan 6 ay sonra nazal kadranelerin %38,3'ünde ve temporal kadranelerin %25,3'ünde PÖS geliştiğini gözlemlenmiştir. Bu, uzun dönem sonuçları etkileyebilir. Rao ve ark.<sup>67</sup>, viskoelastik ve kontrolsüz hipertansiyon gibi GİB artışlarının nedenlerini tanımlamış ve sıklıkla birden çok kadranda PÖS veya fibrotik TA dokusu ile ilişkili olduklarını bildirmiştir. Fakoemülsifikasyon ile kombine GATT yapılan hastalarda bildirildiği gibi, bir başka nadir ancak ciddi komplikasyon santral görmenin kaybolmasıdır (wipe-out fenomeni).<sup>68</sup> Wipe-out fenomeni, genellikle ileri glokomlu hastalarda görülen ani postoperatif görme kaybı, merkezi görme alanında ve görme keskinliğinde azalma ile karakterizedir. Bu, özellikle ileri optik sinir hasarı olanlar gibi dikkatli hasta seçiminin önemini vurgulamaktadır. Diğer nadir komplikasyonlar arasında persistan midriyazis, geç başlangıçlı hifema, pansklerit, kistoid maküla ödemi, intrakapsüler hematoma, Descemet membran ayrılması ve suprasiliyer efüzyona bağlı geçici miyopi sayılabilir.<sup>69,70,71,72,73,74,75</sup>

#### **Eğik İğne Ab İnterno Gonyektomi**

##### **Teknik Bilgiler**

Eğik iğne ab interno gonyektomi (BANG), piyasada bulunan TA temelli glokom işlemlerinden daha uygun maliyetli bir alternatiftir. Bu teknikte, TA'nın çıkarılması için iki kesme kenarı olan bir gonyotom oluşturan 25 gauge büyüklüğünde eğik bir hipodermik iğne kullanılır. Eğimi sabit 90 derece olan ticarileştirilmiş cihazlardan farklı olarak, iğne eğimi 75 derecelik bir açıya ayarlanabilir, bu da Schlemm kanalı içinde hareket etmeyi kolaylaştırır ve kavimli kanaliküler yapılar boyunca karşılaşılan direnci azaltır (Şekil 4A). Histolojik çalışmalar, eksize edilen dokunun gerçekten TA olduğunu ve işlemin hedeflenen etkinliği gösterdiğini doğrulamaktadır.

##### **Cerrahi Uygulama**

BANG, steril 25 gauge kalınlığında bir hipodermik iğnenin distal 1 mm'si, bir iğne tutucu ile tutulur ve eğime doğru bükerek bir gonyotom oluşturulur. Sadece BANG işlemi için 1,4 mm'lik bir kesi yeterli olurken, katarakt cerrahisi ile kombine edildiğinde temporal kesi yapılır. Eğik iğne, nazal TA'yı

çıkarmak için kullanılır ve direnç etkili şekilde azaltılarak aköz dışı akışı kolaylaştırılır (Şekil 4B). İğne tasarımının daha kısa olması, temporal yaklaşım ile tüm açılara erişimi sınırlayabilir. Bu nedenle başarılı bir cerrahi için hassas ayarlamalar önem taşımaktadır.

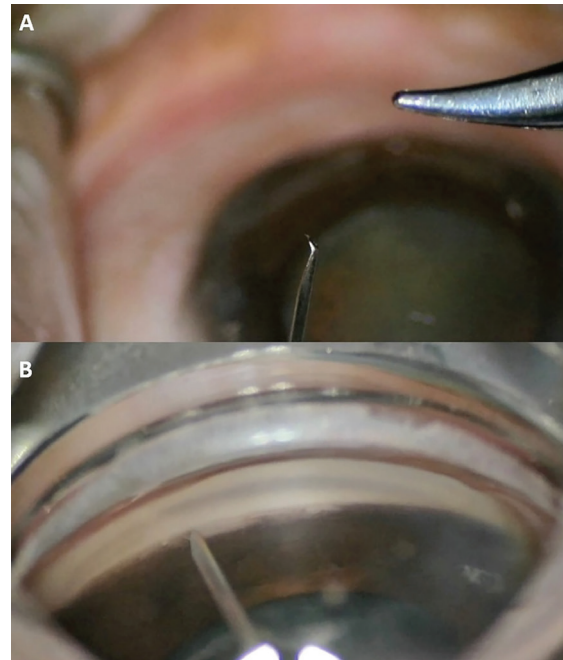
##### **Endikasyonlar**

BANG, diğer MIGC'lere düşük maliyetli bir alternatif arayan AAG hastalarında endikedir. Tek başına veya katarakt cerrahisi ile kombine olarak yapılabilir. Bu sayede farklı ihtiyaçları olan hastalar için çok yönlü bir seçenektir.

