



www.ofthalmoloji.org

TÜRK OFTALMOLOJİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY

TJO

E-ISSN: 2149-8709

Özgün Araştırmalar

Orta ve Şiddetli Kuru Göz Hastalarında %20 Otolog Trombositten Zengin Plazma ile Konvansiyonel Tedavinin Karşılaştırılması

Sachan ve ark.; Prayagraj, Hindistan

Yaşa Bağlı Maküla Dejenerasyonu Tespiti ve Sınıflandırmasında Otomatize ve Uzman Tasarımlı Makine Öğrenimi Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi

Durmaz Engin ve ark.; İzmir, İğdır, Türkiye

Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği ve Optik Koherens Tomografi ile Erken ve Geç Dönem Primer Açık Açılı Glokomda RSLT Hasar Paternlerinin Belirlenmesi

Ullah ve ark.; Lahor, Pakistan

Selektif Lazer Trabeküloplastinin Primer, Ek ve İkame Tedavi Olarak Gerçek Yaşam Etkinliği ve Güvenliği

Oliver-Gutierrez ve ark.; Barselona, İspanya

Açık Açılı Glokomlu Hastalarda Gonyoskopi Yardımlı Translüminal Trabekülotomi ile Eğik İğne Ab Interno Gonyektomi Karşılaştırması

Üçgül ve ark.; Kırşehir, Ankara, Türkiye

Derlemeler

Göz Tembelliği Tedavisinde Dikoptik Uyarım Temelli Binoküler Yaklaşımlar

Yabanoğlu ve Taylan Şekeroğlu; Ankara, Türkiye

Ab Interno Gonyotomi/Gonyektomi Teknikleri

Aktaş ve ark.; San Antonio, TX, Jacksonville, FL, St Louis, MO, Lexington, KY, Miami, FL, ABD; Abu Dhabi, BAE; Kırşehir, Türkiye

Editöre Mektuplar

Zorlu Bir İnferior Rektus Hipoplazisi Olgusunda Güçlendirilmiş Modifiye Hummelsheim Cerrahisi ile Umut Verici Sonuç

Priscilia ve Bani; Cakarta, Endonezya

Pitoz Tamirinde "PEANUTS" Tekniği: Pelin'in 21-Gauge İğne ile Kolaylaştırılmış Putterman Klempsiz Müller Kası Konjonktiva Rezeksiyonu

Kaynak ve ark.; İstanbul, İzmir, Türkiye

TÜRK OFTALMOLOJİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY

TJO



www.ofthalmoloji.org

Baş Editör

Dr. Banu BOZKURT

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

İlgi Alanı: Kornea ve Oküler Yüzey Hastalıkları, Glokom, Alerji ve İmmünoloji, Kontakt Lens

E-mail: drbanubozkurt@yahoo.com

ORCID ID: orcid.org/0000-0002-9847-3252

Editör Yardımcıları

Dr. Sait EĞRİLMEZ

İzmir Ekonomi Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir, Türkiye

İlgi Alanı: Kornea ve Oküler Yüzey Hastalıkları, Kontakt Lens, Refraksiyon, Katarakt ve Refraktif Cerrahi

E-mail: saitegrilmez@gmail.com

ORCID ID: orcid.org/0000-0002-6971-527X

Dr. Hakan ÖZDEMİR

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

İlgi Alanı: Tıbbi Retina, Vitreoretinal Cerrahi

E-mail: hozdemir72@hotmail.com

ORCID ID: orcid.org/0000-0002-1719-4265

Dr. Nilgün YILDIRIM

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

İlgi Alanı: Glokom, Kornea ve Oküler Yüzey, Oküloplastik cerrahi

E-mail: nyildirim@yahoo.com

ORCID ID: orcid.org/0000-0001-6506-0336

Dr. Özlem YILDIRIM

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

İlgi Alanı: Üveit, Tıbbi Retina, Glokom

E-mail: dryildirimoz@hotmail.com

ORCID ID: orcid.org/0000-0002-3773-2497

İstatistik Danışmanı

Ahmet DİRİCAN

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

İngilizce Dil Editörü

Jacqueline Renee GUTENKUNST, Maryland, ABD

Yayın Kurulu

Özgül ALTINTAŞ,

Acıbadem Maslak Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Serbest Hekim, İstanbul, Türkiye

Halil Özgür ARTUNAY,

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Beyoğlu Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, Türkiye

Jose M. BENÍTEZ-del-CASTILLO,

Madrid Complutense Üniversitesi, San Carlos Kliniği, Madrid, İspanya

Ayşe BURCU,

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, Türkiye

Virginia CALDER,

UCL Göz Enstitüsü, Oküler İmmünoloji Bölümü, Londra, Birleşik Krallık

Doğan CEYHAN,

Güven Hastanesi Çayyolu Tıp Merkezi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara, Türkiye

M. Pınar ÇAKAR ÖZDAL,

Serbest Hekim, Ankara, Türkiye

Ebru Nevin ÇETİN,

Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

Jan Tjeerd DE FABER

Rotterdam Göz Hastanesi, Pediatrik Göz Hastalıkları Kliniği, Rotterdam, Hollanda

Murat DOĞRU,

Keio Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Tokyo, Japonya

Ali Hakan DURUKAN,

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Hayyam KIRATLI,

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tero KIVELÄ,

Helsinki Üniversitesi, Helsinki Üniversite Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Helsinki, Finlandiya

Anastasios G.P. KONSTAS,

Aristotle Thessaloniki Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Selanik, Yunanistan

Andrea LEONARDI,

Padova Üniversitesi, Sinir Bilimleri Bölümü, Oftalmoloji Birimi, Padova, İtalya

Anat LOEWENSTEIN,

Tel Aviv Üniversitesi, Tel Aviv Tıp Merkezi, Sackler Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Tel Aviv, İsrail

Mehmet Cem MOCAN,

Illinois Üniversitesi Chicago Kampüsü, Oftalmoloji ve Görsel Bilimler Anabilim Dalı, Illinois, Chicago

Melis PALAMAR ONAY,

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Altan Atakan ÖZCAN,

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

Özlem ŞAHİN,

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

H. Nida ŞEN,

George Washington Üniversitesi, Ulusal Göz Enstitüsü, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Washington, ABD

Figen ŞERMET,

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Ebru TOKER,

Marmara Üniversitesi Hastanesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Şeyda Karadeniz UĞURLU,

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İzmir, Türkiye

Zeliha YAZAR,

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, MHC Binası Göz Birimleri Bölümü, Ankara, Türkiye

Nurşen YÜKSEL,

Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye



Yayınevi

Molla Gürani Mah. Kaçamak Sokak No: 21,

34093 Fındıkzade-İstanbul-Türkiye

Tel.: +90 (530) 177 30 97

E-mail: info@galenos.com.tr / Yayıncı Sertifika No: 14521

Yayın Tarihi: Haziran 2025 **Yayın Türü:** Yerel Süreli Yayın

İki ayda bir yayımlanan uluslararası bilimsel dergi.

E-ISSN: 2149-8709

Türk Oftalmoloji Dergisi, Türk Oftalmoloji Derneği'nin resmi yayın organıdır.

Türk Oftalmoloji Derneği Adına İmtiyaz Sahibi

Hüban ATİLLA

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

TÜRK OFTALMOLOJİ DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY

TJO



Derginin "Hakkımızda", "Yazarlara Bilgi" ve "Yayın Etiği" konularında bilgi almak için lütfen web sayfasına (<https://www.ofthalmoloji.org/>) başvurun.

Derginin editöryal ve yayın süreçleri ile etik kuralları ICMJE, WAME, CSE, COPE, EASE ve NISO gibi uluslararası kuruluşların kurallarına uygun olarak şekillenmektedir. Dergimiz, "Akademik Yayıncılıkta Şeffaflık İlkeleri ve En İyi Uygulamalar" ile uyum içindedir.

Türk Oftalmoloji Dergisi, **PubMed/MEDLINE, PubMed Central (PMC), Web of Science-Emerging Sources Citation Index (ESCI), Scopus, TÜBİTAK/ULAKBİM, Directory of Open Access Journals (DOAJ), EBSCO Database, Gale, CINAHL, Proquest, Embase, British Library, Index Copernicus, J-Gate, IdealOnline, Türk Medline, Hinari, GOALI, ARDI, OARE, AGORA** ve **Türkiye Atıf Dizini** tarafından indekslenir.

Dergi düzenli aralıklarla yılda altı sayı olmak üzere elektronik olarak yayınlanır.

İmtiyaz Sahibi: Türk Oftalmoloji Derneği adına Hüban ATİLLA

Baş Editör: Banu BOZKURT

Please refer to the journal's webpage (<https://www.ofthalmoloji.org/>) for "About Us", "Instructions to Authors" and "Ethical Policy".

The editorial and publication process of the Turkish Journal of Ophthalmology are shaped in accordance with the guidelines of ICMJE, WAME, CSE, COPE, EASE, and NISO. The journal adheres to the Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing.

The Turkish Journal of Ophthalmology is indexed in **PubMed/MEDLINE, PubMed Central (PMC), Web of Science-Emerging Sources Citation Index (ESCI), Scopus, TÜBİTAK/ULAKBİM, Directory of Open Access Journals (DOAJ), EBSCO Database, Gale, CINAHL, Proquest, Embase, British Library, Index Copernicus, J-Gate, IdealOnline, Türk Medline, Hinari, GOALI, ARDI, OARE, AGORA**, and **Turkish Citation Index**.

Issues are published electronically six times a year.

Owner: Hüban ATİLLA on Behalf of the Turkish Ophthalmological Association Owner

Responsible Manager: Banu BOZKURT

İÇİNDEKİLER

Özgün Araştırmalar

- 112 Orta ve Şiddetli Kuru Göz Hastalarında %20 Otolog Trombositten Zengin Plazma ile Konvansiyonel Tedavinin Karşılaştırılması
Shubhi Sachan, Kshama Dwivedi, Satya Prakash Singh, Santosh Kumar, Vinod Kumar Singh; Prayagraj, Hindistan
- 120 Yaşa Bağlı Maküla Dejenerasyonu Tespiti ve Sınıflandırmasında Otomatize ve Uzman Tasarımlı Makine Öğrenimi Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi
Ceren Durmaz Engin, Ufuk Beşenk, Denizcan Özizmirli, Mustafa Alper Selver; İzmir, Iğdır, Türkiye
- 127 Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği ve Optik Koherens Tomografi ile Erken ve Geç Dönem Primer Açık Açılı Glokomda RSLT Hasar Paternlerinin Belirlenmesi
Noor Ullah, Rehan Moinuddin Shaikh, Tayyaba Gul Malik; Lahor, Pakistan
- 132 Selektif Lazer Trabeküloplastinin Primer, Ek ve İkame Tedavi Olarak Gerçek Yaşam Etkinliği ve Güvenliği
David Oliver-Gutierrez, Osvaldo Guevara-Chavarria, Shirin Djavanmardi, Gloria Segura-Duch, Marta Castany, Stefania Piludu, Carlos A. Arciniegas-Perasso, Elena Ávila, Elena Milla, Susana Duch; Barselona, İspanya
- 141 Açık Açılı Glokomlu Hastalarda Gonyoskopi Yardımlı Translüminal Trabekülotomi ile Eğik İğne Ab Interno Gonyektomi Karşılaştırması
Ahmet Yücel Üçgül, Rukiye Kılıç Üçgül, Zeynep Aktaş; Kırşehir, Ankara, Türkiye

Derlemeler

- 148 Göz Tembelliği Tedavisinde Dikoptik Uyarım Temelli Binoküler Yaklaşımlar
Demet Yabanoğlu, Hande Taylan Şekeroğlu; Ankara, Türkiye
- 159 Ab İnterno Gonyotomi/Gonyektomi Teknikleri
Zeynep Aktaş, Syril Dorairaj, Mohamed Sayed, Arsham Sheybani, Ahmet Yücel Üçgül, Isabella Wagner, Mohamed Khodeiry; TX, FL, MO, ABD; Abu Dhabi, BAE; Kırşehir, Türkiye

Editöre Mektuplar

- 171 Zorlu Bir Inferior Rektus Hipoplazisi Olgusunda Güçlendirilmiş Modifiye Hummelsheim Cerrahisi ile Umut Verici Sonuç
Florentina Priscilia, Anna Puspitasari Bani; Cakarta, Endonezya
- 174 Pitoz Tamirinde "PEANUTS" Tekniği: Pelin'in 21-Gauge İğne ile Kolaylaştırılmış Putterman Klempsiz Müller Kası Konjonktiva Rezeksiyonu
Pelin Kaynak, Gözde Derin Şengün, Can Öztürker, Eda Akgöz; İstanbul, İzmir, Türkiye

BİR BAKIŞTA

Bir bakışta 2025 yılı 3. Sayı

Değerli meslektaşlarımız,

Türk Oftalmoloji Dergisi 2025 yılının 3. sayısı, 5 özgün araştırma, 2 derleme ve 2 editöre mektup ile yayınlanıyor.

Sachan ve ark.'nın "Orta ve Şiddetli Kuru Göz Hastalarında %20 Ototolog Trombositten Zengin Plazma ile Konvansiyonel Tedavinin Karşılaştırılması" başlıklı prospektif girişimsel çalışmasına, orta ila şiddetli kuru göz hastalığı olan 40 kişi (80 göz) dahil edilmiş. Çalışma ve kontrol gruplarının her birine 20 hasta rastgele dağıtılarak, çalışma grubuna %20 otolog trombositten zengin plazma göz damlası, kontrol grubuna ise konvansiyonel tedaviye uygun olarak yapay gözyaşı verilmiş. Üç ay sonunda, çalışma grubunda oküler yüzey hastalık indeksi skorunda kontrol grubundan daha anlamlı bir azalma gözlenirken, gözyaşı menisküs yüksekliği, Schirmer değerleri ve gözyaşı kılınma zamanı açısından da çalışma grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar izlenmiş. Çalışma grubunun floresein boyanma ve impresyon sitoloji skorlarındaki tedavi sonrası iyileşme kontrol grubundan belirgin şekilde daha iyi olduğu gözlenmiş. Yazarlar otolog trombositten zengin plazma tedavisinin, orta ila şiddetli semptomatik kuru göz hastalığı için geleneksel tedavilerden daha güvenli ve daha etkili olduğunu vurgulamışlar (Bakınız sayfa 112-119).

Durmaz Engin ve ark.'nın "Yaşa Bağlı Maküla Dejenerasyonu Tespiti ve Sınıflandırmasında Otomatize ve Uzman Tasarımı Makine Öğrenimi Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi" başlıklı çalışmada, optik koherens tomografi görüntülerinde yaşa bağlı maküla dejenerasyonu (YBMD) tespiti ve kuru ve yaş tip YBMD ayırt edilmesi için uzman tasarımı makine öğrenimi modelleri ile kodlama gerektirmeyen otomatik makine öğrenimi (AutoML) modellerinin etkinliğini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Uzman modeli, bir yapay zeka uzmanı tarafından EfficientNet V2 mimarisi kullanılarak geliştirilirken, AutoML modeli bir oftalmolog tarafından ResNet-50 V2 ile transfer öğrenimini içeren LobeAI platformu kullanılarak oluşturulmuştur. Performans metriklerinin duyarlılık, özgüllük, doğruluk ve F1 skorları hesaplanarak karşılaştırıldığı çalışmada uzman tasarımı model, tüm görüntüleri sınıflamada %99,67 genel doğruluk sağlarken ve tüm ikili sınıf karşılaştırmalarında F1 skorları 0,99 veya daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, AutoML modeli %89,00 genel doğruluk sağlarken, ikili karşılaştırmalarda F1 skorları 0,86 ile 0,90 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yazarlar AutoML modelinin, YBMD olgularını tanımda ve sınıflandırmada kabul edilebilir bir performans sergilemiş olsa da, uzman tasarımı modelin önemli ölçüde daha üstün performans göstermiştir olduğunu ifade ederken, uzman tarafından geliştirilen modellerde kullanılan ileri sinir ağı mimarileri ve optimizasyon süreçlerinin önemini vurgulamışlardır (Bakınız sayfa 120-126).

ULAI ve ark.'nın "Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği ve Optik Koherens Tomografi ile Erken ve Geç Dönem Primer Açık Açılı Glokomda RSLT Hasar Paternlerinin Belirlenmesi" başlıklı kesitsel çalışmalarına glokom şüphesi veya tanısı olan 18 yaş ve üstü 135 hastanın 267 gözü çalışmaya dahil edilmiş ve kapsamlı bir oküler muayeneden sonra glokom evrelemesi için disk hasarı olasılığı ölçeği kullanılmış ve hastalık şiddeti yeşil, turuncu ve kırmızı olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Retina sinir lifi tabakası (RSLT) kalınlığı optik koherens tomografi kullanılarak dört kadranda ölçülerek RSLT hasarı paternleri ISNT kuralına (inferior>superior>nazal>temporal) göre analiz edilmiş ve üç grup arasında karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında ortalama, inferior, superior ve temporal RSLT kalınlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanırken, nazal RSLT'deki farkın anlamlı olmadığı gözlenmiştir. ISNT kuralının, çalışmaya dahil edilen katılımcılarda en yaygın patern olduğu tespit edilirken, hastalık şiddetinin artmasıyla birlikte progresif patern kaybı geliştiği gözlenmiştir (Bakınız sayfa 127-131).

Oliver-Gutierrez ve ark.'nın "Selektif Lazer Trabeküloplastinin Primer, Ek ve İkame Tedavi Olarak Gerçek Yaşam Etkinliği ve Güvenliği" başlıklı çalışmalarında, ek tedavi (ET) olarak yapılan selektif lazer trabeküloplastiye (SLT) kıyasla tedavi naif hastalarda SLT'nin gerçek yaşam sonuçlarını değerlendirmek, SLT'nin göz içi basıncını (GİB) düşürme ve topikal ilaç yükünü azaltma potansiyelini araştırmak amaçlanmıştır. Daha önce glokom ameliyatı veya lazer tedavisi olmamış SLT yapılacak hastalar, planlanan tedaviye göre primer tedavi (PT) olarak SLT, ET olarak SLT ve ikame tedavi (İT) olarak SLT olmak üzere gruplara ayrılmış; PT ve ET gruplarında başarı tekrar SLT dahil ek glokom cerrahisi olmadan, aynı veya daha az sayıda ilaçla, iki ardışık izlemde başlangıça göre GİB'nin ≥ 20 azalması ve GİB'in ≤ 21 mmHg olması olarak, İT grubunda başarı topikal tedavinin azaltılırken GİB'in aynı kalması veya düşmesi olarak tanımlanmıştır. Ortalama 32,7 ay takipli 120 hastanın 120 gözünün dahil edildiği çalışmada PT grubunda GİB'te düşüş, 24-36 ayda ET grubundan yüksek olarak tespit edilirken (%22,1'e karşı %14,5, $p=0,039$), PT grubunun %28,6'sı ve ET grubunun %37,0'ının tedaviye yanıt vermediği gözlenmiştir. PT grubunda başarı 12., 24. ve 36. aylarda ET grubuna göre daha yüksek olarak tespit edilmiş (sırasıyla %69,0'a kıyasla %47,1, %38,8'e kıyasla %31,4 ve %31,1'e kıyasla %23,5). İT grubunda hastaların %34,2'sinde 12. ayda başarı sağlanırken bu oran 24. ayda %38,3'e yükselmiş (Bakınız sayfa 132-140).

Üçgül ve ark. "Açık Açılı Glokomlu Hastalarda Gonyoskopi Yardımlı Translüminal Trabekülotomi ile Eğik İğne Ab Interno Gonyektomi Karşılaştırması" başlıklı retrospektif çalışmalarında açık açılı glokomlu hastalarda gonyoskopi yardımcı translüminal trabekülotomi (GATT) ile eğik iğne ab interno

BİR BAKIŞTA

gonyektominin (BANG) etkinlik ve güvenliğini karşılaştırmayı amaçlamışlar ve GATT uygulanan 34 gözü ve BANG uygulanan 31 gözü değerlendirmişlerdir. Ameliyat öncesi ortalama GİB, GATT grubunda $32,9 \pm 6,1$ mmHg, BANG grubunda $31,8 \pm 5,4$ mmHg olarak tespit edilmiş; cerrahi işlemler sonrası son kontrolde, GATT grubunda ortalama GİB $15,8 \pm 4,5$ mmHg'ye düşerken (%51,9 azalma), BANG grubunda $17,9 \pm 5,7$ mmHg'ye (%43,7 azalma) düştüğü görülmüştür. Tam cerrahi başarı oranı GATT prosedürü için %88,2, BANG prosedürü için %61,3 olarak ölçülmüştür. Erken cerrahi başarısızlıklar BANG grubunda daha sık görülürken, GATT grubunda erken başarısızlıklar daha nadir olsa da, geç dönemde cerrahi başarısızlıklar BANG grubuna göre daha sık izlenmiştir. Yazarlar GATT cerrahisinin, BANG cerrahisine kıyasla daha büyük ve daha sürdürülebilir GİB azalması sağladığını ve daha yüksek cerrahi başarı oranlarına sahip olduğunu vurgularken, açık açılı glokomun yönetiminde GATT'ın daha güvenilir bir seçenek olduğunu ifade etmişlerdir (Bakınız sayfa 141-147).

Yabanoğlu ve Taylan Şekeroğlu'nun "Göz Tembelliği Tedavisinde Dikoptik Uyarım Temelli Binoküler Yaklaşımlar" başlıklı derlemelerinde, göz tembelliği tedavisinde binoküler işlevi iyileştirmeyi hedefleyen dikoptik uyarım tekniklerinin mevcut literatürünü sistematik bir şekilde incelemek amaçlanmış ve literatürdeki çeşitli çalışmalara dayanarak, bu tedavi yöntemlerinin temel ilkeleri açıklanmış, geleneksel monoküler tedavi yöntemleriyle karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar vurgulanmıştır. Bu güzel derleme, dikoptik tedavi yaklaşımlarının klinik uygulamalara entegrasyonuna yönelik kapsamlı bir değerlendirme ve bu yöntemlerin gelecekteki kullanımına dair yol gösterici bir bakış açısı sunmaktadır (Bakınız sayfa 148-158).

Bu sayıdaki ikinci derleme Aktaş ve ark. tarafından kaleme alınmış ve "Ab Interno Gonyotomi/Gonyektomi Teknikleri" başlığını taşımaktadır. Minimal invaziv glokom cerrahileri (MIGC), Kahook Dual Blade, BANG, GATT, OMNI, Trabektom, Streamline ve TrabEx+ gibi teknikleri içermekte olup, glokom tedavisinde GİB düşürerek ve aköz hüme dışı akışını iyileştirerek önemli ilerlemeler sağlamıştır. Bu yenilikçi prosedürler, trabeküler ağ ve Schlemm kanalı gibi yapıların hedeflenmesiyle daha invaziv filtrasyon cerrahilerine etkili alternatifler sunar. MIGC, doğal drenaj yollarını iyileştirerek GİB'de belirgin düşüşler ve glokom ilaçlarına bağımlılıkta azalma sağlar. Klinik çalışmalar, bu MIGC tekniklerinin güvenli ve etkili olduğunu, trabekülektomi veya tüp şant implantasyonu gibi geleneksel cerrahilere göre daha az komplikasyonla sonuçlandığını göstermektedir. Bu derleme, MIGC tekniklerine genel bir bakış sunmasının yanında, tekniklerin evrimi, pratik uygulamaları ve sonuçları gibi oldukça kapsamlı bir konuyu başarılı bir şekilde özetlemektedir (Bakınız sayfa 159-170).

Bu sayıdaki editöre mektupların ilkinde Priscilia ve Bani tarafından "Zorlu Bir Inferior Rektus Hipoplazisi Olgusunda Güçlendirilmiş Modifiye Hummelsheim Cerrahisi ile Umut Verici Sonuç" başlığı ile kaleme alınmış ve nadir görülen bir patoloji olan inferior rektus hipoplazi teşhisi konulan 25 yaşındaki kadın hastaya uygulanan tedavi yaklaşımı özetlenmiştir (Bakınız sayfa 171-173).

Kaynak ve ark.'nın "Pitoz Tamirinde "PEANUTS" Tekniği: Pelin'in 21-Gauge İğne ile Kolaylaştırılmış Putterman Klempsiz Müller Kası Konjonktiva Rezeksiyonu" başlıklı editöre mektuplarında, orijinal Müller aksı konjonktiva rezeksiyonu tekniğinin bir türevi olan ve Putterman klempi yerine 21 gauge iğne kullanılan cerrahi yöntem açıklanmış ve bu teknikle ameliyat edilen üç pitoz hastasının sonuçları değerlendirilmiştir (Bakınız sayfa 174-176).

Glokomdan, YBMD'ye, pitozdan, kuru göze kadar çeşitli oküler patolojilere ait tanı ve tedavi yaklaşımlarının tartışıldığı bu sayımızın siz değerli okuyucularımız için hem bilimsel hem de pratik açıdan yol gösterici olacağını ümit ediyoruz.

Bu sayının hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara teşekkür eder; katkılarınızla her sayımızda daha zengin içeriklerle buluşmayı dileriz.

Saygılarımızla,

Editör Kurulu adına

Dr. Hakan Özdemir



Orta ve Şiddetli Kuru Göz Hastalarında %20 Otolog Trombositten Zengin Plazma ile Konvansiyonel Tedavinin Karşılaştırılması

Comparison of 20% Autologous Platelet-Rich Plasma Versus Conventional Treatment in Moderate to Severe Dry Eye Patients

Shubhi Sachan, Kshama Dwivedi, Satya Prakash Singh, Santosh Kumar, Vinod Kumar Singh

Bölgesel Oftalmoloji Enstitüsü, MLN Tıp Fakültesi, Oftalmoloji Anabilim Dalı, Prayagraj, Hindistan

Öz

Amaç: Orta ila şiddetli kuru göz hastalığında (KGH) konvansiyonel tedavi ile %20 otolog trombositten zengin plazma (oPRP) göz damlalarının etkinliğini değerlendirmek.

Gereç ve Yöntem: Bu prospektif girişimsel çalışmaya, orta ila şiddetli KGH'li 40 kişi (80 göz) dahil edildi. Çalışma ve kontrol gruplarının her birine 20 hasta rastgele dağıtıldı. Çalışma grubuna %20 oPRP göz damlası, kontrol grubuna ise konvansiyonel tedaviye uygun olarak yapay gözyaşı verildi. Her iki gruba da 3 ay boyunca en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK), gözyaşı menisküs yüksekliği, gözyaşı kırılma zamanı (GKZ), Schirmer testi, kornea floresein boyanması, konjonktival impresyon sitolojisi ve Oküler Yüzey Hastalık İndeksi (OYHI) değerlendirilmesinden oluşan kapsamlı oftalmolojik muayene yapıldı. Tedavi öncesi ve sonrası sonuçlar karşılaştırıldı.

Bulgular: Hastaların yaş ortalaması çalışma grubunda 51 ± 14 yıl (aralık, 37-65 yıl) ve kontrol grubunda 50 ± 17 yıl (aralık, 33-67 yıl) idi. Üç ay sonra, çalışma grubunda OYHI skorunda kontrol grubundan daha anlamlı bir azalma gözlemlendi ($p < 0,01$). EİDGK verileri istatistiksel olarak anlamlı fark göstermedi ($p > 0,05$). Üçüncü ayda gözyaşı menisküs yüksekliği, Schirmer değerleri ve GKZ'de istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar izlendi ($p < 0,01$). Çalışma grubunun floresein boyanma ve impresyon sitoloji skorlarındaki tedavi sonrası iyileşme kontrol grubundan belirgin şekilde daha iyiydi ($p < 0,01$).

Sonuç: oPRP, orta ila şiddetli semptomatik KGH için geleneksel tedavilerden hem daha güvenli hem de daha etkilidir.

Anahtar Kelimeler: Otolog trombositten zengin plazma (oPRP), kuru göz hastalığı, OYHI, otolog serum, impresyon sitolojisi

Abstract

Objectives: To evaluate the effectiveness of conventional therapy and 20% autologous platelet-rich plasma (aPRP) eye drops for moderate to severe dry eye disease (DED).

Materials and Methods: In this prospective interventional study, 40 individuals (80 eyes) with moderate to severe DED were analyzed. Twenty patients each were randomly assigned to the study and control groups. The study group was given 20% aPRP eye drops; the control group was given artificial tears as per conventional treatment. Comprehensive eye examinations including evaluation of best corrected visual acuity (BCVA), tear meniscus height, tear break-up time (TBUT), Schirmer's test, corneal fluorescein staining, conjunctival impression cytology, and Ocular Surface Disease Index (OSDI) were conducted in both groups for 3 months. Pre- and posttreatment results were compared.

Results: The average age of patients in the study group was 51 ± 14 years (range, 37-65 years), whereas that of the control group was 50 ± 17 years (range, 33-67 years). After 3 months, there was a more significant decrease in OSDI score in the study group than in the control group ($p < 0.01$). The BCVA data demonstrated no statistically significant difference ($p > 0.05$). Measurements of tear meniscus height, Schirmer's value, and TBUT at 3 months showed statistically significant differences ($p < 0.01$). The posttreatment improvements in fluorescein staining and impression cytology scores in the study group were markedly superior to those in the control group ($p < 0.01$).

Conclusion: aPRP is both safe and more effective than conventional treatments for moderate to severe symptomatic DED.

Keywords: Autologous platelet-rich plasma (aPRP), dry eye disease, OSDI, autologous serum, impression cytology

Cite this article as: Sachan S, Dwivedi K, Singh SP, Kumar S, Singh VK. Comparison of 20% Autologous Platelet-Rich Plasma Versus Conventional Treatment in Moderate to Severe Dry Eye Patients. Turk J Ophthalmol. 2025;55:112-119

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Kshama Dwivedi, Bölgesel Oftalmoloji Enstitüsü, MLN Tıp Fakültesi, Oftalmoloji Anabilim Dalı, Prayagraj, Hindistan
E-posta: drdkshama@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0003-0568-4096
Geliş Tarihi/Received: 03.09.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 28.02.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.47717

Giriş

Kuru göz hastalığı (KGH), gözyaşı filmi homeostazında bozulma ile ortaya çıkan ve oküler semptomların eşlik ettiği oküler yüzeyin sık görülen ve multifaktöriyel bir hastalıktır. Etiyolojisinde enflamasyon ve oküler yüzey hasarı, nörosensöriyel sistem bozuklukları, gözyaşı filmi instabilitesi ve hiperosmolarite yer alır.¹ Hastalığın belirtileri arasında yanma hissi, fotofobi, sulanma ve yabancı cisim hissi sayılabilir ve hastanın yaşam kalitesini bozabilir. KGH'nin tahmin edilen global prevalansı,



kullanılan tanı kriterleri ve popülasyona bağlı olarak çok değişkenlik (%4-%50) göstermektedir.^{2,3,4} Sigara içmek, kontakt lens kullanmak ve dijital ekranlara uzun süre bakmak hastalık gelişimine katkıda bulunur.⁵

Yapay gözyaşlarının topikal kullanımı, elde edilen sonuçlar çoğu zaman tatmin edici olmasa da kuru gözün geleneksel primer tedavisidir. Bu durum kan ürünü temelli diğer tedavi yaklaşımlarının kullanılmasına neden olmuştur. Şiddetli KGH için otolog trombositten zengin plazmanın (oPRP), prezervansız yapay gözyaşlarından daha uygun bir tedavi olduğu ileri sürülmüştür. oPRP, yüksek konsantrasyonda trombosit içeren ve kornea epitel hücreleri migrasyonu, proliferasyonu ve farklılaşmasını uyarmak için kullanılan bir kan ürünüdür. oPRP'deki trombositler hasarlı dokulara yapışır ve iyileşmeyi teşvik eden büyüme faktörleri ve sitokinleri salgılar.⁶

oPRP'nin geleneksel tedavilere göre bazı faydaları bulunmaktadır. Homolog olması diğer tedavilerle ortaya çıkabilecek immünolojik sorunlar veya alerjik yanıtların ortaya çıkma olasılığını azaltmaktadır. Araştırmalar, oPRP'nin gözyaşı filmi stabilitesini iyileştirmede, gözyaşı üretimini artırmada ve oküler yüzey hasarını azaltmada geleneksel tedavilerden daha etkili olduğunu göstermektedir. oPRP umut verici bir tedavidir ancak bazı kısıtlılıkları da vardır. Özel şekilde hazırlanmalı ve saklanmalıdır, enfeksiyon ve kontaminasyon olasılığı vardır, hazırlanması gerektiğinden ulaşılması zordur ve nasıl hazırlanacağı ile ilgili standart bir protokol mevcut değildir. PRP'nin kuru göz üzerindeki etkisini değerlendiren yakın tarihli bir meta-analize dahil edilme kriterlerini karşılayan sadece 19 çalışma alınmıştır. Bunların 10 tanesi karşılaştırmalı (6 randomize ve 4 randomize olmayan çalışma) çalışmalardır.⁷ Özellikle konvansiyonel tedaviye kıyasla bu tedavi yaklaşımının etkinliğinin araştırılması önemlidir, çünkü KGH sıklığı dünya çapında artmaktadır. Bu artış özellikle genç popülasyonlarda belirgindir, bu da dijital cihazların daha fazla kullanılmasının veya diğer tanımlanamayan nedenlerin bir sonucu olabilir. Rejenerasyon kapasitesi ve düşük yan etki riski nedeniyle oPRP, orta ila şiddetli KGH tedavisinde değerli bir gelişme olabilir.

Gereç ve Yöntem

Bu prospektif girişimsel karşılaştırmalı araştırma, Temmuz 2023 ile Haziran 2024 tarihleri arasında Uttar Pradesh, Prayagraj'daki Bölgesel Oftalmoloji Enstitüsü'nde (MD Göz Hastanesi) gerçekleştirildi. Çalışmaya MLN Tıp Fakültesi, Prayagraj Etik Kurulu'ndan onay alındıktan sonra başlandı (ECR/922/Inst/UP/RR-22, tarih: 5/7/2023). Çalışmaya her iki cinsiyetten 18-70 yaş arası hastalar dahil edildi. Oküler Yüzey Hastalık İndeksi (OYHI) skoruna göre hastaların semptomları kategorize edildi ve KGH tanısı alanlar rastgele çalışma grubu (n=20) veya kontrol grubuna (n=20) alındı. İşlemler açıklandıktan sonra tüm hastalardan bilgilendirilmiş onam alındı.

Tedavi öncesi ve tedaviden 1 hafta, 1 ay ve 3 ay sonra OYHI skoru, en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK), gözyaşı menisküs yüksekliği, gözyaşı kırılma zamanı (GKZ),

Schirmer testi ve kornea floresein boyama yapıldı. Tedavi öncesi ve 3 aylık tedavi sonrası konjonktival impresyon sitolojisi değerlendirildi. Çalışma grubuna %20 oPRP göz damlası verilirken, kontrol grubuna konvansiyonel tedavi olarak Systane Complete kayganlaştırıcı göz damlası (etken madde: propilen glikol %0,6; Alcon, Nagpur, Hindistan) başlandı. Kuru Göz Çalıştayı ("Dry Eye Workshop") II'de yer alan tavsiyelere göre, yapay gözyaşları, hem evaporatif hem de aköz eksikliği olan hafif ila şiddetli kuru gözlerde ilk tedavidir.⁴

Örneklem büyüklüğü aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$n = \frac{2(Z\alpha/2 + Z_{(1-\beta)})^2 \times \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Anlamlılık düzeyi 0,05 kabul edilerek n sayısı 79,8 bulundu. Bu nedenle çalışmaya 80 göz dahil edildi.

Çalışmaya Dahil Etme ve Dışlama Kriterleri

OYHI skorları 23'ün üzerinde olan 18-70 yaş arası hastalar 12 haftalık çalışmaya dahil edildi. Hasta topikal kayganlaştırıcı göz damlası kullanıyorsa, çalışmaya başlamadan 48 saat önce bu damlalar kesildi.

Aşağıdaki kriterlerden herhangi birini karşılayan hastalar çalışmaya dahil edilmedi: 18 yaşından küçük veya 70 yaşından büyük hastalar, ileri evre kanser, aktif enfeksiyon, kontrol altında olmayan herhangi bir hastalık, hamile, kan bağıışı için kontrendikasyon (örneğin; yakın zamanda antikoagülan veya antitrombosit kullanımı, cerrahi müdahaleler, HIV pozitif, hepatit B veya C, sifiliz veya anemi), şiddetli meibom bezi disfonksiyonu, anormal göz kapağı fonksiyonu veya devam eden oküler enfeksiyon veya enflamasyon. Topikal tedavilere alerjik reaksiyon veya tolere edilemeyen oküler yan etkiler görülen hastalar da izlem sırasında çalışmadan çıkarıldı. İzlem muayeneleri 0. gün ve 1. hafta, 1. ay ve 3. ayda yapıldı.

Otolog Trombositten Zengin Plazma Hazırlama Yöntemi

Her hastadan sodyum sitrat kaplı kan alma tüpüne 10'ar mililitre kan alındı. Örnekler 2400 rpm'de santrifüje edildi. Üst üçte ikisi başka bir tüpe aktarıldıktan sonra 3600 rpm'de tekrar santrifüje edildi. Üst katman atıldı ve 3-5 mL beyaz tabaka/PRP ekstrakte edildi Bu plazma %20 konsantrasyonda oPRP elde etmek için dengeli tuz çözeltisi ile seyreltilti. oPRP göz damlaları, steril amber cam flakonlarda damlalıklarla birlikte saklandı. %20'lik oPRP damlaları 5 mL'lik flakonlarda hastaya dağıtıldı. Kullanılmakta olan flakon 2-8 °C'de saklanırken, kalan flakonlar ihtiyaç duyulana kadar -20 °C'de tutuldu (Şekil 1). Hastalardan göz damlasını uygulamadan önce ellerini yıkamaları istendi.

İstatistiksel Analiz

Veri analizi için Microsoft Excel 2016 ve Windows için IBM SPSS Statistics sürüm 29,0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) yazılımı kullanıldı. Kategorik değişkenler frekans ve yüzde, sürekli değişkenler ise ortalama ve standart sapma olarak verildi. Gruplar arası karşılaştırmalar sürekli değişkenler için bağımsız örneklem t-testi, nitel kategorik veriler ki-kare testi

kullanılarak yapıldı. Tüm istatistiksel testler için anlamlılık eşiği 0,05 olarak belirlendi.

Bulgular

Çalışma grubunda OYHI skorları 57 ile 88 arasında değişirken, kontrol grubunda 54 ile 88 arasındaydı. İki grup arasında 0. günde OYHI açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p>0,05$). Ancak 1. hafta ($p<0,05$), 1. ay ($p<0,01$) ve 3. ay ($p<0,01$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Çalışma grubunun bu zaman noktalarındaki ortalama OYHI değerleri kontrol grubundan düşüktü (Tablo 1).

Çalışma ve kontrol grupları arasındaki EİDGK farkı hiçbir zaman noktasında istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 2).

Gözyaşı menisküs yüksekliği 0. günde ve 1. haftada gruplar arasında anlamlı farklılık göstermedi ($p>0,05$). Ancak 1. ayda ($p<0,05$) ve 3. ayda ($p<0,001$) çalışma grubunda kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksekti (Tablo 3).

GKZ, oPRP tedavisi ile iyileşme gösterdi. Gruplar arasında 0. gün ve 1. haftada istatistiksel fark bulunmazken ($p>0,05$), 1. ay ve 3. ayda çalışma grubunda çok anlamlı düzeyde farklı bulundu ($p<0,01$) (Tablo 4).

İki grup arasında Schirmer testi sonuçları karşılaştırıldığında, 0. günde ve 1. hafta, 1. ay ve 3. ayda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulundu ($p<0,01$). Tüm zaman noktalarında Schirmer test değerleri çalışma grubunda anlamlı derecede yüksekti (Tablo 5).

Floresin boyanma da iki grup arasında tüm zaman noktalarında anlamlı farklıydı ($p<0,01$). Boyanma, kontrol grubunda 0. günde ve 1. hafta, 1. ay ve 3. ayda daha yaygındı (Şekil 2, Tablo 6).

Gruplar arasında impresyon sitolojisi karşılaştırıldığında, 0. günde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), 3. ayda fark anlamlıydı (Şekil 3 ve 4, Tablo 7).