##### **Literatür Taraması**

BANG'ın etkinliğine ilişkin ilk veriler umut vericidir ancak sınırlı veri mevcuttur. Shute ve ark.<sup>76</sup>, tek başına (2 göz) veya fakoemülsifikasyon (39 göz) ile kombine olarak BANG yapılan 23 AAG hastasının 41 gözünden elde edilen sonuçları analiz etmiştir. Ameliyat öncesi ortalama GİB 17,4±4,1 mmHg ve kullanılan topikal glokom ilacı sayısı 1,1±1,4 bulunmuştur. Ameliyattan sonra 6. ayda ortalama GİB 13,3±2,5 mmHg'ye düşmüş ve hastaların %73'ünde GİB'de ≥%20 azalma elde edilmiştir (p=0,01). Ayrıca, hastaların %73'ünün kullandığı ilaç sayısı en az bir tane azalmış ve %41'inde GİB ≤12 mmHg olmuştur.

Bu umut verici sonuçlara rağmen, gonyotomi cihazları arasında karşılaştırmalı çalışmaların olmaması ve uzun dönem verilerin sınırlı olması, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Günümüzde bu işlemin uzun dönem etkinliği ve güvenliğini değerlendirmeyi amaçlayan çok merkezli, boyalsal çalışmalar devam etmektedir.



**Şekil 4.** A) 25 gauge hipodermik iğnenin ucu bükülür; B) İğne ucu gonyektomi için Schlemm kanalına yerleştirilir

### **Komplikasyonlar**

BANG, diğer TA temelli ameliyatlar ile benzer bir komplikasyon profiline sahiptir, ancak yayımlanmış verilerin sınırlı sayıda olması nedeniyle BANG'a spesifik raporların sayısı azdır. Olası komplikasyonlar arasında, benzer gonyotomi tekniklerindeki bulgularla tutarlı olarak, geçici hifema, GİB sıçramaları ve hafif postoperatif enflamasyonu yer almaktadır. BANG tekniğinin basit doğası ve sık kullanılan malzemeler ile yapılıyor olması iyi bir güvenlik profiline sahip olacağını düşündürmektedir, ancak bu varsayımı doğrulamak için daha fazla veriye ihtiyaç vardır.

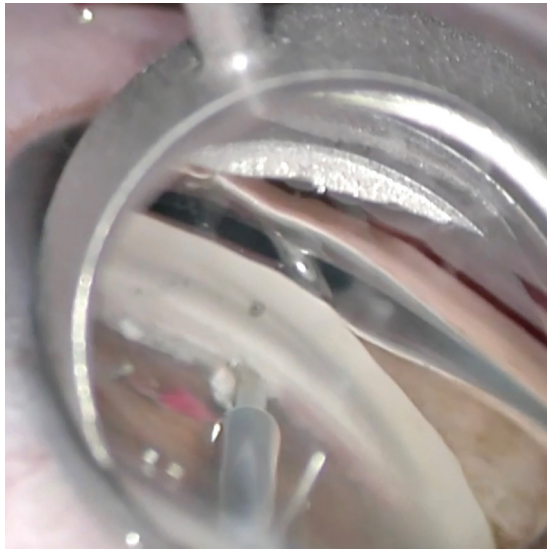
### **Trabektom**

#### **Teknik Bilgiler**

NeoMedix Corp. tarafından geliştirilen Trabektom, 2004 yılında FDA'dan glokom tedavisi için onay almış bir cerrahi cihazdır. Yüksek frekanslı elektrik enerjisi ile TA'nın bir şeridi ve Schlemm kanalının iç duvarında ablasyon yaparak hüümör aköz dışa akışını artırmak için tasarlanmıştır (Şekil 5).<sup>6,77</sup> Bu teknik, hüümör aközün Schlemm kanalına doğrudan akışını kolaylaştırırken doku hasarını en aza indirir ve GİB'i azaltır. İşlemin minimal invaziv doğası nedeniyle, geleneksel glokom ameliyatlarına kıyasla postoperatif dönemde daha az enflamasyon ve skarlaşmaya neden olur. Bununla birlikte, yüksek frekanslı ablasyon yöntemi, geçici bir komplikasyon olan intraoperatif kanama riski daha yüksek olan bir yöntemdir ve cerrahi alanın görülmesini zorlaştırabilir ve cerrahi süresini uzatabilir. Buna rağmen, Trabektom, GİB'i ve glokom ilaçlarına bağımlılığı azaltmada etkili bir yöntemdir.

### **Cerrahi Uygulama**

Trabektom işlemi, küçük bir kornea insizyonu ile başlar. Cihaz, gonyoskopik görüntüleme altında yerleştirilir ve TA'ya ulaşılır. Yüksek frekanslı elektrik enerjisi, TA'nın bir bölümü ile



**Şekil 5.** Trabektom cihazının ucu, ablasyon ve trabeküler ağ şeridinin çıkarılması

Schlemm kanalının iç duvarında ablasyon yapmak için kullanılır ve hüümör aközün daha iyi dışa akışını sağlamak için bir yol oluşturur. Tipik olarak kendiliğinden gerileyen ve postoperatif sonuçları anlamlı düzeyde etkilemeyen Schlemm kanalından olası kanama hakkında dikkatli olunmalıdır. Ameliyattan sonra, enflamasyon ve enfeksiyon riskini en aza indirmek için anti-enflamatuar ve antibiyotik ilaçlar reçete edilir.

### **Endikasyonlar**

Trabektom, özellikle aköz çıkışını iyileştirmek ve GİB'i azaltmak için minimal invaziv bir cerrahi olmak isteyen AAG'li hastalarda endikedir. Tek başına veya katarakt cerrahisi ile kombine şekilde gerçekleştirilebilir ve çeşitli hasta ihtiyaçları için uygundur.

### **Literatür Taraması**

Trabektom kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır ve sonuçlar glokomun yönetiminde etkin ve güvenli olduğunu tutarlı bir şekilde göstermektedir. Çalışmalar, Trabektomun GİB'de anlamlı azalma sağladığını ve ortalama azalmanın hasta popülasyonuna ve takip süresine bağlı olarak %20 ile %40 arasında değiştiğini göstermiştir. Örneğin; Mosaed ve ark.<sup>78</sup> PAAG hastalarında GİB'in 12. ayda 24,6 mmHg'den 16,4 mmHg'ye düştüğünü ve glokom ilaçlarında eşzamanlı bir azalma izlendiğini bildirmiştir. Çok merkezli bir çalışmada, Kaplowitz ve ark.<sup>79</sup> Trabektom ile GİB'in yaklaşık %31 oranında düşürek 15 mmHg'ye yaklaştığını, ilaç sayısının yaklaşık bir adet azaldığını ve ciddi komplikasyon oranının düşük olduğunu bildirmiştir. Fakoemülsifikasyon ile birlikte yapıldığında Trabektom GİB'in azaltılmasına ek katkı sağlamıştır. Minckler ve ark.<sup>80</sup> kombine Trabektom-fakoemülsifikasyon yapılan hastalarda 12. ayda GİB'in 21,1 mmHg'den 15,6 mmHg'ye düştüğünü bildirmişlerdir. Trabektom genellikle etkili olmasına rağmen, işlemin başarısı yaş, hastalık şiddeti ve başlangıç GİB gibi hasta faktörlerine bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, cihaz GİB'i azaltmada etkili olsa da, sekonder glokomlarda PAAG'a kıyasla sonuçlar daha az öngörülebilir olabilir.

### **Komplikasyonlar**

Trabektom cerrahisinin en sık bildirilen komplikasyonu, ön kamara ile kanal arasında oluşturulan doğrudan bağlantı nedeniyle ortaya çıkan Schlemm kanalından intraoperatif kan reflüsüdür. Bu reflü cerrahi alanın görülmesini zorlaştırabilse de, tipik olarak uzun dönem sonuçları etkilemeden kendiliğinden geriler. Diğer komplikasyonlar arasında geçici hifema, ameliyat sonrası GİB yükselmeleri ve hafif enflamasyon yer alır; bu komplikasyonların hepsi genellikle kendi kendini sınırlar ve standart ameliyat sonrası bakım ile yönetilebilir.

### **Diğer İşlemler**

Bir ab interno trabekülektomi olan TrabEx+ cerrahisi, hüümör aköz çıkışını artırmak ve GİB'i azaltmak için TA'nın çıkarıldığı ve glokom tedavisinde kullanılan minimal invaziv bir yaklaşımdır. Entegre irrigasyon ve aspirasyon portlarına sahip tırtıklı çift bıçağa sahip bir cihaz olan TrabEx+, ameliyat sırasında ön kamara stabilitesini koruyarak oküler viskoelastik



maddeye olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, TrabEx+ ile cerrahiden sonra 38. aya kadar süren izlemde ortalama GİB'in ameliyat öncesi 31,3 mmHg'den ameliyat sonrası 20,9 mmHg'ye düştüğü bildirilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada, gözlerin %73'ünde ek ameliyat veya ilaç tedavisinde artış yapılmadan GİB'de %20'den fazla azalma görüldüğü bulunmuştur. Bu, işlemin etkin bir yöntem olduğuna işaret etmektedir.<sup>81</sup>