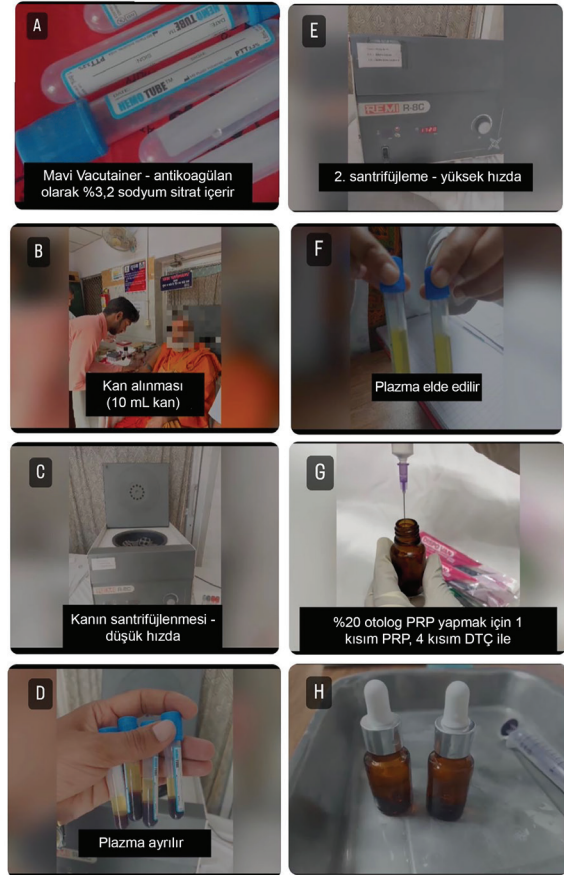
Bulgular Tablo 8'de özetlenirken elde edilen sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tartışma

KGH, dünya çapında milyonlarca insanı etkileyen önemli bir sorundur ve günümüzde göz hekimine başvurunun önde

gelen nedenlerinden biridir.⁵ Çok rahatsız edici semptomlar ve sık sık kayganlaştırıcı damla damlatma gereksinimi nedeniyle yaşam kalitesini düşürür.

Kuru göz için en yaygın kullanılan tedavi hala geleneksel yaklaşım olan yapay gözyaşı damlalarıdır.⁸ Drew ve ark.'na⁹ göre gözyaşı ve plazma oldukça benzer özelliklere sahiptir. Kökenleri aynı olduğu için oküler yüzey üzerinde benzer etkilere sahip olabilirler. Alio ve ark.¹⁰ tarafından yapılan gözlemsel bir çalışmada, oPRP ile tedavi edilen semptomatik kuru göz



Şekil 1. %20 otolog trombosit zengin plazma göz damlası hazırlama yöntemi

DTÇ: Dengeli tuz çözeltisi, PRP: Trombosit zengin plazma

Tablo 1. Gruplar arasında Oküler Yüzey Hastalık İndeksi (OYHI) değerlerinin karşılaştırılması

OYHI	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	20	71,95	9,10	0,018	0,986
	Kontrol	20	72,00	8,91		
1. hafta	Çalışma	20	61,25	10,11	2,304	0,027*
	Kontrol	20	68,35	9,37		
1. ay	Çalışma	20	50,55	11,36	4,415	0,0005**
	Kontrol	20	64,90	9,07		
3. ay	Çalışma	20	38,90	9,00	7,473	0,0005**
	Kontrol	20	61,55	10,14		

Bağımsız örneklem t-testi, *İstatistiksel anlamlı ($p<0,05$), **İstatistiksel çok anlamlı ($p<0,01$). n: Hasta sayısı, SD: Standart deviasyon

Tablo 2. Gruplar arasında en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) değerlerinin karşılaştırılması

EİDGK (logMAR)	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	0,123	0,11	0,090	0,929
	Kontrol	40	0,120	0,14		
1. hafta	Çalışma	40	0,113	0,11	0,267	0,790
	Kontrol	40	0,120	0,14		
1. ay	Çalışma	40	0,108	0,11	0,445	0,658
	Kontrol	40	0,120	0,14		
3. ay	Çalışma	40	0,098	0,11	0,991	0,325
	Kontrol	40	0,128	0,16		

Bağımsız örneklem t-testi. logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması, n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

Tablo 3. Gruplar arasında gözyaşı menisküs yüksekliğinin karşılaştırılması

Gözyaşı menisküs yüksekliği (µm)	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	188,38	56,37	0,861	0,392
	Kontrol	40	199,13	55,31		
1. hafta	Çalışma	40	196,85	58,80	0,704	0,484
	Kontrol	40	205,90	56,21		
1. ay	Çalışma	40	234,58	48,65	2,259	0,027*
	Kontrol	40	208,40	54,79		
3. ay	Çalışma	40	262,20	48,74	4,576	0,0005**
	Kontrol	40	208,18	56,57		

Bağımsız örneklem t-testi, *İstatistiksel anlamlı (p<0,05), **İstatistiksel çok anlamlı (p<0,01). n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

Tablo 4. Gruplar arasında gözyaşı kırılma zamanının (GKZ) karşılaştırılması

GKZ (sn)	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	3,63	0,84	0,502	0,617
	Kontrol	40	3,75	1,33		
1. hafta	Çalışma	40	4,13	0,91	0,466	0,643
	Kontrol	40	4,00	1,43		
1. ay	Çalışma	40	5,30	0,91	2,873	0,005**
	Kontrol	40	4,55	1,38		
3. ay	Çalışma	40	7,28	1,66	6,823	0,0005**
	Kontrol	40	5,05	1,22		

Bağımsız örneklem t-testi, **İstatistiksel çok anlamlı (p<0,01). n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

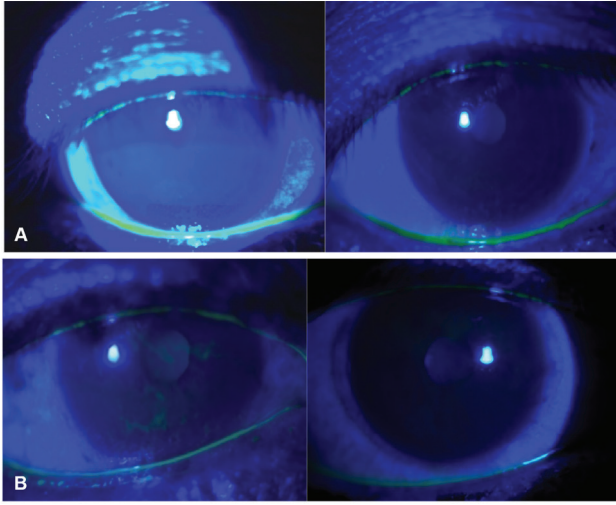
Tablo 5. Gruplar arasında Schirmer testi sonuçlarının karşılaştırılması

Schirmer testi (mm)	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	4,3	2,1	2,867	0,005**
	Kontrol	40	3,2	1,0		
1. hafta	Çalışma	40	5,9	2,1	6,631	0,0005**
	Kontrol	40	3,5	0,9		
1. ay	Çalışma	40	7,5	1,9	9,391	0,0005**
	Kontrol	40	4,4	0,8		
3. ay	Çalışma	40	9,7	1,1	20,093	0,0005**
	Kontrol	40	5,2	0,9		

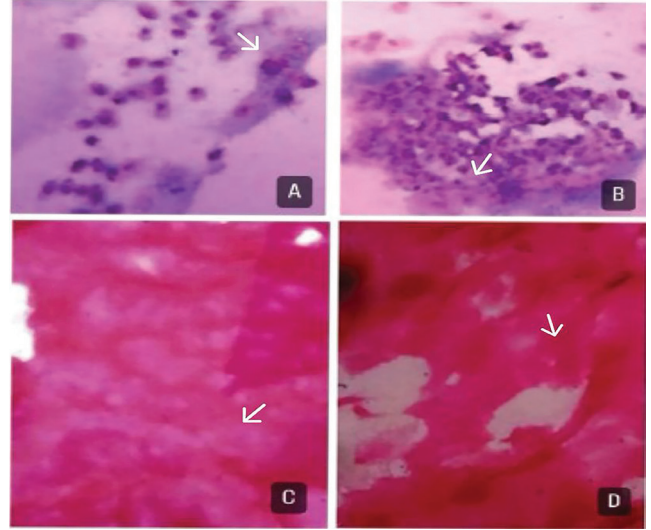
Bağımsız örneklem t-testi, **İstatistiksel çok anlamlı (p<0,01). n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

hastalarında korneal boyama, konjonktival impresyon sitolojisi, konjonktival hiperemi ve semptomlarda iyileşme kaydedilmiştir.

İmpresyon sitolojisi ve kornea boyanmasındaki bu farklılıklar, oPRP'nin otolog seruma göre rejeneratif kapasitesinin daha iyi olması ile bağlantılı olarak doku rejenerasyonu ile ilişkilendirilmiştir. López-Plandolit ve ark.¹¹ tarafından yapılan



Şekil 2. Çalışma grubu (A) ve kontrol grubunda (B) tedavi öncesi ve sonrası korneal floressein boyanma



Şekil 3. Çalışma grubundan tedavi öncesi ve sonrası konjonktival impresyon sitolojisi görüntüleri. A) 0. günde enükle hücrelerin eşlik ettiği tam kohezyon kaybı ve şiddetli keratinizasyon (evre 3) (Papanicolaou boyaması, 40x). B) 3 aylık tedaviden sonra çekirdek-sitoplazma oranı 1:3 ila 1:4 (evre 1) olan kümeler şeklinde kohezyon kaybı (Papanicolaou boyası, 40x). C) 0. günde münin noktalar/nadir goblet hücreleri (evre 3) (periyodik asit-Schiff boyası, 40x). D) 3 aylık tedaviden sonra goblet hücrelerinde hafif azalma (evre 1) (periyodik asit-Schiff boyası, 40x)

Tablo 6. Gruplar arasında kornea floressein boyamasının karşılaştırılması

Floressein boyanma skoru	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	3,23	0,89	3,826	0,0005**
	Kontrol	40	3,98	0,86		
1. hafta	Çalışma	40	3,03	1,03	3,051	0,003**
	Kontrol	40	3,63	0,70		
1. ay	Çalışma	40	2,45	0,78	4,787	0,0005**
	Kontrol	40	3,20	0,61		
3. ay	Çalışma	40	1,33	0,66	8,589	0,0005**
	Kontrol	40	2,60	0,67		

Bağımsız örneklem t-testi, **İstatistiksel çok anlamlı (p<0,01). n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

Tablo 7. Gruplar arasında impresyon sitoloji skorlarının karşılaştırılması

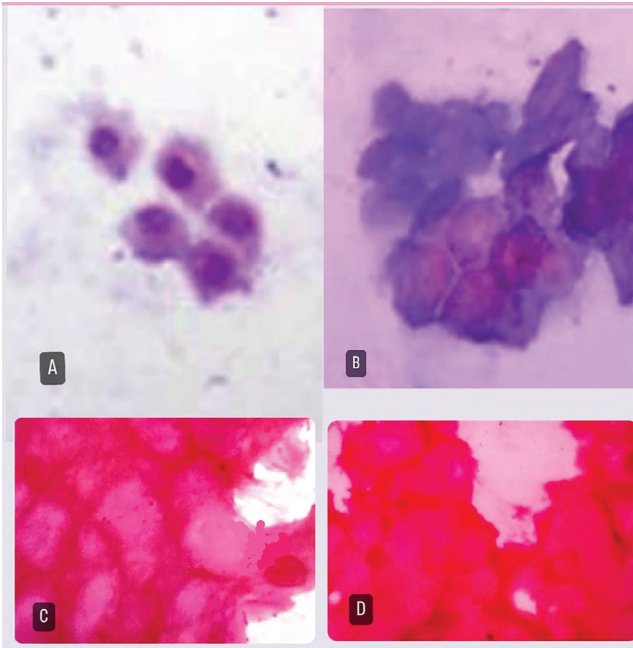
İmpresyon sitoloji skoru	Grup	n	Ortalama	SD	t	p
0. gün	Çalışma	40	1,98	0,83	0,291	0,772
	Kontrol	40	2,03	0,70		
3. ay	Çalışma	40	0,98	0,83	5,039	0,0005**
	Kontrol	40	1,90	0,81		

Bağımsız örneklem t-testi, **İstatistiksel çok anlamlı (p<0,01). n: Göz sayısı, SD: Standart deviasyon

Tablo 8. Sonuçların özeti

Ölçümler	Çalışma grubu (ortalama±SD)		Kontrol grubu (ortalama±SD)		p*
	0. gün	3. ay	0. gün	3. ay	
OYHİ	71,95±9,10	38,90±9,00	72,00±8,91	61,55±10,14	0,0005
EİDGK (logMAR)	0,12±0,11	0,10±0,11	0,12±0,14	0,13±0,16	0,325
GMV (µm)	188,38±56,37	262,20±48,74	199,13±55,31	208,18±56,57	0,0005
GKZ (sn)	3,63±0,84	7,28±1,66	3,75±1,33	5,05±1,22	0,0005
Schirmer (mm)	4,3±2,1	9,7±1,1	3,2±1,0	5,2±0,9	0,0005
KFB skoru	3,23±0,89	1,33±0,66	3,98±0,86	2,60±0,67	0,0005
KİS skoru	1,98±0,83	0,98±0,83	2,03±0,70	1,90±0,81	0,0005

*p değerleri, 3. ay değerlerinin gruplar arası karşılaştırma aittir. OYHİ: Oküler Yüzey Hastalık İndeksi, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması, GMV: Gözyaşı menisküs yüksekliği, GKZ: Gözyaşı kırılma zamanı, KFB: Korneal floresein boyanma, KİS: Konjonktival impresyon sitolojisi, SD: Standart deviasyon



Şekil 4. Kontrol grubundan tedavi öncesi ve sonrası konjonktival impresyon sitolojisi görüntüleri. A) 0. günde saçılmış hücreler ve çekirdek-sitoplazma (Ç:S) oranı $\geq 1:5$ (evre 2) (Papanicolaou boyası, 40x). B) 3 ay sonra Ç:S oranı 1:3 ila 1:4 (evre 1) olan kümeler şeklinde kohezyon kaybı (Papanicolaou boyası, 40x). C) 0. günde goblet hücrelerinde (evre 2) orta derecede azalma (periyodik asit-Schiff boyası, 40x). D) 3 ay sonra goblet hücrelerinde (evre 2) orta derecede azalma (periyodik asit-Schiff boyası, 40x)

bir çalışmada Schirmer testi sonuçları ve klinik semptomlar iyileşmiş ancak konjonktival metaplazi derecesinde anlamlı fark saptanmamıştır.

Grubumuzda her iki tedavi yöntemi ile OYHİ skorunda azalma görüldü. Üçüncü ayda ortalama OYHİ çalışma grubunda 38,90 ve kontrol grubunda ise 61,55 bulundu ($p=0,0005$). oPRP ile semptomlarda gözlenen ciddi iyileşme diğer çalışmalarla uyumludur.^{10,11} Çok sayıda çalışmada, kuru gözlerde büyüme faktörlerinden zengin plazmanın OYHİ skorlarında anlamlı bir azalma sağladığı gösterilmiştir.^{11,12,13,14,15}

Tablo 9. Otolog trombositten zengin plazma tedavisinden 3 ay sonra elde edilen sonuçlar

Ölçümler	Sonuç	Çalışma grubu (n=20)	Kontrol grubu (n=20)
OYHİ	Şiddetli göz kuruluğu	0 (%0)	11 (%55)
	Orta kuru göz	5 (%25)	9 (%45)
	Hafif kuru göz	13 (%65)	1 (%5)
	Normal	2 (%10)	0 (%0)
EİDGK	≥ 1 satır kazanım	5 (%25)	1 (%5)
	Kazanım yok	15 (%75)	14 (%70)
	Kayıp	0 (%0)	5 (%25)
KİS	İyileşme	20 (%100)	0,5 (%2,5)
	Değişiklik yok	0 (%0)	16 (%80)
	Kötüleşme	0 (%0)	3,5 (%17,5)
KFB	Boyanma yok	9 (%45)	0 (%0)
	İyileşme	11 (%55)	9 (%45)
	Değişiklik yok	0 (%0)	8 (%40)
	Kötüleşme	0 (%0)	3 (%15)

n: Hasta sayısı, OYHİ: Oküler Yüzey Hastalık İndeksi, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, KİS: Konjonktival impresyon sitolojisi, KFB: Korneal floresein boyanma

Görmedeki değişikliklerle ilgili olarak, çalışma grubunda EİDGK'deki iyileşme, klinik açıdan değerli olmakla birlikte, çalışma süresi boyunca kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Alio ve ark.¹⁰ oPRP alan hastaların sadece %28'inde en az bir satır iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir. Buna karşılık, Emam ve ark.¹⁶, García-Conca ve ark.¹², ve Rawat ve ark.¹³ tarafından yapılan çalışmalar, oPRP ile tedavi edilen gruplarda EİDGK'de istatistiksel olarak anlamlı iyileşme göstermiştir. Epitel hasarı ve gözyaşı filmi instabilitesi kuru gözde görme bozukluğuna katkıda bulunan faktörlerdir. Tedavi ile bu faktörlerin iyileşmesi, görme keskinliğinin artmasına yol açar.^{17,18}

Çalışma grubunda, başlangıçta 188,38 µm olarak ölçülen gözyaşı menisküs yüksekliği 3. ayda 262,20 µm'ye yükseldi. Bu artış, kontrollerde görülen (199,13 µm'den 208,18 µm'ye) değişimden anlamlı düzeyde daha fazlaydı (p=0,0005). Çalışma grubunda gözyaşı menisküs yüksekliğinde görülen progresif artış, oPRP tedavisinin zaman içinde gözyaşı filmi stabilitesini artırmada etkili olabileceğini ve gözyaşı filmi ile ilişkili göz rahatsızlığı olan hastalar için yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Benzer sonuçlar Alio ve ark.¹⁰ tarafından da bildirilmiştir. Ayrıca Murtaza ve ark.¹⁹ tarafından yapılan retrospektif bir çalışmada meibom bezi hastalığına sekonder evaporatif kuru gözlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmamızda, 1. ayda GKZ başlangıca göre anlamlı değişim gösterdi. Çalışma grubundaki iyileşme 3. ayda daha da belirgindi (GKZ kontrol grubunda 7,28 sn, çalışma grubunda 5,05 sn, p=0,0005). Bu, oküler yüzeyin iyileştiğini düşündürür ve oPRP'nin gözyaşı filmi stabilitesi üzerindeki terapötik etkilerini yansıtabilir. Emam ve ark.¹⁶ monoterapi olarak oPRP'nin yapay gözyaşı (hyaluronik asit) ile karşılaştırıldığında GKZ'de anlamlı artış sağladığını bildirmişlerdir. oPRP tedavisinden sonra, Alio ve ark.¹⁰, hastaların %46'sında GKZ'de 2 saniyeden fazla artış olduğunu gözlemlemiştir. Rawat ve ark.¹³ da GKZ'nin oPRP grubundaki olguların %42,6'sında 2 saniyeden fazla ve %57,4'ünde 1-2 saniye arttığını bildirmişlerdir.

Hastalarımızda tedavilerin gözyaşı filmi hacmine etkisi Schirmer testi sonuçlarını inceleyerek değerlendirilmiştir. Schirmer testi, hem tekrarlanan ölçümlerde hem de testi uygulayanlar arasında çok değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, tüm gözyaşı parametrelerinin aynı oda koşullarında (sıcaklık, nem ve hava akışı) yapılması tavsiye edilir. Bu çevresel faktörler tüm kuru göz testlerinde ve özellikle Schirmer testi sırasında çok önemlidir. Örneklemimizde, çalışma grubu 1. haftada gözyaşı üretiminde belirgin bir artış gösterdi. Bu eğilim devam etti ve ortalama Schirmer test sonucu 1. ayda 7,5 mm'den 3. ayda 9,7 mm'ye yükseldi. Bu değerlerin her ikisi de kontrol grubundaki anlamlı derecede yüksekti (sırasıyla 4,4 mm ve 5,20 mm; p=0,0005). Bu tedavi sonuçları, oPRP'nin lakrimal bezlerdeki asiner hücrelere etkisine bağlı olabilir ve oküler yüzey rejenerasyonu kapasitesinin daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Nitekim, Avila ve ark.²⁰, lakrimal bez komşuluğuna yapılan oPRP enjeksiyonlarından sonra Schirmer testi bulgularında iyileşme olduğunu gözlemlemiştir. García-Conca ve ark.¹² göre Schirmer testi sonuçları yapay gözyaşı ile karşılaştırıldığında oPRP kullandıktan sonra anlamlı düzeyde artmıştır (p<0,05). Ancak, Rawat ve ark.¹³ oPRP ve yapay gözyaşı arasında Schirmer testi sonuçları açısından anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir.

Çalışmamızda her iki grupta da korneal floresein boyanma skorlarında anlamlı azalma saptandı. Üçüncü ayda, çalışma grubunun ortalama boyanma skoru ciddi şekilde azalarak 1,33 oldu. Bu değer kontrollerin skorundan (2,60) anlamlı derecede düşüktü (p=0,0005). Alio ve ark.¹⁰ benzer sonuçlar bildirmiştir. Rawat ve ark.¹³ ayrıca oPRP tedavisinin ciddi kuru göz olgularında Oxford ölçeğine göre korneal floresein boyanma derecesini anlamlı düzeyde azalttığını bulmuşlardır.

Nelson ve Wright²¹, KGH'de goblet hücrelerinin miktarında ciddi azalma olduğunu bildirmiştir. Bu azalmanın gözyaşı filminin stabilitesi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Amparo ve ark.²² göre kuru gözde interpalebral bölgedeki hücre sayısında %17 azalma olmuştur. Örneklemimizde oPRP tedavisi sonrası konjonktival impresyon sitolojisi evresinde anlamlı iyileşme olduğunu bulduk. 0. günde gruplar arasında fark gözlenmezken, 3. ayda çalışma grubunda konjonktival metaplazi derecesi anlamlı derecede daha düşüktü. KGH ve diyabetik hastalarda sırasıyla Alio ve ark.¹⁰ ve García-Conca ve ark.¹² tarafından oPRP göz damlası ile benzer sonuçlar bildirilmiştir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bu tek merkezli bir çalışmadır; bu nedenle sonuçlar tüm popülasyonlara genellenemez. İkinci olarak, bu çalışmada %20'lik oPRP kullandık, ancak %100 oPRP daha faydalı olabilir ve şiddetli ila çok şiddetli olgularda kullanılabilir.¹ Hazırlanan göz damlasındaki trombosit konsantrasyonunun belirlenmesi (bu çalışmada yapılmadı), tedaviye yanıt ile daha net bir korelasyon gösterebilir.

Sonuç

oPRP göz damlaları, oküler yüzey hastalıklarının tedavisi için geleneksel tedavilere göre belirgin bir üstünlüğe sahiptir. Sitokinler ve büyüme faktörleri açısından zengin olan oPRP'nin rejeneratif nitelikleri, iyileşme sürecini kolaylaştırır, iyileşmeyi hızlandırır ve doku rejenerasyonunu artırır. Bu çalışmada kullanılan %20'lik oPRP'nin bile konservatif tedaviden daha iyi sonuç vermiş olması literatüre katkıda bulunacaktır. Kuru göz parametreleri, oPRP ile ilgili önceki çalışmalarda yapılmamış olan impresyon sitolojisi bulguları ile de desteklenmiştir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışmaya MLN Tıp Fakültesi, Prayagraj Etik Kurulu'ndan onay alındıktan sonra başlandı (ECR/922/Inst/UP/RR-22, tarih: 5/7/2023).

Hasta Onayı: Çalışmaya katılan tüm bireylerden bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: K.D., S.S., S.P.S., Konsept: K.D., S.S., S.K., Dizayn: S.P.S., S.K., V.K.S., Veri Toplama veya İşleme: K.D., S.S., S.P.S., Analiz veya Yorumlama: K.D., S.S., S.K., V.K.S., Literatür Arama: K.D., S.S., S.K., V.K.S., Yazan: S.K.S., S.K., V.K.S.

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

- Behrens A, Doyle JJ, Stern L, Chuck RS, McDonnell PJ, Azar DT, Dua HS, Hom M, Karpecki PM, Laibson PR, Lemp MA, Meisler DM, Del Castillo JM, O'Brien TP, Pflugfelder SC, Rolando M, Schein OD, Seitz B,

- Tseng SC, van Setten G, Wilson SE, Yiu SC; Dysfunctional tear syndrome study group. Dysfunctional tear syndrome: a Delphi approach to treatment recommendations. *Cornea*. 2006;25:900-907.
2. Gupta N, Prasad I, Jain R, D'Souza P. Estimating the prevalence of dry eye among Indian patients attending a tertiary ophthalmology clinic. *Ann Trop Med Parasitol*. 2010;104:247-255.
3. Shah S, Jani H. Prevalence and associated factors of dry eye: our experience in patients above 40 years of age at a Tertiary Care Center. *Oman J Ophthalmol*. 2015;8:151-156.
4. Craig JP, Nelson JD, Azar DT, Belmonte C, Bron AJ, Chauhan SK, de Paiva CS, Gomes JAP, Hammitt KM, Jones L, Nichols JJ, Nichols KK, Novack GD, Stapleton FJ, Willcox MDP, Wolffsohn JS, Sullivan DA. TFOS DEWS II report executive summary. *Ocul Surf*. 2017;15:802-812.
5. Titiyal JS, Falera RC, Kaur M, Sharma V, Sharma N. Prevalence and risk factors of dry eye disease in North India: ocular surface disease index-based cross-sectional hospital study. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66:207-211.
6. Anitua E, Andia I, Ardanza B, Nurden P, Nurden AT. Autologous platelets as a source of proteins for healing and tissue regeneration. *Thromb Haemost*. 2004;91:4-15.
7. Kwaku Akowuah P, Junior Obinwanne C, Owusu E, Kyeremeh S, Bonsu K, Karikari LAA, Akyaa Akomeah F, Kyei Nkansah E, Kobia-Acquah E. Platelet-rich plasma for treating dry eye disease - a systematic review and meta-analysis. *Cont Lens Anterior Eye*. 2024;47:102091.
8. Thulasi P, Djalilian AR. Update in current diagnostics and therapeutics of dry eye disease. *Ophthalmology*. 2017;124:S27-S33.
9. Drew VJ, Tseng CL, Seghatchian J, Burnouf T. Reflections on dry eye syndrome treatment: therapeutic role of blood products. *Front Med (Lausanne)*. 2018;5:33.
10. Alio JL, Colecha JR, Pastor S, Rodriguez A, Artola A. Symptomatic dry eye treatment with autologous platelet-rich plasma. *Ophthalmic Res*. 2007;39:124-129.
11. López-Plandolit S, Morales MC, Freire V, Grau AE, Durán JA. Efficacy of plasma rich in growth factors for the treatment of dry eye. *Cornea*. 2011;30:1312-1317.
12. García-Conca V, Abad-Collado M, Hueso-Abancens JR, Mengual-Verdú E, Piñero DP, Aguirre-Balsalobre F, Molina JC. Efficacy and safety of treatment of hyposecretory dry eye with platelet-rich plasma. *Acta Ophthalmol*. 2019;97:e170-e178.
13. Rawat P, Agrawal R, Bhaisare V, Walia S, Kori N, Gupta R. Autologous platelet-rich plasma eye drop versus artificial tear eye drop for symptomatic dry eye disease: a prospective comparative interventional study. *Indian J Ophthalmol*. 2022;70:1549-1553.
14. Sanchez-Avila RM, Merayo-Llves J, Riestra AC, Anitua E, Muruzabal F, Orive G, Fernández-Vega L. The effect of immunologically safe plasma rich in growth factor eye drops in patients with Sjögren syndrome. *J Ocul Pharmacol Ther*. 2017;33:391-399.
15. Merayo-Llves J, Sanchez-Avila RM, Riestra AC, Anitua E, Begoña L, Orive G, Fernandez-Vega L. Safety and efficacy of autologous plasma rich in growth factors eye drops for the treatment of evaporative dry eye. *Ophthalmic Res*. 2016;56:68-73.
16. Emam DHE, El Mashad GY, Alkawas A, El Deen SMS. Evaluating the role of autologous platelet-rich-plasma in the treatment of dry eye disease. *Egypt J Hosp Med*. 2021;84:2065-2070.
17. Kaido M, Matsumoto Y, Shigeno Y, Ishida R, Dogru M, Tsubota K. Corneal fluorescein staining correlates with visual function in dry eye patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52:9516-9522.
18. Benítez-Del-Castillo J, Labetoulle M, Baudouin C, Rolando M, Akova YA, Aragona P, Geerling G, Merayo-Llves J, Messmer EM, Boboridis K. Visual acuity and quality of life in dry eye disease: proceedings of the OCEAN group meeting. *Ocul Surf*. 2017;15:169-178.
19. Murtaza F, Toameh D, Chiu HH, Tam ES, Somani S. Autologous platelet-rich plasma drops for evaporative dry eye disease from meibomian gland dysfunction: a pilot study. *Clin Ophthalmol*. 2022;16:2199-2208.
20. Avila MY, Igua AM, Mora AM. Randomised, prospective clinical trial of platelet-rich plasma injection in the management of severe dry eye. *Br J Ophthalmol*. 2018;bjophthalmol-2018-312072.
21. Nelson JD, Wright JC. Conjunctival goblet cell densities in ocular surface disease. *Arch Ophthalmol*. 1984;102:1049-1051.
22. Amparo F, Wang H, Emami-Naeini P, Karimian P, Dana R. The Ocular Redness Index: a novel automated method for measuring ocular injection. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54:4821-4826.



Yaşa Bağlı Maküla Dejenerasyonu Tespiti ve Sınıflandırmasında Otomatize ve Uzman Tasarımlı Makine Öğrenimi Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi

Comparative Analysis of Automated vs. Expert-Designed Machine Learning Models in Age-Related Macular Degeneration Detection and Classification

© Ceren Durmaz Engin^{1,2*}, © Ufuk Beşenk^{3*}, © Denizcan Özizmirli⁴, © Mustafa Alper Selver^{2,3}

¹İzmir Demokrasi Üniversitesi Buca Seyfi Demirsoy Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İzmir, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Teknolojileri Geliştirici ve Hızlandırıcı Uygulama ve Araştırma Merkezi (Bioİzmir), İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

⁴Dr. Nevruz Erez Devlet Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Iğdır, Türkiye

*Bu yazarlar çalışmaya eşit katkı sağlamıştır.

Öz

Amaç: Optik koherens tomografi (OKT) görüntülerinde yaşa bağlı maküla dejenerasyonu (YBMD) tespiti ve kuru ve yaş tip YBMD ayırt edilmesi için uzman tasarımı makine öğrenimi modelleri ile kodlama gerektirmeyen otomatik makine öğrenimi (AutoML) modellerinin etkinliğini karşılaştırmak.

Gereç ve Yöntem: Uzman modelleri, bir yapay zeka uzmanı tarafından EfficientNet V2 mimarisi kullanılarak geliştirilirken, AutoML modelleri bir oftalmolog tarafından ResNet-50 V2 ile transfer öğrenimini içeren LobeAI platformu kullanılarak oluşturulmuştur. Her iki model, normal OKT görüntülerini YBMD'den ayırt etmek ve ayrıca kuru tip YBMD ile yaş tip YBMD arasında sınıflama yapmak üzere tasarlanmıştır. Modeller, %80 eğitim ve %20 test bölünmesiyle, her tanı grubu için 500 OKT görüntüsü kullanılarak eğitilmiş ve test edilmiştir. Performans metrikleri (duyarlılık, özgüllük, doğruluk ve F1 skorları) hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Uzman tasarımı model, tüm görüntüleri sınıflamada %99,67 genel doğruluk sağlarken ve tüm ikili sınıf karşılaştırmalarında F1 skorları 0,99 veya daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, AutoML modeli %89,00 genel doğruluk sağlarken, ikili karşılaştırmalarda F1 skorları 0,86 ile 0,90 arasında değişmiştir. AutoML modelinde, kuru tip YBMD ile normal OKT'nin ayırt edilmesindeki duyarlılığın (0,85) düşük olduğu gözlenmiş olup, bu durum modelin kuru tip YBMD'yi doğru şekilde tanımakta zorluk çektiğini göstermektedir.

Sonuç: AutoML modelleri, YBMD olgularını tanımda ve sınıflamada kabul edilebilir bir performans sergilemiş olsa da, uzman tasarımı modeller önemli ölçüde daha üstün performans göstermiştir. Uzman tarafından geliştirilen modellerde kullanılan ileri sinir ağı mimarileri ve optimizasyon süreçleri, tıbbi görüntü sınıflama için yüksek hassasiyetli tanı araçlarının geliştirilmesinde uzman katkısının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaşa bağlı maküla dejenerasyonu, AutoML, konvolüsyonel sinir ağları, EfficientNet V2, optik koherens tomografi

Abstract

Objectives: To compare the effectiveness of expert-designed machine learning models and code-free automated machine learning (AutoML) models in classifying optical coherence tomography (OCT) images for detecting age-related macular degeneration (AMD) and distinguishing between its dry and wet forms.

Materials and Methods: Custom models were developed by an artificial intelligence expert using the EfficientNet V2 architecture, while AutoML models were created by an ophthalmologist utilizing LobeAI with transfer learning via ResNet-50 V2. Both models were designed to differentiate normal OCT images from AMD and to also distinguish between dry and wet AMD. The models were trained and tested using an 80:20 split, with each diagnostic group containing 500 OCT images. Performance metrics, including sensitivity, specificity, accuracy, and F1 scores, were calculated and compared.

Results: The expert-designed model achieved an overall accuracy of 99.67% for classifying all images, with F1 scores of 0.99 or higher across all binary class comparisons. In contrast, the AutoML model achieved an overall accuracy of 89.00%, with F1 scores ranging from 0.86 to 0.90 in binary comparisons. Notably lower recall was observed for dry AMD vs. normal (0.85) in the AutoML model, indicating challenges in correctly identifying dry AMD.

Conclusion: While the AutoML models demonstrated acceptable performance in identifying and classifying AMD cases, the expert-designed models significantly outperformed them. The use of advanced neural network architectures and rigorous optimization in the expert-developed models underscores the continued necessity of expert involvement in the development of high-precision diagnostic tools for medical image classification.

Keywords: Age-related macular degeneration, AutoML, convolutional neural networks, EfficientNet V2, optical coherence tomography

Cite this article as: Durmaz Engin C, Beşenk U, Özizmirli D, Selver MA. Comparative Analysis of Automated vs. Expert-Designed Machine Learning Models in Age-Related Macular Degeneration Detection and Classification. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:120-126

Bu çalışmanın bulguları, 2024 Türk Oftalmoloji Derneği Yaz Sempozyumu'nda serbest bildiri olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Ceren Durmaz Engin, İzmir Demokrasi Üniversitesi Buca Seyfi Demirsoy Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği; Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Teknolojileri Geliştirici ve Hızlandırıcı Uygulama ve Araştırma Merkezi (Bioİzmir), İzmir, Türkiye
E-posta: cerendurmaz@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-5797-6467
Geliş Tarihi/Received: 19.12.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 04.03.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.74780



Giriş

Yaşa bağlı maküla dejenerasyonu (YBMD), 55 yaş üstü bireylerde görme kaybının önemli bir nedenidir ve 2040 yılına kadar dünya çapında 288 milyon insanı etkileyeceği tahmin edilmektedir.¹ YBMD primer olarak makülayı tutarak fotoreseptörler ve retina pigment epitelinin (RPE) dejenerasyonuna yol açar.¹ Klinik olarak, YBMD iki şekilde kendini gösterir: Drusen varlığı ile karakterize kuru YBMD ve anormal kan damarı büyümesi ile ilişkili olan ve genellikle hızlı ve ciddi görme kaybına neden olan yaş veya eksüdatif YBMD.^{1,2} Optik koherens tomografi (OKT), YBMD tanısı ve izleminde kritik bir araçtır ve klinisyenlerin drusen varlığı, RPE anormallikleri ve koroidal neovasküler membranlar gibi önemli lezyonları tanımlamasına olanak sağlayan yüksek çözünürlüklü, kesitsel retina görüntüleri OKT ile elde edilebilir. OKT, anti-vasküler endotel büyüme faktörü tedavisi alan hastalarda kuru ve yaş YBMD'yi ayırt etmek, hastalık progresyonunu izlemek ve tedavi yanıtlarını değerlendirmek için özellikle değerlidir.¹

Derin öğrenme (DÖ) modelleri, özellikle ileri mühendislik ürünü evrişimli sinir ağları ("*convolutional neural networks*", CNN), tıbbi görüntülerin analizinde başarı göstermiştir. Bu DÖ modellerinin kullanıldığı birkaç çalışmada, YBMD'nin tanısı ve sınıflandırılmasında önemli başarı elde edilmiştir.^{3,4,5,6,7,8,9,10,11} Rasti ve ark.'nın³ çalışmasında olduğu gibi ilk çalışmalarda, veri setleri küçüktü ve Çok Ölçekli Evrişimsel Uzmanların Karmaşı ve AlexNet gibi daha basit modeller kullanılmış ve sınırlı veriye rağmen kayda değer sınıflandırma performansı elde edilmiştir.⁴ Veri kümelerinin boyutu ve karmaşıklığı arttıkça, ResNet ve DenseNet gibi daha karmaşık mimariler kullanılmış ve çoğunlukla doğruluk, hassasiyet ve özgüllüğü artırmak için topluluk öğrenme yaklaşımlarıyla birleştirilmiş ve çoğu zaman bu ölçütlerde %99 oranı aşılmıştır.^{7,8} Özellikle 2020'den sonra yapılan çalışmalar, longitudinal verileri işlemek için CNN ve tekrarlayan sinir ağlarını ("*recurrent neural networks*") birleştiren hibrit modellere ve özellik tanımayı geliştirmek için öz dikkat mekanizmalarının entegrasyonuna odaklanmıştır.^{9,10} [Tablo 1](#), YBMD tanısı ve sınıflandırması için DÖ modellerinin kullanıldığı önceki çalışmaları özetlemektedir. Başarılı sonuçlar elde etmelerine rağmen, inşa etmesi ciddi teknik bilgi gerektirir. Bu nedenle bu alanda teknik uzmanlığa sahip olmayan doktorlar için bir zorluk oluşturur. Yakın zamanlarda geliştirilen, kod içermeyen otomatik makine öğrenimi (AutoML) platformlarının kullanıma girmesi, tıbbi görüntü sınıflandırması için umut verici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmış ve hekimlerin kapsamlı kodlama bilgisi olmadan modelleri geliştirebilmelerine olanak sağlamıştır.¹² AutoML sistemleri, veri ön işleme, özellik seçimi ve model optimizasyonu gibi ML ardışık işlemlerinin temel yönlerini otomatik olarak gerçekleştirir. Böylece ML'de uzman olmayanlar kişiler için başlangıçta karşılaşılan engelleri azaltır ve sağlıkta uzman kişilerin teknik karmaşıklıklardan ziyade klinik uygulamalara odaklanmasını sağlar.¹³ Farklı çalışmalarda diyabetik retinopati, retinal ven tıkanıklığı ve katarakt cerrahisi aşamaları gibi oftalmolojik hastalıklarda AutoML'nin başarısını değerlendirilmiştir.^{14,15,16}

Bildiğimiz kadarıyla, daha önce OKT görüntüleri ile YBMD'nin tanısı ve sınıflandırılmasında AutoML modellerinin performansı uzmanlar tarafından geliştirilen modellerle karşılaştırılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, hekimlerin kendi başlarına doğru ve güvenilir sınıflandırma modelleri oluşturmak için AutoML araçlarından yararlanıp yararlanamayacağını veya mühendislik alanında uzmanlığın optimal performans için çok önemli olup olmadığını araştırmak için bu iki tekniğin performansını değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütüldü ve Dokuz Eylül Üniversitesi Etik Kurul'dan onay alındı (protokol kodu: 2024/37-06, onay tarihi: 06.11.2024). Çalışmada açık erişimli veri kümeleri kullanıldığı, hastalarla doğrudan iletişim kurulmadığı ve hastaların tanımlanmasından kullanılabilecek verilere yer verilmediği göz önüne alındığında, hasta onamı alınması gerekmedi.