TrabEx+ cerrahisi, tek başına veya katarakt cerrahisi ile kombine olarak yapılmış, her iki durumda da GİB'de önemli düşme sağlandığı ve glokom ilaçlarına gereksinimin azaldığı saptanmıştır. İrrigasyon ve aspirasyon portlarının TrabEx+ cihazına entegre olması, ameliyat sırasında ön kamarayı stabilize ederek cerrahi hassasiyeti artırır ve komplikasyonları azaltır. Bu faydalara rağmen, bazı hastalarda çoğu kez tıbbi olarak yönetilen hifema ve geçici GİB artışları gibi postoperatif komplikasyonlar ile karşılaşmıştır. Genel olarak, TrabEx+ cerrahisinin erken sonuçları, glokom hastalarında GİB'i azaltmak için güvenli ve etkili bir seçenek olduğunu ve cerrahi sonrası glokom ilaçlarına olan ihtiyacı en aza indirmede ek fayda sağladığını göstermektedir. Gosling ve ark.<sup>81</sup>, işlemin uzun dönem etkinlik ve güvenilirlik profilini belirlemek için daha uzun süreli çalışmalara ihtiyaç olduğunu altını çizmiştir. Bu bulgular, geleneksel filtrasyon ameliyatlarından daha güvenli ve daha etkili alternatifler olan MİGC'lerin giderek daha çok tercih edilmesiyle uyumludur.

Streamline® (New World Medical), Schlemm kanalını hedef alarak hüner aköz çıkışını artırmayı amaçlayan bir MİGC sistemidir. Trabekülotomiden farklı olarak, Schlemm kanalı kanülasyonu ve viskodilatasyonundan oluşan kanaloplasti kullanır. Cihaz, polimerden yapılmış bir koruma içine yerleştirilmiş tek kullanımlık bir paslanmaz çelik kesme kanülünden oluşur ve

kornea kesisi yapılarak içeri girilir. Retraksiyondan sonra 150 µm'lik bir gonyotomi oluşturur. Kanal ve toplayıcı kanalları genişletmek için viskoelastik materyal enjekte edilir. Bunun sonucunda GİB düşer. 2021 yılında FDA onayı alan cihazın ilk çalışmalarında, 6. ayda umut verici şekilde GİB'de ve ilaç yükünde azalma olduğu görülmüştür.<sup>82</sup> Uzun dönem etkinliği ve güvenliğini değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

## Sonuç

Çeşitli MİGC girişimlerinin incelendiği bu derleme, hüner aköz dışı akışını artırarak GİB'i azaltmayı amaçlayan tekniklerdeki gelişmeleri özetlemektedir. TrabEx+, Streamline ve KDB gibi cihazların, güvenlik profillerinin iyi olmasının yanı sıra GİB'de anlamlı düşüş ve ilaç bağımlılığında azalma sağlamaktadır. Bu MİGC işlemleri, geleneksel filtrasyon ameliyatlarına göre daha az invazivdir ve kısa vadeli sonuçlar umut vericidir. Bununla birlikte, glokom hastalarında etkinlikleri, güvenlikleri ve elde edilen faydaların sürdürülebilir olduğunu belirlemek için yapılacak daha uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır. [Tablo 1](#), çeşitli ab interno gonyektomi tekniklerinin basınç düşürücü etkilerini, güçlü ve zayıf yönleri ile önerilen klinik uygulamalarını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.

Ayrıca, açılı ameliyatlarının başarısı büyük ölçüde cerrahın uygun açılı değerlendirilmesi, cerrahi planlama ve intraoperatif görüntüleme için kritik olan gonyoskopideki yeterliliğine dayanmaktadır. Açılı cerrahisi yapan göz cerrahlarının becerileri arasında gonyoskopi eğitiminin temel taşı olduğu vurgulanmalıdır. Gonyoskopi yeterliliğinin üst düzeyde olması, cerrahın güvenliğini ve yeterliliğini artırarak cerrahi sonuçları iyileştirebilir, komplikasyonları azaltabilir ve MİGC işlemlerinin erişilebilirliğini artırabilir.

**Tablo 1. Ab interno gonyektomi tekniklerinin özeti**

Teknik	Basınç düşürücü etki	Güçlü yönler	Zayıf yönler	Önerilen klinik uygulamaları
<b>GATT</b>	%30-50 azalma	Minimal invaziv; çeşitli glokom tiplerinde etkili	Beceri gerektirir; hifema riski var	Hafif ila ileri AAG
<b>Trabektom</b>	%20-40 azalma	Minimal enflamasyon; fako ile kombine edilebilir	Kan reflüsü; PEG'de daha az öngörülebilir	Erken ila orta AAG
<b>BANG</b>	Ticari cihazlarla karşılaştırılabilir sonuçlar	Uygun maliyetli; basit hazırlık	Sınırlı veri; GİB'de yükselme potansiyeli var	Hafif ila orta AAG, kaynakların sınırlı olduğu ortamlarda
<b>OMNI</b>	%20-30 azalma	Proksimal ve distal direnci hedef alır	Cihaz pahalı; hafif geçici enflamasyon	Hafif ila orta düzeyde glokom
<b>KDB</b>	%25-40 azalma	Güvenli ve etkili; katarakt cerrahisi ile kombine	Hifema; ileri evrelerde daha az etkili	Hafif ila orta düzeyde glokom

GATT: Gonyoskopi asiste transluminal trabekülotomi, BANG: Eğik iğne ab interno gonyektomi, KDB: Kahook Dual Blade, PEG, Psödoeksfoliyatif glokom, GİB: Göz içi basıncı, AAG: Açık açılı glokom

**Beyan****Yazarlık Katkıları**

**Cerrahi ve Medikal Uygulama:** Z.A., S.D., M.S., I.W., A.S., M.K., **Konsept:** : Z.A., A.Y.Ü., **Dizayn:** Z.A., **Veri Toplama veya İşleme:** Z.A., S.D., M.S., A.Y.Ü., I.W., A.S., M.K., **Analiz veya Yorumlama:** Z.A., S.D., M.S., A.Y.Ü., I.W., A.S., M.K., **Literatür Arama:** Z.A., S.D., M.S., A.Y.Ü., I.W., A.S., M.K., **Yazan:** Z.A., S.D., M.S., A.Y.Ü., I.W., A.S., M.K.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

**Kaynaklar**

- Dorairaj SK, Kahook MY, Williamson BK, Seibold LK, ElMallah MK, Singh IP. A multicenter retrospective comparison of goniotomy versus trabecular bypass device implantation in glaucoma patients undergoing cataract extraction. *Clin Ophthalmol.* 2018;12:791-797.
- Dorairaj S, Radcliffe NM, Grover DS, Brubaker JW, Williamson BK. A review of excisional goniotomy performed with the Kahook Dual Blade for glaucoma management. *J Curr Glaucoma Pract.* 2022;16:59-64.
- Seibold LK, Soohoo JR, Ammar DA, Kahook MY. Preclinical investigation of ab interno trabeculectomy using a novel dual-blade device. *Am J Ophthalmol.* 2013;155:524-529.
- Kuerten D, Walter P, Baumgarten S, Fuest M, Plange N. 12-month outcomes of ab interno excisional goniotomy combined with cataract surgery in primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma. *Int Ophthalmol.* 2023;43:2605-2612.
- ElMallah MK, Berdahl JP, Williamson BK, Dorairaj SK, Kahook MY, Gallardo MJ, Mahootechi A, Smith SN, Rappaport LA, Diaz-Robles D, Lazcano-Gomez GS. Twelve-month outcomes of stand-alone excisional goniotomy in mild to severe glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:1891-1897.
- Dorairaj SK, Seibold LK, Radcliffe NM, Aref AA, Jimenez-Román J, Lazcano-Gomez GS, Darlington JK, Mansouri K, Berdahl JP. 12-month outcomes of goniotomy performed using the Kahook Dual Blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma. *Adv Ther.* 2018;35:1460-1469.
- Barkander A, Economou MA, Jóhannesson G. Kahook Dual-Blade goniotomy with and without phacoemulsification in medically uncontrolled glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:1385-1394.
- Albuainain A, Al Habash A. Three-year clinical outcomes of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade for cataract and open-angle glaucoma in Saudi Arabia. *Saudi J Ophthalmol.* 2022;36:213-217.
- Iwasaki K, Kakimoto H, Orii Y, Arimura S, Takamura Y, Inatani M. Long-term outcomes of a Kahook Dual Blade procedure combined with phacoemulsification in Japanese patients with open-angle glaucoma. *J Clin Med.* 2022;11:1354.
- Wagner IV, Boopathiraj N, Lentz C, Dorairaj EA, Draper C, Kumar D, Checo L, Miller DD, Krambeer C, Dorairaj S. Long-term efficacy of successful excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade. *Clin Ophthalmol.* 2024;18:713-721.
- Dorairaj S, Tam MD. Kahook Dual Blade excisional goniotomy and goniosynechialysis combined with phacoemulsification for angle-closure glaucoma: 6-month results. *J Glaucoma.* 2019;28:643-646.
- Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Twelve-month outcomes of excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade® in eyes with angle-closure glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2019;13:1779-1785.
- Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Two-year clinical outcomes of combined phacoemulsification, goniosynechialysis, and excisional goniotomy for angle-closure glaucoma. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2020;10:183-187.
- Al Habash A, Albuainain A. Long term outcome of combined phacoemulsification and excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade in different subtypes of glaucoma. *Sci Rep.* 2021;11:10660.
- Boopathiraj N, Wagner IV, Lentz PC, Draper C, Krambeer C, Abubaker YS, Ang BCH, Miller DD, Dorairaj S. 36-month outcomes of standalone Kahook Dual Blade goniotomy compared with ab-interno closed conjunctiva Xen gel stent implantation. *Clin Ophthalmol.* 2024;18:2593-2603.