Optik Koherens Tomografi Verileri

Gholami ve ark.¹⁷ tarafından 2020'de yayımlanan Optik Koherens Tomografi Görüntü Veritabanı ve Kermany ve ark.¹⁸ tarafından 2018'de yayımlanan Kaggle veri setinde yer alan maküla merkezli spektral alan OKT görüntülerini kullandık. İki deneyimli göz hekimi (C.D.E. ve D.Ö.) bu OKT görüntülerini değerlendirdi ve kuru YBMD ve yaş YBMD olarak gruplandırdı. Yaş YBMD, klinik tanı kriterlerine uygun olarak intraretinal sıvı, subretinal sıvı ve/veya subretinal hiperreflektif materyal varlığına bakılarak tanımlandı. Kuru YBMD grubuna ise drusenli ve eksüdatif bulgusu olmayan olgular dahil edildi. Coğrafi atrofi olguları çalışmaya dahil edilmedi. Eşzamanlı başka herhangi bir retina hastalığı olan veya görüntü nedeniyle kalitesi yetersiz olan görüntüler çalışmaya dahil edilmedi. Görüntülerin tutarlı şekilde etiketlendiğini değerlendirmek için, Cohen'in kappa katsayısı kullanılarak iki göz hekiminin değerlendirmelerinin güvenilirliği ölçüldü. Cohen kappa katsayısı 0,987 idi. Bu değer OKT görüntülerinin sınıflandırılmasında mükemmel uyum olduğunu göstermektedir. Veri kümesi model eğitimi için kullanılmadan önce tutarsızlıklar fikir birliği ile çözüldü. Her gruba toplam 500 maküla merkezli OKT görüntüsü dahil edildi. Kontrol grubu olarak, aynı veri setlerinden herhangi bir retina patolojisi olmayan 500 normal spektral domain OKT görüntüsü dahil edildi. Tüm görüntüler 900x300 piksele kırpıldı ve JPEG formatına dönüştürüldü.

Modellerin Oluşturulması

Veri kümesi bölündü, her gruptaki görüntülerin %80'i modelleri eğitmek için kullanıldı ve kalan %20'si test için ayrıldı. Daha sonra, AutoML için LobeAI kullanılarak dört farklı model geliştirildi ve test edildi. Uzman tarafından modeller Python ortamında tasarlandı. Model I, yaş YBMD'yi normal görüntülerden ayırt etmek için, Model II, kuru YBMD'yi normal görüntülerden ayırt etmek için ve Model III, yaş YBMD'yi kuru YBMD'den ayırt etmek için eğitildi. Ayrıca, karmaşık bir sınıflandırma görevinde model performansını değerlendirmek için tüm patolojik ve normal OKT görüntüleri kullanılarak

Model IV eğitildi. Her iki model türü de performanslarının adil bir şekilde karşılaştırılmasını sağlamak için aynı veri kümesi kullanılarak eğitildi ve test edildi.

Otomatik Makine Öğrenimi Modelleri

Lobe yazılımı (sürüm 0.10.1130.5) resmi websayfasından (<https://www.lobe.ai/>) indirilerek kişisel bilgisayara yüklendi. Kurulumdan sonra, görüntüler programa yüklendi ve üç etiket eklendi: Yaş YBMD, kuru YBMD ve normal. Lobe yazılımı, eğitim sürecinde her görüntünün otomatik olarak beş rastgele varyasyonunu oluşturur. Parlaklık, satürasyon ve kontrastı ayarlar, renk tonunu değiştirir, rotasyon, yakınlaştırma ve gürültü azaltma gibi teknikleri kullanır. Bu nedenle, başka bir veri artırma yöntemi kullanılmamıştır. Bu yazılım, mevcut görevdeki performansı artırmak için ilgili görevlerde önceden eğitilmiş modelleri kullanan ve sınırlı bir veri kümesinde bile yüksek doğruluk sağlayan bir yöntem olan transfer öğrenmeyi kullanır. ResNet-50 V2 CNN mimarisinin, Proje Ayarları menüsündeki “doğruluk için optimize et” seçeneği seçilmiştir. Görüntü sınıflandırması ve diğer görme görevlerindeki etkinliği ile bilinen 50 katmanlı bir CNN olan ResNet-50 He ve ark.¹⁹ tarafından geliştirilmiştir. Toplu normalizasyon ve ReLU aktivasyonunu evrişimli katmanlar olarak kullanan 4 set halinde gruplandırılmış 16 rezidüel bloktan oluşur. Ana konsept, girdiyi doğrudan bloğun çıkışına aktaran ve derin ağ optimizasyonuna yardımcı olan atlama bağlantısıdır. Model, global ortalamaların havuzda toplaması ve SoftMax ile tam bağlantılı bir katman ile tamamlanmaktadır. Eğitim aşamasından sonra, model performansını artırmak için uygulamanın kendi “model optimizasyonu” özelliği kullanılmış ve daha ileri iyileştirmeler yapılmıştır. AutoML modelleri için istatistiksel analizler MedCalc web sitesi (<https://www.mdcalc.com/>) kullanılarak gerçekleştirildi. Patolojik OKT görüntülerini normal görüntülerden ayırt etmek ve spesifik YBMD tipini tanımlamak için duyarlılık, özgüllük ve doğruluk hesaplandı. Ek olarak, Model IV’ün performansını daha kapsamlı değerlendirmek için Konfüzyon Matrisi Jeneratörü aracılığıyla bir karışıklık matrisi oluşturuldu.²⁰

Uzman Tarafından Tasarlanan Modeller

Uzman tarafından tasarlanan model, bilgisayar mühendisliği ve biyomedikal teknolojiler konusunda deneyimi olan ve klinik ortamlarda görüntü işleme, makine öğrenmesi ve DÖ uygulamalarında uzmanlığa sahip bir yapay zeka uzmanı (U.B.) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelin mimarisini tasarlamaktan, ön işleme ve artırma tekniklerini uygulamaktan, hiper parametreleri optimize etmekten ve model performansını doğrulamaktan uzman sorumluydu.

Tan ve Le²¹ tarafından geliştirilen EfficientNet modelleri, ResNet veya VGG gibi mimariyle kıyasla saniyede daha az parametre ve kayan nokta işlemi yaparak yüksek performans sergilemeyi amaçlamaktadır. Model derinliğini, genişliğini ve çözünürlüğünün en iyi şekilde dengeleyen bir yöntem olan “bileşik ölçeklendirme” yöntemini geliştirmişlerdir. Derinlik katman sayısını, genişlik katman başına kanal sayısını ve çözünürlük

yüklenen görüntü boyutunu ifade eder ve EfficientNet’in farklı boyutlarda verimli bir şekilde ölçeklenmesine olanak tanır.

Modellerimiz için, OKT görüntüleri ile eğitim ve değerlendirme süreci, veri seti istatistiklerinin hesaplanmasıyla başlamıştır. Ortalama (μ) ve standart sapma (σ) eğitim setinden türetilmiştir. Daha sonra, bu istatistiklere dayalı olarak eğitim, doğrulama ve test setleri için tanımlanan dönüşümlerle veri ön işleme ve artırma gerçekleştirilmiştir. Veri kümesi daha sonra eğitim ve doğrulama alt kümelerine bölünmüş ve DataLoaders buna göre oluşturulmuştur. Özel bir EfficientNetV2 mimarisine dayanan model sınıflandırma görevi için başlatıldı ve He başlatma kullanıldı. Kayıp fonksiyonu olarak, etiket yumuşatma çapraz entropi kullanıldı. Hiperparametre optimizasyonu, Optuna kullanılarak gerçekleştirildi. Optuna, hiperparametre alanını sistematik olarak araştırarak optimum konfigürasyonları belirlemek ve manuel ayar ihtiyacını en aza indirmek için tasarlanmış otomatik bir yazılım çerçevesidir.²² Optuna’da, öğrenme oranı (α), bırakma oranı (p) ve ağırlık azalması (λ) için arama alanları önce tanımlandı, daha sonra doğrulama hassasiyetini en yüksek düzeye çıkarılarak optimal hiperparametreler ($\theta^* = \{\alpha^*, p^*, \lambda^*\}$) belirlendi. Eğitim aşamasında, optimizör optimal öğrenme oranı (α^*) ve ağırlık azalması (λ^*) ile başlatıldı. Aşırı uyum gösterme riskini azaltmak için en iyi bırakma oranı (p^*) modele dahil edildi. Model, birçok kez eğitildi; her eğitimde, model parametreleri güncellenerek yapılan eğitim aşamasını doğrulama setindeki performansı değerlendirmek için doğrulama aşaması izledi. Doğrulama hassasiyetinde bir iyileşme gözlemlendiğinde model kontrol noktası kaydedildi. Eğitimin tamamlanmasının ardından, nihai model (M^*) için istatistiksel metrikler doğrudan Python ortamında hesaplandı. Duyarlılık, özgüllük, hassasiyet, hatırlama ve F1 skorları scikit-learn kütüphanesi ile modelin tahminleri temel alınarak hesaplandı. Ayrıca, sınıflandırma performansını görselleştirmek için Python dilinde programatik olarak bir karışıklık matrisi oluşturuldu. Uzman model parametreleri ve eğitim ayarları [Ek Tablo 1](#)’de özetlenmiştir.

Bulgular

Lobe uygulaması kullanılarak geliştirilen ML modelleri, normal ile yaş veya kuru YBMD OKT görüntüleri arasında ayırım yapabilmemiş ve sırasıyla %92,00 ve %90,00 duyarlılık ve %94,00 ve %91,00 özgüllük elde etmiştir. Buna karşılık, yaş ve kuru YBMD’yi normal OKT görüntülerinden ayırt etmek için uzman tarafından tasarlanan modellerde, sırasıyla %100,00 ve %99,00 duyarlılık ve %99,00 ve %100,00 özgüllük sağlanmıştır.

Yaş ve kuru YBMD’yi birbirinden ayırmak için tasarlanan AutoML Model III, normal OKT görüntülerinden yaş (doğruluk: %93,00) ve kuru YBMD’yi (doğruluk: %90,50) ayrı ayrı tanıyan modellere kıyasla daha düşük performans göstererek %86,00 doğruluk göstermiştir. Buna karşılık, uzman tarafından tasarlanan Model III, mükemmele yakın performansa göstererek %99,50 doğruluk sergilemiştir. Tüm modellerin performans metrikleri [Tablo 2](#)’de özetlenmiştir.

Normal OKT görüntülerine kıyasla tüm patolojik görüntüleri tanıyan AutoML Model IV, 0,88 ağırlıklı F1 skoru ile %89,00 doğruluk gösterdi. Buna karşılık, uzman tarafından tasarlanan

Model IV modeli %99,67 doğruluk ve 0,97 ağırlıklı F1 puanı elde etti. Hem AutoML hem de uzman tarafından tasarlanan Model IV için karışıklık matrisleri [Şekil 1](#)'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 2017 ile 2024 yılları arasında OKT görüntüleri ile YBMD sınıflandırması üzerine yapılan çalışmaların özeti, veri kümelerini, modelleri, performans ölçütleri ve temel bulguları detaylı şekilde verilmiştir

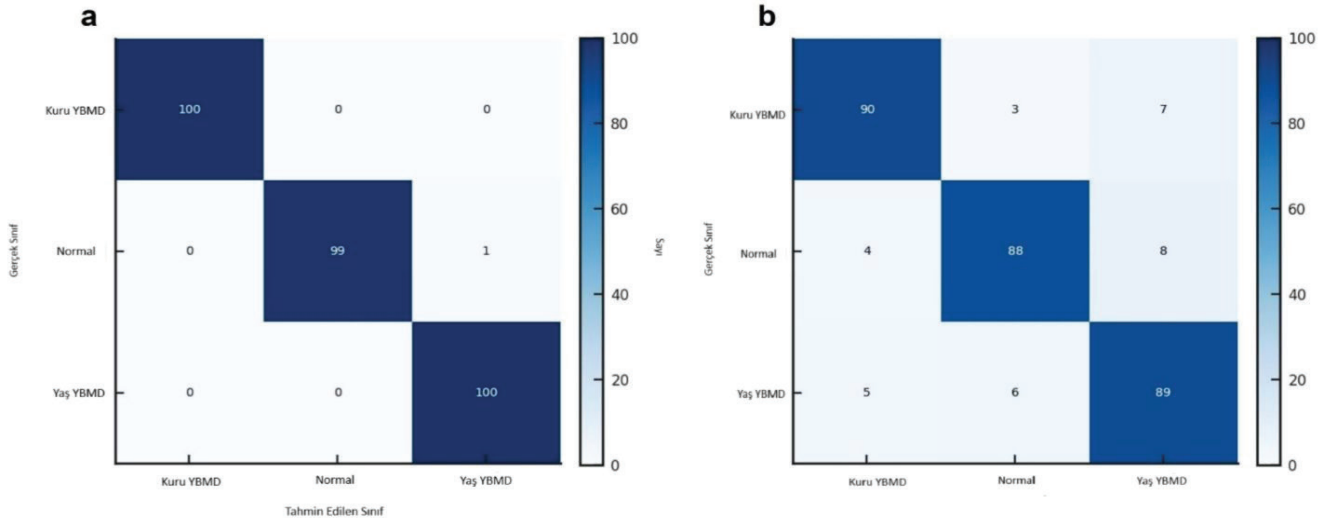
Yıl	Çalışma	Veri kümesi	Model	Performans ölçütleri	Açıklamalar
2017	[3]	148 OKT (50 normal, 48 kuru YBMD, 50 DME), 45 genel erişim	Çok ölçekli evrimsel uzman karması (ÇÖEUK)	EAA: 0,998; Hassasiyet: %98,86; Hatırlama: %99,36; F1-skoru: %99,34	Minimum ön işleme ve ÇÖEUK, geleneksel modellerden daha iyi performans göstermiştir
2018	[4]	83,484 OKT görüntüsü (sağlıklı, kuru YBMD, yaş YBMD, DMÖ)	AlexNet (tam eğitilmiş)	Doğruluk: %97,1; Duyarlılık: %99,6; Özgüllük: %98,4	AlexNet, YBMD sınıflandırması için transfer öğrenmeden daha iyi performans göstermiştir
2019	[5]	83,484 OKT görüntüsü (sağlıklı, kuru YBMD, yaş YBMD, DMÖ)	ResNet (18 katman), AlexNet	Doğruluk: %99,5; Duyarlılık: %98,0; Özgüllük: %100	ResNet, kuru ve yaş YBMD tanısında AlexNet'ten daha iyi performans göstermiştir
2019	[6]	185 normal OKT, 535 sıvı içeren YBMD, 514 sıvı içermeyen YBMD	VGG16 (transfer öğrenme)	EAA: 0,999; Doğruluk: %99,2; EAA: 0,992; Doğruluk: %95,1	Normal ile karşılaştırmak için iki aşamalı transfer öğrenme modeli Sıvı içeren YBMD ile sıvı içermeyen YBMD karşılaştırması
2020	[7]	281 eğitim hastası, 69 test hastası (longitudinal OKT)	DenseNet + RNN	EAA: 0,85 (az tedavi); EAA: 0,81 (çok tedavi); R2: 0,22	Tedavi ihtiyacını tahmin etmek için uçtan uca DÖ modeli, geleneksel modellerden daha iyi performans göstermiştir
2020	[8]	108,309 eğitim görüntüsü, 1,000 test görüntüsü	3 ResNet152 modelinde oluşan grup	Doğruluk: %98,9; Duyarlılık: %98,9; Özgüllük: %99,6	CNN grubu, ResNet152 modellerini birleştirerek daha iyi sınıflandırma yapmıştır
2022	[9]	4927 OKT görüntüsü (neovasküler YBMD, PKV, yaş olmayan YBMD)	Yığılı Autoencoder- VGG16	F1: %86,81; Doğruluk: %88,28; Hassasiyet: %86,34; Hatırlama: %87,28	Kontrastlı öğrenme ve kendine-dikkat VGG16, YBMD alt tip sınıflandırmasını iyileştirmiştir
2023	[10]	94 hastanın OKT görüntüleri, 20,482 B-taraması	ResNet + Rastgele Orman + RNN	Rastgele orman: Doğruluk: %95; RNN: Doğruluk: %71	Sıralı veri tahmini için RNN ve tedavi tahmini için özellik ekstraksiyonu
2024	[11]	167 hastanın 1285 OKT B-taraması	Açıklanabilir yapay zeka (AI) tabanlı sistem	Doğruluk: %90,82; Kappa: %89,10	Çok aşamalı AI sistemi, YBMD tanısında retina uzmanlarını taklit etmiştir

OKT: Optik koherens tomografi, YBMD: Yaşa bağlı maküla dejenerasyonu, DMÖ: Diyabetik maküla ödemi, PKV: Polipoidal koroidal vaskülopati, EAA: Eğri altındaki alan, CNN: Evrimsel sinir ağı, RNN: Tekrarlayan sinir ağı

Tablo 2. AutoML ve uzman tarafından tasarlanmış modellerin temel metrikleri

	Duyarlılık (%95 GA)		Özgüllük (%95 GA)		Hassasiyet		Hatırlama		F1 skoru	
	AutoML	Uzman	AutoML	Uzman	AutoML	Uzman	AutoML	Uzman	AutoML	Uzman
Model I: Yaş YBMD ile normal	92,00 (84,84 ila 96,48)	100,00 (96,38 ila 100,00)	94,00 (87,40 ila 97,77)	99,00 (94,55 ila 99,97)	93,88 (87,36 ila 97,14)	99,00 (94,55 ila 99,82)	92,00 (85,00 ila 95,89)	99,00 (94,45 ila 99,82)	92,93	99,00
Model II: Kuru YBMD ile normal	90,00 (82,38 ila 95,10)	99,00 (94,55 ila 99,97)	91,00 (83,60 ila 95,80)	100,00 (96,38 ila 100,00)	90,90 (83,65 ila 93,12)	100,00 (96,30 ila 100,00)	90,00 (82,56 ila 94,47)	99,00 (95,80 ila 100,00)	90,45	99,50
Model III: Yaş YBMD ile kuru YBMD	85,00 (76,40 ila 91,35)	99,00 (94,55 ila 99,97)	87,00 (78,80 ila 92,89)	100,00 (96,38 ila 100,00)	86,73 (76,72 ila 90,69)	100,00 (94,55 ila 100,00)	85,00 (75,80 ila 92,24)	99,00 (94,55 ila 99,82)	85,86	99,50

YBMD: Yaşa bağlı maküla dejenerasyonu, GA: Güven aralığı, AutoML: Otomatik makine öğrenimi



Şekil 1. Model IV'ün tüm yaşa bağlı maküla dejenerasyonu alt tiplerini ve normal kontrollerden oluşan karışıklık matrisleri. a) Uzman tarafından tasarlanan model. b) Otomatik makine öğrenimi modeli

YBMD: Yaşa bağlı maküla dejenerasyonu

Tartışma

EfficientNet V2'nin kullanıldığı uzman tarafından tasarlanan modeller ile ResNet-50 V2 ile transfer öğrenmeyi kullanan AutoML modellerinin karşılaştırılmalı analizi, performanstaki önemli farklılıkları ortaya koymuş ve uzman mühendislerin özel tıbbi görüntüleme görevlerindeki kritik rolünün altını çizmiştir. Uzman tarafından geliştirilen model, tüm OKT veritabanında YBMD'yi tespit etmek gibi en karmaşık görevde, tüm sınıflarda 0,99 veya daha yüksek F1 puanları ile %99,67'lik olağanüstü bir doğruluk oranı elde etmiştir. Bu yüksek performans seviyesi, modelin yalnızca pozitif tahminlerinde doğru olmadığını, aynı zamanda OKT görüntülerinde neredeyse tüm ilgili YBMD'leri belirlemede de etkili olduğunu göstermektedir. Minimum yanlış sınıflandırma oranları, hastalık tanısı ve tedavi planlaması için hassas sınıflandırmanın çok önemli olduğu klinik uygulamalarda modelin güvenilirliğini güçlendirmektedir. Buna karşılık, AutoML modeli, ikili sınıflandırmalarda 0,8725 ile 0,9045 arasında değişen F1 puanları ile daha düşük bir oran olan %89,00'lık bir genel doğruluk göstermiştir. YBMD'nin hatalı tanısı veya tanıda geç kalınması progresif görme kaybına yol açabileceğinden ve tedavi sonuçlarını etkileyebileceğinden, bu yetersizliğin önemli klinik sonuçları olabilir.

Uzman tarafından geliştirilen modelin daha üstün performans göstermesi birkaç temel faktöre bağlanabilir. Öncelikle, EfficientNet V2'nin gelişmiş mimarisi, ağ derinliğini, genişliğini ve çözünürlüğünü eşzamanlı olarak ölçeklendiren ve OKT görüntülerinde karmaşık desenleri daha etkili bir şekilde yakalamasını sağlayan bir bileşik ölçeklendirme yöntemi kullanmaktadır.²¹ Bu özellik, YBMD sınıfları arasındaki küçük farklılıkları ayırt etmek için çok önemlidir. EfficientNet V2'de ayrıca kanal dikkat mekanizmaları da bulunmaktadır ve bu sayede model daha az alakalı olan kanalları baskılayarak en

bilgilendirici kanallara seçici olarak odaklanır. Bu stratejik dikkat, model doğruluğunun artmasına katkıda bulunarak özellik temsilini iyileştirir. Çalışmamıza benzer şekilde Kansal ve ark.²³ tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada, bu iki CNN algoritması olan ResNet-50 ve EfficientNetB0'ın koronavirüs hastalığı-2019 (COVID-19), bakteriyel ve viral pnömoni ve normal olgulardan oluşan akciğer röntgeni veri setleri üzerindeki performansı değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre EfficientNetB0 performansının daha üstün olduğu görülmüş ve 0,98 eğitim doğruluğu ve 0,99 test doğruluğu elde edilmiştir. Buna karşılık, ResNet-50 modeli ile eğitim doğruluğu 0,83 ve test doğruluğu ise 0,96 bulunmuştur. Bu sonuçlar EfficientNetB0'ın bu bağlamda daha etkin olduğuna işaret etmektedir. De La Fuente ve ark.²⁴ tarafından yapılan bir çalışmada, sentetik görüntülerle desteklenmiş özofagogastroduodenoskopi görüntülerinden oluşan küçük, dengesiz bir veri seti üç kategoride sınıflandırılmış ve iki DÖ modelinin sınıflandırma performansı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, EfficientNet V2 ile elde edilen genel doğruluk oranının %92,19 ve genel F1 skorunun ise 91,03 olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, ResNet-50 algoritması ile elde edilen genel doğruluk oranı %89,49 ve genel F1 skoru 88,74 olmuştur. Bu bulgular, görüntü sınıflandırma görevlerinde EfficientNet'in daha üstün bir performans gösterdiğine işaret etmektedir.

Özelleştirilmiş ön işleme ve veri artırma, bir modelin ML çalışmalarında genelleme yapma yeteneğini önemli ölçüde artırır. Lobe uygulaması her görüntünün beş rastgele varyasyonunu oluştururken, uzman modeller daha hedefli ve çeşitli artırma tekniklerinden yararlanabilir. Ayrıca çalışmamızda Optuna aracılığıyla öğrenme oranı, bırakma oranı ve ağırlık azalması gibi parametreler doğrulama hassasiyetini en üst düzeye çıkarmak için titizlikle ayarlanmıştır. Bu da uzman tarafından geliştirilen modellerde genelleme ve model performansı iyileştirilmiştir.²² Bu bulgu, akciğer bilgisayarlı tomografi görüntülerinden

COVID-19 pnömonisi tanısında CNN modelinin duyarlılığını 0,94'ten 0,97'ye ve doğruluğunu 0,87'den 0,88'e çıkardığını gösteren Lacerda ve ark.²⁵ çalışmada olduğu gibi Optuna yazılım çerçevesi ile hiperparametre optimizasyonunu yapılmasını destekler niteliktedir. Buna karşılık, LobeAI model optimizasyonu için belirli hiperparametrelerde ince ayar yapılmasına izin vermeden standart ayarlar yapılmasına izin vermektedir. Bu da karmaşık sınıflandırma görevlerinde performansı sınırlamış olabilir.

Hem AutoML hem de uzman tarafından geliştirilen modellerin yaş YBMD'yi normal olgulardan ayırmada kuru YBMD'yi normal olgulardan ayırmaya kıyasla daha başarılı olduğunu gözlemledik. Bu bulgu literatürle uyumludur ve yaş YBMD'nin fenotipik özelliklerinin (koroidal neovaskülarizasyon, intraretinal kistler ve subretinal sıvı) daha belirgin ve güçlü olduğunu göstermektedir. Bu nedenle görüntüleme tabanlı modellerle sınıflandırılması daha kolaydır.²⁶ Klinik açıdan, yaş YBMD sınıflandırmasının yüksek doğruluk ile yapılıyor olması bir avantajdır, çünkü bu alt tipin erken ve doğru tanısı, ciddi görme kaybını önleyebilen zamanında müdahale için çok önemlidir. Ayrıca, beklediğimiz gibi, yaş YBMD'yi kuru tipten ayırarak sınıflandırma başarısı, normal ile herhangi bir tip YBMD'yi birbirinden ayırmaya kıyasla daha düşük olmuştur. Bu, üst üste binen özelliklerden ve kuru ve yaş YBMD arasındaki çok küçük farklılıklardan kaynaklanabilir. Bu nedenle otomatik bir sistemin iki alt türü karıştırmadan güvenilir bir şekilde ayırt etmesi zor olabilir.²

Tüm patolojik görüntüler ile normal OKT görüntülerini birbirinden ayırarak sınıflandıran AutoML Model IV'nin doğruluk düzeyi %89,00 ve ağırlıklı F1 skoru 0,88 bulunmuştur. Bu değerler patolojik ve normalin birbirinden ayırımı için makul değerlerken, uzman tarafından tasarlanan model yaklaşık mükemmel sonuç vermiş ve doğruluk oranı %99,67 ve ağırlıklı F1 skoru 0,97 bulunmuştur. AutoML modelinin ResNet-50 V2 ve genel ön işleme adımlarına dayalı bir model olması, tıbbi görüntü analizi gibi özel alanlardaki etkinliğini sınırlayabilir. ResNet-50 V2, güçlü olsa da, OKT görüntülerinde ince detayları EfficientNetV2 kadar verimli bir şekilde yakalayamayabilir. Ayrıca, AutoML platformları genellikle bazı görevler için en uygun olmayabilecek varsayılan ayarlar kullanmaktadır, bu da mimarinin suboptimal olmasına ve hiperparametre ayarlamasının yetersiz kalmasına yol açar. Bu bulgular, uzman mühendisler tarafından geliştirilen modellerin, özellikle yüksek hassasiyet gerektiren karmaşık görevlerde, yalnızca AutoML platformları aracılığıyla üretilenler modellerden daha iyi performans gösterebileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu umut verici sonuçlara rağmen, bazı kısıtlılıklar olduğu vurgulanmalıdır. Veri kümesi, bu çalışma için yeterli olsa da, daha geniş hasta popülasyonlarında bulunan değişkenliği tam olarak yansıtmayabilir. Gelecekteki araştırmalar, modellerin genellenabilirliğini geliştirmek için daha büyük ve daha çeşitli veri kümeleri ile yapılmalıdır. Ayrıca, Google Vertex AI, Microsoft Azure AutoML ve Amazon SageMaker gibi daha yeni

AutoML platformları, kodlama deneyimi olmayan kullanıcıların parametreleri optimize etmelerini sağlayarak performansı artırılabilir.²⁷ Bununla birlikte, bu platformlarda modelleme için deneme limitleri vardır ve limit aşıldığında ödeme yapılması gerekir.

Sonuç

Bu çalışma, OKT görüntüleri ile YBMD'nin sınıflandırılması için AutoML ve uzman tarafından geliştirilen ML modellerinin bir karşılaştırmasını sunmaktadır. Bulgularımız, Lobe AI AutoML platformunun klinisyenlerin ML modelleri geliştirmesi için uygun bir yol olduğunu ancak uzman girdilerinin özel görevlerde performansı optimize etmek için çok önemli olduğunu göstermektedir. Uzman tarafından tasarlanan EfficientNet V2 modeli doğruluk ve hassasiyet açısından üstündü. Bu, gelişmiş mimarilerin, özelleştirilmiş veri artırmanın ve hiperparametrelerde ince ayarlar ile optimizasyon yapılmasının değerini göstermektedir. AutoML'nin kolay erişilebilirliği ile uzman mühendisliği bir araya getirmek, klinisyenler için kullanımın kolay olmasını sağlarken model performansını daha da artırabilir. Mühendisler ve sağlık uzmanları arasında yapılacak işbirlikleri, hem etkili hem de klinik olarak kullanılabilir yapay zeka çözümleri geliştirmek ve nihayetinde hasta bakımının iyileştirilmesine katkıda bulunmak için gereklidir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Bu çalışma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütüldü ve Dokuz Eylül Üniversitesi Etik Kurul'dan onay alındı (protokol kodu: 2024/37-06, onay tarihi: 06.11.2024).

Hasta Onayı: Çalışmada açık erişimli veri kümeleri kullanıldığı, hastalarla doğrudan iletişim kurulmadığı ve hastaların tanımlanmasından kullanılabilecek verilere yer verilmediği göz önüne alındığında, hasta onamı alınması gerekmedi.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: C.D.E., Konsept: C.D.E., M.A.S., Dizayn: C.D.E., D.Ö., M.A.S., Veri Toplama veya İşleme: D.Ö., U.B., Analiz veya Yorumlama: C.D.E., U.B., Literatür Arama: C.D.E., U.B., Yazan: C.D.E., U.B.

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

1. Mitchell P, Liew G, Gopinath B, Wong TY. Age-related macular degeneration. *Lancet*. 2018;392:1147-1159.
2. Fleckenstein M, Keenan TDL, Guymer RH, Chakravarthy U, Schmitz-Valckenberg S, Klaver CC, Wong WT, Chew EY. Age-related macular degeneration. *Nat Rev Dis Primers*. 2021;7:31.
3. Rasti R, Rabbani H, Mehrdehnavi A, Hajizadeh F. Macular OCT classification using a multi-scale convolutional neural network ensemble. *IEEE Trans Med Imaging*. 2017;37:1024-1034.

4. Kaymak S, Serener A. Automated age-related macular degeneration and diabetic macular edema detection on oct images using deep learning. *IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*. 2018:265-269.
5. Serener A, Serte S. Dry and wet age-related macular degeneration classification using oct images and deep learning. *Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT)*. 2019:1-4.
6. An G, Yokota H, Motozawa N, Takagi S, Mandai M, Kitahata S, Hirami Y, Takahashi M, Kurimoto Y, Akiba M. Deep learning classification models built with two-step transfer learning for age related macular degeneration diagnosis. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. 2019:2049-2052.
7. Romo-Bucheli D, Erfurth US, Bogunovic H. End-to-end deep learning model for predicting treatment requirements in neovascular AMD from longitudinal retinal OCT imaging. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2020;24:3456-3465.
8. Kim J, Tran L. Ensemble learning based on convolutional neural networks for the classification of retinal diseases from optical coherence tomography images. *Annual IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*. 2020:532-537.
9. Haihong E, Ding J, Yuan L. SAE-wAMD: a self-attention enhanced convolution neural network for fine-grained classification of wet age-related macular degeneration using OCT Images. *Image Processing, Computer Vision and Machine Learning (ICICML), International Conference on*. 2022:619-627.
10. Bucur AI, Muntean GA, Marginean A, Nicoara SD. Predicting necessary treatment plans for patients with Age-Related Macular Degeneration using characteristics derived from optical coherence tomography B-scans. *IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*. 2023:301-306.
11. Elsharkawy M, Sharafelddeen A, Khalifa F, Soliman A, Elnakib A, Ghazal M, Sewelam A, Thanos A, Sandhu HS, El-Baz A. A clinically explainable AI-based grading system for age-related macular degeneration using optical coherence tomography. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2024;PP.
12. He X, Zhao K, Chu X. AutoML: a survey of the state-of-the-art. *Knowl Based Syst*. 2021;212:106622.
13. Hutter F, Kotthoff L, Vanschoren J. *Automated machine learning: methods, systems, challenges*. Springer Nature. 2019.
14. Jacoba CMP, Doan D, Salongcay RP, Aquino LAC, Silva JPY, Salva CMG, Zhang D, Alog GP, Zhang K, Locaylocay KLRB, Saunar AV, Ashraf M, Sun JK, Peto T, Aiello LP, Silva PS. Performance of automated machine learning for diabetic retinopathy image classification from multi-field handheld retinal images. *Ophthalmol Retina*. 2023;7:703-712.
15. Antaki F, Coussa RG, Kahwati G, Hammamji K, Sebag M, Duval R. Accuracy of automated machine learning in classifying retinal pathologies from ultra-widefield pseudocolour fundus images. *Br J Ophthalmol*. 2023;107:90-95.
16. Touma S, Antaki F, Duval R. Development of a code-free machine learning model for the classification of cataract surgery phases. *Sci Rep*. 2022;12:2398.
17. Gholami P, Roy P, Parthasarathy MK, Lakshminarayanan V. OCTID: Optical coherence tomography image database. *Comput Electric Eng*. 2020;81:106532.
18. Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, Valentim CCS, Liang H, Baxter SL, McKeown A, Yang G, Wu X, Yan F, Dong J, Prasadha MK, Pei J, Ting MYL, Zhu J, Li C, Hewett S, Dong J, Ziyar I, Shi A, Zhang R, Zheng L, Hou R, Shi W, Fu X, Duan Y, Huu VAN, Wen C, Zhang ED, Zhang CL, Li O, Wang X, Singer MA, Sun X, Xu J, Tafreshi A, Lewis MA, Xia H, Zhang K. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. *Cell*. 2018;172:1122-1131.
19. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Identity mappings in deep residual networks. *Computer Vision*. 2016:630-645.
20. Damiano Perri. Confusion Matrix Generator. Accessed October 14, 2024. <https://www.damianoperri.it/public/confusionMatrix/>
21. Tan M, Le Q. Efficientnetv2: Smaller models and faster training. *PMLR*. 2021:10096-10106.
22. Akiba T, Sano S, Yanase T, Ohta T, Koyama M. Optuna: a next-generation hyperparameter optimization framework. *The 25th ACM SIGKDD International Conference*. 2019:2623-2631.
23. Kansal K, Chandra TB, Singh A. ResNet-50 vs. EfficientNet-B0: multi-centric classification of various lung abnormalities using deep learning. *Procedia Comput Sci*. 2024;235:70-80.
24. De La Fuente N, Majó M, Luzko I, Córdova H, Fernández-Esparrach G, Bernal J. Enhancing image classification in small and unbalanced datasets through synthetic data augmentation. *Clinical Image-Based Procedures*. 2024:11-21.
25. Lacerda P, Barros B, Albuquerque C, Conci A. Hyperparameter optimization for COVID-19 pneumonia diagnosis based on chest CT. *Sensors (Basel)*. 2021;21:2174.
26. Wu M, Lu Y, Hong X, Zhang J, Zheng B, Zhu S, Chen N, Zhu Z, Yang W. Classification of dry and wet macular degeneration based on the ConvNeXT model. *Front Comput Neurosci*. 2022;16:1079155.
27. Raghavendran KR, Elragal A. Low-code machine learning platforms: a fastlane to digitalization. *Informatics*. 2023;10:50.



Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği ve Optik Koherens Tomografi ile Erken ve Geç Dönem Primer Açık Açılı Glokomda RSLT Hasar Paternlerinin Belirlenmesi

Pattern of RNFL Damage in Early- and Late-Stage Primary Open-Angle Glaucoma Using the Disc Damage Likelihood Scale and Optical Coherence Tomography

© Noor ULAin¹, © Rehan Moinuddin Shaikh¹, © Tayyaba Gul Malik²

¹Mughal Vakfı Göz Hastanesi, Lahor, Pakistan

²Lisansüstü Tıp Enstitüsü/Lahor Genel Hastanesi, Lahor, Pakistan

Öz

Amaç: Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği'ne (DHOÖ) göre erken ve geç evre glokomda peripapiller retina sinir lifi tabakası (RSLT) hasarı paternlerini belirlemek.

Gereç ve Yöntem: Bu kesitsel, çok merkezli çalışmaya, glokom şüphesi veya tanısı olan 18 yaş ve üstü 135 hastanın 267 gözü dahil edilmiştir. Dışlama kriterleri ileri refraksiyon kusuru, medya opasitesi, travma öyküsü ve optik diski etkileyen sistemik hastalıklar olarak belirlendi. Kapsamlı bir oküler muayeneden sonra glokom evrelemesi için DHOÖ kullanıldı. Hastalık şiddeti yeşil, turuncu ve kırmızı olmak üzere üç bölgeye ayrıldı. RSLT kalınlığı optik koherens tomografi kullanılarak dört kadranda ölçüldü. RSLT hasarı paternleri, özellikle ISNT kuralına (inferior>superior>nazal>temporal) göre analiz edildi ve üç grup arasında karşılaştırıldı.

Bulgular: Erkek/kadın oranı 1,59:1 ve ortalama yaş 45,12±15,76 yıl idi. Gruplar arasında ortalama, inferior, superior ve temporal RSLT kalınlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,00001$). Ancak, nazal RSLT'deki fark anlamlı değildi. ISNT kuralı, çalışmaya dahil edilen katılımcılarda en yaygın (%64,4) izlenen paterndi ve hastalık şiddetinin artmasıyla birlikte progresif patern kaybı gözlemlendi.

Sonuç: Bu çalışmada, inferior, superior ve temporal kadrantlarda hastalık şiddeti ile RSLT incelenmesi arasında bir ilişki olduğu bulunurken, nazal RSLT hastalık şiddeti ile anlamlı bir ilişki göstermemiştir. ISNT kuralı erken evrelerde daha sık gözlemlendi ve ileri glokomda azaldı. Bu sonuçlar, glokom takibinde DHOÖ'ye göre RSLT incelenmesinin önemli bir belirteç olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Primer açık açılı glokom, retina sinir lifi tabakası, Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği

Abstract

Objectives: To determine patterns of peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) damage in early- and late-stage glaucoma based on the Disc Damage Likelihood Scale (DDLS).

Materials and Methods: This cross-sectional, multi-center study involved 267 eyes of 135 patients aged 18 years or older with suspected or diagnosed glaucoma. Exclusion criteria were high refractive errors, media opacities, trauma history, and systemic conditions affecting the optic disc. After a comprehensive ocular examination, the DDLS was used for glaucoma staging. Disease severity was classified into three zones: green, orange, and red. RNFL thickness was measured in four quadrants using optical coherence tomography. Patterns of RNFL damage were analyzed, especially in terms of the ISNT (inferior>superior>nasal>temporal) rule, and compared between the three groups.

Results: The male-to-female ratio was 1.59:1 and the mean age was 45.12±15.76 years. There were statistically significant differences among the groups for average, inferior, superior, and temporal RNFL thickness ($p<0.00001$). However, the difference in nasal RNFL was insignificant. The ISNT rule was the commonest pattern in the study participants (64.4%) and progressive loss of pattern was observed with increased disease severity.

Conclusion: This study revealed an association between disease severity and RNFL thinning in the inferior, superior, and temporal quadrants, while nasal RNFL showed no significant association with disease severity. The ISNT rule was more frequently observed in the early stages and diminished with advanced glaucoma. These results highlight RNFL thinning based on the DDLS as an important marker for glaucoma monitoring.

Keywords: Primary open-angle glaucoma, retinal nerve fiber layer, Disc Damage Likelihood Scale

Cite this article as: ULAin N, Moinuddin Shaikh R, Malik TG. Pattern of RNFL Damage in Early- and Late-Stage Primary Open-Angle Glaucoma Using the Disc Damage Likelihood Scale and Optical Coherence Tomography. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:127-131

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Tayyaba Gul Malik, Lisansüstü Tıp Enstitüsü/Lahor Genel Hastanesi, Lahor, Pakistan
E-posta: tayyabam@yahoo.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0003-1040-7114
Geliş Tarihi/Received: 30.10.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 05.03.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.88834

Giriş

2020 yılında, dünya çapında yaklaşık 3,6 milyon insan glokom nedeniyle görme kaybına uğramış ve glokom 50 yaş üzeri yetişkinlerde körlüğün yaklaşık %11'ine katkıda bulunmuştur.¹ Glokomun mevcut tanımı tanı için görme alanı kaybı olmasını gerektirdiğinden, bu şaşırtıcı sayı düşük bile olabilir. Birçok kişiye görme alanı kaybı gösterilmeden önce

glokom olabilir, bu da progresyonu önlemek veya geciktirmek için erken tanı ve tedaviye ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Glokomda, optik sinirde yapısal hasar genellikle standart perimetri ile tespit edilebilen görme alanı kaybından önce ortaya çıkar. Bu nedenle, retina sinir lifi tabakasının (RSLT), optik sinir başının (OSB) ve ganglion hücre tabakası kalınlığını içeren maküler küpün kantitatif analizinin glokomu değerlendirmek için daha güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Optik disk parametreleri arasında yer alan ISNT kuralının (inferior>superior>nazal>temporal) glokomda önemli bir tanı aracı olup olmadığı geniş çaplı şekilde tartışılmıştır. Glokom hastalarında bu kural sıklıkla ihlal edilir, çünkü genellikle nöroretinal rim (NRR) optik diskin özellikle alt ve üst kadrantlarında etkilenir.² Ancak, bu çalışmalar primer olarak optik disk fotoğraflarına veya göz hekimlerinin subjektif değerlendirmelerine dayanmaktadır. Sadece birkaç çalışmada, glokom tanısı ve progresyonunda ISNT kuralı ve RSLT kalınlığı tarama teknikleri ile ölçülerek değerlendirilmiştir. Ayrıca, glokom taramasında ISNT kuralının klinik faydası hakkında çelişkili sonuçlar bildirilmiştir.^{3,4,5} ISNT kuralı optik disk boyutuna bağlı olarak değişebilir.⁶ Disk boyutunun NRR üzerindeki etkisi araştırılırken, optik sinir hasarının ciddiyetini disk boyutunu dikkate alarak belirleyen ve böylece glokom progresyonunun daha doğru değerlendirilmesini sağlayan Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği'ni (DHOÖ) çalışmamızda kullandık. DHOÖ'ye göre sınıflandırılan glokomun çeşitli evrelerindeki ISNT paternlerini değerlendirirken, farklı kadrantlardaki peripapiller RSLT (pRSLT) kalınlığını optik koherens tomografi (OKT) ile kantitatif olarak ölçtük. Bugüne kadar, başka hiçbir çalışmada primer açık açılı glokomun (PAAG) RSLT paternleri DHOÖ evrelemesi ile analiz edilmemiştir.

Bu çalışmanın amacı DHOÖ'ye göre erken ve geç evre glokomda pRSLT hasarı paternlerini belirlemektir.

Gereç ve Yöntem

Bu kesitsel, gözlemsel, çok merkezli çalışma Nisan 2023 ile Nisan 2024 tarihleri arasında Mughal Vakfı Göz Hastanesi ve Lahor Genel Hastanesi'nde yürütüldü. Çalışmada Helsinki Bildirgesi'nin ilkelerine bağlı kalındı ve Mughal Vakfı Göz Hastanesi Etik Kurulu'ndan onay alındı (Mart 2023 tarihli 0264/IRB/MEHT). Hastalar bilgilendirilmiş onam alındıktan sonra çalışmaya dahil edildi. Glokom şüphesi veya tanısı olan 18 yaş üstü hastalar çalışmaya alındı. Glokom şüphesi olan hastalar, görme alanı ve RSLT ölçümleri normal olup, göz içi basıncı normalden yüksek (10 ila 21 mmHg arasında) olan veya optik disk çukurlaşması olan hastalar olarak tanımlandı.

Çalışmaya 135 hastanın 267 gözü dahil edildi. Refraksiyon kusuru ($\pm 5,0$ dioptri [D] sferik ve $\pm 3,0$ D silindirik), media opasitesi, travma öyküsü, optik diski etkileyen nörolojik ve sistemik hastalıklar, pigment dispersiyonu, psödoekfoliasyon veya oküler enflamasyonu olan hastalar ve OKT sinyal gücü düşük bulunanlar çalışma dışı bırakıldı. Bu çalışmaya en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) 6/60 veya üstünde olan ve medya opasitesi olmayan hastalar dahil edildi.

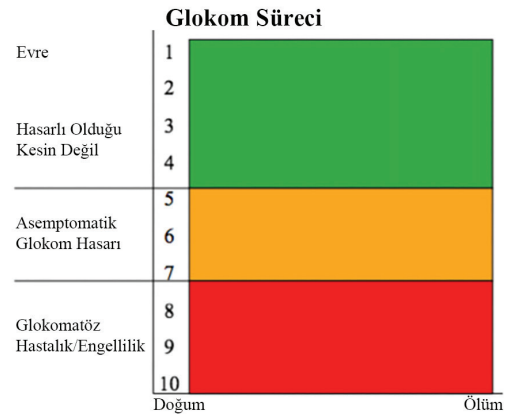
Ayrıntılı tıbbi ve oküler öykü alındıktan sonra, EİDGK, göz içi basıncı ölçümü, biyomikroskopik muayene ve 78D lens ile funduskopiden oluşan kapsamlı oftalmolojik muayene yapıldı. Ölçülen optik disk boyutu, 78D lensten gelen büyütme hatası 1,1 ile çarpılarak düzeltilti. Hem ortalama hem de dikey çukur-disk oranları ve rim-disk oranı kaydedildi.

Ölçümler için iki gözlemcinin mutabık kalmadığı durumda üçüncü bir gözlemcinin görüşüne başvuruldu. DHOÖ evresi ilk olarak optik disk boyutu ve nöral rim genişliğine göre belirlendi. Glokom evresi daha sonra Glokom Renk Grafiği kullanılarak DHOÖ evrelerine göre sınıflandırıldı (Şekil 1).⁷ Disk hasarı miktarı yeşil (DHOÖ 1-4, disk hasarı kesin değil; n=153), turuncu (DHOÖ 5-7, asemptomatik glokom hasarı; n=62) veya kırmızı (DHOÖ 8-10, glokomatöz hastalık veya engellilik; n=52) olarak kategorize edildi.

Görme alanı Humphrey 24-2 SITA-Fast stratejisi ile değerlendirildi. RSLT kalınlığı SD-OKT (Cirrus) kullanılarak ölçüldü ve sadece sinyal gücü iyi olan görüntüler analize dahil edildi. Superior, temporal, inferior ve nazal kadrant pRSLT kalınlıkları ile birlikte ortalama RSLT kalınlığı kaydedildi. Dört kadrantın her birinin ortalama RSLT kalınlığı ve genel ortalama RSLT kalınlığı hesaplandı. DHOÖ'ye göre glokomun şiddeti belirlendi.

İstatistiksel Analiz

Sürekli değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile analiz edildi. Kantitatif değişkenler ortalama±standart deviasyon ve kalitatif değişkenler yüzde olarak sunuldu. RSLT kalınlığını önceki bir çalışmadan elde edilen normatif verilerle karşılaştırmak için Mann-Whitney U testi kullanıldı.⁸ Gruplar arasında RSLT kalınlığının karşılaştırılması için Kruskal-Wallis testini takiben post-hoc Dunn testi yapıldı. Gruplar arasında ISNT paterninin sıklığını karşılaştırmak için ki-kare testi kullanıldı. P değerinin <0,05 olması anlamlı kabul edildi.



Şekil 1. Disk Hasarı Olasılığı Ölçeği'ne göre hastalığın derecelendirilmesi. Spaeth ve Paulus'dan⁷ (2010) uyarlanmıştır. Görsel Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türetilemez 3,0 lisansı ile erişime açıktır

Bulgular

Çalışmaya 135 hastanın toplam 267 gözü dahil edildi. Gözlerin 134'ü sağ ve 133'ü sol gözdü. Ortalama göz içi basıncı $18,2 \pm 6,4$ mmHg idi. Yaş ortalaması $45,12 \pm 15,76$ yılıdır.

Cinsiyete göre pRSLT kalınlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p > 0,05$). Normatif verilerle karşılaştırıldığında, önceki çalışmadaki kontrol değerleri ile bu çalışmadaki farklı gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görüldü (Tablo 1).

Gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarda ortalama, inferior, superior ve temporal RSLT kalınlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,00001$). Ancak nazal RSLT kalınlığındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 1). Bonferroni düzeltmesi kullanılarak yapılan post-hoc analiz, yeşil grupta kırmızı gruba kıyasla alt, üst ve temporal kadrantlarda RSLT kalınlığının tutarlı olarak daha fazla olduğunu gösterdi. Ancak, turuncu ve kırmızı grup arasındaki farklar daha az belirgindi veya anlamlı değildi. Hiçbir grup arasında nazal RSLT kalınlığında anlamlı fark saptanmadı.

Gruplarda gözlenen farklı RSLT kalınlığı paternleri Tablo 2'de sunulmuştur. ISNT kuralı, çalışmaya dahil edilen hastalar arasında en yaygın paterndi (%64,4). Yeşil gruptaki gözlerin %79,7'sinde, turuncu gruptaki gözlerin %46,8'inde ve kırmızı gruptaki gözlerin %40,4'ünde mevcuttu ve hastalık şiddeti ile birlikte ISNT paterninde progresif anlamlı kayba işaret ediyordu ($p < 0,00001$).

Tartışma

Bu çalışmada, gruplar arasında ortalama, inferior, superior ve temporal RSLT kalınlıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunurken, nazal RSLT kalınlıklarındaki farklar anlamlı değildi. ISNT kuralı yeşil gruptaki hastaların %79,7'si, turuncu gruptaki hastaların %46,8'i ve kırmızı gruptaki hastaların %40,4'ü için geçerliydi. Yeşil ve turuncu grupların RSLT hasarı paternleri arasındaki fark anlamlıyken turuncu ve kırmızı gruplar arasında ISNT kuralına uyum açısından anlamlı bir fark gözlenmedi.

Cinsiyet genellikle PAAG için bir risk faktörü olarak kabul edilmese de, çalışmamızdaki erkek/kadın oranı 1,59:1 idi. Bu sonuç, glokomlu hastaların %60,8'inin kadın olduğunu gösteren önceki verilerden farklıdır.⁹ Çalışmamızdaki hastaların yaş ortalaması $45,12 \pm 15,76$ yıl iken, bir başka çalışmada %66,9'u erkek, %33,1'i kadın olan hasta popülasyonunda yaş ortalamasının $54,5 \pm 13,6$ yıl olduğu bildirilmiştir.¹⁰

Ortalama RSLT kalınlığı glokom şüphesi olan hastalarda $90,85 \pm 12,95$ μ m (yeşil grup), erken glokom olgularında $78,00 \pm 14,16$ μ m (turuncu grup) ve ileri glokom olgularında $68,00 \pm 14,96$ μ m (kırmızı grup) olarak ölçüldü. Başka bir çalışmada ise RSLT kalınlığı normal gözlerde $101,58 \pm 5,24$ μ m, glokom şüphesi olanlarda $92,35 \pm 5,56$ μ m ve glokom hastalarında $79,00 \pm 7,97$ μ m olarak bildirilmiştir (tüm ikili karşılaştırmalar için $p < 0,001$).¹¹

Tablo 1. RSLT kalınlığı için normatif veriler* ile primer açık açılı glokomun farklı evrelerindeki ortalama değerlerin karşılaştırılması

RSLT kalınlığı (μ m)	Normal*	Yeşil (n=153)	Turuncu (n=62)	Kırmızı (n=52)	p değeri**
Ortalama	$101,43 \pm 8,63$	$90,85 \pm 12,95$	$78,00 \pm 14,16$	$68,00 \pm 14,96$	$< 0,00001$
İnferior	$135,34 \pm 20,40$	$110,63 \pm 22,94$	$95,07 \pm 25,38$	$79,08 \pm 26,78$	$< 0,00001$
Superior	$129,15 \pm 16,87$	$104,47 \pm 22,46$	$94,98 \pm 19,98$	$82,06 \pm 19,96$	$< 0,00001$
Nazal	$79,73 \pm 12,05$	$65,55 \pm 11,81$	$62,83 \pm 12,28$	$62,82 \pm 16,44$	0,058
Temporal	$71,95 \pm 7,73$	$62,42 \pm 14,26$	$59,90 \pm 15,73$	$55,92 \pm 15,42$	0,002

*Tüm gruplar normatif değerlerden anlamlı farklılık gösterdi (Mann-Whitney U testi, hepsi için $p < 0,00001$); **Glokom şiddetine göre sınıflandırılmış gruplar arasında nazal RSLT kalınlığı hariç tüm parametrelerde anlamlı farklılık izlendi (Kruskal-Wallis testi, $p < 0,05$). RSLT: Retina sinir lifi tabakası

Tablo 2. Glokom şiddetine göre sınıflandırılmış gruplarda RSLT hasar paternlerinin görülme sıklığı

Patern	Yeşil, n (%)	Turuncu, n (%)	Kırmızı, n (%)	Toplam, n (%)
ISNT*	122 (79,7)	29 (46,8)	21 (40,4)	172 (64,4)
Non-ISNT	31 (20,3)	33 (53,2)	31 (59,6)	95 (35,6)
SITN	10 (6,5)	9 (14,5)	9 (17,3)	28 (10,5)
STIN	1 (0,7)	1 (1,6)	2 (3,9)	4 (1,5)
SINT	20 (13,1)	16 (25,8)	11 (21,2)	47 (17,6)
STNI	0	2 (3,2)	2 (3,9)	4 (1,5)
SNIT	0	4 (6,5)	6 (11,5)	10 (3,8)
SNTI	0	1 (1,6)	1 (1,9)	2 (0,8)
Tümü	153	62	52	267

*ISNT paterni frekansı gruplar arasında anlamlı farklılık gösterdi (ki-kare testi, $p < 0,00001$). RSLT: Retina sinir lifi tabakası, I: Inferior, S: Superior, N: Nazal, T: Temporal

Preperimetrik glokomlu hastalarda, sağlıklı bireylere göre RSLT anlamlı derecede daha incedir. Tüm RSLT kalınlık değerleri arasında ortalama ve inferior RSLT kalınlığının RSLT hasarının ciddiyeti hakkında en yararlı bilgi olduğu bildirilmektedir. Ancak, RSLT kalınlığı ileri aşamalarda taban etkisi gösterdiğinden, bu ölçümler perimetri sonuçları ve klinik gözlemler ile birlikte değerlendirildiğinde anlamlıdır.¹²

Çalışmamızda gruplar arasında inferior, superior ve temporal kadranlarda progresif azalma görülmesine rağmen nazal RSLT kalınlığında bir fark olmaması, nazal kalınlığın genellikle glokom progresyonunu öngörmede güvenilir bir gösterge olmadığı bilgisini pekiştirmektedir. Hastalığın ileri evrelerinde bile temporal kadranda RSLT kalınlığının korunduğuna ve bunun merkezi görmenin devam etmesini sağladığına dair yaygın bir algı vardır. Ancak bu her zaman doğru değildir ve hastalarımızda temporal RSLT kalınlığı da anlamlı düzeyde azalmıştır.

Xu ve ark.¹³ ılımlı PAAG'lı hastalarda ortalama global kalınlığın $66,38 \pm 11,13$ μm olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ise erken hastalıkta kalınlık $90,85 \pm 12,95$ μm iken daha ileri hasarı olan hastalarda kalınlık $68,00 \pm 14,96$ μm olarak ölçülmüştür. Dört kadranda, glokom için en iyi tanı kapasitesine sahip bölge inferior RSLT kalınlığıdır. Bu bulgu, superior görme alanına karşılık gelen inferior retinada RSLT'de incelmeyi daha belirgin olduğunu bildiren Hood ve ark.'nın¹⁴ çalışması tarafından da desteklenmektedir.

ISNT kuralı, glokom taraması için değerli bir araç olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, Silim ve ark.¹⁵, gözlerin %65,6'sının ISNT kuralına uymadığını ve bunların sadece %34,7'sinde OKT sonuçlarının anormal olduğunu göstermiştir. Bu bulgular kuralın güvenilirliğini tartışmaya açmıştır. Çalışmamızda, glokomun tüm evrelerinde en yaygın görülen pRSLT kalınlığı paterni ISNT olmuş, bunu SINT izlemiştir. SINT'de superior kadranda inferior kadranda daha kalındır, bunun olası nedeni inferior RSLT kalınlığında daha ciddi hasar olmasıdır. Bu patern başka bir çalışmada da gözlenmiştir.¹⁶ Ancak, ileri hastalıkta, RSLT defekti neredeyse tüm sektörlerle yayılmaktadır. Erken inferior incelmeyi aksine, erken glokomda SINT kuralını destekleyecek şekilde superior kadranda incelme El-Naby ve ark.¹⁷ ve Soliman ve ark.¹⁸ tarafından bildirilmiştir. Bununla birlikte, RSLT kalınlığında değişikliğin konsantrik doğası nedeniyle, bazı glokom hastalarının, hastalık ilerlemesine rağmen, ISNT paterni devam etmektedir.

ISNT kuralının özgüllüğü, disk boyutu, disk eğimi ve disk içindeki vasküler paternler gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu kurala uymayan normal gözlerde genellikle aksiyel uzunluk daha fazla ve disk alanı daha büyüktür. Bu gözler aynı zamanda ISNT kuralı ihlalleriyle de ilişkilidir.¹⁹ Bununla birlikte, glokom evrelemesi için kullandığımız DHOÖ, disk boyutuna göre değişiklik gösterdiğinden, bu etki bir dereceye kadar hafifletilmiştir. Buna rağmen, glokom progresyonunun tanısı veya izlemi için tek kriter olarak ISNT kuralına güvenilmemelidir.

ISNT kuralı dışında, IT (inferior rim temporal rimden daha geniş) ve ST kuralları (superior rim temporal rimden daha geniş) da literatürde tanımlanmıştır.²⁰ Ancak, optik disk boyutu

ve hastalık şiddetinin bu üç NRR kuralının tanı performansı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, hepsinin disklerin küçük olan gözlerde duyarlılığının daha iyi olduğu bulunmuştur. Japonya'da yapılan bir çalışmada ayrıca ISNT paterninden ziyade IST paterninin glokom taraması için daha etkili olduğu ileri sürülmüştür.²¹ Bunun aksine, Law ve ark.⁴ sadece inferior ve superior rim (IS kuralı) değerlendirmesinin glokomatöz gözleri normal gözlerden ayırt etmede ISNT kuralından daha iyi özgüllük sağladığını göstermiştir.

Tipik olarak inferior ve superior kadranlarda görülen erken RSLT kaybı, lamina kribrosanın sinir başının orta bölgesine kıyasla üst ve alt kutuplarda geriye doğru eğilmesine bağlanabilir. Bu bölgelerdeki belirgin deformasyon ve yeniden şekillenme, glokomda en sık alt ve üst kadranlarda RSLT kaybına yol açabilir.

Başka bir çalışmada, sağlıklı kişilerde NRR, Heidelberg retinal tomografi (HRT) kullanıldığında ISNT kuralına uymamıştır ancak sadece en küçük rim alanının sürekli olarak temporal disk bölgesinde olduğu bulunmuştur.²² Ancak HRT ölçümlerinde superior ve inferior kadranlardaki rim kalınlıkları benzer bulunmuştur. Ayrıca, RSLT kalınlığı HRT ve OCT kullanılarak ölçüldüğünde ISNT kuralına kıyasla daha fazla sayıda normal gözün IST kuralına uyduğu bulunmuştur.²³

Kostianeva-Zhelinska ve ark.²⁴ PAAG'da erken glokomatöz hasar için spesifik bölgelerin inferior ve superior RSLT kadranlar olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu Singh ve ark.²⁵ tarafından da doğrulanmıştır.

Abera ve W Gessesse²⁶ tarafından bildirilen sonuçlar ise çok çelişkilidir. Ortalama, nazal ve inferior kalınlıkların tanısal değerinin daha iyi olduğunu ancak temporal ve superior kalınlıkların daha kötü performans gösterdiğini bulmuşlardır.

pRSLT'de taban etkisinin maküler bölgeye göre daha erken ortaya çıktığı akılda bulundurulmalıdır. Bu durumlarda, maküler OKT ve görme alanı 10-2 testinin kullanılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra, yüksek miyopi, OSB ödemi ve küçük veya eğik OSB'li hastalarda RSLT kalınlığı yanıltıcı olabilir. Bu durumlarda, maküler alan parametreleri daha iyi referans noktalarıdır.²⁷

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışma, hastalığın DHOÖ açısından derecelendirilmesi açısından benzersiz olmasına rağmen, kesitsel tasarımı nedeniyle bazı kısıtlılıkları mevcuttur. Aynı hastalar bir süre takip edilmeden, RSLT incelmeyi progresyonu tam olarak değerlendirilemez veya DHOÖ'nin uzun dönem sonuçları güvenilir bir şekilde gösterip göstermediği belirlenemez. Çalışma yapısal değişikliklere (RSLT incelmeyi) odaklanmıştır. Gözlemlenen RSLT hasarının etkisini tam olarak değerlendirmek için aynı ölçeği kullanarak fonksiyonel ilişkiyi araştıran ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç

Bu çalışmada, inferior, superior ve temporal kadranlarda hastalık şiddeti ile RSLT incelmeyi arasında bir ilişki olduğunu bulunurken, nazal RSLT hastalık şiddeti ile anlamlı bir ilişki

göstermemiştir. ISNT kuralı erken evrelerde daha sık gözlendi ve ileri glokomda azaldı. Bu sonuçlar, glokom takibinde DHOÖ'ye dayalı RSLT incelmelerini önemli bir belirteç olduğuna işaret etmektedir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Mughal Vakfı Göz Hastanesi Etik Kurulu'ndan onay alındı (Mart 2023 tarihli 0264/IRB/MEHT).

Hasta Onayı: Hastalardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: N.U., T.G.M., Konsept: N.U., T.G.M., R.M.S, Dizayn: N.U., T.G.M., R.M.S, Veri Toplama veya İşleme: N.U., T.G.M., Analiz veya Yorumlama: N.U., T.G.M., R.M.S, Literatür Arama: N.U., T.G.M., Yazan: N.U., T.G.M.

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

- Zawadzka I, Konopińska J. From the past to the present, optical coherence tomography in glaucoma: a practical guide to a common disease. *F1000Res*. 2024;12:1186.
- Jonas J, Budde WM, Lang P. Neuroretinal rim width ratios in morphological glaucoma diagnosis. *Br J Ophthalmol*. 1998;82:1366-1371.
- Dave P, Shah J. Applicability of ISNT and IST rules to the retinal nerve fibre layer using spectral domain optical coherence tomography in early glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2015;99:1713-1717.
- Law SK, Kornmann HL, Nilforushan N, Moghimi S, Caprioli J. Evaluation of the "IS" rule to differentiate glaucomatous eyes from normal. *J Glaucoma*. 2016;25:27-32.
- Moon J, Park KH, Kim DM, Kim SH. Factors Affecting ISNT rule satisfaction in normal and glaucomatous eyes. *Korean J Ophthalmol*. 2018;32:38-44.
- Sihota R, Srinivasan G, Dada T, Gupta V, Ghate D, Sharma A. Is the ISNT rule violated in early primary open-angle glaucoma—a scanning laser tomography study. *Eye (Lond)*. 2008;22:819-824.
- Spaeth GL, Paulus A. The colored glaucoma graph and its use in caring for patients with glaucoma: a new system of management presented in three parts. *J Curr Glaucoma Pract*. 2010;4:83-90.
- Appukuttan B, Giridhar A, Gopalakrishnan M, Sivaprasad S. Normative spectral domain optical coherence tomography data on macular and retinal nerve fiber layer thickness in Indians. *Indian J Ophthalmol*. 2014;62:316-321.
- Miljković A, Babić N, Davidović S, Barišić S, Brunet S, Tapavički B. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in patients with primary open-angle glaucoma. *Srp Arh Celok Lek*. 2022;150:325-329.
- Gul S, Khan BD, Mahsood YJ. Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in recently diagnosed primary open angle glaucoma. *Ophthalmol Pak*. 2024;14:61-66.
- Chanekar SN, Usgaonkar UP, Akarkar SO. Analysis of retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma suspects and glaucoma by spectral domain optical coherence tomography and its correlation with visual field parameters. *Delhi J Ophthalmol*. 2023;33:25-30.
- Sihota R, Sony P, Gupta V, Dada T, Singh R. Diagnostic capability of optical coherence tomography in evaluating the degree of glaucomatous retinal nerve fiber damage. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47:2006-2010.
- Xu XY, Lai KB, Xiao H, Lin YQ, Guo XX, Liu X. Comparisons of ganglion cell-inner plexiform layer loss patterns and its diagnostic performance between normal tension glaucoma and primary open angle glaucoma: a detailed, severity-based study. *Int J Ophthalmol*. 2020;13:71-78.
- Hood DC, Slobodnick A, Raza AS, de Moraes CG, Teng CC, Ritch R. Early glaucoma involves both deep local, and shallow widespread, retinal nerve fiber damage of the macular region. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55:632-649.
- Silim AH, Omar RNR, Othman O, Nasaruddin RA, Din NM. Retinal nerve fibre layer thickness measured by spectral domain optical coherence tomography amongst early primary open-angle glaucoma patients at Hospital Melaka. *Malaysian J Ophthalmol*. 2020;2:203-218.
- Sreedharan SA, Sudha V, Nambudiri S, Thulaseedharan SS. Global and sectoral retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma suspects and primary open-angle glaucoma patients attending a tertiary care center in South India. *Kerala J Ophthalmol*. 2023;35:24-31.
- El-Naby AE, Abouelkheir HY, Al-Sharkawy HT, Mokbel TH. Correlation of retinal nerve fiber layer thickness and perimetric changes in primary open-angle glaucoma. *J Egypt Ophthalmol Soc*. 2018;111:7-14.
- Soliman TT, Gad EA, Selim SM. Ganglion cell analysis versus retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma diagnosis. *J Egypt Ophthalmol Soc*. 2019;112:122-119.
- Nayak NV, Berezina TL, Fechtner RD, Sinai MJ, Khouri AS. Effect of age and disc size on rim order rules by Heidelberg retina tomograph. *J Glaucoma*. 2015;24:377-382.
- Rao HL, Yadav RK, Addepalli UK, Begum VU, Senthil S, Choudhari NS, Garudadri CS. The ISNT rule in glaucoma: revisiting with spectral domain optical coherence tomography. *Acta Ophthalmol*. 2015;93:208-213.
- Iwase A, Sawaguchi S, Tanaka K, Tsutsumi T, Araie M. The inferior, superior, temporal rim width pattern (IST rule) detects glaucoma in a Japanese population. *J Glaucoma*. 2022;31:228-234.
- Iester M, Bertolotto M, Recupero SM, Perdicchi A. The "ISNT" rule in healthy participant optic nerve head by confocal scanning laser ophthalmoscopy. *J Glaucoma*. 2011;20:350-354.
- Pradhan ZS, Braganza A, Abraham LM. Does the ISNT rule apply to the retinal nerve fiber layer? *J Glaucoma*. 2016;25:e1-4.
- Kostianeva-Zhelinska SS, Konareva-Kostianeva M, Atanassov M. Optical coherence tomography parameters in preperimetric open-angle glaucoma. *Open J Ophthalmol*. 2018;08:106-119.
- Singh AK, Sreerangam HK, Joshi D, Pandey A. Role of ganglionic cell complex, retinal nerve fibre layer in glaucoma evaluation. *J Clin Diag Res*. 2020;1:1-4.
- Abera A, W Gessesse G. Diagnostic performance of optical coherence tomography macular ganglion cell inner plexiform layer and retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma suspect and early glaucoma patients at St. Paul's hospital millennium medical college, Addis Ababa, Ethiopia. *PLoS One*. 2023;18:0263959.
- Sung MS, Heo H, Park SW. Structure-function relationship in advanced glaucoma after reaching the RNFL floor. *J Glaucoma*. 2019;28:1006-1011.



Selektif Lazer Trabeküloplastinin Primer, Ek ve İkame Tedavi Olarak Gerçek Yaşam Etkinliği ve Güvenliği

Real-Life Effectiveness and Safety of Selective Laser Trabeculoplasty as Primary, Adjunctive, and Substitutive Therapy

David Oliver-Gutierrez¹, Osvaldo Guevara-Chavarria¹, Shirin Djavanmardi¹, Gloria Segura-Duch¹, Marta Castany², Stefania Piludu¹, Carlos A. Arciniegas-Perasso¹, Elena Ávila¹, Elena Milla¹, Susana Duch¹

¹Innova Ocular Verte Barcelona, İspanya

²Vall D'hebron Üniversitesi Hastanesi, Oftalmoloji Kliniği, Barcelona, İspanya

Öz

Amaç: Ek tedavi (ET) olarak yapılan selektif lazer trabeküloplastisi (SLT) kıyasla tedavi naif hastalarda SLT'nin gerçek yaşam sonuçlarını değerlendirmek, SLT'nin göz içi basıncını (GİB) düşürme ve topikal ilaç yükünü azaltma potansiyelini araştırmak.

Gereç ve Yöntem: Daha önce glokom ameliyatı veya lazer tedavisi olmamış SLT yapılacak hastalar, planlanan tedaviye göre primer tedavi (PT) olarak SLT, ET olarak SLT ve ikame tedavi (İT) olarak SLT olmak üzere gruplara ayrıldı. PT ve ET gruplarında başarı, tekrar SLT dahil ek glokom cerrahisi olmadan, aynı veya daha az sayıda ilaçla, iki ardışık izlemde başlangıca göre GİB'in $\geq 20\%$ azalması ve GİB'in ≤ 21 mmHg olması olarak tanımlandı. İT grubunda başarı, topikal tedavinin azaltılırken GİB'in aynı kalması veya düşmesi olarak tanımlandı.

Bulgular: Çalışmaya ortalama 32,7 ay takipli 120 hastanın 120 gözü dahil edildi. PT grubunda GİB'te düşüş, 24-36 ayda ET grubundan yüksekti (%22,1'e karşı %14,5, $p=0,039$). PT grubunun %28,6'sı ve ET grubunun %37,0'ı tedaviye yanıt vermedi. PT grubunda başarı 12., 24. ve 36. aylarda ET grubuna göre daha yüksekti (sırasıyla %69,0'a kıyasla %47,1, %38,8'e kıyasla %31,4 ve %31,1'e kıyasla %23,5). İT grubunda hastaların %34,2'sinde 12. ayda başarı sağlanırken bu oran 24. ayda %38,3'e yükseldi. Yirmi dördüncü ayda, hastaların %50,0'ında ilaç sayısında en az bir azalma oldu.

Sonuç: SLT, hastaların üçte ikisinde etkinlik gösterdi ve hastaların üçte biri tedaviye yanıt vermedi. PT olarak yapıldığında GİB'te azalma daha

fazla ve başarı oranı daha yüksekti. SLT, hastaların yarısında kullanılan topikal ilaçları azalttı.

Anahtar Kelimeler: Selektif lazer trabeküloplastisi, glokom, SLT, lazer glokom tedavisi

Abstract

Objectives: To assess real-world outcomes of selective laser trabeculoplasty (SLT) in naive patients compared to SLT as adjunctive treatment (AT), investigating SLT's intraocular pressure (IOP) reduction and its potential to decrease topical medication.

Materials and Methods: Patients undergoing SLT with no prior glaucoma surgery or laser treatment were grouped based on the intended objective: SLT as primary treatment (PT), SLT as AT, and SLT as substitutive treatment (ST). Survival in the PT and AT groups was defined as $\geq 20\%$ IOP reduction from baseline and IOP ≤ 21 on two consecutive visits with the same or fewer medications and no additional glaucoma procedure, including repeat SLT. Survival in the ST group was defined as decreasing topical medication while maintaining or reducing IOP.

Results: The study included 120 eyes of 120 patients with a mean follow-up of 32.7 months. The PT group showed superior IOP reduction than the AT group at 24-36 months (22.1% vs. 14.5%, $p=0.039$). Non-responders comprised 28.6% of the PT group and 37.0% of the AT group. The PT group demonstrated better survival rates than the AT group at 12, 24, and 36 months (69.0% vs. 47.1%, 38.8% vs. 31.4%, and 31.1% vs. 23.5%, respectively). In the ST group, 34.2% of patients were successful at 12 months, increasing to 38.3% at 24 months. At 24 months, 50.0% of patients had reduced at least one medication.

Conclusion: SLT showed two-thirds effectiveness, with one-third being non-responders. It was more effective as PT, with higher IOP reduction and success rates. SLT reduced topical medication in half of patients.

Keywords: Selective laser trabeculoplasty, glaucoma, SLT, laser glaucoma therapy

Cite this article as: Oliver-Gutierrez D, Guevara-Chavarria O, Djavanmardi S, Segura-Duch G, Castany M, Piludu S, Arciniegas-Perasso CA, Ávila E, Milla E, Duch S. Real-Life Effectiveness and Safety of Selective Laser Trabeculoplasty as Primary, Adjunctive, and Substitutive Therapy. Turk J Ophthalmol. 2025;55:132-140

Bu çalışma Haziran 2023'te Roma'da düzenlenen Dünya Glokom Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: David Oliver-Gutierrez, Innova Ocular Verte Barcelona, İspanya

E-posta: davidoliguti@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-0492-8645

Geliş Tarihi/Received: 31.12.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 02.04.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.75570



Giriş

Göz içi basıncında (GİB) yükselme, glokom progresyonunda değiştirilebilir primer risk faktörüdür. Her ne kadar topikal GİB düşürücü ilaçlar sıklıkla birinci basamak tedavi olarak kullanılsa da,¹ tedaviye uyumsuzluk ve yan etkiler gibi sorunlar nedeniyle etkinlikleri sıklıkla azalır ve 1. yılın sonunda hastaların %50'den azı tedaviye devam eder.² Cerrahi seçenekler etkili olmakla birlikte, riskleri vardır. Bu nedenle daha az invaziv alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır.

Selektif lazer trabeküloplasti (SLT) minimal invaziv, uygun maliyetli bir alternatiftir ve hastanın her gün ilaç kullanması gerekmediğinden tedaviye uyum sorunu yoktur.^{3,4,5,6} GİB düşürücü etkisi bir topikal antihipertansif ilaca benzer olan SLT,^{6,7,8,9} argon lazer trabeküloplastiden daha güvenli ve tekrarlanabilir kabul edilir.^{3,10,11} Bu işlemde, aköz dışı akışını artırmak ve GİB'i azaltmak için Q-anahtarlı, frekansı iki katına çıkarılmış, 532-nm neodimyum katkılı itrium alüminyum granet (Nd:YAG) lazer ile pigmentli trabeküler ağ hücreleri hedef alınır.^{12,13,14} Hafif ön kamara enflamasyonu ve GİB'te geçici yükselme gibi transient yan etkiler ortaya çıksa da, bunlar genellikle geriler ve uzun dönemde kalıcı sonuçlara neden olmaz.^{8,15}

SLT başlangıçta yeni ve etkili farmakolojik tedavilerin gölgesinde kalmıştır.^{16,17,18} Bununla birlikte, aşırı ilaç kullanımı ve tedaviye uyumsuzluk konusundaki endişelerin artması nedeniyle hem primer hem de ek tedavi (ET) olarak tekrar önem kazanmıştır.^{19,20} SLT'nin hipotansif etkilerini ele alan çalışmaların sonuçları farklılık göstermektedir ve glokom evresi,^{5,6} başlangıç GİB,^{21,22} önceki tedaviler²² gibi hasta özellikleri ve metodolojik farklılıklar sonuçları etkilemiş olabilir. LiGHT çalışmasında, primer SLT yapılan hastaların %74'ü 36. ayda ilaç kullanmamaya devam etmektedir.²² Bununla birlikte, bu bulguları doğrulamak için yapılacak daha fazla gerçek yaşam çalışmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, SLT'nin, tedavi naif hastalarda primer tedavi (PT) olarak, ilaç kullanan hastalarda ET olarak ve uyum veya tolere etme sorunları yaşayan GİB'i kontrol altında olan hastalar için ikame tedavi (İT) olarak kullanılması ile GİB'i azaltmada gerçek yaşam etkinliğini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Hastalar

Bu tek merkezli çalışmada, Haziran 2017 ile Ocak 2022 arasında SLT yapılan ve en az 12 aylık izlemi olan hastalar analiz edildi. Her hastanın sadece rastgele seçilen bir gözü çalışmaya dahil edildi ve daha önce glokom cerrahisi veya lazer tedavisi (SLT veya argon lazer trabeküloplasti) olan hastalar hariç tutuldu. Çalışma, hasta alımı da dahil olmak üzere prospektif olarak tasarlandı, veri ayıklama ise geriye dönük olarak gerçekleştirildi. Çalışma için Barselona Klinik Hastanesi Etik Kurulu'ndan (HCB/2022/0959, 23/02/2022) onay alındı ve çalışma süresince Helsinki Bildirgesi'ne bağlı kalındı. Tüm hastalar bu amaçla klinik verilerinin kullanılması için onay verdi.

Hastalar tedavi amacına göre gruplandırıldı: PT olarak SLT ve ET olarak SLT hastaları GİB'in daha fazla düşürülmesine ihtiyaç duyan ilaç kullanan hastalardı. İT olarak SLT hastaları, GİB'i kontrol altında olan ancak tedaviyi tolere etmede veya uyum sorunu olan hastalardı.

İşlem

SLT, Q-anahtarlı 532-nm Nd:YAG lazer ile donatılmış OPTIMIS Fusion® lazer sistemi (Quantel Medical, Cournon-d'Auvergne, Fransa) kullanılarak birden çok göz hekimi tarafından gerçekleştirildi. İşlem gerçekleştirilirken spot boyutu 400 µm ve süre 4 ns olarak ayarlandı, 360 derecelik bir protokol, atımlar üst üste bindirilmeden uygulandı. Lazer gücü 0,6 mJ'ye ayarlanarak başladı ve mikro kabarcıklar ortaya çıkana kadar güç maksimum kademeli olarak 1,2 mJ'ye kadar artırıldı. 360 dereceyi tamamlamak için toplam 95-105 noktaya ihtiyaç vardı. İşlem sırasında Volk Optik SLT lens ve %1 metilselüloz kullanıldı. Ameliyat öncesi hastalara %2 pilokarpin hidroklorür (Mizar Farmacéutica S.L., Barselona, İspanya) ve 5 mg/mL apraklonidin damla (Iopimax®, Alcon-Couvreur N.V.) damlatıldı. Ameliyat sonrası, hastalara bir hafta boyunca her sekiz saatte bir damla topikal diklofenak 1 mg/mL (Angelini Pharma España, Barselona, İspanya) reçete edildi. Ek olarak, gerek kalmayana kadar lazer tedavisi öncesi kullanılan hipotansif ilaçlara devam edildi.

Ölçümler

Elektronik tıbbi kayıtlardan yaş, cinsiyet, tanı, psödofoki, açılı pigmentasyonu, topikal ilaç sayısı, görme keskinliği ve Goldmann aplanasyon tonometri ölçümlerini içeren temel veriler toplandı. Primer ölçütler GİB'teki değişiklikler ve kullanılan hipotansif damla sayısıydı.

GİB değişiklikleri ve ilaç kullanımı 3., 6., 12., 24. ve 36. aylar için kaydedildi. Çalışmanın retrospektif olması nedeniyle 3. aydan sonra veri toplama için 1 aylık ek süre (hedef zaman noktasının $\pm 0,5$ ayı) izin verildi. SLT'den 24 ila 36 ay sonraki veriler, gruplandırılarak son değerlendirme için kullanıldı. Cerrahi veya tekrar SLT gibi GİB kontrolü için yapılan alternatif işlemler kaydedildi. Ek işlem yapılan hastaların, işlemden önceki son izlemlerinde elde edilen veriler kullanıldı.

Başarı analizi için, PT ve ET gruplarında başarısızlık, ardışık iki izlemden başlangıca göre GİB'te $<20\%$ azalma, GİB ≥ 21 , başlangıca göre glokom ilaç sayısında bir artış veya yeniden SLT hariç diğer herhangi bir glokom cerrahisi yapılması olarak tanımlandı. İT grubunda başarı, ilave glokom cerrahisi gerekmeden GİB'in aynı kalması veya azalması ve ilaç sayısının en az bir adet azalması olarak tanımlandı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz STATA 17 yazılımı (StataCorp LLC) kullanılarak gerçekleştirildi. Grupların ilk karakterizasyonu için ki-kare testi ve varyans analizi (ANOVA) veya Kruskal-Wallis testleri kullanıldı. PT ve ET grupları arasında GİB değişimlerinin gruplar arası karşılaştırmaları, daha önce açıklanan ilgili değişkenler de dahil olmak üzere çok değişkenli lineer regresyon modelleri kullanılarak gerçekleştirildi. Başarı analizi için Kaplan-Meier sağkalım analizi ve çok değişkenli

Cox regresyonu yapıldı. İT grubu için, her zaman noktasında kullanılan ortalama ilaç sayısı, eşleştirilmiş örneklem Wilcoxon testi kullanılarak başlangıç değerleri ile karşılaştırıldı. Sonuçlar, frekans ve yüzde veya ortalama ve standart sapma (SS) ile %95 güven aralığı (GA) olarak ifade edildi.