- Matsuo M, Ichioka S, Harano A, Takayanagi Y, Tanito M. Minimally invasive direct internal cyclohexy in the management of goniotomy-related cyclodialysis cleft with hypotony maculopathy. *Int Med Case Rep J.* 2024;17:545-553.
- Ammar DA, Seibold LK, Kahook MY. Preclinical investigation of goniotomy using four different techniques. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:3519-3525.
- Ammar DA, Porteous E, Kahook MY. Preclinical investigation of ab interno goniotomy using three different techniques. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:2619-2623.
- Balas M, Mathew DJ. Minimally invasive glaucoma surgery: a review of the literature. *Vision (Basel).* 2023;7:54.
- Grant WM. Experimental aqueous perfusion in enucleated human eyes. *Arch Ophthalmol.* 1963;69:783-801.
- Mäpea O, Bill A. Pressures in the juxtacanalicular tissue and Schlemm's canal in monkeys. *Exp Eye Res.* 1992;54:879-883.
- Bill A, Svedbergh B. Scanning electron microscopic studies of the trabecular meshwork and the canal of schlemm-an attempt to localize the main resistance to outflow of aqueous humor in man. *Acta Ophthalmol.* 1972;50:295-320.
- Allingham RR, De Kater AW, Ethier CR. Schlemm's canal and primary open angle glaucoma: correlation between Schlemm's canal dimensions and outflow facility. *Exp Eye Res.* 1996;62:101-109.
- Battista SA, Lu Z, Hofmann S, Fredro T, Overby DR, Gong H. Reduction of the available area for aqueous humor outflow and increase in meshwork herniations into collector channels following acute IOP elevation in bovine eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49:5346-5352.
- Elhusseiny AM, El Sayed YM, El Sheikh RH, Gawdat GI, Elhilali HM. Circumferential Schlemm's canal surgery in adult and pediatric glaucoma. *Curr Eye Res.* 2019;44:1281-1290.
- Vold SD, Williamson BK, Hirsch L, Aminlari AE, Cho AS, Nelson C, Dickerson JE Jr. Canaloplasty and trabeculotomy with the OMNI system in pseudophakic patients with open-angle glaucoma: the ROMEO study. *Ophthalmol Glaucoma.* 2021;4:173-181.
- Hirsch L, Cotliar J, Vold S, Selvadurai D, Campbell A, Ferreira G, Aminlari A, Cho A, Heersink S, Hochman M, Gallardo M, Williamson B, Phan R, Nelson C, Dickerson JE Jr. Canaloplasty and trabeculotomy ab interno with the OMNI system combined with cataract surgery in open-angle glaucoma: 12-month outcomes from the ROMEO study. *J Cataract Refract Surg.* 2021;47:907-915.
- Williamson BK, Vold SD, Campbell A, Hirsch L, Selvadurai D, Aminlari AE, Cotliar J, Dickerson JE. Canaloplasty and trabeculotomy with the OMNI system in patients with open-angle glaucoma: two-year results from the ROMEO study. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:1057-1066.
- Gallardo MJ, Pyfer ME, Vold SD, Sarkisian SR Jr, Campbell A, Singh IP, Flowers B, Dhamdhare K; GEMINI study group. Canaloplasty and trabeculotomy combined with phacoemulsification for glaucoma: 12-month results of the GEMINI study. *Clin Ophthalmol.* 2022;16:1225-1234.
- Greenwood MD, Yadgarov A, Flowers BE, Sarkisian SR Jr, Ohene-Nyako A, Dickerson JE Jr; GEMINI 2 Study Group. 36-month outcomes from the prospective GEMINI study: canaloplasty and trabeculotomy combined with cataract surgery for patients with primary open-angle glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:3817-3824.
- Asrani S, Zeimer R, Wilensky J, Gieser D, Vitale S, Lindenmuth K. Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma.* 2000;9:134-142.
- Pyfer ME, Gallardo M, Campbell A, Flowers BE, Dickerson JE Jr, Talla A, Dhamdhare K. Suppression of diurnal (9AM-4PM) IOP fluctuations with minimally invasive glaucoma surgery: an analysis of data from the prospective multicenter single-arm GEMINI study. *Clin Ophthalmol.* 2021;15:3931-3938.