Bulgular

Ortalama izlem süresi 32,7 ay (SS: 6,1) olan toplam 120 göz analize dahil edildi. Bunlardan 103 gözün (%86) en az 24 aylık izlem süresi mevcuttu. [Tablo 1](#)'de, başlangıçtaki demografik veriler ve klinik özellikler gösterilmektedir. Grup tasarımları nedeniyle, üç grup arasında başlangıç GİB ($p<0,001$) ve başlangıç tedavi sayısı ($p<0,001$) açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar vardı. Bununla birlikte, yaş, cinsiyet, psödofoaki, aç pigmentasyonu veya tanı açısından istatistiksel bir fark bulunmadı. Benzer şekilde, PT ve ET grupları arasındaki başlangıç özellikleri karşılaştırıldığında, başlangıç GİB ($p<0,001$), tedavi sayısı ($p<0,001$) ve ayrıca yaş açısından ($p=0,016$) anlamlı farklılık olduğu saptandı. Cinsiyet ($p=0,51$) veya aç pigmentasyonu ($p=0,49$) açısından ise herhangi bir fark bulunmadı. GİB, tedaviden 6 ila 24 saat sonra tüm hastalarda ölçüldü ve hiçbir hastada bu değerler lazer öncesi değerden yüksek değildi.

Selektif Lazer Trabeküloplastinin Primer veya Ek Tedavi Olarak Uygulanmasının Karşılaştırılması

Analize PT grubundaki 42 göz ve ET grubundaki 27 göz dahil edildi ve ortalama takip süreleri sırasıyla 32,7 ay (SS: 5,9) ve 30,7 ay (SS: 6,9) idi. İki grup arasında takip süresi açısından istatistiksel anlamlı fark yoktu ($p=0,2$).

Göz İçi Basıncında Değişiklik

PT ve ET gruplarında başlangıç GİB değerlerine göre ortalama azalma yüzdesi sırasıyla 12. ayda %17,3 (%95 GA, 13,6 ila 21,0) ve %10,0 (%95 GA, 2,5 ila 17,5) ve 24. ayda %21,3 (%95 GA, 16,1 ila 26,5) ve %13,2 (%95 GA, 6,1 ila 20,3) bulundu ([Tablo 2](#)). Çok değişkenli lineer regresyon analizinde, 6. ($p=0,03$), 12. ($p=0,06$), ve 24. ($p=0,06$) aylarda yüzde GİB değerlerinde görülen değişiklikler anlamlıydı. Çok değişkenli lineer regresyonda (yaş, başlangıçtaki GİB, başlangıçtaki topikal tedavi sayısı ve psödofoaki için düzeltme yapılarak), ET grubuna göre PT grubunda GİB'te azalmanın 12. ayda %9,4 (%95 GA, -5,2 ila 24,0; $p=0,2$) ve 24-36. aylarda %25,1 daha fazla (%95 GA, 1,4 ila 48,8; $p=0,02$) olduğu bulundu ([Tablo 2](#) ve [Şekil 1](#)). Çok değişkenli analiz, başlangıç GİB'in daha yüksek olmasının SLT ile daha anlamlı bir etki elde edilmesi için güçlü bir belirteç olduğunu ($p=0,002$) gösterdi. Ayrıca başlangıç GİB düşürücü ilaç sayısının yüksek olması SLT etkisi daha düşük olması ile ilişkili bulundu ($p=0,01$). Yaş bir öngörü unsuru değildi ($p=0,4$).

Başarı Analizi

GİB başlangıcı göre %20 azalmadığı veya 21 mmHg'nin altına düşmediği için PT grubundaki 12 göz (%28,6) ve ET grubundaki 10 gözün (%37,0) SLT'ye yanıt vermediği kabul edildi. Başarı analizine yanıt vermeyen hastalar dahil edildiğinde, PT grubunda başarı olasılığı SLT'den 6 ay sonra %52,4 iken, 12, 24 ve 36 ay sonra sırasıyla %43,9, %27,8 ve %22,2'ye düştü. ET grubu için başarı oranı 6. ayda %37,0 iken, 12., 24. ve 36. ayda sırasıyla %29,6, %19,8 ve %14,8 olarak bulundu.

Başta tedaviye yanıt verenler analiz edildiğinde, PT grubunda başarı oranı SLT'den sonra 6 ayda %73,3 iken 12, 24 ve 36 ay

Tablo 1. Grupların başlangıç verileri

	Primer tedavi olarak SLT n=42		Ek tedavi olarak SLT n=27		İkame tedavi olarak SLT n=51	
İzlem süresi (ay)	32,7	(5,9)	30,7	(6,9)	33,8	(5,6)
Yaş (yıl)	60,0	(11,0)	67,1	(11,8)	62,4	(14,8)
Cinsiyet kadın	23	%56,1	11	%42,3	25	%49,0
Psödofoak	15	%35,7	15	%55,6	21	%41,2
Ortalama başlangıç GİB (mmHg)	22,8	(2,9)	19,9	(3,7)	18,6	(3,9)
Ortalama başlangıç ilaç sayısı	0,0	(0,0)	2,0	(0,8)	1,6	(0,7)
Aç pigmentasyonu	1,7	(0,7)	1,5	(0,6)	1,7	(0,8)
Tanı						
PAAG	9	%21	8	%30	10	%20
PEG	3	%7	1	%4	4	%8
OHT	20	%47	7	%26	20	%39
PAKG	4	%10	2	%7	2	%4
Pigmenter glokom	3	%7	0,0	%0	4	%8
NBG	0	%0	4	%15	3	%6
Diğerleri	3	%7	5	%19	8	%16
Değerler ortalama (standart sapma) veya frekans ve yüzde olarak ifade edilmiştir. SLT: Selektif lazer trabeküloplastisi, GİB: Göz içi basıncı, PAAG: Primer açık açılı glokom, PEG: Psödoeksfoliyasyon glokomu, OHT: Oküler hipertansiyon, PAKG: Primer açık kapanması glokomu, NBG: Normal basınçlı glokom						

	Primer tedavi olarak SLT							Ek tedavi olarak SLT						
	Gözler	Başarısız	Kısmi başarılı	Tamamen başarılı	Kümülatif başarı	Başlangıçta yanıtı olan hastalarda kümülatif başarı	Ortalama GİB düşüşü yüzdesi (%95 GA)	Gözler	Başarısız	Kısmi başarılı	Tamamen başarılı	Kümülatif başarı	Başlangıçta yanıtı olan hastalarda kümülatif başarı	Ortalama GİB düşüşü yüzdesi (%95 GA)
Başlangıç yanıtı (1 ay)	40	18	0	22	%71,4	-	%21,7 (25,7-17,7)	27	12	0	15	%63,0	-	%17,0 (23,0-11,0)
3 ay	40	22	0	18	%59,5	%83,3	%18,1 (22,6-13,6)	25	14	0	11	%51,9	%82,4	%12,6 (19,6-5,6)
6 ay	33	21	1	11	%52,4	%73,3	%18,0 (23,1-12,9)	25	19	1	5	%37,0	%58,8	%9,5 (15,6-3,4)
12 ay	37	23	1	13	%43,9	%60,0	%17,3 (21,0-13,6)	24	16	2	6	%29,6	%47,1	%10,0 (17,5-2,5)
24 ay	38	18	9	11	%27,8	%38,8	%21,3 (26,5-16,1)	24	16	1	7	%19,8	%31,4	%13,2 (20,3-6,1)
36. ay	29	11	6	12	%22,2	%31,1	%24,5 (32,7-16,4)	14	7	1	6	%14,8	%23,5	%10,9 (28,2 – -6,5)

GİB: Göz içi basıncı, SLT: Selektif lazer trabeküloplasti, GA: Güven aralığı

sonra bu oran sırasıyla %60,0, %38,8 ve %31,1'e geriledi. ET grubunda başarı oranı 6. ayda %58,8 iken, 12, 24 ve 36. ayda sırasıyla %47,1, %31,4 ve %23,5'e düştü (Tablo 2).

PT grubunda yanıt veren hastaların medyan başarı süresi 24 ay iken, ET grubunda bu süre 12 aydı (p=0,05). Aynı faktörlere göre düzeltilen çok değişkenli Cox regresyon modelinde, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı bulundu (risk oranı 1,08 %95 GA, 0,5 ila 2,6, p=0,86). Kaplan-Meier grafikleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

İkame Tedavi Olarak Selektif Lazer Trabeküloplasti

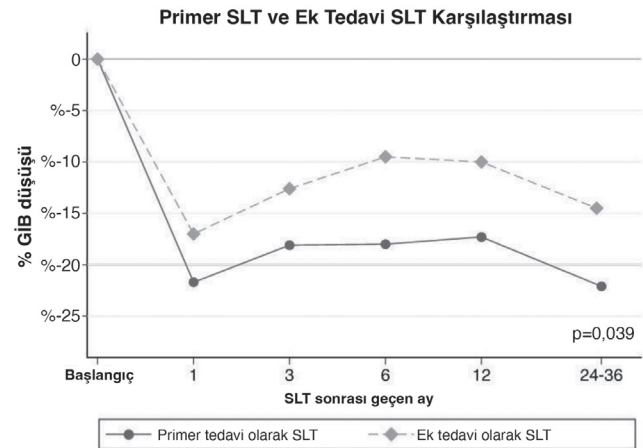
İT grubuna 51 göz dahil edildi. Ortalama izlem süresi 33,8 aydı (SS: 5,6) ve 48 göz (%94) en az 24 aylık izlem süresini tamamladı. SLT ile 6., 12. ve 24. aylarda gözlerin sırasıyla %39,5, %34,2 ve %38,3'ünde GİB aynı veya daha düşük bulunurken, hipotansif glökom ilacı sayısında azalma sağlanmıştır.

Başlangıçta ortalama ilaç sayısı 1,63 (SS: 0,7) ve ortalama GİB 18,6 mmHg (SS: 3,9) idi. Ortalama ilaç sayısında azalma tüm zaman noktalarında istatistiksel olarak anlamlıydı, 12. ayda ilaç sayısı 0,65 (%95 GA, 0,43 ila 0,87) ve 24. ayda 0,52 ilaç (%95 GA, 0,29 ila 0,75) azaldı. Yirmi dördüncü ayda hastaların %50,0'sinde (%95 GA; 35 ila 65) ilaç sayısı en az bir ilaç azalırken %10,4'ünde (%95 GA; 3,5 ila 23) başlangıçtaki sayıya kıyasla iki ilacı bırakmıştır (Şekil 3 ve Tablo 3).

Sekonder Etkiler ve Başarısızlık

Tedavi edilen gözlerin hiçbirinde anlamlı ön segment enflamasyonu görülmedi ve GİB'te geçici artış izlenmedi. Hastalar işlem sırasında herhangi bir ağrı veya rahatsızlık duyduklarını bildirmediler.

Tedaviye yanıt vermeyen 22 kişi oldu: PT grubunda 12 (%28,6) ve ET grubunda 10 (%37,0) hasta vardı ve bu oranlar arasında anlamlı fark yoktu (p=0,46). Tedaviye yanıt vermeyenlerin ortalama yaşı 66,5 yıl (SS: 10,6) iken, yanıt verenlerin ortalama yaşı 61 yıl (SS: 12,5) idi. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,08).



Şekil 1. Primer ve ek tedavi gruplarında zaman içinde GİB düşüşü yüzdesi. Yaş, başlangıçtaki GİB, önceki ilaç sayısı ve psödogoni için düzeltilmiş çok değişkenli lineer regresyon modeli p değeri

SLT: Selektif lazer trabeküloplasti, GİB: Göz içi basıncı

Tedaviye yanıt vermeyenlerin SLT öncesi ortalama GİB düzeyi 19,95 mmHg (SS: 3,6) idi. Buna karşılık, yanıt verenlerin SLT öncesi ortalama GİB düzeyleri 22,4 mmHg (SS: 3,2) idi ($p=0,006$). Bu bulgu, başlangıçta GİB'in daha düşük olduğu hastalarda SLT etkinliğinin düşük olacağı hipotezini desteklemektedir. Ortalama önceki tedavi sayısı, tedaviye yanıt vermeyenler için 0,9 (SS: 1,15) ve yanıt verenler için 0,7 (SS: 1,1) idi ($p=0,52$).

Sekonder glokom cerrahisi yapılmasını gerektiren yetmezlik gelişen hastaların dağılımı şu şekildeydi:

PT grubu: Bir göze 12. ayda tekrar SLT yapılması gerekirken, bir diğer göze 34. ayda penetran olmayan derin sklerektomi yapıldı.

ET grubu: İki göze 20. ayda tekrar SLT yapılması gerekti. Bir göze 24. ayda SL-Molteno3 (NovaEye Medical, Fremont, ABD) implante edilerek drenaj cerrahisi yapıldı.

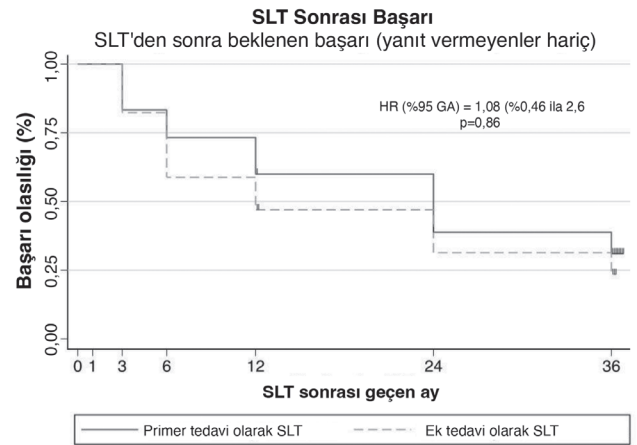
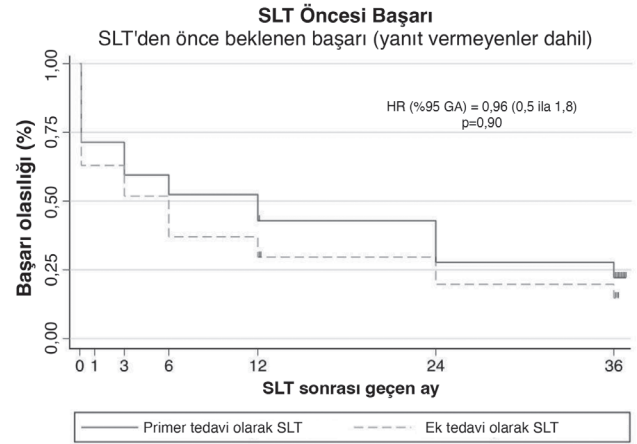
İT grubu: Dört göze tekrar SLT yapıldı (bir göz 7. ayda, iki göz 12. ayda ve bir göz 25. ayda). Ayrıca, bir göze 8. ayda Xen® jel stent implantasyonu (AbbVie, Illinois, ABD) ve diğer bir göze 12. ayda subliminal transskleral lazer siklofotokoagülasyon (SubCyclo-Quantel, Cournon d'Auvergne, Fransa) yapıldı.

Tartışma

Bu çalışmada, SLT'nin etkisini üç gerçek yaşam senaryosunda değerlendirilmiştir. SLT, ET olarak kullanılmasına kıyasla, PT olarak daha etkiliydi. PT olarak yapıldığında GİB'te daha fazla düşüş elde edildi (24 ayda %21,3'e kıyasla %13,2 ve 36 ayda %24,5'e karşı %10,9), yanıt vermeyenlerin oranı daha düşüktü (%28,6'ya kıyasla %37,0) ve yanıt verenler arasında 24 aylık başarı oranı daha yüksekti (%38,8'e kıyasla %31,4). SLT'nin ilaç tedavisinin yerini aldığı grupta, gözlerin %50,0'sinde GİB aynı kaldı veya düştü ve 24. ayda kullanılan ilaç sayısı en az bir ilaç azaldı.

Klinik pratikte, SLT'nin genellikle daha önce hipotansif tedavi kullanmamış ve yeni tanı konmuş glokom veya oküler hipertansiyon hastaları için iyi bir seçenek olduğu düşünülmektedir. Ancak, başlangıç GİB düzeyi belirli bir eşiği aştığında, hedef basınçlara ulaşma olasılığı düşük olduğundan genellikle SLT önerilmez. Bu olgularda, tipik tedavi optik sinirinin durumuna bağlı olarak topikal hipotansif tedavi veya cerrahidir.

Bununla uyumlu olarak, daha önce hipotansif tedavi kullanmamış PT grubunda GİB hafif yüksekti (ortalama 22,8



Şekil 2. SLT başarısını primer ve ek tedavi grupları arasında karşılaştırmak için Kaplan-Meier grafiği kullanıldı. İlk grafik, SLT'den önce beklenen başarıyı temsil eden çalışmadaki tüm hastaları içermektedir. İkinci grafik, ilk ayda GİB'te %20'den daha az azalma olanlar hariç (yanıt vermeyenler) ilk yanıtı gösteren hastaları içermektedir. Bu grafik, SLT başlangıçta etkili olduktan sonra başarılı kalmayı temsil etmektedir. İki grafik arasında başarı farklılıkları olmasına rağmen, genel şekil ve gruplar arasındaki farklılıklar benzerdir. Bu, yanıt vermeyenlerin dışlanması SLT'nin etkisinin olduğundan fazla tahmin edilmesine yol açabileceğini, ancak zaman içindeki devamlılığını etkilemeyeceğini düşündürmektedir. P değerleri, yaş, başlangıç göz içi basıncı, önceki ilaç sayısı ve psödotaki durumuna göre düzeltildikten sonra çok değişkenli Cox regresyon analizi kullanılarak elde edildi.

SLT: Selektif lazer trabeküloplasti, HR: Risk oranı, GA: Güven aralığı, GİB: Göz içi basıncı

Tablo 3. İkame tedavi olarak yapılan SLT'den sonra başarı oranları, ortalama GİB düşüşü yüzdesi ve ortalama ilaç sayısı

	Gözler	Başarı (%)	Ortalama GİB düşüşü yüzdesi (%95 GA)	Ortalama azaltılan ilaç sayısı (%95 GA)
Başlangıç	51	-	Başlangıç GİB: 18,6 mmHg (SS: 3,9)	Başlangıç ilaç sayısı: 1,63 (SS: 0,66)
3. ay	49	%26,5	%10,6 (4,8 ila 16,4)	0,45 (0,29 ila 0,61)
6. ay	43	%39,5	%7,2 (1,1 ila 13,3)	0,58 (0,40 ila 0,76)
12. ay	41	%34,2	%4,4 (-1,6 ila 10,5)	0,65 (0,43 ila 0,87)
24. ay	47	%38,3	%5,2 (-2,1 ila 12,6)	0,52 (0,29 ila 0,75)
36. ay	41	%19,5	%8,6 (1,1 ila 16,1)	0,52 (0,22 ila 0,83)

SLT: Selektif lazer trabeküloplasti, GİB: Göz içi basıncı, GA: Güven aralığı, SS: Standart sapma

mmHg). Buna karşılık, ET olarak SLT yapılan gözlerde, hastalar zaten hipotansif ilaç kullanıyordu ve amaç, hastalık progresyonu veya GİB'teki artış nedeniyle GİB'i daha da azaltmaktır. Bu senaryoda, %20'lik bir azalmanın yeterli olacağı varsayılmalıdır. Bu azalmanın yetersiz olduğu düşünülürse cerrahi girişim düşünülecektir. Bu, ET grubundaki yüksek GİB'li hastaların SLT için seçilmediği ve SLT yerine cerrahi tedavi için daha uygun bulundukları anlamına gelir. Sonuç olarak, verilerin gösterdiği gibi bu grupta GİB'in normal veya sadece hafif yüksek olması bekleniyordu.

Gruplar arasındaki küçük ama anlamlı yaş farkı, glokom tedavisi öyküsü daha uzun olan hastaların daha yaşlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, beklenildiği gibi, PT ve ET grupları arasında cerrahi öncesi GİB, hipotansif ilaç sayısı ve yaş açısından anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur. Bu prognostik faktörlerin SLT etkinliğini değiştirdiği bilinmektedir.²³

Bu çalışmada, daha yüksek tedavi etkinliği için tanımlanan öngörü faktörleri sadece cerrahi öncesi GİB'in daha yüksek olması ve cerrahi öncesi kullanılan ilaç sayısının az olması (sırasıyla $p=0,02$ ve $p=0,01$) idi. Ancak, yaş, cerrahi öncesi GİB ve ilaç sayısına göre düzeltme yapıldığında, 24 ila 36 aylarda PT grubunda GİB azalması ET grubundan %25,1 daha fazlaydı.

Açı anatomisindeki farklılıklara bağlı SLT etkinliğindeki değişiklikleri incelemedik. Ayrıca fakik veya psödofoak olgularda SLT etkinliği arasındaki farklılıkları da değerlendirmedik. Bununla birlikte, psödofoak hastaların tipik olarak daha yaşlı olduğu ve bu nedenle bu hastalarda glokomun daha ileri olabileceği tahmin edilebilir. Sonuç olarak, grup açıklamalarında belirtildiği gibi, psödofoakinin ET ve İT gruplarında daha yaygın olması beklenmektedir. Ek olarak, olguların ortalama pigmentasyon düzeyi gruplar arasında çok benzer bulundu (1,7, 1,8 ve 1,7).

SLT ile bildirilen iki yıllık başarı oranları büyük farklılık (%40-85) göstermektedir.²⁴ Çok merkezli randomize bir çalışma olan LiGHT çalışmasında, SLT yapılan hastaların %74,2'sinin

36. ayda damla kullanmak zorunda kalmadan hedeflenen GİB değerini koruyabildikleri bildirilmiştir.^{5,22} Ancak, çalışmaya sadece tedavi naif hastaları dahil edilmiş ve sekonder SLT seansları yapılmasına izin verilmiştir. Bu farklılıklar sonuçları etkilemiş olabilir.

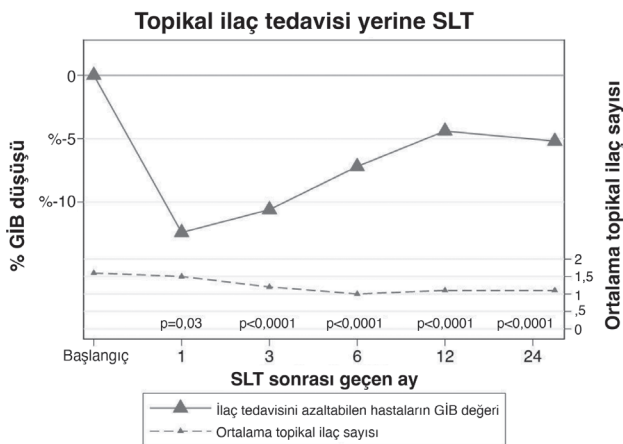
Çalışmamız, SLT'nin gerçek yaşamdaki sonuçlarını değerlendirmenin önemini göstermektedir çünkü başarı oranları daha düşüktür. Khawaja ve ark.²⁵ tarafından yapılan ve başarının benzer şekilde tanımlandığı çalışmada elde edilen sonuçlar 12. ve 24. aylarda başarı oranlarının sırasıyla %45 ve %27 olduğunu göstermiştir. Çalışmamızın sonuçları bununla uyumludur. Birçok çalışma, ilaç kullanımında artış veya tekrar SLT yapılması gibi faktörleri başarısızlık tanımlarına dahil etmemektedir. Bu, başarı oranlarının daha yüksek bulunmasına neden olabilir.^{26,27} Bunu önlemek için, bu çalışmamızda ek glokom cerrahisi yapılması gereken olgularda işlem öncesi son izleme ait veriler kullanılmıştır.

Ayrıca, tedaviye yanıt vermeyen hastalar diğer çalışmalarda genellikle dışlanır veya göz ardı edilir.^{25,28} Buna karşılık, çalışmamız bu olguların varlığını vurgulamaktadır. SLT ile elde edilen sonuçların kapsamlı bir şekilde anlaşılabilmesi için bu hasta grubunun her zaman analiz edilmesi gerektiğini savunuyoruz. Tedaviye yanıt vermeyen gözler analiz edilirken, sadece SLT öncesi GİB'in yüksek olması, tedavi yanıtı için öngörü faktörü olarak tanımlandı. SLT'ye ilk yanıtla ilişkili diğer değişkenlerin etkisini daha iyi değerlendirmek için daha büyük bir örneklem gerekebilir.

Ayrıca, tedavinin neden başarısız olduğunu daha iyi yansıtabilecek öngörü unsurlarını tanımlamak için SLT'ye yanıt vermeyen hastaların analiz edilmesinin önemli olduğunu düşünüyoruz. Bu çalışma öncelikle SLT'ye yanıtı öngörmeye yardımcı olabilecek bir hasta profilini değerlendirmeyi amaçlasa da, yaş, başlangıç GİB ve daha önce kullanılan ilaçlar gibi faktörleri göz önüne alarak tedaviye yanıt vermeyen hastaların detaylı şekilde değerlendirmesinin, hasta seçim kriterlerinin iyileştirilmesi için değerli bilgiler sağlayacağını farkındayız. Eğer veri mevcutsa, gelecekteki analizlerde tedaviye yanıt vermeyen hastalar ileride daha derinlemesine analiz edilebilir.

GİB 24 saat takip edilmesine rağmen lazer tedavisi sonrası hiçbir olguda oküler hipertansiyon saptanmadı. Bunun, pilokarpin ve apraklonidin gibi lazer sonrası basınç artışlarını kontrol ettiği bilinen ilaçların cerrahiden öncesi uygulanmasına bağlı olabileceğine inanılmaktadır. Ayrıca, ameliyat öncesi hipotansif tedaviye ameliyat sonrası ilk haftalarda devam edilmesi muhtemelen bu sonuca katkıda bulunmuştur.

Bu çalışmaya, daha önce glokom cerrahisi veya lazer tedavisi yapılan hastalar hariç, SLT yapılan tüm hastalar dahil edildi. Hastalar randomizasyon olmadan klinik kriterlere göre sınıflandırıldı. Bu, gruplar arasında beklenen bazı istatistiksel farklılıklara yol açtı. PT grubu daha gençti, psödofoaki oranı daha düşüktü ve hipotansif tedavi görmekte olan hastalara kıyasla bazal GİB değerleri daha yüksekti. Bu farklılıklar, temel değişkenler (GİB, yaş, psödofoaki ve topikal ilaç sayısı) için düzeltilindiğinde, SLT'nin gerçek yaşam etkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılması mümkün oldu.



Şekil 3. İkame tedavi olarak SLT'de zaman içinde GİB düşüşünün yüzdesi ve ortalama tedavi sayısı. Başlangıca kıyasla her zaman noktasındaki ortalama ilaç sayısı için eşleştirilmiş Wilcoxon testinden elde edilen p değerleri

SLT: Selektif lazer trabeküloplasti. GİB: Göz içi basıncı

Düzeltilme sonrası, GİB'teki azalma PT grubunda ET grubuna göre 12. ayda %9,4 (%95 GA, -5,2 ila 24,0; $p=0,2$) ve 24-36. ayda %25,1 daha fazla (%95 GA, 1,4 ila 48,8; $p=0,04$) bulundu. Başlangıç GİB, SLT yanıtının ana öngörü unsuruydu ve başlangıçtaki GİB değerinin yüksek olması SLT etkisinin daha güçlü olması ile korelasyon gösterdi (24. ayda $p<0,001$). Bu, diğer çalışmalardan elde edilen bulgularla uyumludur.^{21,22,25,26}

Aksine, lazer öncesi kullanılan antihipertansif ilaç sayısının yüksek olması SLT etkisinin azalmasıyla ilişkili bulundu. Başka bazı çalışmalarda da bu gözlenirken,²³ diğer çalışmalarda SLT öncesi tedavilere göre farklılık olmadığı bildirilmiştir.^{25,28} Bu, PT grubunda SLT etkinliğinin daha yüksek olmasının, tedaviye yanıt için bir öngörü unsuru olan başlangıç GİB değerlerinin yüksek olmasından kaynaklanabileceğini gösterirken, ET grubunda lazer öncesi yoğun ilaç kullanımı etkinin azalması ile koreledir. Bu bulgular, başlangıç özelliklerinin SLT sonuçlarını nasıl etkilediğini göstermekte ve hasta profiline göre uyarlanmış yaklaşımlara duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Sınırlı sayıda çalışmada, tedaviye naif hastalar ile daha önce tedavi edilmiş hastaların SLT yanıtları karşılaştırılmıştır. Gračner²⁹ tarafından yapılan bir çalışmada, 59 hastaya 180 derece SLT yapılmış ve hastalar ortalama 19,6 ay takip edilmiştir. Yazar, PT ve ET gruplarının 24. ayda başarı oranlarının benzer olduğunu, ancak PT grubunda GİB'teki azalmanın biraz daha fazla olduğunu (%28,10'a kıyasla %24,82; $p=0,041$) bildirmiştir. Benzer şekilde, McIlraith ve ark.³⁰ daha önce tedavi edilen gözlerde, primer SLT tedavisine kıyasla GİB'teki azalmanın anlamlı düzeyde düşük olduğunu gözlemlemiştir. Çalışmamızda, çok değişkenli analiz sonucunda, PT grubunda GİB'teki azalmanın ET grubuna kıyasla daha fazla olduğu bulundu (24-36 ayda %22,1'e kıyasla %14,5; $p=0,04$), ancak başarı oranlarında anlamlı bir fark yoktu ($p=0,64$).

Başarı, literatür ile uyumlu olarak ek ilaçlar veya tedavi olmadan GİB'in en az %20 azalması olarak tanımlandı.^{22,24,25,31} Tedaviye yanıt vermeyenler ve tekrar SLT yapılanlar da dahil olmak üzere ek işlem yapılması gereken hastalarda tedavi başarısız kabul edildi ve veri alımı yeni tedavi yapılmadan önceki son izlemde kesildi. Bazı çalışmalarda birden çok kez SLT yapılmasına izin verirken,³² çalışmamızda tek bir seansın etkisine odaklanıldı ve ikinci kez SLT yapılan 5 hasta için veri alımı kesildi.

Başarı analizi, yanıt vermeyenler dahil ve hariç olmak üzere iki senaryo üzerinden gerçekleştirildi. Yanıt vermeyen hastalar dahil edilmediğinde, 2 yıllık başarı oranı PT grubu için %42,0 ve ET grubu için %26,9 idi. Yanıt vermeyenler dahil edildiğinde, bu oranlar sırasıyla %29,3 ve %16,3'e düştü. Başlangıç GİB değerinin yanıt vermeyenlerde, yanıt verenlere göre anlamlı düzeyde düşük olduğu (ortalama fark, -2,5 mmHg; %95 GA, 0,7 ila 4,2; $p<0,06$) bulundu. Bu, başlangıç GİB'in düşük olmasının SLT etkinliğinin düşük olacağının bir belirtici olduğunu gösteren önceki bulgularla uyumludur.³³ Pillunat ve ark.³⁴, GİB, örneğin 14 mmHg gibi bir seviyenin altında ise SLT'nin etkili olmasının beklenmemesi gerektiğini ileri sürmüştür. Normotansif glokomda SLT'nin etkinliği belirsizliğini korumaktadır.²⁴ Nitta ve ark.³⁵ SLT'nin

normotansif glokomda etkili olduğunu bildirirken, başlangıç GİB değerinin artmasının daha güçlü yanıt ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu bulguları açıklığa kavuşturmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bazı hastalarda görülen etki düşük olabilir veya hiç etki görülmeyebilir. Bu nedenle %100 yanıt alındığını veya yanıt vermeyen hastaların dışlandığını bildiren çalışmaların sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir.

Hipotansif ilaç tedavisi yerine SLT yapılması hakkındaki veriler sınırlıdır³⁶ ve maksimum antihipertansif tedavi alan gözlerde ılımlı bir etkinliğe sahiptir.³⁷ Ancak, SLT, tedaviye uyumu zayıf, tedaviyi tolere edemeyen ve topikal ilaç kullanmak istemeyen hastalarda ilaç ihtiyacını ve bunlarla ilişkili yan etkileri azaltarak faydalı olabilir. İT grubunda SLT, ilaç ihtiyacını tedavi edilen gözlerin %50'sinde bir ilaç ve %10,4'ünde iki ilaç azaltmıştır. Bu nedenle tedaviye uyumu zayıf veya tedaviyi tolere edemeyen hastalarda tedavinin bir miktar azaltılması sağlayabilir ve cerrahi müdahaleyi geciktirebilir. Topikal tedavilere uyumun zayıf olması, glokom progresyonuna anlamlı ölçüde katkıda bulunur^{25,38,39} ve özellikle tedaviye uyumu az olan veya ilaç etkinliğinin azalmış olduğu hastalarda SLT, politerapide üçüncü veya dördüncü ilaçtan daha etkili bir İT olabilir.⁴⁰

Çok değişkenli analiz, SLT yapılmadan önce kullanılan ilaç sayısının fazla olmasının, ET grubunda SLT etkinliğinin azalmasıyla ilişkili olduğunu gösterdi. Bununla birlikte, ilacın kesilebilmesi, SLT'nin hastaların yarısında en az son verilen ilaç kadar etkili olduğunu ve uyum sorunu yaşanmadan GİB'in sürekli kontrolüne katkı sağladığını göstermektedir. Zamanla etkisini kaybeden topikal tedavilerin aksine, SLT gün boyunca basıncın sürekli düşük kalmasını sağlar.²¹

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Çalışmaya daha önce glokom cerrahisi veya lazer tedavisi geçiren hastalar dahil edilmedi. Bu, SLT'nin daha ileri veya karmaşık glokom olgularındaki etkinliğinin anlaşılmasını sınırlandıran bir kısıtlılıktır. Çalışmamızda örneklem büyüklüğü (120 göz) kabul edilebilir düzeyde olmasına rağmen, hastaların üç gruba bölünmesi, çalışmadan çıkarılma oranı ile birlikte ele alındığında, özellikle alt grup analizlerinde anlamlı farklılıkları tespit etmek için gerekli istatistiksel güce ulaşılmasını tehlikeye atmış olabilir. İzlem süresi 36 ayda sınırlandırılmıştır. Bu süre, uzun dönem sonuçlar veya SLT etkisinin uzun süre boyunca devam edip etmediği hakkında bilgi sağlamak için yeterli değildir. Ayrıca, hasta alımı prospektif olarak yapılmasına rağmen, veri eldesinin geriye dönük yapılması yanlılığa neden olmuş olabilir. Son olarak, hastaları tedavi gruplarına ayırırken randomizasyon yapılmamış olması, seçim yanlılığına yol açabilir. Bu, hastaların özellikleri tedavilerini (topikal, lazer veya cerrahi) etkilediğinde ortaya çıkar ve çalışmanın genel sonuçlarını etkileyebilir. Bu kısıtlılıklar nedeniyle, bulguların güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini artırmak için gelecekte yapılacak çalışmalarda randomizasyon yapılması, daha geniş bir yelpazeden glokom olgularının dahil edilmesi, takip süresinin uzatılması ve verilerin tutarlı ve standartlaştırılmış şekilde toplanması önemli olacaktır.

Sonuç

Gerçek yaşam ortamında yapılan bu çalışmada, SLT'nin hastaların yaklaşık üçte ikisinde etkili olduğu ve hastaların yaklaşık üçte birinin tedaviye yanıt vermediği görülmüştür. SLT, 12., 24. ve 36. aylarda ET grubuna kıyasla PT grubunda GİB'te daha fazla azalma sağlamış ve daha yüksek başarı oranı elde edilmiştir. SLT'nin topikal ilaçların azaltılmasında etkili olduğu bulunmuştur ve hastaların yarısından fazlası en az bir topikal ilacı kullanmayı bırakmıştır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma için Barselona Klinik Hastanesi Etik Kurulu'ndan (HCB/2022/0959, 23/02/2022) onay alındı ve çalışma süresince Helsinki Bildirgesi'ne bağlı kalındı.

Hasta Onayı: Hastalardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: O.G-C., S.Dj., S.P., C.A.A-P., E.A., E.M., S.D., Konsept: O.G-C., S.P., S.D., Dizayn: D.O-G., G.S-D., S.D., Veri Toplama veya İşleme: S.Dj., O.G-C., Analiz veya Yorumlama: D.O-G., G.S-D., Literatür Arama: D.O-G., O.G-C., G.S-D., M.C., Yazan: D.O-G., O.G-C., S.Dj., G.S-D., M.C., S.P., C.A.A-P., E.A., E.M., S.D.

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

- National Institute for Health and Clinical Excellence. NICE: Guidance on Glaucoma: Diagnosis and management of chronic open angle glaucoma and ocular hypertension. 2022. Accessed August 20, 2022. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng81/resources>
- Schwartz GE, Quigley HA. Adherence and persistence with glaucoma therapy. *Surv Ophthalmol.* 2008;53(Suppl 1):57-68.
- Ngan K, Fraser E, Buller S, Buller A. A cost minimisation analysis comparing iStent accompanying cataract surgery and selective laser trabeculoplasty versus topical glaucoma medications in a public healthcare setting in New Zealand. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256:2181-2189.
- Lee R, Hutnik CM. Projected cost comparison of selective laser trabeculoplasty versus glaucoma medication in the Ontario Health Insurance Plan. *Can J Ophthalmol.* 2006;41:449-456.
- Gazzard G, Konstantakopoulou E, Garway-Heath D, Garg A, Vickerstaff V, Hunter R, Ambler G, Bunce C, Wormald R, Nathwani N, Barton K, Rubin G, Buszewicz M; LiGHT Trial Study Group. Selective laser trabeculoplasty versus eye drops for first-line treatment of ocular hypertension and glaucoma (LiGHT): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2019;393:1505-1516.
- Katz LJ, Steinmann WC, Kabir A, Molineaux J, Wizov SS, Marcellino G; SLT/Med Study Group. Selective laser trabeculoplasty versus medical therapy as initial treatment of glaucoma: a prospective, randomized trial. *J Glaucoma.* 2012;21:460-468.
- Rolim-de-Moura CR, Paranhos A Jr, Loutfi M, Burton D, Wormald R, Evans JR. Laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Cochrane Database Syst Rev.* 2022;8:CD003919.
- Realini T. Selective laser trabeculoplasty: a review. *J Glaucoma.* 2008;17:497-502.
- McAlinden C. Selective laser trabeculoplasty (SLT) vs other treatment modalities for glaucoma: systematic review. *Eye (Lond).* 2014;28:249-258.
- Nagar M, Ogunyomade A, O'Brart DP, Howes F, Marshall J. A randomised, prospective study comparing selective laser trabeculoplasty with latanoprost for the control of intraocular pressure in ocular hypertension and open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2005;89:1413-1417.
- Latina MA, de Leon JM. Selective laser trabeculoplasty. *Ophthalmol Clin North Am.* 2005;18:409-419.
- Latina MA, Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp Eye Res.* 1995;60:359-371.
- Latina MA, Sibayan SA, Shin DH, Noecker RJ, Marcellino G. Q-switched 532-nm Nd:YAG laser trabeculoplasty (selective laser trabeculoplasty): a multicenter, pilot, clinical study. *Ophthalmology.* 1998;105:2082-2090.
- Skaat A, Rosman MS, Chien JL, Ghassibi MP, Liebmann JM, Ritch R, Park SC. Microarchitecture of schlemm canal before and after selective laser trabeculoplasty in enhanced depth imaging optical coherence tomography. *J Glaucoma.* 2017;26:361-366.
- Ong K, Ong I, Ong LB. Corneal endothelial abnormalities after selective laser trabeculoplasty (SLT). *J Glaucoma.* 2015;24:286-290.
- Alm A, Camras CB, Watson PG. Phase III latanoprost studies in Scandinavia, the United Kingdom and the United States. *Surv Ophthalmol.* 1997;41(Suppl 2):105-110.
- Boyle JE, Ghosh K, Gieser DK, Adamsons IA. A randomized trial comparing the dorzolamide-timolol combination given twice daily to monotherapy with timolol and dorzolamide. Dorzolamide-Timolol Study Group. *Ophthalmology.* 1998;105:1945-1951.
- Adkins JC, Balfour JA. Brimonidine. A review of its pharmacological properties and clinical potential in the management of open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Drugs Aging.* 1998;12:225-241.
- "Grupo de trabajo de la Guía de práctica clínica sobre el glaucoma de ángulo abierto. Guía de práctica clínica sobre el glaucoma de ángulo abierto. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS) y el Centro Cochrane Iberoamericano (CCIb); 2015. Guías de Práctica Clínica en el SNS: AQuAS."
- Royal College of Ophthalmologists. NICE Guidance: Selective Laser Therapy recommended to treat glaucoma and ocular hypertension | The Royal College of Ophthalmologists. April 7, 2022. Accessed September 27, 2022. <https://www.rcophth.ac.uk/news-views/nice-guidance-selective-laser-therapy-recommended-to-treat-glaucoma-and-ocular-hypertension/>
- Pillunat KR, Herber R, Wolfram S, Jasper CS, Waibel S, Pillunat LE. Efficacy of selective laser trabeculoplasty on circadian intraocular pressure following trabeculectomy in advanced primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2021;31:96-101.
- Gazzard G, Konstantakopoulou E, Garway-Heath D, Adeleke M, Vickerstaff V, Ambler G, Hunter R, Bunce C, Nathwani N, Barton K; LiGHT Trial Study Group. 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;130:139-151.
- Kuryshva NI, Lepeshkina IV, Shatalova EO. Predictors of outcome in selective laser trabeculoplasty: a long-term observation study in primary angle-closure glaucoma after laser peripheral iridotomy compared with primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2018;27:880-886.
- Leahy KE, White AJ. Selective laser trabeculoplasty: current perspectives. *Clin Ophthalmol.* 2015;9:833-841.
- Khawaja AP, Campbell JH, Kirby N, Chandwani HS, Keyzor I, Parekh M, McNaught AI; UK Glaucoma Real-World Data Consortium. Real-world outcomes of selective laser trabeculoplasty in the United Kingdom. *Ophthalmology.* 2020;127:748-757.
- Chun M, Gracitelli CP, Lopes FS, Biteli LG, Ushida M, Prata TS. Selective laser trabeculoplasty for early glaucoma: analysis of success predictors and adjusted laser outcomes based on the untreated fellow eye. *BMC Ophthalmol.* 2016;16:206.
- Weinand FS, Althen F. Long-term clinical results of selective laser trabeculoplasty in the treatment of primary open angle glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2006;16:100-104.

28. Woo DM, Healey PR, Graham SL, Goldberg I. Intraocular pressure-lowering medications and long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015;43:320-327.
29. Gračner T. Comparative study of the efficacy of selective laser trabeculoplasty as initial or adjunctive treatment for primary open-angle glaucoma. *Eur J Ophthalmol*. 2019;29:524-531.
30. McIlraith I, Strasfeld M, Colev G, Hutnik CM. Selective laser trabeculoplasty as initial and adjunctive treatment for open-angle glaucoma. *J Glaucoma*. 2006;15:124-130.
31. Garg A, Gazzard G. Selective laser trabeculoplasty: past, present, and future. *Eye (Lond)*. 2017;32:863-876.
32. Garg A, Vickerstaff V, Nathwani N, Garway-Heath D, Konstantakopoulou E, Ambler G, Bunce C, Wormald R, Barton K, Gazzard G; Laser in Glaucoma and Ocular Hypertension Trial Study Group; Adeleke M, Ambler G, Barton K, Bourne R, Broadway D, Bunce C, Buszewicz M, Crabb D, Davis A, Garg A, Garway-Heath D, Gazzard G, Hornan D, Hunter R, Jayaram H, Jiang Y, Konstantakopoulou E, Lim S, Liput J, Manners T, Montesano G, Morris S, Nathwani N, Ometto G, Rubin G, Strouthidis N, Vickerstaff V, Wilson S, Wormald R, Wright D, Zhu H. Efficacy of repeat selective laser trabeculoplasty in medication-naïve open-angle glaucoma and ocular hypertension during the LiGHT trial. *Ophthalmology*. 2020;127:467-476.
33. Garg A, Vickerstaff V, Nathwani N, Garway-Heath D, Konstantakopoulou E, Ambler G, Bunce C, Wormald R, Barton K, Gazzard G; Laser in Glaucoma and Ocular Hypertension Trial Study Group. Primary selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma and ocular hypertension: clinical outcomes, predictors of success, and safety from the laser in glaucoma and ocular hypertension trial. *Ophthalmology*. 2019;126:1238-1248.
34. Pillunat KR, Spoerl E, Elfes G, Pillunat LE. Preoperative intraocular pressure as a predictor of selective laser trabeculoplasty efficacy. *Acta Ophthalmol*. 2016;94:692-696.
35. Nitta K, Sugihara K, Narita A, Naito T, Miki T, Katai M, Mizoue S, Yoshikawa K, Tanito M, Sugiyama K; FSS Study group. Efficacy and safety of first-line or second-line selective laser trabeculoplasty for normal-tension glaucoma: a multicentre cohort study. *BMJ Open Ophthalmol*. 2024;9:e001563.
36. De Keyser M, De Belder M, De Belder J, De Groot V. Selective laser trabeculoplasty as replacement therapy in medically controlled glaucoma patients. *Acta Ophthalmol*. 2018;96:e577-e581.
37. Miki A, Kawashima R, Usui S, Matsushita K, Nishida K. Treatment outcomes and prognostic factors of selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma receiving maximal-tolerable medical therapy. *J Glaucoma*. 2016;25:785-789.
38. Newman-Casey PA, Niziol LM, Gillespie BW, Janz NK, Lichter PR, Musch DC. The association between medication adherence and visual field progression in the collaborative initial glaucoma treatment study. *Ophthalmology*. 2020;127:477-483.
39. Susanna R Jr, De Moraes CG, Cioffi GA, Ritch R. Why do people (still) go blind from glaucoma? *Transl Vis Sci Technol*. 2015;4:1.
40. Jampel HD, Chon BH, Stamper R, Packer M, Han Y, Nguyen QH, Ianchulev T. Effectiveness of intraocular pressure-lowering medication determined by washout. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132:390-395.



Açık Açılı Glokomlu Hastalarda Gonyoskopi Yardımlı Translüminal Trabekülotomi ile Eğik İğne Ab Interno Gonyektomi Karşılaştırması

Gonioscopy-Assisted Transluminal Trabeculotomy versus Bent Ab Interno Needle Goniectomy in Patients with Open-Angle Glaucoma

✉ Ahmet Yücel Üçgül¹, ✉ Rukiye Kılıç Üçgül¹, ✉ Zeynep Aktaş²

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye

²Atılım Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Açık açılı glokomlu (AAG) hastalarda gonyoskopi yardımcı translüminal trabekülotomi (GATT) ile eğik iğne ab interno gonyektominin (BANG) etkinlik ve güvenliğini karşılaştırmak.

Gereç ve Yöntem: Bu retrospektif karşılaştırmalı çalışma, GATT (34 göz) veya BANG (31 göz) uygulanan AAG tanılı 65 gözü içermektedir. Göz içi basınç (GİB), başlangıçta ve postoperatif takip ziyaretlerinde Goldmann applanasyon tonometresi ile ölçüldü. Cerrahi başarı, kısmi (GİB ≤ 21 mmHg ve $\geq 20\%$ azalma) ve tam (aynı kriterler ilaçsız) olarak kategorize edildi. Komplikasyonlar ve ek cerrahi gereksinimi not edildi.

Bulgular: Ameliyat öncesi ortalama GİB, GATT grubunda $32,9 \pm 6,1$ mmHg iken, BANG grubunda $31,8 \pm 5,4$ mmHg idi. Son kontrolde, GATT grubunda ortalama GİB $15,8 \pm 4,5$ mmHg'ye düşerken ($51,9\%$ azalma), BANG grubunda $17,9 \pm 5,7$ mmHg'ye ($43,7\%$ azalma) düştü. Tam cerrahi başarı oranı GATT prosedürü için $88,2\%$, BANG prosedürü için $61,3\%$ 'tü. Erken cerrahi başarısızlıklar BANG grubunda daha sık görülürken, GATT grubunda erken başarısızlıklar daha nadir olsa da, geç dönemde cerrahi başarısızlıklar BANG grubuna göre daha sık izlendi. Her iki prosedürde de minimal komplikasyonlar görülmüş olup; en yaygın komplikasyon ise geçici hifemaydı.

Sonuç: Bu çalışmada, GATT cerrahisinin, BANG cerrahisine kıyasla daha büyük ve daha sürdürülebilir GİB azalması sağladığı ve daha yüksek cerrahi başarı oranlarına sahip olduğu dikkate alındığında, AAG'nin yönetiminde GATT'ın daha güvenilir bir seçenek olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Açık açılı glokom, eğik iğne ab interno gonyektomi, gonyoskopi yardımcı translüminal trabekülotomi

Abstract

Objectives: To compare the efficacy and safety of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) and bent ab interno needle goniectomy (BANG) in patients with open-angle glaucoma (OAG).

Materials and Methods: This retrospective comparative study included 65 eyes diagnosed with OAG that underwent GATT (34 eyes) or BANG (31 eyes). Intraocular pressure (IOP) was measured using Goldmann applanation tonometry at baseline and during follow-up visits. Success was categorized as qualified (IOP ≤ 21 mmHg with $\geq 20\%$ reduction) and complete (same criteria without medication). Complications and the need for further surgery were recorded.

Results: Preoperative mean IOP was 32.9 ± 6.1 mmHg for GATT and 31.8 ± 5.4 mmHg for BANG. At the final visit, mean IOP was reduced to 15.8 ± 4.5 mmHg in the GATT group (51.9% reduction) and 17.9 ± 5.7 mmHg in the BANG group (43.7% reduction). The complete success rate was 88.2% for GATT and 61.3% for BANG. Early failures were more frequent in BANG, while GATT showed fewer but later failures. Both procedures had minimal complications, with transient hyphema being the most common.

Conclusion: In this study, GATT provided greater and more sustained IOP reduction and higher long-term success rates compared to BANG, making it a more reliable option for managing OAG.

Keywords: Open-angle glaucoma, bent ab interno needle goniectomy, gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy

Cite this article as: Üçgül AY, Kılıç Üçgül R, Aktaş Z. Gonioscopy-Assisted Transluminal Trabeculotomy versus Bent Ab Interno Needle Goniectomy in Patients with Open-Angle Glaucoma. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:141-147

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Ahmet Yücel Üçgül, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye

E-posta: ahmet.yucel.ucgul@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-9945-793X

Geliş Tarihi/Received: 29.12.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 06.04.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.44773

Giriş

Glokom, tedavi edilmezse kalıcı görme kaybına yol açabilen optik sinirin dejeneratif bir hastalıdır. Çeşitli formları arasında, açık açılı glokom (AAG) en yaygın olanıdır. AAG, dünya çapında milyonlarca insanı etkilemekte ve prevalansı yaşlanan nüfusla birlikte artmaktadır.¹ Glokom tedavisinde primer amaç, göz içi basıncını (GİB) azaltarak daha fazla optik sinir hasarı ortaya çıkmasını önlemektir. Klasik birinci basamak tedavi topikal ilaçlar veya lazer trabeküloplastidir.² Ancak, özellikle topikal ilaçlar, hasta uyumunun yetersiz olması, oküler

yüzey toksisitesi ve uzun dönemde getirdiği mali yük gibi dezavantajlara sahiptir.^{3,4}

GİB, tıbbi veya lazer tedavileri ile yeterince kontrol edilemediğinde, cerrahi müdahale gerekli hale gelir. Trabekülektomi ve aköz şant implantasyonu gibi geleneksel yöntemlerin GİB'yi azaltmadaki etkinliği bilinmektedir, ancak genellikle hipotoni, enfeksiyon ve bleb ilişkili problemler gibi ciddi postoperatif komplikasyonları vardır.⁵ Bu dezavantajlar nedeniyle, daha güvenli, iyileşme süreleri daha kısa olan ve GİB'de güçlü düşüş sağlayabilen minimal invaziv glokom cerrahisi (MIGC) teknikleri geliştirilmiştir.⁶

MIGC yöntemleri arasında yer alan gonyoskopi yardımcı translüminal trabekülotomi (GATT) ve eğik iğne ab interno gonyektomi (BANG) en yaygın kullanılan yöntemlerdir. GATT, Schlemm kanalını çevresel olarak açmak için bir sütür veya mikrokater kullanılarak yapılan 360 derecelik trabekülotomidir. Böylece kollektör kanallardan aköz çıkışı artırılır.⁷ Buna karşılık, BANG yönteminde drenajı kolaylaştırmak için trabeküler ağın (TA) bir bölümünü eksize ederek eğik bir 25 veya 26 gauge iğne ile hedefli gonyotomi yapılır.⁸ Her iki tekniğin de ciddi komplikasyon riski düşüktür ve GİB ve glokom ilaçlarına bağımlılığı azaltmada umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Bu gelişmelere rağmen, AAG yönetiminde GATT ve BANG'ın etkinliği ve güvenilirliği hakkında mevcut karşılaştırmalı verilerin düzeyi sınırlıdır.⁹ Cerrahi sonuçların optimize edilmesinin önemi göz önüne alındığında, bu çalışma iki yöntemin AAG'li hastalarda GİB'i düşürme, ilaç ihtiyacını azaltma ve komplikasyon oranlarını en aza indirmedeki etkinliğini değerlendirmeyi ve birbiriyle karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem

Çalışma Helsinki Bildirgesi'nin ilkelere uygun olarak yürütüldü ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik onay alındı (karar no: 2024-16/138, tarih: 08/10/2024). Çalışmaya dahil edilen tüm hastalardan çalışmaya dahil edilmeden önce bilgilendirilmiş onam alındı.

Hasta Popülasyonu

Bu retrospektif karşılaştırmalı çalışmaya, Ahi Evran Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Kasım 2022 ile Şubat 2024 tarihleri arasında GATT veya BANG yapılan AAG tanılı hastalar dahil edildi. Primer açık açılı glokom (PAAG), psödoeksfolyasyon glokomu (PEG) veya pigmenter glokom tanısı doğrulanmış olan yetişkin hastalar çalışmaya alındı. Tüm hastaların, tolere edilebilen maksimum dozda tıbbi tedaviye rağmen, ameliyat öncesi GİB değerleri 21 mmHg veya daha yüksekti. Dışlama kriterleri, glokom cerrahisi öyküsü, açının görüntülenmesini engelleyen ciddi kornea patolojisi veya takip süresi içinde katarakt cerrahisi geçirilmesiydi. İleri evre veya son evre glokomu olan hastalar (görme alanı [GA] testinde ortalama deviasyon [OrtD] -12 dB'den daha kötü) da çalışmadan çıkarıldı. Her iki gözün ameliyat edildiği durumlarda istatistiksel yanlılığa engel olmak ve denek içi korelasyonu önlemek için analize sadece sağ göz dahil edildi.

Bu çalışmadaki tüm ameliyatlar aynı glokom cerrahisi (A.Y.Ü.) tarafından yapıldı. Hastalar, sıralı yaklaşım ile GATT veya BANG gruplarına alındı. Çalışma döneminin başlarında, hastalara öncelikle GATT yapıldı. Daha sonra BANG tekniği tanımlandığında ve benimsendiğinde, sonraki hastalar BANG grubuna alındı. Hastaların BANG grubuna alınması, yöntemin kronolojik olarak ortaya çıkışından etkilendiği için bu yöntem sonucunda tarihsel olarak kontrol edilen bir olgu serisi elde edildi.

Ameliyat Tekniği

GATT, standart bir ameliyat mikroskobu kullanılarak lokal anestezi altında yapıldı. Ön kamaraya ulaşmak için 2,2 mm'lik temporal saydam kornea insizyonu yapıldı. Ön kamara, alanı korumak ve intraoküler yapıları korumak amacıyla koheziv viskoelastik ajan (Protectalon %1,4, VSY Biotechnology, Leinfelden-Echterdingen, Almanya) ile dolduruldu. Volk TVG cerrahi gonyolens kullanılarak doğrudan gonyoskopik görüntüleme altında, 23-gauge mikrovitreoretinal bıçak kullanılarak nazal TA'da Schlemm kanalına açılan küçük bir gonyotomi yapıldı. Gonyotomiden Schlemm kanalına ucu küt 5-0 Prolen sütür sokuldu. Sütür kanal boyunca 360 derece dikkatli bir şekilde dairesel olarak ilerletildi. Dirençle karşılaşılırsa, ters yöne gidilerek tam kanülasyon sağlandı. Sütür Schlemm kanalının tüm çevresini doladıktan sonra, distal uç mikrocerrahi forseps ile kavrandı ve 360 derecelik bir trabekülotomi oluşturmak için proksimal uç çekildi. Trabekülotomi tamamlandıktan sonra viskoelastik irrigasyon-aspirasyon ile ön kamaradan uzaklaştırıldı. Ön kamara daha sonra dengeli tuz çözeltisi (DTÇ) ile yeniden oluşturuldu. Gerekli GİB korunarak herhangi bir kanamanın tamponlanmasına özen gösterildi. İşlem sonunda, sızdırmazlık sağlamak için kornea insizyonu hidrate edildi ve steroid ve antibiyotik kombinasyon damlası (Moxidexa 5 mg/1 mg, Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, Türkiye) uygulandı.

BANG, hasta sırtüstü pozisyondayken lokal anestezi altında yapıldı. Ön kamaraya ulaşmak için 2,2 mm genişliğinde temporal saydam kornea insizyonu açıldı. İşlem sırasında alanı korumak ve oküler yapıları stabilize etmek amacıyla ön kamara, koheziv viskoelastik ajan (Protectalon) ile dolduruldu. 25-gauge bir hipodermik iğnenin ucu yaklaşık 30 derece eğildi. Volk TVG cerrahi gonyolens kullanılarak nazal açı görüldü. Eğik iğne kornea insizyonundan sokuldu ve nazal TA'ya doğru yönlendirildi. Gonyoskopi altında, iğne ucu TA'ya getirildi ve TA'nın bir segmenti eksize edilerek 90 derecelik bir gonyotomi yapıldı. İğne, hedeflenen alan boyunca ilerletilerek TA çıkarıldı. Schlemm kanala komşu dokulara zarar verilmeden kanalın açıldığından emin olundu. Gonyotomi tamamlandıktan sonra viskoelastik irrigasyon-aspirasyon yapılarak ön kamaradan uzaklaştırıldı. Ön kamarayı yeniden oluşturmak ve uygun GİB'i sağlamak için DTÇ kullanıldı. Sızdırmazlık sağlamak için kornea insizyonu hidrate edildi ve steroid ve antibiyotik kombinasyon damlası (Moxidexa) uygulandı.

Ölçümler

Primer sonuç ölçütü postoperatif GİB'in azalmasıydı. GİB, her izlemde Goldmann aplanasyon tonometresi ile ölçüldü.

Ölçümlerin tutarlı olmasını sağlamak ve günlük varyasyonu en aza indirmek için tüm ölçümler sabah saatlerinde (08:00-11:00 saatleri arasında) yapıldı. GİB ameliyattan önce ve ameliyattan sonra 1. gün, 1. hafta, 1. ay, 3. ay, 6. ay, 12. ay ve son izlemde kaydedildi. Son izlem, cerrahi başarısızlık yaşayan hastalar için cerrahi başarısızlığın tespit edildiği izlem ve başarılı olanlar için son izlem olarak tanımlandı. Başarı, kısmi başarı ve tam başarı olarak kategorize edildi. Kısmi başarı, ilaç kullanımına bakılmaksızın ve ek glokom cerrahisi yapılmadan, GİB'de başlangıca göre en az %20 azalma ve GİB'in 21 mmHg veya altında olması olarak tanımlandı. Tam başarı, hasta herhangi bir glokom ilacı kullanmazken ve ek cerrahi müdahale yapılmadan hedef GİB'e ulaşılması olarak tanımlandı. Sekonder sonuç ölçütleri, ameliyattan sonra kullanılan glokom ilaçlarının sayısındaki değişiklikleri, minimum çözünürlük açısının logaritması (logMAR) cinsinden görme keskinliği ve komplikasyon insidansıydı. Ameliyattan önce ve her izlemde görme keskinliği değerlendirildi. Ayrıca, otomatik GA testindeki OrtD değerleri analiz için kaydedildi. Retina sinir lifi tabakası (RSLT) kalınlığı, global RSLT kalınlığına odaklanarak spektral alan optik koherens tomografi ile ölçüldü. Erken GİB yükselmesi, hifema ve glokom cerrahisine tekrar ihtiyaç olması gibi komplikasyonlar kaydedildi. GİB artışı, ameliyattan sonra ilk hafta içinde basıncın 30 mmHg'yi aşması olarak tanımlandı.

İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS yazılımı (sürüm 22,0; IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Sürekli değişkenler ortalama ve standart deviasyon olarak özetlenirken kategorik değişkenler yüzde olarak gösterildi. GATT ve BANG arasında grup karşılaştırmaları, normal dağılım gösteren sürekli değişkenler için bağımsız örneklem t-testi kullanılarak yapılırken, parametrik olmayan veriler için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Kategorik değişkenler, uygunluk durumuna göre ki-kare testi veya Fisher kesin olasılık testi kullanılarak değerlendirildi. İzlem süresi boyunca hem kısmi hem de tam cerrahi başarı elde etmenin kümülatif olasılığını değerlendirmek için Kaplan-Meier sağkalım analizi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılığın göstergesi olarak p değerinin 0,05'ten küçük olması kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya GATT grubunda 34, BANG grubunda 31 olmak üzere toplam 65 göz dahil edildi. Yaş ortalaması GATT grubunda 60,6±13,0 yıl ve BANG grubunda 61,1±12,2 yıl idi. Her iki grupta cinsiyet dağılımı benzerdi, kadınların oranı GATT grubunda %47,1 ve BANG grubunda %45,2 idi. Ortalama glokom süresi GATT grubunda 7,4±4,1 yıl ve BANG grubunda 5,7±3,8 yıl idi (p=0,725). Ortalama izlem süresi GATT için 13,4±4,3 ay ve BANG için 11,8±3,8 ay olup gruplar arasında anlamlı fark yoktu. Fakik ve psödo-fak gözler eşit dağılmıştı. En sık görülen tanı PEG, GATT grubundaki olguların %58,8'i ve BANG grubundaki olguların %48,4'ünde mevcuttu. [Tablo 1](#)'de, çalışmaya dahil edilen hastaların başlangıçtaki demografik ve klinik bilgileri kapsamlı şekilde sunulmuştur.

Ameliyat öncesi GİB, GATT grubunda ortalama 32,9±6,1 mmHg ve BANG grubunda 31,8±5,4 mmHg idi ve bu değerler gruplar arasında benzer bulundu. Ameliyat sonrası sonuçlar, her iki grupta da GİB'de ciddi azalma olduğunu gösterdi. Ameliyat sonrası 1. ayda, ortalama GİB GATT grubunda %56,2'lik bir azalmaya karşılık gelen 14,4±5,2 mmHg'ye ve BANG grubunda %39,9'luk bir azalmaya karşılık gelen 19,1±6,0 mmHg'ye düştü. Bu zaman noktasında iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,002). Üçüncü ayda GATT grubunda ortalama GİB 14,1±4,4 mmHg (%57,2 azalma) iken BANG grubunda 16,6±3,8 mmHg (%47,8 azalma) idi (p=0,025). Altıncı ayda GİB'deki azalma GATT grubunda daha belirgindi. Ortalama değerler GATT grubunda 16,3±2,7 mmHg iken BANG grubunda 14,6±4,1 mmHg idi, ancak fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,064). Son izlemde, GATT grubunda ortalama GİB, başlangıca göre %51,9'luk bir azalmaya karşılık gelen 15,8±4,5 mmHg oldu. Buna karşılık, BANG grubunda %43,7'lik bir azalmaya karşılık gelen 17,9±5,7 mmHg'ya geriledi. Gruplar arasında son GİB değerleri açısından istatistiksel anlamlı fark yoktu (p=0,108). [Tablo 2](#)'de, iki cerrahi tekniğin etkinlikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Her iki yöntem de ameliyat sonrası kullanılan glokom ilaçlarının sayısında anlamlı azalmaya neden olmuştur. GATT grubunda ortalama ilaç sayısı ameliyat öncesi 3,4±0,6'dan son izlemde 0,3±0,9'a düşerken, BANG grubunda ortalama ilaç sayısı 3,3±0,7'den 0,9±1,2'ye geriledi. Bu azalma, GATT grubunda istatistiksel olarak daha fazlaydı (p=0,036).

Ameliyat öncesi görme keskinliği gruplar arasında benzerdi. GATT grubunda ortalama 0,15±0,23 logMAR ve BANG grubunda 0,16±0,24 logMAR olarak ölçüldü. Son izlemde

Tablo 1. Hastaların başlangıçtaki demografik ve klinik özellikleri

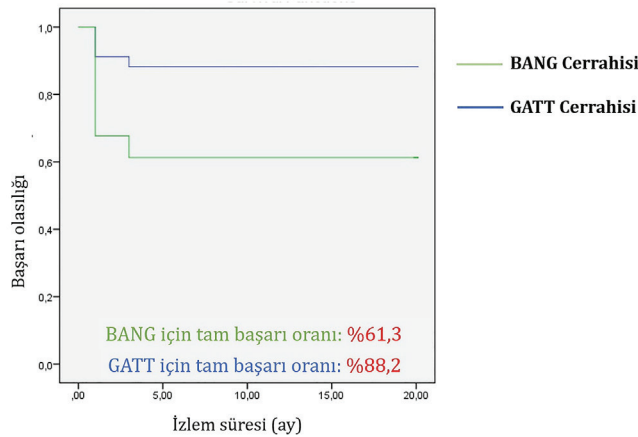
	GATT grubu (n=34)	BANG grubu (n=31)	Toplam (n=65)	p
Ortalama yaş (yıl)	60,6±13,0	61,1±12,2	60,8±12,5	0,879 ^a
Yaş aralığı (yıl)	29-81	40-80	29-81	
Kadın; n (%)	16 (47,1)	14 (45,2)	30 (46,2)	0,878 ^b
Glokom süresi (yıl)	7,4±4,1	5,7±3,8	6,6±4,0	0,725 ^c
Ortalama izlem süresi (ay)	13,4±4,3	11,8±3,8	12,7±4,1	0,108 ^a
Lens durumu, n (%)				0,859 ^b
Fakik	15 (44,1)	13 (41,9)	28 (43,1)	
Psödo-fak	19 (55,9)	18 (58,1)	37 (56,9)	
Tanı; n (%)				0,622 ^b
PAAG	13 (38,2)	14 (45,2)	27 (41,5)	
PEG	20 (58,8)	15 (48,4)	35 (53,8)	
PG	1 (2,9)	2 (6,5)	3 (4,6)	

^aBağımsız örneklem t-testi, ^bKi-kare testi, ^cMann-Whitney U testi. GATT: Gonyoskopik yardımcı transilüminal trabekülotomi, BANG: Eğik iğne ab interno gonyektomi, PAAG: Primer açık açılı glokom; PEG: Psödoeksfoliyasyon glokomu, PG: Pigmenter glokom

Tablo 2. İki farklı cerrahi yöntemin etkinlik verileri

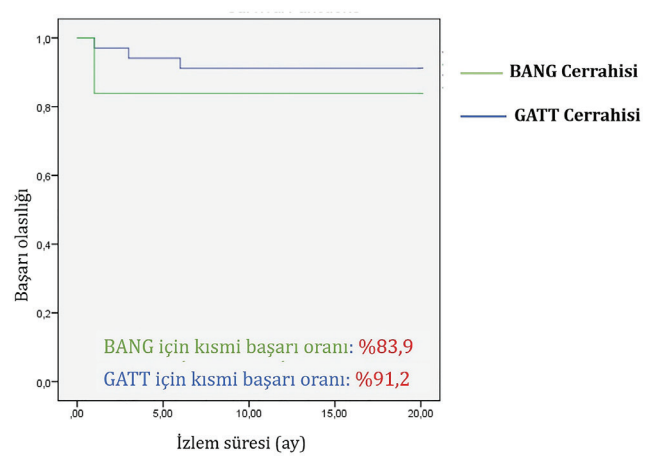
	GATT (n=34)	BANG (n=31)	Toplam (n=65)	p
Görme keskinliği (logMAR)				
Ameliyat öncesi	0,15±0,23	0,16±0,24	0,16±0,23	0,966 ^c
Son izlem	0,18±0,24	0,21±0,28	0,20±0,26	0,603 ^c
İlave glokom cerrahisi, n (%)	3 (8,8)	5 (16,1)	8 (12,3)	0,463 ^b
Erken GİB artışı, n (%)	3 (8,8)	0 (0)	3 (4,6)	0,091 ^d
GİB (mmHg)				
Ameliyat öncesi	32,9±6,1	31,8±5,4	32,4±5,8	0,424 ^a
1. ay	14,4±5,2	19,1±6,0	16,6±6,1	0,002^a
3. ay	14,1±4,4	16,6±3,8	15,2±4,3	0,025^a
6. ay	14,6±4,1	16,3±2,7	15,4±3,6	0,064 ^a
12. ay	14,5±2,9	16,2±2,2	14,8±2,8	0,278 ^a
Son	15,8±4,5	17,9±5,7	16,8±5,2	0,108 ^a
İlaç sayısı				
Ameliyat öncesi	3,4±0,6	3,3±0,7	3,3±0,6	0,252 ^c
Son	0,3±0,9	0,9±1,2	0,6±1,1	0,036^c
Merkezi RSLT kalınlığı (µm)				
Ameliyat öncesi	79,0±13,1	77,8±15,7	78,5±14,3	0,737 ^a
Son	74,8±13,0	70,9±14,2	72,9±13,5	0,249 ^a
GA'da ortalama deviasyon				
Ameliyat öncesi	-7,5±3,7	-6,8±3,5	-7,2±3,6	0,362 ^c
Son	-9,2±4,1	-8,0±3,4	-8,6±3,8	0,208 ^c

^aBağımsız örneklem t-testi, ^bKi-kare testi, ^cMann-Whitney U testi, ^dFisher kesin olasılık testi. GATT: Gonyoskopi yardımlı translüminal trabekülotomi, BANG: Eğik iğne ab interno gonyektomi, logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması, GİB: Göz içi basıncı, RSLT: Retina sinir lifi tabakası, GA: Görme alanı



Şekil 1. Gonyoskopi yardımlı translüminal trabekülotomi (GATT) ve eğik iğne ab interno gonyektomide (BANG) kısmi cerrahi başarısının Kaplan-Meier analizi. Kısmi başarı, başka glokom cerrahisi olmaksızın GİB ≤21 mmHg ve başlangıça göre GİB'de ≥%20 düşüş olarak tanımlandı. Kısmi başarı oranları gruplar arasında anlamlı farklılık göstermedi (p=0,361, Breslow testi)

GİB: Göz içi basınç



Şekil 2. Gonyoskopi yardımlı translüminal trabekülotomi (GATT) ve eğik iğne ab interno gonyektomide (BANG) tam cerrahi başarısının Kaplan-Meier analizi. Tam cerrahi başarı, antiglokom ilaç tedavisi veya başka glokom cerrahisi olmaksızın başlangıça göre GİB'de ≥%20 azalma ve GİB ≤21 mmHg olarak tanımlandı. Tam başarı oranı GATT'de BANG'den anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p=0,012, Breslow testi)

GİB: Göz içi basınç

görme keskinliği değişmedi. GATT grubunda ortalama $0,18 \pm 0,24$ logMAR ve BANG grubunda $0,21 \pm 0,28$ logMAR olarak kaldı ($p=0,603$).

PEG hastalarının alt grup analizi, psödo-fak ve fakik hastalar arasında son GİB seviyelerinde anlamlı bir fark olmadığını gösterdi ($p=0,421$). Her iki grupta da ilaç sayısında anlamlı azalma izlendi (iki grup arasında fark yoktu, $p=0,285$) ve cerrahi başarı oranları benzerdi ($p=0,537$).

GA testinde OrtD ve merkezi RSLT kalınlığı değerleri başlangıçta benzerdi. Ameliyat öncesi ortalama OrtD, GATT grubunda $-7,5 \pm 3,7$ dB ve BANG grubunda $-6,8 \pm 3,5$ dB idi ($p=0,362$). Son OrtD değerleri, GATT grubunda $-9,2 \pm 4,1$ dB ve BANG grubunda $-8,0 \pm 3,4$ dB bulundu ($p=0,208$).

Benzer şekilde başlangıç RSLT kalınlığı GATT grubunda $79,0 \pm 13,1$ μ m ve BANG grubunda $77,8 \pm 15,7$ μ m idi ($p=0,737$). Son izlemde RSLT kalınlığı GATT grubunda $74,8 \pm 13,0$ μ m ve BANG grubunda $70,9 \pm 14,2$ μ m bulundu ($p=0,249$).

Kaplan-Meier sağkalım analizi, GATT grubunda BANG grubuna kıyasla başarı oranlarının daha yüksek başarı olduğunu gösterdi. İlaç tedavisine bakılmaksızın başlangıça göre GİB'de en az %20 azalma ve GİB'in 21 mmHg'nin altına düşmesi olarak tanımlanan kısmi başarı oranı, GATT grubunda %91,2 ve BANG grubunda %83,9 idi ($p=0,361$) (Şekil 1). İlaç tedavisi olmadan aynı GİB hedefine ulaşılması olarak tanımlanan tam başarı oranı GATT grubunda %88,2, BANG grubunda %61,3 idi ($p=0,012$) (Şekil 2). GİB kontrolünün yetersiz olması nedeniyle ileri cerrahi girişim gereken tüm hastalara trabekülektomi yapıldı (GATT grubunda 3 hasta [%8,8] ve BANG grubunda 5 hasta [%16,1]). İkinci bir cerrahi müdahale ihtiyacı öncelikle ameliyat sonrası ilk 6 ay içinde ortaya çıktı (GATT grubunda 1., 3. ve 6. ayda ve BANG grubunda 1. ayda).

Her iki yöntemde de minimal komplikasyonlar ile karşılaşıldı. GATT grubunda 3 hastada (%8,8) GİB'de erken yükselmeler kaydedilirken, BANG grubunda hiçbir hastada izlenmedi. İki grup arasında anlamlı fark yoktu ($p=0,090$). Her iki grupta da tüm hastalarda farklı derecelerde hifema izlendi. Çoğu olguda bir hafta içinde spontan iyileşti ancak GATT grubunda yer alan 2 hastada ön kamaranın ameliyat sonrası 3. haftada yıkanması gerekti.

Tartışma

Bu çalışmada, AAG'li hastaların tedavisinde GATT ve BANG'nin terapötik sonuçları ve güvenliği araştırılmış ve iki yöntemin GİB'i düşürme eğilimleri ve cerrahi başarı oranları arasındaki önemli farklılıklar tanımlanmıştır. Hem GATT hem de BANG, GİB'i ve glokom ilaçlarına olan ihtiyacı önemli ölçüde azaltmış ve böylece MIGC teknikleri arasındaki yerlerini güçlendirmişlerdir. Bununla birlikte, bu sonuçların boyutu, stabilite düzeyi ve devamlılığı gruplar arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir. GATT grubunda, izlem süresi boyunca GİB'de önemli ve sürekli bir azalma görülmüştür. GATT grubunda başlangıçta $32,9 \pm 6,1$ mmHg olan ortalama GİB düzeyi ameliyat sonrası ilk ayda, $14,4 \pm 5,2$ mmHg'ye düştü. Bu, %56,2'lik bir azalmaya karşılık gelmektedir. Bu belirgin azalma korunmuş ve son ölçülen GİB düzeyi $15,8 \pm 4,5$ mmHg olmuştur. Bu, %51,9'luk bir azalmaya karşılık gelmektedir.

GİB'de görülen azalmanın stabil seyretmesi, GATT yönteminde yapılan 360 derecelik trabekülotominin, Schlemm kanalından aköz dışı akışını etkili bir şekilde artırdığını ve dışı akışta büyük ve uzun süreli iyileşme sağladığını göstermektedir. Kaplan-Meier analizi, GATT'nin kısmi başarı oranının %91,2 ve tam başarı oranının ise %88,2 olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar yöntemin ilaçlara bağımlılığı azaltarak güvenilir GİB kontrolü sağladığını göstermektedir.

Buna karşılık, BANG grubunda GİB'de azalma eğiliminin boyutu ve stabilitesi daha düşük olmuştur. Ortalama GİB ameliyat öncesi $31,8 \pm 5,4$ mmHg iken ameliyat sonrası 1. ayda $19,1 \pm 6,0$ mmHg'ye gerilemiştir. Bu fark %39,9'luk bir azalmaya karşılık gelmektedir. Zamanla, GİB'deki azalma bir platoya ulaşmış ve son ölçülen ortalama GİB $17,9 \pm 5,7$ mmHg olmuştur. Bu fark %43,7'lik bir azalmaya karşılık gelmektedir. Sadece 90 derecelik bir segmentte TA eksizyonu yapılan BANG'in etkinliği, 360 derecelik eksizyon yapılan GATT'ye kıyasla daha düşük bulunmuştur. Yapılan kısmi gonyotomi muhtemelen GİB'in uzun süreli kontrolünü önlemiş ve dışı akışa rezidüel direnç kalmasına neden olmuştur. Kaplan-Meier analizi, BANG'de kısmi başarı oranının %83,9 olduğunu göstermiştir. Tam başarı oranı ile %61,3 bulunmuştur. Bu, BANG hastalarının hedef GİB düzeylerini korumak için ilaç kullanmaya ihtiyaç duyma olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Cerrahi başarısızlık oranları iki grup arasında farklı bir eğilim gösterdi. BANG grubunda başarısızlıklar izlem döneminin başlarında meydana gelme eğilimindeydi. Bunun nedeni olasılıkla ilk iyileşme yanıtı veya trabekülotominin yetersiz olmasıydı. Bu erken dönem geçtikten sonra, ilaç bağımlılığı artsa bile GİB nispeten stabil seyretmiştir. Aksine, GATT grubunda daha az cerrahi başarısızlık yaşandı, ancak bunlar zaman içinde ortaya çıkmaya devam etti. Bu, tedavi etkinliğinde kademeli bir azalma olduğunu düşündürmektedir. Zaman içinde başarısız sonuçların ortaya çıkması, TA ve Schlemm kanalında fibrozis veya skarlaşmaya yol açabilen yara iyileşmesinden kaynaklanıyor olabilir. Bu skarlaşma, 360 derece trabekülotomi ile artırılan dışı akış kapasitesini kademeli olarak azaltabilir ve GİB'in tekrar yükselmesine ve bazı hastalarda cerrahi başarısızlığa yol açabilir.

Bu çalışmanın sonuçları, GATT ve BANG'ı karşılaştıran önceki araştırmaların bulgularıyla uyumludur ve bu konu hakkındaki bilgimizi genişletmektedir. Ayub ve ark.⁹ hem GATT hem de BANG'nin primer PAAG hastalarında GİB'i etkili bir şekilde azalttığını, ancak GİB azalmasının GATT ile daha fazla olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda benzer şekilde GATT grubunda GİB'de daha belirgin bir azalma görüldü ve ameliyat sonrası 1. ayda BANG grubunda izlenen %39,9 azalmaya kıyasla %56,2 azalma elde edildi. Ayrıca, Grover ve ark.¹⁰, GATT ile sürekli GİB kontrolü sağlandığını belirtmiş ve GİB'de ameliyattan 12 ay sonra ortalama %44 ve 24 ay sonra %37,3 azalması olduğunu bildirmişlerdir. Rahmatnejad ve ark.¹¹ GATT ile GİB'in 26,1 mmHg'den 14,6 mmHg'ye düştüğünü ve 12. ayda genel başarı oranının %63,0 olduğunu bildirmiştir. Bu GATT ile sonuçların değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir. Ayrıca, Aktas ve ark.¹² PAAG ve PEG'de

elde edilen sonuçları karşılaştırmış ve GATT'tan sonra 1. yılda başarı oranının PEG'de (%97,6) PAAG'den (%86,8) daha yüksek olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, Bukke ve ark.¹³ tarafından yapılan çalışmada, fakoemülsifikasyon ile kombine edildiğinde BANG ile 12. ayda GİB'de sadece %31,8'lik bir azalma olduğu bulunmuştur. GATT ile elde edilen etkinin daha güçlü olması, Schlemm kanalında 360 derecelik trabekülotomi yapılmasına bağlanabilirken, BANG yönteminde 90 derecelik gonyotomi yapılması hüner aközün çıkışına karşı rezidüel direnç bırakabilir. Bu karşılaştırmalı sonuçlar, GATT ile daha güçlü ve uzun süreli GİB kontrolü sağlandığını ve GİB'in ciddi şekilde azaltılması gereken hastalarda tercih edilen bir seçenek olduğunu vurgulamaktadır.

Çalışmamızda görülen cerrahi başarı oranları ve komplikasyon profilleri mevcut literatürdeki bulgularla uyumludur. Çalışmamızda, GATT grubunda tam başarı oranı %88,2'ye ulaşmıştır. Bu oran, GATT yapılan ileri glokomlu hastalar için Dar ve ark.¹⁴ tarafından bildirilen %85'lik başarı oranına benzerdir. Ayrıca, Liu ve ark.¹⁵ 4 yılda GİB'de %45 azalma elde edildiğini ve kümülatif başarısızlık oranının %53,9 olduğunu bildirmiştir. Bu, GATT etkili olsa da uzun vadede başarısızlıkların ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık, Bukke ve ark.¹³ tarafından yapılan çalışmada, fakoemülsifikasyon ile birlikte yapılan BANG'ın genel başarı oranının 12. ayda %87,5 olduğu saptanmıştır, ancak BANG tek başına yapıldığında elde edilen başarı oranları daha düşük bulunmuştur. Geçici hifema gibi komplikasyonlar hem GATT hem de BANG'de en sık görülen yan etkilerdir.