33. Mai DD, Ingram Z, Oberfeld B, Solá-Del Valle D. Combined microinvasive glaucoma surgery - a review of the literature and future directions. *Semin Ophthalmol.* 2023;38:529-536.
34. Dickinson A, Leidy L, Nusair O, Mihailovic A, Ramulu P, Yohannan J, Johnson TV 3rd, Kaleem M, Rachapudi S, An J. Short-term outcomes of Hydrus microstent with and without additional canaloplasty during cataract surgery. *J Glaucoma.* 2023;32:769-776.
35. Terveen DC, Sarkisian SR Jr, Vold SD, Selvadurai D, Williamson BK, Ristvedt DG, Bleeker AR, Dhamdhare K, Dickerson JE Jr. Canaloplasty and trabeculotomy with the OMNI surgical system in OAG with prior trabecular microbypass stenting. *Int Ophthalmol.* 2023;43:1647-1656.
36. Elhusseiny AM, Yannuzzi NA, Khodeiry MM, Lee RK, Smiddy WE. Cost-analysis of surgical intraocular pressure management in glaucoma. *J Glaucoma.* 2021;30:947-951.
37. Mader G, Ghinelli F, Torelli F, Patel C, Masseria C, Dickerson J, Nguyen D, Cantor L. The budget impact of introducing the OMNI surgical system to a United States health plan for managing mild-to-moderate primary open-angle glaucoma. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res.* 2023;23:805-812.
38. Zeppa L, Ambrosone L, Guerra G, Fortunato M, Costagliola C. In vivo near-infrared fluorescence imaging of aqueous humor outflow structures. *J Ophthalmol.* 2016;2016:8706564.
39. Sato T, Kawaji T. 12-month randomised trial of 360° and 180° Schlemm's canal incisions in suture trabeculotomy ab interno for open-angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2021;105:1094-1098.
40. Song Y, Zhu X, Zhang Y, Shu J, Dang G, Zhou W, Sun L, Li F, Lin F, Zhang Y, Liang X, Wang Z, Zhang Y, Zhang Y, Chen W, Zeng L, Tang L, Xie L, Lam DSC, Wang N, Barton K, Weinreb RN, Zhang X; PVP study group. Outcomes of partial versus complete goniotomy with or without phacoemulsification for primary open angle glaucoma: a multicenter study. *J Glaucoma.* 2023;32:563-568.
41. Grover DS, Godfrey DG, Smith O, Feuer WJ, Montes de Oca I, Fellman RL. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy, ab interno trabeculotomy: technique report and preliminary results. *Ophthalmology.* 2014;121:855-861.
42. Grover DS, Fellman RL. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT): thermal suture modification with a dye-stained rounded tip. *J Glaucoma.* 2016;25:501-504.
43. Aktas Z, Uçgul AY, Bektas C, Sahin Karamert S. Surgical outcomes of prolene gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in patients with moderate to advanced open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2019;28:884-888.
44. Asafali F, Rajamani M, Ramamurthy C, Chaya CJ, M V. Relationship of degrees of gonioscopy assisted transluminal trabeculotomy and trabecular shelf to success using a marker suture technique. *Eye (Lond).* 2023;37:132-138.
45. Smith BL, Ellyson AC, Kim WI. Trabectome-initiated gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy. *Mil Med.* 2018;183(Suppl 1):146-149.
46. Waldner DM, Chaban Y, Penny MD, Al-Ani A, Belkin A, Ahmed IIK, Schlenker MB, Gooi P. Segmental suture gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy: comparison of superior versus inferior hemisphere outcomes. *J Glaucoma.* 2023;32:396-406.
47. Dar N, Naftali Ben Haim L, Yehezkeili V, Sharon T, Belkin A. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in patients with advanced glaucoma. *Indian J Ophthalmol.* 2023;71:3024-3030.
48. Faria BM, Daga FB, Rebouças-Santos V, Araújo RB, Matos Neto C, Jacobina JS, Faria MAR. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) outcomes in eyes with open-angle glaucoma resistant to maximum treatment. *Arq Bras Oftalmol.* 2021;84:587-593.
49. Liu WW, Petkovsek D, Shalaby WS, Arbabi A, Moster MR. Four-year surgical outcomes of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmol Glaucoma.* 2023;6:387-394.
50. Aktas Z, Ozdemir Zeydanli E, Uysal BS, Yigiter A. Outcomes of prolene gonioscopy assisted transluminal trabeculotomy in primary open angle glaucoma and pseudoexfoliation glaucoma: a comparative study. *J Glaucoma.* 2022;31:751-756.
51. Grover DS, Smith O, Fellman RL, Godfrey DG, Gupta A, Montes de Oca I, Feuer WJ. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy: 24 months follow-up. *J Glaucoma.* 2018;27:393-401.
52. Rahmatnejad K, Pruzan NL, Amanullah S, Shaikat BA, Resende AF, Waisbourd M, Zhan T, Moster MR. Surgical outcomes of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) in patients with open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2017;26:1137-1143.
53. Parikh DA, Mellen PL, Kang T, Shalaby WS, Moster MR, Dunn JP. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy for the treatment of glaucoma in uveitic eyes. *Ocul Immunol Inflamm.* 2023;31:1608-1614.
54. Belkin A, Chaban YV, Waldner D, Samet S, Ahmed IIK, Gooi P, Schlenker MB. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy is an effective surgical treatment for uveitic glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2023;107:690-697.
55. Aktas Z, Uçgul AY, Ozdek S, Boluk CE. Outcomes of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in vitrectomized patients with secondary glaucoma after silicone oil removal. *J Glaucoma.* 2021;30:114-118.
56. Smith OU, Butler MR, Grover DS, Kornmann HL, Emanuel ME, Godfrey DG, Fellman RL, Feuer W. Twenty-four-month outcome of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) in eyes with prior corneal transplant surgery. *J Glaucoma.* 2022;31:54-59.
57. Hopen ML, Gallardo MJ, Grover D. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in a pediatric patient with steroid-induced glaucoma. *J Glaucoma.* 2019;28:156-158.
58. Fontana L, De Maria M, Iannetta D, Moramarco A. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy for chronic angle-closure glaucoma: preliminary results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2022;260:545-551.
59. Sharkawi E, Artes PH, Lindegger DJ, Dari ML, Wardani ME, Pasquier J, Guarnieri A. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in primary angle-closure glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2021;259:3019-3026.
60. Chira-Adisai T, Mori K, Kobayashi A, Ueno M, Ikeda Y, Sotozono C, Kinoshita S. Outcomes of combined gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy and goniosynechialysis in primary angle closure: a retrospective case series. *Int Ophthalmol.* 2021;41:1223-1231.
61. Aktas Z, Ozmen MC, Ozdemir Zeydanli E, Oral M, Eskalen O. Efficacy and safety of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy for primary congenital glaucoma. *J Glaucoma.* 2023;32:497-500.
62. Elhusseiny AM, Aboulhassan RM, El Sayed YM, Gawdat GI, Elhilali HM. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy following failed glaucoma surgery in primary congenital glaucoma: one-year results. *Case Rep Ophthalmol Med.* 2023;2023:6761408.
63. Grover DS, Smith O, Fellman RL, Godfrey DG, Butler MR, Montes de Oca I, Feuer WJ. Gonioscopy assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma and juvenile open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2015;99:1092-1096.
64. Haidu SD, Aktas Z. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy for congenital glaucoma secondary to Klippel-Trenaunay-Weber syndrome: a case report. *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2022;28:101734.
65. Naftali Ben Haim L, Yehezkeili V, Abergel Hollander E, Dar N, Sharon T, Belkin A. Intraocular pressure spikes after gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2024;262:927-935.
66. Gunay M, Turk A, Ozturk H, Bulanik FT, Uzlu D. Evaluation of peripheral anterior synechia formation following gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy surgery. *Int Ophthalmol.* 2023;43:3045-3053.
67. Rao A, Khan SM, Mukherjee S. Causes of immediate and early IOP spikes after circumferential gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy using ASOCT. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:313-320.
68. Ozmen MC, Acar B, Uysal BS. Wipe-out following gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy combined with phacoemulsification. *J Glaucoma.* 2025;34:58-60.
69. Hallaj S, Wong JC, Shalaby WS, Ayres BD, Moster MR. Persistent mydriasis following gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy. *J Glaucoma.* 2024;33:55-58.

70. Espinoza G, Rodriguez-Una I, Pedraza-Concha A. A case of bilateral delayed-onset hyphema following pupil dilation after gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy. *J Curr Glaucoma Pract.* 2020;14:72-75.
71. Aktas Z, Bektas C, Hasanreisoglu M. Panscleritis as an unusual complication of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy. *J Glaucoma.* 2019;28:21-23.
72. Espinoza G, Pedraza-Concha A, Tello A, Galvis V, Rangel CM, Castellanos YA. Cystoid macular edema after an uncomplicated gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy on a previously vitrectomized patient. *Clin Ter.* 2022;173:198-202.
73. Yalinbas D, Aktas Z, Hepsen I, Dilekmen N. An unusual complication of combined gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy and phacoemulsification: vision loss due to intracapsular hematoma. *Int Ophthalmol.* 2018;38:2223-2226.
74. Donmez Gun R, Kugu S, Erkan M, Simsek S. Partial schlemm canal, trabecular meshwork, and Descemet membrane separation during gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy: a case report. *J Glaucoma.* 2020;29:1-2.
75. Aktas Z, Ucgul AY, Segawa A. Transient myopia secondary to supraciliary effusion: unusual complication after an uneventful prolene gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy. *J Glaucoma.* 2020;29:60-63.
76. Shute T, Green W, Liu J, Sheybani A. An alternate technique for goniotomy: description of procedure and preliminary results. *J Ophthalmic Vis Res.* 2022;17:170-175.
77. Maeda M, Watanabe M, Ichikawa K. Evaluation of trabectome in open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2013;22:205-208.
78. Mosaed S, Minckler DS, Dustin L. Trabectome outcomes in adult open-angle glaucoma patients: one-year follow-up. *Clin Surg Ophthalmol.* 2010;38:130-135.
79. Kaplowitz K, Bussel II, Honkanen R, Schuman JS, Loewen NA. Review and meta-analysis of ab-interno trabeculectomy outcomes. *Br J Ophthalmol.* 2016;100:594-600.
80. Minckler DS, Mosaed S, Dustin L, Francis BA. Trabectome (trabeculectomy-internal approach): additional experience and extended follow-up. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2008;106:149-159.
81. Gosling D, Wang H, Auger G. Early results of irrigating goniotomy with TrabEx+: a novel device for the treatment of open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2022;31:268-273.
82. Lazcano-Gomez G, Garg SJ, Yeu E, Kahook MY. Interim analysis of STREAMLINE® surgical system clinical outcomes in eyes with glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2022;16:1313-1320.