Uzun izlem süresi boyunca GİB'deki azalma, cerrahi başarı oranı ve komplikasyonları değerlendirdiğimiz çalışmamızda, GATT'ın BANG ile karşılaştırıldığında uzun süreli GİB kontrolü sağlamada daha üstün ve etkisi uzun süreli bir yöntem olduğu bulundu. Bu bulgular, cerrahi yöntemin hasta ihtiyaçlarına ve hastalık şiddetine göre seçilmesi gereken durumlarda klinisyenlere rehberlik edebilir. Başarısızlıkların detaylı şekilde değerlendirilmesi, TA'ya yapılacak müdahale miktarının uzun dönem sonuçlar açısından önemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu çalışma erken ve geç cerrahi başarısızlıkların klinik önemini vurgulayarak postoperatif beklentileri ve yönetim stratejilerini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Çalışmamız, bu boşlukları doldurarak, MİGC etkinliğinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmakta ve glokom yönetiminde kanıta dayalı karar vermeyi desteklemektedir.

Çalışmanın Kısıtlılıkları

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Çalışmanın geriye dönük tasarımı ve hastaların sıralı şekilde gruplara dağıtılmış olması yanlılığa neden olmuş olabilir ve GATT ile BANG arasında yapılan doğrudan karşılaştırmaların geçerliliğini sınırlandırabilir. Gerçek randomizasyon yapılmamış olması ve tüm ameliyatları aynı cerrahın yapmış olması, sonuçların daha geniş popülasyonlara ve değişen beceri seviyelerine genellenebilirliğini etkileyebilir. Cerrahi tekniklerin sıralı olarak uygulanmış olması, zaman içinde cerrahın deneyiminin artmasına neden olmuş ve

sonuçları daha sonra gerçekleştirilen yöntem lehine etkilemiş olabilir. Ek olarak, örneklem büyüklüğü nispeten küçüktür ve çalışmanın izlem süresi uzun dönem sonuçları veya geç ortaya çıkan başarısızlıkları tam olarak yansıtmayabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, yanlılığı en aza indirmek ve genellenebilirliği artırmak için daha çok sayıda hastanın dahil edildiği, çok merkezli ve randomize kontrollü çalışmalar olmalıdır. GİB kontrolünün devamlılığı ve geç başarısızlıkların sıklığını değerlendirmek için daha uzun izlem süresine ihtiyaç vardır.

Sonuç

Bu çalışma, AAG'de GATT'ın BANG ile karşılaştırıldığında daha büyük ve daha uzun süreli GİB azalması sağlandığını göstermektedir. GATT ile uzun dönem başarı oranının daha yüksek olması daha güvenilir olduğuna işaret etmektedir ve MİGC seçimi yapılırken akılda bulundurulmalıdır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Çalışma Helsinki Bildirgesi'nin ilkelere uygun olarak yürütüldü ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Sağlık Bilimleri Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik onay alındı (karar no: 2024-16/138, tarih: 08/10/2024).

Hasta Onayı: Çalışmaya dahil edilen tüm hastalardan çalışmaya dahil edilmeden önce bilgilendirilmiş onam alındı.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: A.Y.Ü., Konsept: A.Y.Ü., Z.A., Dizayn: A.Y.Ü., R.K.Ü., Veri Toplama veya İşleme: A.Y.Ü., R.K.Ü., Analiz veya Yorumlama: A.Y.Ü., R.K.Ü., Z.A., Literatür Arama: A.Y.Ü., R.K.Ü., Yazan: A.Y.Ü., R.K.Ü.

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

1. Kapetanakis VV, Chan MP, Foster PJ, Cook DG, Owen CG, Rudnicka AR. Global variations and time trends in the prevalence of primary open angle glaucoma (POAG): a systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:86-93.
2. Lee HP, Tsung TH, Tsai YC, Chen YH, Lu DW. Glaucoma: current and new therapeutic approaches. *Biomedicine*. 2024;12:2000.
3. Lusthaus J, Goldberg I. Current management of glaucoma. *Med J Aust*. 2019;210:180-187.
4. Yıldırım N, Bozkurt B, Yüksel N, Ateş H, Altan-Yaycıoğlu R, Ocakoğlu Ö, Burcu A, Yalvaç I, Evren Kemer Ö, Orhan M. Prevalence of ocular surface disease and associated risk factors in glaucoma patients: a survey study of ophthalmologists. *Turk J Ophthalmol*. 2022;52:302-308.
5. Gedde SJ, Schiffman JC, Feuer WJ, Herndon LW, Brandt JD, Budenz DL; Tube versus Trabeculectomy Study Group. Treatment outcomes in the tube versus trabeculectomy (TVT) study after five years of follow-up. 2012;153:789-803.
6. Tekcan H, İmamoğlu S, Mangan MS. Anterior segment changes and refractive outcomes after cataract surgery combined with gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy in open-angle glaucoma. *Turk J Ophthalmol*. 2023;53:369-376.

7. 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.
8. 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.
9. Ayub G, De Francesco T, Costa VP. Bent ab interno needle goniotomy versus gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in primary open-angle glaucoma: study protocol of a randomized clinical trial. *Trials*. 2024;25:300.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Bukke AN, Midha N, Mahalingam K, Beri N, Angmo D, Sharma N, Pandey S, Dada T. Outcomes of bent ab interno needle goniotomy with phacoemulsification in moderate to severe primary open angle glaucoma. *Indian J Ophthalmol*. 2024;72:1280-1284.
14. Dar N, Naftali Ben Haim L, Yehezkel V, Sharon T, Belkin A. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in patients with advanced glaucoma. *Indian J Ophthalmol*. 2023;71:3024-3030.
15. 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.



Göz Tembelliği Tedavisinde Dikoptik Uyarım Temelli Binoküler Yaklaşımlar

Binocular Approaches in Amblyopia Treatment Based on Dichoptic Stimulation

Demet Yabanoğlu, Hande Taylan Şekeroğlu

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Göz tembelliğinin ortaya çıkmasında binoküler işlev bozukluğunun kritik bir rol oynayabileceğinin keşfi, kontrast farkını dengeleyen her iki gözün eş zamanlı uyarım koşullarına dayanan yeni bir dikoptik uyarım yaklaşımının geliştirilmesine yol açmıştır. Bu yaklaşım, göz tembelliği tedavisinde her iki gözün birlikte çalışmasını sağlayarak göz tembelliğinin tedavisini mümkün kılmaktadır. Dikoptik tedavi yaklaşımları, göz tembelliğinde binoküler ve monoküler kayıplarda binoküler dengesizliğin önemli bir rol oynayabileceğini kabul ederken, binoküler işlev kapasitesinin korunması gerektiğini savunan bir teorik temele dayanmaktadır. Bu nedenle, bu yaklaşımlar gözlerin birlikte çalışmasını sağlamak, derinlik algısını geliştirmek ve binoküler tek görmeyi iyileştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu derleme, göz tembelliği tedavisinde binoküler işlevi iyileştirmeyi hedefleyen dikoptik uyarım tekniklerinin mevcut literatürünü sistematik bir şekilde incelemekte ve sentezlemektedir. Literatürdeki çeşitli çalışmalara dayanarak, bu tedavi yöntemlerinin temel ilkeleri açıklanmış ve geleneksel monoküler tedavi yöntemleriyle karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar vurgulanmıştır. Dikoptik tedavi tekniklerinin klinik etkinliği, göz tembelliği tedavisinde binoküler işlevin iyileştirilmesine olan katkısı, doğrultusunda değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu tedavi yaklaşımlarının farklı hasta gruplarındaki uygulama sonuçları, tedavi süreleri, etkinlik düzeyleri ve olası yan etkiler hakkında da bilgiler sunulmuştur. Derleme, dikoptik tedavi yaklaşımlarının klinik uygulamalara entegrasyonuna yönelik kapsamlı bir değerlendirme sunarak, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlı yönlerine de dikkat çekmekte ve gelecekteki kullanımına dair yol gösterici bir bakış açısı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Göz tembelliği, binoküler işlev bozukluğu, göz tembelliğinin binoküler tedavisi, dikoptik uyarım

Abstract

The discovery that binocular dysfunction may play a critical role in the development of amblyopia has led to the development of a novel approach based on contrast-rebalanced binocular stimulation of both eyes. This approach, known as dichoptic stimulation, enables the treatment of amblyopia by facilitating the cooperation of both eyes. Dichoptic treatment approaches are founded on the theoretical premise that binocular imbalance plays a significant role in both monocular and binocular impairments in amblyopia, and that preserving binocular function capacity is essential. Therefore, these approaches are designed to promote the collaborative functioning of the eyes, enhance stereopsis, and improve binocular fusion. This review systematically examines and synthesizes the existing literature on dichoptic stimulation techniques aimed at improving binocular function in the treatment of amblyopia. Based on various studies in the literature, the fundamental principles of these treatment methods are outlined, and the results obtained in comparison to traditional monocular treatments are highlighted. The clinical efficacy of dichoptic treatment methods is evaluated in terms of their contribution to enhancing binocular function in amblyopia. Additionally, information is provided regarding the outcomes, treatment durations, efficacy levels, and potential side effects of these treatment approaches in different patient groups. This review offers a comprehensive assessment of the integration of dichoptic treatment approaches into clinical practice, highlighting both their advantages and disadvantages, and aims to provide a guiding perspective on their future use.

Keywords: Amblyopia, binocular dysfunction, binocular therapies of amblyopia, dichoptic stimulation

Giriş

Binoküler İşlev Bozukluğu ve Göz Tembelliği

Göz tembelliği (ambliyopi), rutin göz muayenesinde altta yatan herhangi bir bozukluğun veya patolojinin saptanmadığı, erken görme gelişimi sırasında binoküler etkileşim bozukluğu ve orantısız füzional supresyon sonucu bir veya her iki gözde ortaya çıkan görme azlığı olarak tanımlanmaktadır.^{1,2,3} Ambliyopi her iki gözde ortaya çıkabilse de sıklıkla tek bir gözün görme keskinliği etkilendiği için geçmişte monoküler bir durum olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, geleneksel ambliyopi tedavileri, sağlıklı olduğu düşünülen diğer (dominant) gözü baskılayarak ambliyopik gözün monoküler görme keskinliğini iyileştirmeyi amaçlamıştır.⁴⁻²³ Bu tedaviler ambliyopik gözün görme keskinliğini artırmada etkili olsa da birçok kişide rezidüel

Cite this article as: Yabanoğlu D, Taylan Şekeroğlu H. Binocular Approaches in Amblyopia Treatment Based on Dichoptic Stimulation. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:148-158

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Demet Yabanoğlu, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye
E-posta: demet.aban@hacettepe.edu.tr ORCID-ID: orcid.org/0000-0003-4532-3543
Geliş Tarihi/Received: 14.08.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 07.01.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.06626

Telif Hakkı © 2025 Yazar(lar). Türk Oftalmoloji Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır.
Bu, Creative Commons Atıf-Gayri-Ticari-TürevleriYaratılamaz 4.0 (CC BY-NC-ND) Uluslararası Lisansı kapsamında açık erişimli bir makaledir.



veya tekrarlayan ambliyopi, oküler motor problemler, ince motor sorunlar ve kontrast duyarlılık bozukluklarının ortaya çıkmasını engelleyememiştir.^{24,25}

Hayvan modellerinde deneysel olarak oluşturulan ambliyopinin iyileştirilmesi için binoküler görmenin gerekli olduğunun anlaşılması, binoküler işlev bozukluğunun ambliyopi gelişiminde kritik bir rol oynadığı hipotezini ortaya çıkarmıştır.²⁶ Her iki gözde kontrast dengelendiğinde binoküler görmenin sağlanabileceğinin bulunması, ambliyopik bireylerde gizli binoküler yetilerin varlığına kanıt olarak kabul edilmiştir.^{27,28} Binoküler işlev bozukluğunun ambliyopi gelişiminde etkili bir faktör olduğu düşünüldüğünde, birçok araştırmacı binoküler yaklaşımların ambliyopi tedavisinde önemli rol oynayabileceğini öne sürmektedir.^{3,24,29} Bu bakış açısı, her iki gözü aralarındaki kontrast farkını dengeleyerek iş birliği yapmaya zorlayan binoküler temelli yeni bir dikoptik uyarım yaklaşımının geliştirilmesine yol açmıştır.²⁹

Dikoptik uyarımda, her göze farklı görüntüler gösterilerek ve yalnızca her iki gözden gelen bilgileri birleştirilerek tamamlanabilecek bir görev verilir.²⁴ Bu uyarılar, kırmızı/yeşil anaglif gözlükler (aynı nesne/sahnenin biraz farklı açılardan çekilmiş iki görüntüsünü içeren stereoskopik resim/videoları izlemek için kullanılan, biri kırmızı diğeri yeşil camlı gözlükler), shutter gözlükler (ekranla eşzamanlı olarak hızla kararıp aydınlanan, böylece her iki göze de ortak bir arka plan sunulmasına izin veren, ancak zengin, hareketli görüntünün yalnızca ambliyopik göze sunulmasını sağlayan gözlükler), polarize gözlükler, sanal gerçeklik (VR) başlıkları veya dominant gözdeki parlaklığı azaltan alçak geçiş filtreleri kullanılarak verilebilir.

Dikoptik kontrast uyarımı, her bir göze farklı kontrast düzeylerine sahip görüntülerin sunulmasını, ancak arka plan kontrastının her iki göz için aynı kalmasını içerir. Kontrastın dikoptik manipülasyonu, dominant gözün gördüğü sinyal kontrastının, binoküler görmenin mümkün olacağı bir düzeye düşürülmesi ve böylece dominant gözden kaynaklanan supresyonun ortadan kaldırılmasıyla elde edilir. Bu hassas denge noktası her ambliyopik göz için değişebilir. Gözlerin dengeli kontrast koşulları altında bilgiyi birleştirmesine izin vermenin ve ambliyopik bireyi bu uyarılara tekrar tekrar maruz bırakmanın binoküler füzyonu giderek güçlendireceği ve sonuçta gözler arası kontrast farkında azalma sağlayacağı düşünülmektedir.^{24,27,28}

Dikoptik yaklaşımlar, ambliyopik görme sisteminde binoküler fonksiyonel kapasitenin korunduğu (gizli binoküler yetiler) varsayımına dayanmaktadır.^{3,24} Dikoptik yaklaşımların birincil amacı binoküler füzyonu ve stereopsisi sağlamaktır. Aynı zamanda ikincil sonuç olarak ambliyopik gözde görme keskinliğinin iyileşmesi beklenir.³ Bunu sağlamak için, tamamlayıcı dikoptik uyarılar kullanılır, böylece görsel görev ancak sol ve sağ gözden gelen bilgiler bütünleştirilirse çözülebilmektedir.²⁴

Bu derlemenin amacı, konu ile ilgili yayımlanmış çalışmalar ışığında ambliyopi tedavisinde dikoptik uyarım yaklaşımlarını değerlendirmektir. Binoküler yaklaşımlar üç bölümde incelenmiştir. İlk bölüm, monoküler görme keskinliğini geri

kazanmak için tasarlanmış dikoptik uyarım yaklaşımlarını kapsamaktadır. İkinci bölümde, binoküler fonksiyonu geri kazanmayı amaçlayan monoküler algısal öğrenme ve dikoptik uyarım yaklaşımları tartışılmıştır. Üçüncü bölümde, binoküler fonksiyonu geri kazanmak için tasarlanmış aktif ve pasif dikoptik uyarım yaklaşımları ve kontrastın dikoptik manipülasyonu ele alınmaktadır.

1. Monoküler Görme Keskinliğini Artırmak için Dikoptik Uyarım Kullanan Yaklaşımlar

Bu yaklaşımların amacı, çocuklar için görme keskinliğini eğlenceli ve binoküler bir formatta artırarak kapama tedavisine alternatif bir ambliyopi tedavisi geliştirmektir.³⁰

İnteroküler Binoküler Tedavi Sistemi

İnteroküler binoküler tedavi sistemi (I-BiT™), kapama gerekmeden tembel gözün tercihli uyarımı için dinamik uyarılar kullanan VR tabanlı bir bilgisayar sistemidir. Orijinal I-BiT™ sistemi, monitörle eşzamanlı hızlı ışık karanlık geçişlerini sağlayan, stereoskopik monitör başlığı (cyberscope) içerir;³⁰ böylece her iki göze ortak bir arka plan sunulurken, zengin ve dinamik görüntü yalnızca ambliyopik göze iletilir. Bu cihaz ile tamamen ayrı ancak görsel olarak ilişkili iki görüntü, bir sinoptofora benzer şekilde her göze bağımsız olarak gösterilebilir.^{31,32} Bu sistemde görüntüler çeşitli yöntemlerle sunulmaktadır.³⁰ Bu yöntemler çeşitli video klipler ve oyunlar geliştirmek için kullanılmıştır. Video kliplerde, ambliyopik göz hareketli bir video görürken, dominant göz sabit bir arka plan görür. I-BiT™ sisteminde kullanılan oyunlar arasında Pac-Man'ın (Bandai Namco Entertainment Inc., Japonya) bir sürümü ve bir yarış oyunu bulunmaktadır. I-BiT™'in kullanıldığı çalışmalar [Tablo 1](#)'de özetlenmiştir.^{33,34,35,36}

I-BiT™ sistemi, geleneksel tedavilerin reddedildiği veya başarısız olduğu anizometropik, şaşılık veya anizometropik ve şaşılık tiplerinin birlikte olduğu (mikst) ambliyopisi olan 5-7 yaş arası 6 çocuğu içeren bir pilot çalışmada test edilmiştir.³³ Çalışmada, haftada 1-2 tedavi seansı yapılarak her seansta 20 dakikalık video izletilmiş ve birkaç dakika süreyle etkileşimli bir oyun oynatılmıştır. Tedaviye, ambliyopik çocukların görme keskinliği stabil hale gelene kadar (11-22 ay) devam edilmiş ve minimum çözünürlük açısının logaritması (logMAR) görme keskinliğinde ortalama 10 harflik bir iyileşme izlenmiştir.³³

Şaşılık, anizometropik veya mikst tip ambliyopisi olan 4-8 yaş arası 75 hastayı içeren çok merkezli, randomize kontrollü bir çalışmada, I-BiT™ sistemi ile 10 hafta sonra görme keskinliğinde 0,067 logMAR artış sağlanmıştır.³² Ancak stereo keskinlikte herhangi bir kazanım izlenmemiştir. I-BiT™ ile dikoptik uyarımın ambliyopik gözde önemli bir avantaj sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmadaki sınırlı başarı; kısa tedavi süresine, katılımcıların büyük kısmında daha önceki tedavi girişimlerinin başarısız olmasına ve şaşılık tipi ambliyopinin dikoptik uyarıma dayalı çalışmalarda dezavantaj oluşturmaya bağlanmıştır.³⁴

I-BiT™, ambliyopi tedavisi için etkili bir ek yöntem olarak kabul edilmektedir, ancak tedavi kesildikten sonra görme keskinliğindeki iyileşme kalıcı olmamıştır.³⁵ Özellikle prototipin

Tablo 1. Monoküler görme keskinliğini artırmak için I-BiT™ sistemini kullanan çalışmalar

Çalışmalar	Çalışma tipi	Örneklem büyüklüğü	Ambliyopi tipi	Yaş	Tedavi süresi	Seans süresi/sıklığı	Tedaviye uyum	Üç boyutlu görmede iyileşme	Görme keskinliğinde iyileşme	Yan etkiler
Waddingham ve ark. ³³ 2006	Pilot	6	Anizometropik, şaşılık veya mikst	5-7	11-22 ay	20 dk, 2 gün/hafta	%100	M/D	10 harf	Yok
Herbison ve ark. ³² 2013	Pilot	10	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-8	6 hafta	30. dk, 1 gün/hafta	%90	M/D	0,18 LogMAR	Yok
Herbison ve ark. ³⁴ 2016	Randomize kontrollü	75	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-8	6 hafta	30. dk, 1 gün/hafta	>%90	Yok	0,060 logMAR	Çift görme
Rajavi ve ark. ³⁵ 2016	Randomize kontrollü	50	Anizometropik	3-10	4 hafta	30. dk, 5 gün/hafta	M/D	M/D	0,17 logMAR	M/D
Rajavi ve ark. ³⁶ 2019	Randomize kontrollü	38	Anizometropik	3-10	4 hafta	30 dk, 5 gün/hafta	%87,5	Yok	0,08 logMAR	M/D

I-BiT™: İnteroküler binoküler tedavi sistemi, M/D: Mevcut değil (çalışmada değerlendirilmedi veya rapor edilmedi), logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması

küçük çocuklar için uygun olmaması ve evde kullanılamaması nedeniyle I-BiT™ sistemine uyumla ilgili sorunlara dikkat çekilmiştir.^{32,34} Araştırmacılar ayrıca, şaşılık ve mikst tip ambliyopi olgularında başarı sağlanması için her iki göze fovea ile hizalanmış dikoptik görüntülerin sunulması gerektiğini vurgulamışlardır.³¹

2. Binoküler Fonksiyonu Geri Kazanmak için Monoküler Algısal Öğrenme ve Dikoptik Uyarım Kullanan Yaklaşımlar

Araştırmalar, zorlu bir görsel görevi tekrar tekrar gerçekleştirmenin, özellikle geleneksel tedavilerin görme keskinliğini iyileştirmede sınırlı başarıya sahip olduğu yetişkinlerde ve yaşı büyük çocuklarda algısal performansı artırabileceğini göstermiştir.^{22,23} Ancak, ambliyopi için rutin bir tedavi yöntemi olarak kullanılan monoküler kapamanın algısal öğrenmeyi sınırladığı ve görme keskinliğinde yalnızca sınırlı bir iyileşme sağladığı belirtilmiştir. Bu kısıtlılıkların üstesinden gelmek amacıyla, araştırmacılar algısal öğrenmeyi binoküler koşullar altında sağlamaya yönelik alternatif yöntemler geliştirmiştir.

Pull-Push Algısal Öğrenme Eğitim Protokolü

Görsel duyuşal sistem, iki göz arasındaki binoküler uyarıcı etkileşimleri ve karşılıklı baskılamadan kaynaklanan rekabetle şekillenebilir.³⁷ Normal gelişim gösteren erişkinlerde, gözler arasındaki karşılıklı baskılama genellikle dengelidir. Ancak bu dengenin bozulması duyuşal göz baskınlığına neden olur.³⁷ Hemen hemen herkeste bir gözün bir dereceye kadar duyuşal olarak baskın olduğu düşünülmektedir.³⁸ Bu baskınlık aşırıya kaçtığında hem uyarıcı hem de baskılayıcı mekanizmalar yoluyla binoküler görmede bozukluğa yol açar.³⁷ Ambliyopi, aşırı duyuşal göz baskınlığı neticesinde ambliyopik gözün gözler arası baskılanması sonucu ortaya çıkan bir durum olarak tanımlanır.³⁹

Ambliyopik bireylerde duyuşal göz baskınlığının, klinik olarak normal görme keskinliğine sahip sağlıklı kontrollere kıyasla daha belirgin olduğu bildirilmiştir.⁴⁰ Pull-push algısal öğrenme eğitim protokolü (PPLT), ambliyopide aşırı duyuşal

göz baskınlığını azaltmak ve stereopsisi geliştirmek amacıyla, ambliyopik göze uyarıcı, dominant göze baskılayıcı uyarıcıları eşzamanlı gönderen bir protokol olarak geliştirilmiştir.³⁷ Dominant gözün kapanması gibi geleneksel ambliyopi tedavileri doğrudan duyuşal göz baskınlığını ele almaz.³⁷ PPLT, temel olarak dominant gözün algısını baskılayarak (pull) ve ambliyopik gözün algısını güçlendirerek (push) uyarıcı ve baskılayıcı uyarıcıların binoküler dengesini düzenlemek için tasarlanmıştır. Bu eğitim protokolünün duyuşal göz baskınlığını etkili bir şekilde azalttığı, stereo keskinliği iyileştirdiği ve klinik olarak normal binoküler görmesi olan kişilerde bile duyuşal plastisiteye önemli ölçüde katkıda bulunduğu belirtilmiştir.^{37,38,39,40} Bu sebeple bu yöntemin ambliyopi tedavisinde etkili olabileceği ileri sürülmüştür. Ancak, şimdiye kadar PPLT ile yapılan tek klinik çalışma, anizometropik ambliyopisi olan 4-17 yaş arası 36 çocuk ile normal görme keskinliğine sahip 33 çocuğu kapsamaktadır. Yirmi dakikalık eğitim seansları, hem görsel korteks hem de temporal lobu uyatarak, bu yöntemin anizometropik ambliyopide stereo keskinliğin geri kazanılmasındaki önemini ortaya koymuştur.⁴¹ Eğitimden sonra öğrenme etkilerinin 4 aydan fazla devam etmesi, PPLT'nin uzun süreli kortikal plastisite oluşturduğunu göstermektedir.³⁸

Lazy Eye Shooter

Lazy Eye Shooter, birinci şahıs aksiyon oyunu Unreal Tournament 2004 (Epic Games, 2004, CA, ABD) temel alınarak geliştirilmiş terapötik bir video oyunudur. Bu yöntemde ambliyopik birey aynı oyun sahnesini stereoskop veya video gözlük kullanarak iki farklı ekranda görmektedir (**Şekil 1**). Bu yaklaşım aynı anda algısal öğrenme, video oyunu oynama ve dikoptik uyarım sağlar. Ambliyopik bireylerden monoküler algısal öğrenme görevleri, Gabor yamaları⁴² ve dikoptik uyarım içeren özel tasarlanmış bir aksiyon video oyunu oynamaları istenir. Gabor yamaları, kare bir çerçeveye içine alınmış çapraz siyah ve beyaz çizgili bir desene sahip sinüzoidal paternlerdir.⁴³ Ambliyopi çalışmalarında, özellikle algısal öğrenme bağlamında



Şekil 1. Lazy Eye Shooter oyunu. İki oyun ekranı gösterilmektedir. İyi gören göze, soluk ekran (sağda) ve ambliyopik göze, ekstra nesnenin bulunduğu ekran (Gabor yaması; solda) gösterilmektedir. (Bayliss JD, Vedamurthy I, Bavelier D, Nahum M ve Levi D'den alınmıştır, "Lazy eye shooter: A novel game therapy for visual recovery in adult amblyopia", 2012 IEEE International Games Innovation Conference, Rochester, NY, ABD, 2012, pp. 1-4, *IEEE Proceedings* izni ile)

yaygın olarak kullanılırlar. Bayliss ve ark.⁴³ tarafından geliştirilen dikoptik uygulama yönteminde, binoküler füzyonu teşvik etmek amacıyla aynı görüntü (Gabor yamaları hariç) dominant göze kontrastı azaltılarak her iki göze gösterilir. Oyunda, katılımcılardan Gabor yaması olan hedeflere ateş etmeleri ve olmayanlara ateş etmemeleri istenir.⁴³

On dokuz-66 yaş arası 38 erişkinde Lazy Eye Shooter ile kapama tedavisini karşılaştıran bir çalışmada, 40 saatlik tedaviden sonra oyun grubunun görme keskinliğinde ($0,14 \pm 0,01$ logMAR) anlamlı bir iyileşme izlenmiştir.⁴⁴ Ortalama $0,18 \pm 0,05$ log ark saniye (arksn) kazancı ile stereo keskinlikte de anlamlı iyileşme gözlenmiştir. Ek olarak, dikoptik ve algısal öğrenme eğitimi alan katılımcılarda, kontrast duyarlılığı ve okuma hızında artış, dominant gözde görme kaybı korkusunda azalma izlenmiş ve bu gelişmeler 2 ay sabit seyretmiştir.

Ancak bu tedavi yaklaşımının bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Şiddet unsurlarının (silah, kan ve şiddet) bulunması nedeniyle Lazy Eye Shooter çocuklar için kullanılamaz.⁴⁴ Yaklaşık 40-50 saat oyun oynama zorunluluğu katılımcıların sıkılmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, mevcut tasarımı ile Gabor yamaları oyunun akışını kesmekte ve oyuncunun konsantrasyonunu etkilemektedir.^{43,44}

3. Binoküler Fonksiyonun Geri Kazanımı için Kontrast Ayarlaması Yoluyla Dikoptik Uyarım Kullanan Yaklaşımlar

Etkileşimli Yaklaşımlar

Falling Blocks

Falling Blocks, Tetris (Tetris Inc., Honolulu, HI, ABD) oyununun değiştirilmiş bir versiyonudur. Blok tabanlı yapısı sayesinde kontrastın etkili biçimde özelleştirilebilmesine olanak tanıdığı için dikoptik uyarımda Tetris tercih edilmiştir.⁴⁵ Geliştirilen ilk prototipte, blokların ambliyopik ve dominant gözlere nasıl sunulması gerektiğini belirlemek amacıyla, her birey için kontrast denge oranı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ambliyopik kişi, boşluksuz blok sıraları oluşturarak daha yüksek seviyelere

geçer. Daha yüksek seviyelerde, kontrast denge oranı yeniden hesaplanarak ve blok düşme hızı artırılarak oyunun zorluğu artırılır ancak oyun oynanamayacak kadar zorlaştırılmaz.⁴⁵

Dikoptik uyarım bu oyunda çeşitli şekillerde sunulabilmektedir. Bu uygulama, Knox ve ark.⁴⁶ ofis ortamında VR başlık kullanarak uygularken To ve ark.⁴⁵ yine ofis ortamında ek ekipman gerektirmeksizin dokunmatik bir iPod® Touch (Apple® Inc., Cupertino, CA, ABD) ile kullanmıştır. Ancak, blokların yerini değiştirmek için baş pozisyonunun sabit olmasına ve çok iyi ince motor becerilere ihtiyaç duyulması nedeniyle, bu tasarım küçük yaştaki ambliyopik çocuklar için uygun değildir.⁴⁷ Sonuçta oyun kırmızı/yeşil anaglif gözlük takarak okuma mesafesinde tutulan daha büyük bir iPad® (Apple® Inc., Cupertino, CA, ABD) ile oynanacak şekilde yeniden yapılandırılmıştır.^{47,48,49,50,51} Oyun öğeleri, ambliyop göze %100 kontrastla, diğer göze ise daha düşük kontrastla sunulmaktadır. Dominant göz için kullanılan kontrast, oyun süresine ve önceki günün performansına bağlı olarak ayarlanmakta; bu değişiklikler %10 artıştan azalmaya veya hiç değişiklik olmamasına kadar çeşitlilik gösterebilmektedir. Falling Blocks kullanılan çalışmalar [Tablo 2](#)'de özetlenmiştir.^{47,48,50,51,52,53,54,55,56}

Pediyatrik Göz Hastalığı Araştırma Grubu ("Pediatric Eye Disease Investigator Group", PEDIG) tarafından yürütülen çok merkezli iki randomize klinik çalışmada, Falling Blocks tedavisi ve kapama tedavisinin ambliyopik göz görme keskinliği üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.^{50,51} Bu çalışmalara, şaşılık (≤ 4 prizma diyoptri [PD]), anizometropik veya mikst tip ambliyopisi olan 5-12 yaş arası 385 çocuk ve 13-16 yaş arası 100 ergen dahil edilmiştir. Çalışmalarda, 16 hafta boyunca günde 1 saat evde oynanan binoküler Falling Blocks tedavisi, günde 2 saat önerilen kapama tedavisi ile karşılaştırılmıştır. Dokunmatik cihaz, oyun oynama süresini kaydetmiş ve dominant göz kontrastını otomatik olarak ayarlamıştır. On altı haftalık süre boyunca, binoküler tedavi grubunda reçete edilen günlük tedavinin en az %75'i 5-12 yaş grubunda %22; 13-16 yaş grubunda ise %13 oranında tamamlanmıştır. Ambliyopik göz görme keskinliğinde, 5-12 yaş grubunda ortalama 1,05 satır (kapama lehine 0,31 satır

Tablo 2. Binoküler fonksiyonu geri kazanmaya yönelik dikoptik uyarım ve kontrastın dikoptik ayarlamasının kullanıldığı etkileşimli yaklaşımlar

Çalışmalar	Çalışma tipi	Örneklem büyüklüğü	Ambliyopi tipi	Yaş	Tedavi süresi	Seans süresi/sıklığı	Tedaviye uyum	Stereo keskinlikte iyileşme (ortalama, log arksn)	Görme keskinliğinde iyileşme	Yan etkiler
Falling blocks										
Li ve ark. ⁴⁸ 2014	Olgu-kontrol	75	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-12	4 hafta	4 saat/hafta	M/D	%11	0,08±0,01 logMAR	M/D
Birch ve ark. ⁴⁷ 2015	Olgu-kontrol	50	Anizometropik, şaşılık veya mikst	3-7	4 hafta	4 saat/hafta	%59	Yok	0,14±0,02 logMAR	M/D
Holmes ve ark. ⁵⁰ 2016	Randomize kontrollü	385	Anizometropik, şaşılık veya mikst	5-12	16 hafta	1 saat/hafta	%22	Yok	1,05 satır	Kayma, çift görme
Manh ve ark. ⁵¹ 2018	Randomize kontrollü	100	Anizometropik, şaşılık veya mikst	13-16	16 hafta	1 saat/hafta	%13	Yok	3,7 harf veya 0,74 satır	Kayma, çift görme
Dig Rush										
Kelly ve ark. ⁵² 2016	Randomize kontrollü	28	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-10	2 hafta	5 gün/hafta, 1 saat/gün	%100	Yok	0,15±0,08 logMAR	Yok
Kelly ve ark. ⁵⁴ 2018	Randomize kontrollü	41	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-10	2 hafta	5 gün/hafta, 1 saat/gün	%94	4,46±0,79	0,14±0,09 logMAR	M/D
Holmes ve ark. ⁵⁵ 2019	Randomize kontrollü	138	Anizometropik, şaşılık veya mikst	7-12	8 hafta	5 gün/hafta, 1 saat/gün	%97	Yok	2,3 harf	Kayma, çift görme
Manny ve ark. ⁵⁶ 2022	Randomize kontrollü	182	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-6	8 hafta	5 gün/hafta, 1 saat/gün	%78	Yok	1,3 logMAR	Çift görme
M/D: Mevcut değil (çalışmada değerlendirilmedi veya rapor edilmedi), logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması, arksn: Ark saniye										

fark) ve 13-16 yaş grubunda 0,74 satır (kapama lehine 0,52 satır fark) iyileşme gözlenmiştir. Ancak, binoküler tedavi gruplarında başlangıç değerlerine kıyasla stereo keskinlik ölçümlerinde anlamlı bir değişiklik bildirilmemiştir.^{50,51}

Genel olarak, Falling Blocks tedavisinin uygulandığı çalışmalar, bu tedavinin ambliyopik yetişkinlerde görme keskinliği ve stereo keskinlikte daha anlamlı iyileşme sağlayabileceğini öne sürmektedir.^{45,47,48,49,50,51} Çalışma sonuçlarındaki farklılıklar, kontrast denge noktalarının bireye özgü ayarlanıp ayarlanmadığına, dikkat veya motivasyondaki yaşa bağlı farklılıklara ve kontrollü laboratuvar ortamı ile ev ortamı arasındaki farklılıklara bağlanabilir.⁴⁸ PEDIG, Falling Blocks tedavisiyle elde edilen görme keskinliği kazanımlarının, günde 2 saatlik kapama tedavisi kadar etkili olmadığını öne sürmüştür.^{50,51} Bu sonuçların olası nedenleri arasında ilk ve son değerlendirmelerin zamanlaması ve tedavi süresindeki farklılıklar sayılabilir. Bazı çalışmalarda, hastalar daha kısa tedavi sürelerinden (4 hafta) sonra değerlendirilirken,^{45,47,48} PEDIG çalışmalarında daha uzun bir süre (16 hafta) sonra değerlendirilmiştir.^{50,51} Ancak, Li ve ark.⁴⁹ binoküler tedavi



Şekil 2. Dig Rush. Yüksek kontrastlı kırmızı ögeler (madenciler ve ateş topu) ambliyopik göze gösterilir. Dominant göze ise düşük kontrastlı mavi ögeler (altın ve platformlar) gösterilir. Gri ögeler (kayaçlar ve zemin) her iki göze de gösterilir. (Vision'ın izni ile Boniquet-Sanchez ve Sabater-Cruz'dan⁵³ çoğaltılmıştır)

ile elde edilen görme keskinliği kazanımının 12 aya kadar devam edebileceğini öne sürmüştür. Daha büyük bir etki elde edilememesinin bir başka nedeni, katılımcıların oyuna olan ilgilerini kaybetmeleridir. Bu durum, tedaviye uyum sorunlarının ele alınmasının ve tedaviyi daha ilgi çekici hale getirecek sürükleyici çocuk oyunları, binoküler birinci şahıs aksiyon oyunları ve binoküler film izleme uygulamaları gibi yenilikçi alternatiflerin geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Dig Rush

Dig Rush, kırmızı/yeşil anaglif gözlükler kullanarak iPad ile oynanan bir aksiyon-macera oyunudur. Oyuna ilişkin kapsamlı bilgi Kelly ve ark.⁵² tarafından sunulmaktadır. Kırmızı/yeşil anaglif gözlükler, her bir göze farklı oyun öğelerinin gösterilmesini mümkün kılmaktadır. Oyunda, yüksek kontrastlı öğeler (madenciler ve canavarlar) ambliyopik göz tarafından, düşük kontrastlı öğeler (maden arabası, altın ve ateş) dominant göz tarafından görülebilmektedir (**Şekil 2**).⁵³ Oyunda, ambliyopik gözün kontrast seviyesi %100'e ayarlanmıştır; dominant gözün başlangıç kontrast seviyesi ise hekim tarafından belirlenebilmektedir. Oyunda başarı sağlandıkça dominant gözün kontrastı artarken 30 dakikada başarı sağlanamaması kontrastın azalmasına neden olmaktadır. Dokunmatik cihaz, oyun süresini ve dominant göz kontrastını kaydederek başarı oranına göre kontrastı otomatik olarak ayarlamaktadır.

Dig Rush kullanılan çalışmalar **Tablo 2**'de özetlenmiştir. Çok merkezli iki randomize kontrollü çalışmada, PEDIG, Dig Rush'ın ambliyopik göz görme keskinliği üzerindeki etkilerini sadece gözlük kullanımı ile karşılaştırmıştır.^{55,56} Bu çalışmalardan ilkinde, şaşılık (≤ 4 PD), anizometropik veya mikst tip ambliyopisi olan 7-12 yaş arası 138 çocuk dahil edilmiş ve tedaviye objektif uyumun 4. haftada %58 ve 8. haftada %56 olduğu bildirilmiştir. Binoküler tedavi grubunda ambliyopik gözün görme keskinliğinde 4. haftada 1,3 harf ve 8. haftada 2,3 harflik bir iyileşme izlenmiştir. Ancak, stereo keskinlik ölçümlerinde başlangıç değerlerine kıyasla anlamlı fark gözlenmemiştir.⁵⁵

Dig Rush çalışmalarına dahil edilen yaş grupları farklılık göstermektedir. Kelly ve ark.^{52,54} çalışmalarına 4-10 yaş arası çocukları dahil ederken, PEDIG çalışmalarına^{55,56} 7-12 ve 4-6 yaş arası çocuklar dahil edilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları arasındaki farklılıklar yaş gruplarının farklı olmasına bağlanmıştır.^{54,55} İleri yaş grupları, daha önce ambliyopi tedavisi (kapama, atropin vs.) almış olabileceğinden bir tedavi platosuna ulaşmış olabilirler; bu durum yeni tedavilere daha az duyarlı olmalarına neden olarak sınırlı bir iyileşme sağlayabilir. Daha genç yaş grupları ve/veya daha önce ambliyopi tedavisi almamış çocuklar binoküler tedavilere daha duyarlı olabilir. Bununla birlikte, aynı protokol 4-6 yaş arası çocuklara uygulandığında, 4. haftada gözlenen görme keskinliği iyileşmeleri 8. haftada korunmamıştır. Öngörülen tedavi süresine uyumdaki değişkenlik de tutarsız sonuçların bir nedeni olabilir.^{54,55} Kelly ve ark.^{52,54} tarafından yapılan çalışmalarda uyum oranının yüksek olmasının (%87-100) görme keskinliği ve binoküler sonuçlarda anlamlı iyileşme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık, PEDIG çalışması, 7-12 yaş arasındaki çocuklarda %56-75 arasında

değişen uyum oranları bildirmiştir.⁵⁵ PEDIG, bunu Dig Rush oyununun tasarımına bağlamış ve oyunun daha küçük çocuklar için daha çekici olacağı varsayımıyla, 4-6 yaş grubunu içeren sonraki bir çalışmada daha yüksek uyum oranları beklemiştir. Ancak beklentilerin aksine, bu daha küçük yaş grubunda %43-57 arasında daha düşük uyum oranları gözlemlenmiştir.⁵⁶ Bu bulgular, Dig Rush oyununa uyumun yaş grubuna ve bireysel özelliklere bağlı olarak değişebileceğini düşündürmekte ve oyun temelli tedavilerin etkinliğini değerlendirirken yaşa bağlı farklılıkları dikkate almanın önemini vurgulamaktadır.

Vivid Vision®

Vivid Vision® (Vivid Vision Inc., San Francisco, CA, ABD) oyunları, VR gözlükler ile dikoptik görsel deneyim sağlayan oyunlardır. Orijinal adı Diplopia olan oyunlar artık şirketin adı olan Vivid Vision® olarak bilinmektedir. Kendisi de şaşılık ve ambliyopi hastası olan Blaha ve Gupta⁵⁷ tarafından 2014 yılında tasarlanan Diplopi modu, her göze farklı bir görüntü sunarak gözlerin oyunda başarılı olmak için birlikte çalışmasını zorunlu kılar. Amaç, her bir göze verilen bilgiyi sınırlayarak oyuncunun her iki görsel girdiyi tek bir tutarlı görüntüye dönüştürmesini teşvik etmektir.

Anizometropik ambliyopisi olan 17-69 yaş arası 17 yetişkinin katıldığı bir pilot çalışmada, haftada iki kez oynanan ve 40 dakika süren Vivid Vision® oyunlarından 4 hafta sonra, ambliyopik gözde hem görme keskinliğinde hem de stereo keskinlikte anlamlı iyileşme izlenmiştir (**Şekil 3**).⁵⁸ Bu iyileşmeler oyun içinde yapılan test ölçümleriyle uyumlu bulunmuş ve dirençli çift görme veya başka bir yan etki bildirilmemiştir.⁵⁹

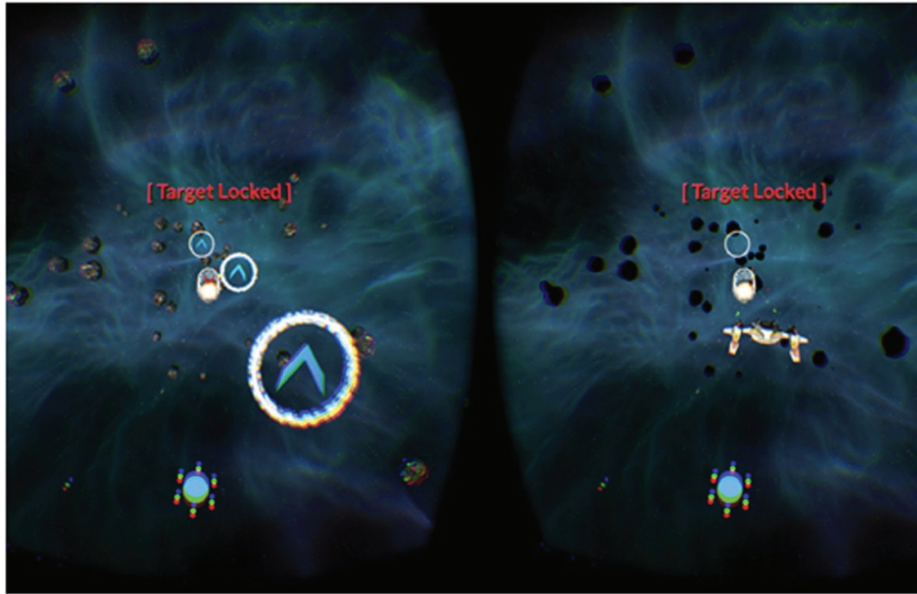
Ancak, Vivid Vision® oyunlarının kısıtlılıkları vardır. Geliştiriciler, VR gözlüklerin neden olduğu simülasyon hastalığının,⁶⁰ özellikle çocuklar için önemli bir engel oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, VR gözlüklerin akomodasyon değişikliklerini takip edememesi ve tasarımın başa tam oturmaması, sistemin daha küçük çocuklarda kullanılamamasının diğer nedenleridir. Şaşılık ambliyopisi olgularında anormal retinal korespondans gelişmesi riski konusunda da endişeler mevcuttur.

Pasif Yaklaşımlar

Kontrast Dengeli Dikoptik Filmler

Dikoptik filmler, popüler animasyon filmleri veya televizyon programlarının dikoptik biçimde hazırlanmış uzun uyarlamalarıdır. Bu filmler, polarize^{61,62,63} veya shutter gözlükler,⁶⁴ VR başlıklar⁶⁵ veya ek görüntüleme ekipmanı olmadan özel cihazlarla⁶⁶ görüntülenebilmektedir. Böyle bir filmin bir örneği **Şekil 4**'te gösterilmiştir.

Şaşılık (≤ 5 PD), anizometropik veya mikst tip ambliyopisi olan 4-10 yaş arası 8 hastanın dahil edildiği bir pilot çalışmada, dikoptik filmlerin 2 hafta boyunca, haftada 3 kez laboratuvar ortamında izlenmesinin etkisi görme keskinliği, stereo keskinlik ve gözler arası supresyon açısından değerlendirilmiştir.⁶¹ Ambliyopik gözde görme keskinliğinde ortalama 2,0 logMAR anlamlı iyileşme meydana gelmiştir. Stereo keskinlik veya gözler arası supresyonda anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu iyileşme düzeyi özellikle küçük yaş grubunda (3-6 yaş) ve



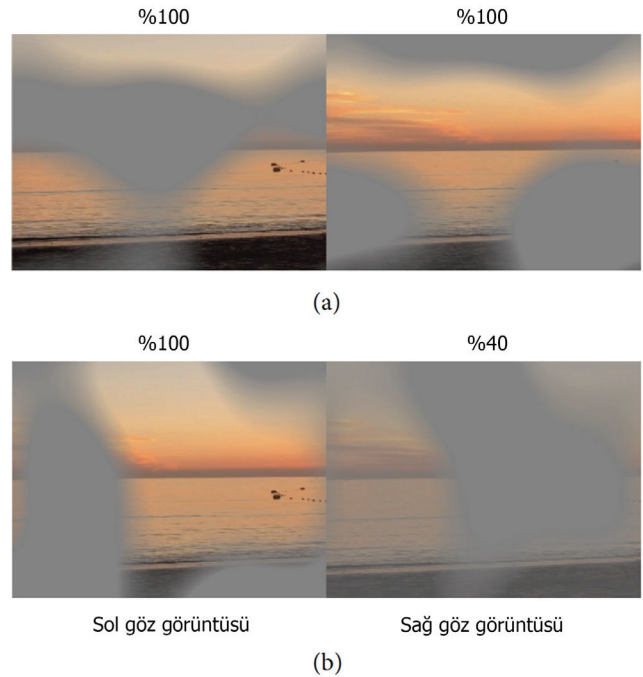
Şekil 3. Vivid Vision® Ring Runner. Bu uzay oyununda, görüntünün merkezi bölümü farklılaştırılarak bir dikoptik ortam oluşturulmuştur. Renkli kapılar ve asteroidler sadece ambliyopik gözle görülebilenken, uzay gemisi sadece dominant gözle görülebilmektedir. Uzay gemisi, hile yapılmasını önlemek için dominant göze sunulur, çünkü oyundaki tüm nesneler ambliyopik gözle görülürse, hastanın dominant gözü kapatarak monoküler olarak ambliyopik gözü kullanma riski vardır (*BMC Ophthalmology*'nin izni ile Žiak ve ark.'dan³⁸ çoğaltılmıştır)

şiddetli ambliyopi olgularında ($\geq 0,7$ logMAR) daha yüksek bulunmuştur.⁶² Tedavi başlangıcında ölçülebilir stereo keskinlik değerlerine (170 arsn) sahip anizometropik ambliyopi olgularında stereo keskinlik, tedaviden sonra anlamlı artış (85 arsn) göstermiştir.⁶⁴ Ek olarak, stereo keskinlikteki bu kazanım, ambliyopik gözün hem başlangıç görme keskinliğiyle hem de görme keskinliğindeki mutlak artışla ilişkili bulunmuştur. Pasif dikoptik yaklaşımların kullanıldığı çalışmalar [Tablo 3](#)'te özetlenmiştir.

Ortalama yaşı 34 olan 17 ambliyopik bireyin dahil edildiği bir çalışmada, terapötik film seanslarından önce ambliyopik gözün 2 saat kapatılmasının, ambliyopik gözde görme keskinliğinde anlamlı iyileşme sağladığı ve 1 aylık izlemde kazanımların devam ettiği gösterilmiştir.⁶³ Bu çalışma, kısa süreli monoküler yoksunluğun, uyarıcı/baskılayıcı dengesindeki değişiklikler üzerinden binoküler beyin plastisitesini aktive edebileceğini ve potansiyel olarak dikoptik eğitimin sonuçlarını iyileştirebileceğini göstermiştir.⁶³

Bu bulgular, pasif dikoptik film eğitiminin ambliyopik yetişkinlerde ve daha büyük çocuklarda stereo keskinliği artırabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, 2 hafta boyunca haftada 3 kez film izleme tedavisinin, görme keskinliğini ve stereo keskinliği artırmada, günde 2 saat kapama tedavisinden daha etkili olduğu bulunmuştur.⁶⁶

Dikoptik filmlerdeki en yeni gelişme Luminopia™ One (Luminopia Inc., Cambridge, MA, ABD) tedavisidir. FDA onaylı ilk dijital tedavi olan Luminopia™ One, anizometropik ve/veya hafif şaşılık olan 4-7 yaş arası çocukların bir göz hekimi gözetiminde, VR set aracılığıyla yaklaşık 700 saatlik



Şekil 4. Dikoptik film kesitleri (a, b) 10 saniyelik aralıklarla. a) Görüntüler %100 kontrastla her iki göze gösterilmektedir. b) Ambliyopik göze yüksek kontrastlı görüntü gösterilirken, dominant göze düşük kontrastlı görüntü gösterilir (*Neural Plasticity*'nin izniyle Sauvan ve ark.'dan⁶³ çoğaltılmıştır)

Tablo 3. Binoküler fonksiyonu geri kazanmaya yönelik dikoptik uyarım ve kontrastın dikoptik ayarlamasının kullanıldığı pasif yaklaşımlar

Çalışmalar	Çalışma tipi	Örneklem büyüklüğü	Ambliyopi tipi	Yaş (y)	Tedavi süresi	Seans süresi/sıklığı	Tedaviye uyum	Üç boyutlu görmede iyileşme	Görme keskinliğinde iyileşme	Yan etkiler
Dikoptik filmler										
Li ve ark. ⁶¹ 2015	Prospektif kohort	8	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-10	2 hafta	3 gün/hafta	M/D	Yok	2 logMAR	M/D
Birch ve ark. ⁶² 2019	Prospektif kohort	27	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-10	2 hafta	3 gün/hafta	M/D	Yok	0,15±0,10 logMAR	M/D
Sauvan ve ark. ⁶³ 2019	Prospektif kohort	17	Anizometropik, şaşılık veya mikst	9-67	2 hafta	3 gün/hafta	M/D	M/D	0,08 logMAR	M/D
Jost ve ark. ⁶⁶ 2022	Randomize kontrollü	60	Anizometropik, şaşılık veya mikst	3-7	2 hafta	3 gün/hafta	%95	0,12 log arksn	0,07 logMAR	M/D
Bossi ve ark. ⁶⁴ 2017	Kohort	22	Anizometropik, şaşılık veya mikst	3-11	8 hafta	1 saat/gün	%68	165±182 log arksn	0,39±0,25 logMAR	Yok
Luminopia™ One										
Xiao ve ark. 2022 ⁶⁵	Randomize kontrollü	105	Anizometropik, şaşılık veya mikst	4-8	12 hafta	1 saat/gün, 6 gün/hafta	%88,2	Yok	0,18 logMAR	Baş ağrısı, kayma
M/D: Mevcut değil (çalışmada değerlendirilmedi veya rapor edilmedi), logMAR: Minimum çözünürlük açısının logaritması, arksn: Ark saniye										

popüler televizyon programları ve filmleri izlemesine olanak sağlar.⁶⁷ VR başlıklarının küçük yaştaki çocuklarda kullanımına ilişkin sorunlar göz önünde bulundurularak, Luminopia™ One, ayarlanabilir pupiller mesafe ve çocukların baş yapısına uygun sabitleyici kayış sistemiyle özel olarak tasarlanmıştır. Cihazın terapötik görsel girdisi, her bir göze VR başlık aracılığıyla iletilmekte olup, bu süreç önceden akıllı telefona yüklenmiş bir yazılım uygulaması tarafından kontrol edilmektedir.

Pilot bir çalışmadan elde edilen cesaret verici sonuçların ardından,⁶⁸ tam zamanlı gözlük kullanımı ile 12 hafta boyunca haftada 6 gün, günde 1 saat süreyle Luminopia™ One kullanılarak uygulanan dikoptik tedaviyi karşılaştırmak amacıyla çok merkezli, randomize kontrollü bir çalışma yürütülmüştür.⁶⁵ Bu çalışmanın sonuçları, 12 haftalık tedaviden sonra, ambliyopik göz görme keskinliğinin dikoptik tedavi grubunda tam zamanlı gözlük grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha iyi olduğunu göstermiştir.

Dikoptik Uyarıma Dayalı Binoküler Yaklaşımların Tartışmalı Yönleri

Dikoptik uyarıma dayalı binoküler yaklaşımların kullanıldığı çalışmalar, binoküler görmeyi teşvik ederek ve görme korteksinde baskılayıcı etkileşimleri azaltarak binoküler işlev bozukluğunu doğrudan hedef alan ambliyopi tedavilerinin geliştirilmesine olan ilgiyi artırmıştır.^{3,24} Pilot çalışmalarda stereo keskinlikte iyileşme olduğu bildirilmesine rağmen,^{39,41,43,47,58,64} bu sonuçlar çok merkezli randomize kontrollü çalışmalarla desteklenmemiştir. Dominant gözde kontrastın ne kadar azaltılacağı, tedavi boyunca kontrast değişim hızı ve eşit kontrast elde edildikten sonra tedavinin devam edip etmeyeceği konusunda temel belirsizlikler devam etmektedir.^{50,51} Bireyler arasındaki ambliyopi şiddetinin değişkenliği, başlangıç ve takip eden kontrast oranlarının her bir ambliyopik hastaya özel olarak belirlenmesini gerekli kılmaktadır.⁴⁵ Ayrıca, 0 ile 2000 arksn arasındaki eşikleri ölçebilen bir stereo keskinlik testinin

bulunmaması, başlangıçta ölçülebilir stereo keskinliğe sahip birey sayısında azalmaya yol açmıştır. Bununla birlikte, farklı yaş gruplarında farklı stereo keskinlik testlerinin kullanılması, sonuçların karşılaştırılabilirliğini azaltabilmektedir.⁴⁶ Ayrıca, binoküler tedavi sonucu gözlenen iyileşmenin öğrenme etkisinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı konusunda endişeler vardır. Ancak dominant gözün görme keskinliğini değerlendiren çalışmalarda anlamlı bir artış gözlenmemiştir, bu da ambliyopik gözdeki iyileşmelerin öğrenme sonucu ortaya çıkma olasılığının düşük olduğunu düşündürmektedir.^{50,51,55,56,61,62,63,64}

Dikoptik uyarıma dayalı binoküler tedaviyi etkili bir şekilde uygulamak, maksimum hasta sayısına ulaşmak ve monoküler yaklaşımlarla rekabet edebilmek için, hastaların evde kullanabilecekleri tedavi alternatiflerine acil ihtiyaç vardır.⁴⁵ Ancak, bu yaklaşımdaki en etkili modeller genellikle klinik ortamda uygulanan, hekim gözetiminde yürütülen ve hastanın bireysel hedeflerine göre uyarlanmış tedavi yaklaşımlarıdır. Ayrıca, tedaviye uyumun takip edilmesi için tutulan elektronik kayıtlar ile ebeveyn bildirimleri arasındaki tutarsızlıklar, gerekli ekipmanın gerçekten kullanılıp kullanılmadığına dair belirsizlikler ve tedavinin ambliyop hasta tarafından bizzat uygulanmamış olma olasılığı, ev temelli tedavilerin güvenilirliğini sorgulatan önemli unsurlardır.^{50,51,55,56}

Şaşılık veya mikst tip ambliyopisi olan hastalarda yapılan binoküler tedavi çalışmalarına, sadece ameliyat sonrası veya gözlükle kayma açısı 4-5 PD veya daha az olanlar dahil edilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçların daha büyük kayma açısına sahip olgular veya yoksunluk ambliyopisi (konjenital katarakt vs.) gibi diğer ambliyopi türlerine genellenmemesi gerektiğini vurgulamışlardır.^{52,54}

Dikoptik uyarıma dayanan binoküler tedavilerin etki mekanizması anti-supresyon yolları üzerinden etkili olabileceğinden, bu tedavilerin diplopi gelişimine yol

açabileceğine dair endişeler dile getirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda diplopi nadiren bildirilmiştir.^{50,56}

Ambliyopi rehabilitasyonu için binoküler yaklaşımlara ilgi artmasına rağmen, dikoptik uyarımın kalabalıklaşma (*crowding*) fenomeni üzerinde etkisinin araştırıldığı çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.^{69,70} Ambliyopide kontrast duyarlılık kaybının monoküler koşullarda kalabalıklaşma etkisini artırdığı bilinmektedir. Algısal öğrenmeye dayalı ambliyopi tedavilerinde monoküler kontrast duyarlılık arttıkça kalabalıklaşma etkisinin azaldığı görülmüştür.⁷¹ Erken dönem araştırmalar, kalabalıklaşma etkisinin dikoptik olarak da ortaya çıkabileceğini göstermiştir; ancak farklı uyaran türlerinin (uyaran benzerliği, görsel ortam düzeni ve dikkat) seçici doğası, çalışmalar arasındaki karşılaştırmaları güçleştirmektedir.⁷² Binoküler yaklaşımlara yönelik birkaç pilot çalışma, gözler arasındaki kontrast farkının dikoptik uyarım yoluyla dengelenmesinin kalabalıklaşma etkisini azaltabileceğini öne sürmüştür.⁷³ Ancak bu alandaki kapsamlı araştırmaların yetersizliği, binoküler yaklaşımların kalabalıklaşma etkisini nasıl azaltabileceğine dair anlayışımızı sınırlamakta ve bu yöntemlerin görsel rehabilitasyonda etkili bir müdahale olarak potansiyelini kısıtlamaktadır.

Sonuç

Dikoptik temelli binoküler tedaviler, binoküler işlev bozukluklarını doğrudan ele alıp binoküler görmeyi destekleyerek ambliyopi tedavisinde önemli ilerlemeler sunmaktadır. Bu yaklaşımlar, görsel korteksteki baskılayıcı etkileşimleri azaltarak stereo keskinlikte iyileşme ve kalabalıklaşma etkisinde hafifleme amaçlamaktadır. Pilot çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmesine rağmen, bu bulgular henüz geniş çaplı, çok merkezli randomize kontrollü çalışmalarla doğrulanmamıştır. Dominant gözde ne kadar kontrast azaltılması gerektiği, görme düzeyindeki iyileşmenin hızı ve eşit kontrast sağlandıktan sonraki tedavi süresi gibi temel parametrelerde belirsizlikler devam etmektedir. Ayrıca, ambliyopi şiddetindeki bireysel farklılıklar, kişiselleştirilmiş tedavi protokollerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Evde uygulanabilen yaklaşımlar, erişilebilirliği ve hasta iş birliğini artırma açısından avantajlı görünse de uygulama sürecine uyum ve güvenilirlik ile ilgili kaygılar tedavi etkinliğini kısıtlamaktadır. Bunun yanı sıra, nadir de olsa, anti-supresyon yolları üzerinden diplopi gelişme potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm bu zorluklara rağmen gelecekteki araştırmalarla mevcut sınırlamaların aşılması ve kalabalıklaşma etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılması halinde dikoptik tedaviler, ambliyopi tedavisinde önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: D.Y., H.T.Ş., Konsept: D.Y., H.T.Ş., Dizayn: D.Y., H.T.Ş., Veri Toplama veya İşleme: D.Y., H.T.Ş., Analiz veya Yorumlama: D.Y., H.T.Ş., Literatür Arama: D.Y., H.T.Ş., Yazan: D.Y., H.T.Ş.

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

1. Wright KW, Yi Ning J, Strube YNJ, eds. Pediatric ophthalmology and strabismus 3rd ed. USA; Oxford University Press; 2012:231-247.
2. Fu VL, Norcia AM, Birch EE. Fusional suppression in accommodative and infantile esotropia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2006;47:2450.
3. Birch EE. Amblyopia and binocular vision. Prog Retin Eye Res. 2013;33:67-84.
4. Yıldız AA, Bardak Y. Effectiveness of patching in correcting refractive errors in cases with anisometropic amblyopia. Turk J Ophthalmol. 2014;4:385-388.
5. Loudon SE, Simonsz HJ. The history of the treatment of amblyopia. Strabismus. 2005;13:93-106.
6. Repka MX, Beck RW, Holmes JM, Birch EE, Chandler DL, Cotter SA, Hertle RW, Kraker RT, Moke PS, Quinn GE, Scheiman MM; Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of patching regimens for treatment of moderate amblyopia in children. Arch Ophthalmol. 2003;121:603-611.
7. Holmes JM, Kraker RT, Beck RW, Birch EE, Cotter SA, Everett DE, Hertle RW, Quinn GE, Repka MX, Scheiman MM, Wallace DK; Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of prescribed patching regimens for treatment of severe amblyopia in children. Ophthalmology. 2003;110:2075-2087.
8. Stewart CE, Moseley MJ, Stephens DA, Fielder AR. Treatment dose-response in amblyopia therapy: the Monitored Occlusion Treatment of Amblyopia Study (MOTAS). Invest Ophthalmol Vis Sci. 2004;45:3048-3054.
9. Stewart CE, Stephens DA, Fielder AR, Moseley MJ; ROTAS Cooperative. Objectively monitored patching regimens for treatment of amblyopia: randomised trial. BMJ. 2007;335:707.
10. Vagge A, Gunton KB, Schnall B. A pilot study using electronic reminders for amblyopia treatment. Strabismus. 2018;26:184-190.
11. von Noorden GK, Campos EC. Patching regimens. Ophthalmology. 2004;111:1063-1066.
12. Somer D, Yabanoğlu D. Current refractive adaptation process and approach to patching treatment in amblyopia in light of studies monitoring patching time: traditional review. Türkiye Klinikleri J Ophthalmol. 2022;31:92-100.
13. Kushner BJ. Patching regimens for amblyopia. Ophthalmology. 2005;112:736-737.
14. Pediatric Eye Disease Investigator Group; Wallace DK, Lazar EL, Holmes JM, Repka MX, Cotter SA, Chen AM, Kraker RT, Beck RW, Clarke MP, Lorenzana JJ, Petersen DB, Roberts JT, Suh DW. A randomized trial of increasing patching for amblyopia. Ophthalmology. 2013;120:2270-2277.
15. Pediatric Eye Disease Investigator Group. Pharmacological plus optical penalization treatment for amblyopia: results of a randomized trial. Arch Ophthalmol. 2009;127:22-30.
16. Repka MX, Gallin PE, Scholz RT, Guyton DL. Determination of optical penalization by vectographic fixation reversal. Ophthalmology. 1985;92:1584-1586.
17. Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of atropine vs. patching for treatment of moderate amblyopia in children. Arch Ophthalmol. 2002;120:268-278.
18. Repka MX, Cotter SA, Beck RW, Kraker RT, Birch EE, Everett DE, Hertle RW, Holmes JM, Quinn GE, Sala NA, Scheiman MM, Stager DR Sr, Wallace DK; Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of atropine regimens for treatment of moderate amblyopia in children. Ophthalmology. 2004;111:2076-2085.
19. Pediatric Eye Disease Investigator Group; Repka MX, Kraker RT, Beck RW, Holmes JM, Cotter SA, Birch EE, Astle WF, Chandler DL, Felius J, Arnold RW, Tien DR, Glaser SR. A randomized trial of atropine vs patching for treatment of moderate amblyopia: follow-up at age 10 years. Arch Ophthalmol. 2008;126:1039-1044.

20. Agervi P, Kugelberg U, Kugelberg M, Simonsson G, Fornander M, Zetterström C. Treatment of anisometropic amblyopia with spectacles or in combination with translucent Bangerter filters. *Ophthalmology*. 2009;116:1475-1480.
21. Pediatric Eye Disease Investigator Group Writing Committee; Rutstein RP, Quinn GE, Lazar EL, Beck RW, Bonsall DJ, Cotter SA, Crouch ER, Holmes JM, Hoover DL, Leske DA, Lorenzana JJ, Repka MX, Suh DW. A randomized trial comparing Bangerter filters and patching for the treatment of moderate amblyopia in children. *Ophthalmology*. 2010;117:998-1004.
22. Polat U, Ma-Naim T, Belkin M, Sagi D. Improving vision in adult amblyopia by perceptual learning. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2004;101:6692-6697.
23. Chen PL, Chen JT, Fu JJ, Chien KH, Lu DW. A pilot study of anisometropic amblyopia improved in adults and children by perceptual learning: an alternative treatment to patching. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2008;28:422-428.
24. Hess RF, Thompson B. Amblyopia and the binocular approach to its therapy. *Vision Res*. 2015;114:4-16.
25. Grant S, Moseley MJ. Amblyopia and real-world visuomotor tasks. *Strabismus*. 2011;19:119-128.
26. Kind PC, Mitchell DE, Ahmed B, Blakemore C, Bonhoeffer T, Sengpiel F. Correlated binocular activity guides recovery from monocular deprivation. *Nature*. 2002;416:430-433.
27. Baker DH, Meese TS, Mansouri B, Hess RF. Binocular summation of contrast remains intact in strabismic amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:5332-5338.
28. Mansouri B, Thompson B, Hess RF. Measurement of suprathreshold binocular interactions in amblyopia. *Vision Res*. 2008;48:2775-2784.
29. Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A new binocular approach to the treatment of amblyopia in adults well beyond the critical period of visual development. *Restor Neurol Neurosci*. 2010;28:793-802.
30. Eastgate RM, Griffiths GD, Waddingham PE, Moody AD, Butler TK, Cobb SV, Comaish IF, Haworth SM, Gregson RM, Ash IM, Brown SM. Modified virtual reality technology for treatment of amblyopia. *Eye (Lond)*. 2006;20:370-374.
31. Brown R, Blanchfield P, Fakis A, McGraw P, Foss AJE; I-BiT Study Group. Clinical investigation plan for the use of interactive binocular treatment (I-BiT) for the management of anisometropic, strabismic and mixed amblyopia in children aged 3.5-12 years: a randomised controlled trial. *Trials*. 2019;20:437.
32. Herbison N, Cobb S, Gregson R, Ash I, Eastgate R, Purdy J, Hepburn T, MacKeith D, Foss A; I-BiT study group. Interactive binocular treatment (I-BiT) for amblyopia: results of a pilot study of 3D shutter glasses system. *Eye (Lond)*. 2013;27:1077-1083.
33. Waddingham PE, Butler TK, Cobb SV, Moody AD, Comaish IF, Haworth SM, Gregson RM, Ash IM, Brown SM, Eastgate RM, Griffiths GD. Preliminary results from the use of the novel interactive binocular treatment (I-BiT) system, in the treatment of strabismic and anisometropic amblyopia. *Eye (Lond)*. 2006;20:375-378.
34. Herbison N, MacKeith D, Vivian A, Purdy J, Fakis A, Ash IM, Cobb SV, Eastgate RM, Haworth SM, Gregson RM, Foss AJ. Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:1511-1516.
35. Rajavi Z, Sabbaghi H, Amini Sharifi E, Behradfar N, Yaseri M. The role of interactive binocular treatment system in amblyopia therapy. *J Curr Ophthalmol*. 2016;28:217-222.
36. Rajavi Z, Sabbaghi H, Amini Sharifi E, Behradfar N, Kheiri B. Comparison between patching and interactive binocular treatment in amblyopia: a randomized clinical trial. *J Curr Ophthalmol*. 2019;31:426-431.
37. Xu JP, He ZJ, Ooi TL. Effectively reducing sensory eye dominance with a push-pull perceptual learning protocol. *Curr Biol*. 2010;20:1864-1868.
38. Ooi TL, Su YR, Natale DM, He ZJ. A push-pull treatment for strengthening the 'lazy eye' in amblyopia. *Curr Biol*. 2013;23:309-310.
39. Xu JP, He ZJ, Ooi TL. Push-pull training reduces foveal sensory eye dominance within the early visual channels. *Vision Res*. 2012;61:48-59.
40. Ooi TL, He ZJ. Sensory eye dominance: relationship between eye and brain. *Eye Brain*. 2020;12:25-31.
41. Shi W, He L, Lv B, Li L, Wu T. Evaluating the acute effect of stereoscopic recovery by dichoptic stimulation using electroencephalogram. *Comput Math Methods Med*. 2020;2020:9497369.
42. Vedamurthy I, Nahum M, Bavelier D, Levi DM. Mechanisms of recovery of visual function in adult amblyopia through a tailored action video game. *Sci Rep*. 2015;5:8482.
43. Bayliss JD, Vedamurthy I, Nahum M, Levi D, Bavelier D. Lazy eye shooter: making a game therapy for visual recovery in adult amblyopia usable. In: Marcus A. Design, User Experience, and Usability. Health, Learning, Playing, Cultural, and Cross-Cultural User Experience. Springer Berlin Heidelberg; 2013:352-360.
44. Vedamurthy I, Nahum M, Huang SJ, Zheng F, Bayliss J, Bavelier D, Levi DM. A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia. *Vision Res*. 2015;114:173-187.
45. To L, Thompson B, Blum JR, Maehara G, Hess RF, Cooperstock JR. A game platform for treatment of amblyopia. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2011;19:280-289.
46. Knox PJ, Simmers AJ, Gray LS, Cleary M. An exploratory study: prolonged periods of binocular stimulation can provide an effective treatment for childhood amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:817-824.
47. Birch EE, Li SL, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Stager D Jr, Dao L, Stager DR Sr. Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *J AAPOS*. 2015;19:6-11.
48. Li SL, Jost RM, Morale SE, Stager DR, Dao L, Stager D, Birch EE. A binocular iPad treatment for amblyopic children. *Eye (Lond)*. 2014;28:1246-1253.
49. Li SL, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Dao L, Stager D Jr, Birch EE. Binocular iPad treatment of amblyopia for lasting improvement of visual acuity. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133:479-480.
50. Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, Beck RW, Birch EE, Kraker RT, Crouch ER, Erzurum SA, Khuddus N, Summers AI, Wallace DK; Pediatric Eye Disease Investigator Group. Effect of a binocular iPad game vs part-time patching in children aged 5 to 12 years with amblyopia: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*. 2016;134:1391-1400.
51. Manh VM, Holmes JM, Lazar EL, Kraker RT, Wallace DK, Kulp MT, Galvin JA, Shah BK, Davis PL; Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of a binocular iPad game versus part-time patching in children aged 13 to 16 years with amblyopia. *Am J Ophthalmol*. 2018;186:104-115.
52. Kelly KR, Jost RM, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, Birch EE. Binocular iPad game vs patching for treatment of amblyopia in children: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*. 2016;134:1402-1408.
53. Boniquet-Sanchez S, Sabater-Cruz N. Current management of amblyopia with new technologies for binocular treatment. *Vision (Basel)*. 2021;5:31.
54. Kelly KR, Jost RM, Wang YZ, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, Birch EE. Improved binocular outcomes following binocular treatment for childhood amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59:1221-1228.
55. Pediatric Eye Disease Investigator Group; Holmes JM, Manny RE, Lazar EL, Birch EE, Kelly KR, Summers AI, Martinson SR, Raghuram A, Colburn JD, Law C, Marsh JD, Bitner DP, Kraker RT, Wallace DK. A randomized trial of binocular dig rush game treatment for amblyopia in children aged 7 to 12 years. *Ophthalmology*. 2019;126:456-466.
56. Manny RE, Holmes JM, Kraker RT, Li Z, Waters AL, Kelly KR, Kong L, Crouch ER, Lorenzana JJ, Alkharashi MS, Galvin JA, Rice ML, Melia BM, Cotter SA; Pediatric Eye Disease Investigator Group. A randomized trial of binocular dig rush game treatment for amblyopia in children aged 4 to 6 years. *Optom Vis Sci*. 2022;99:213-227.
57. Blaha J, Gupta M. Diplopia: a virtual reality game designed to help amblyopics. *IEEE Virtual Reality (VR)*. 2014:163-164.
58. Žiak P, Holm A, Halička J, Mojžiš P, Piñero DP. Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality oculus rift head mounted display: preliminary results. *BMC Ophthalmol*. 2017;17:105.

59. Aderman CM, Deiner M, Gupta M, Blaha J, Levin MH. Dichoptic virtual reality therapy for amblyopia in adults. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56:2191.
60. Dużmańska N, Strojny P, Strojny A. Can simulator sickness be avoided? A review on temporal aspects of simulator sickness. *Front Psychol.* 2018;9:2132.
61. Li SL, Reynaud A, Hess RF, Wang YZ, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Dao L, Stager D Jr, Birch EE. Dichoptic movie viewing treats childhood amblyopia. *J AAPOS.* 2015;19:401-405.
62. Birch EE, Jost RM, De La Cruz A, Kelly KR, Beauchamp CL, Dao L, Stager D Jr, Leffler JN. Binocular amblyopia treatment with contrast-rebalanced movies. *J AAPOS.* 2019;23:160.
63. Sauvan L, Stolowy N, Denis D, Matonti F, Chavane F, Hess RF, Reynaud A. Contribution of short-time occlusion of the amblyopic eye to a passive dichoptic video treatment for amblyopia beyond the critical period. *Neural Plast.* 2019;2019:6208414.
64. Bossi M, Tailor VK, Anderson EJ, Bex PJ, Greenwood JA, Dahlmann-Noor A, Dakin SC. Binocular therapy for childhood amblyopia improves vision without breaking interocular suppression. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58:3031-3043.
65. Xiao S, Angjeli E, Wu HC, Gaier ED, Gomez S, Travers DA, Binenbaum G, Langer R, Hunter DG, Repka MX; Luminopia Pivotal Trial Group. Randomized controlled trial of a dichoptic digital therapeutic for amblyopia. *Ophthalmology.* 2022;129:77-85.
66. Jost RM, Hudgins LA, Dao LM, Stager DR Jr, Luu B, Beauchamp CL, Hunter JS, Giridhar P, Wang YZ, Birch EE. Randomized clinical trial of streaming dichoptic movies versus patching for treatment of amblyopia in children aged 3 to 7 years. *Sci Rep.* 2022;12:4157.
67. Xiao S, Gaier ED, Mazow ML, Stout AU, Travers DA, Angjeli E, Wu HC, Binenbaum G, Hunter DG. Improved adherence and treatment outcomes with an engaging, personalized digital therapeutic in amblyopia. *Sci Rep.* 2020;10:8328.
68. Xiao S, Gaier ED, Wu HC, Angjeli E, Nuth PL, Bohra LI, Miller AM, Mazow ML, Stout AU, Morse CL, Blumenfeld LC, Glaser SR, Crouch E, Ekdawi NS, Lyon DW, Silbert DI, Hunter DG. Digital therapeutic improves visual acuity and encourages high adherence in amblyopic children in open-label pilot study. *J AAPOS.* 2021;25:87.
69. Li J, Spiegel DP, Hess RF, Chen Z, Chan LY, Deng D, Yu M, Thompson B. Dichoptic training improves contrast sensitivity in adults with amblyopia. *Vision Res.* 2015;114:161-172.
70. Masgoret X, Asper L, Alexander J, Suttle C. The development of crowding and interocular interactions in a resolution acuity task. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52:9452-9456.
71. Barollo M, Contemori G, Battaglini L, Pavan A, Casco C. Perceptual learning improves contrast sensitivity, visual acuity, and foveal crowding in amblyopia. *Restor Neurol Neurosci.* 2017;35:483-496.
72. Whitney D, Levi DM. Visual crowding: a fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends Cogn Sci.* 2011;15:160-168.
73. Hernández-Rodríguez CJ, Piñero DP, Molina-Martín A, Morales-Quezada L, de Fez D, Leal-Vega L, Arenillas JF, Coco-Martín MB. Stimuli characteristics and psychophysical requirements for visual training in amblyopia: a narrative review. *J Clin Med.* 2020;9:3985.



Ab Interno Gonyotomi/Gonyektomi Teknikleri

Ab Interno Goniectomy/Goniectomy Techniques

© Zeynep Aktaş¹, © Syril Dorairaj², © Mohamed Sayed³, © Arsham Sheybani⁴, © Ahmet Yücel Üçgül⁵, © Isabella Wagner²,
© Mohamed Khodeiry⁶

¹Teksas Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, San Antonio, TX, ABD

²Mayo Klinik Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Jacksonville, FL, ABD

³Cleveland Klinik, Abu Dhabi, Abu Dhabi, BAE

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

⁵Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Kırşehir, Türkiye

⁶Kentucky 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, Trabektomi, Streamline ve TrabEx+ gibi teknikleri içermekte olup, glokom tedavisinde göz içi basıncını (GİB) düşürerek ve aköz hüme 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, mikrokater veya Prolene (polipropilen) sütür kullanarak Schlemm kanalında 360 derecelik trabekülotomi gerçekleştirir. OMNI, kanalooplasti ve trabekülotomiye tek bir prosedürde birleştirir. Trabektomi, elektrik enerjisi kullanarak TA dokusunu ablasyon 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, trabekülektomi 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 viscodilation 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 trabeculectomy 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, goniectomy, goniectomy

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

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Zeynep Aktaş, Teksas 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

Glokom, 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 glokom 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 cerrahilere 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 kısalır, 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.¹ 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.^{2,3} 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.

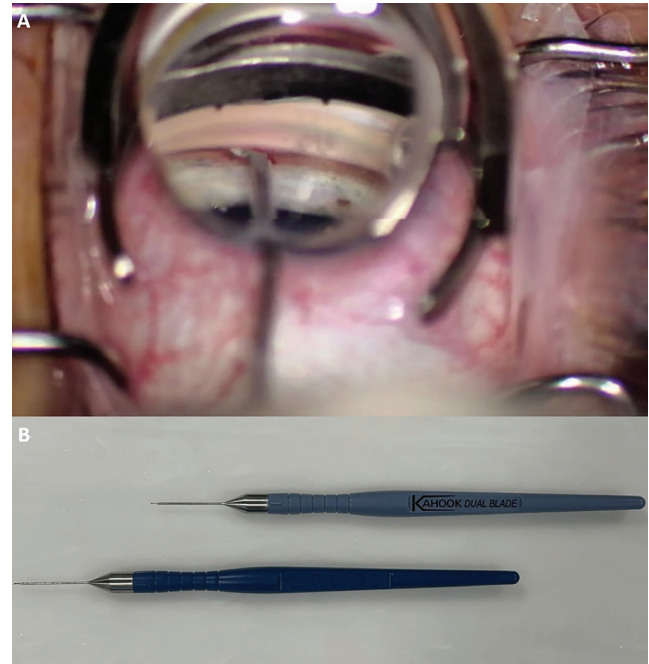
Cerrahi Uygulama

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.⁴

Dorairaj ve ark.² 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) *Distan 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 döndükten sonra şerit iki yarım şeklinde kesilerek çıkarılır ve cerrahin tercihinine 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)*: Gonyosineşyaliz (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.⁵, ağırlıklı olarak hafif ila şiddetli primer açık açılı glokomlu (PAAG; %85,7) 42 gözden oluşan bir örneklemede tek başına yapılan KDB gonyotomisinin 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.⁶ 52 gözden oluşan prospektif, çok merkezli bir olgu serisinde fakoemülsifikasyon ile kombine KDB gonyotomisinin 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.⁷ tarafından yapılan tek merkezli retrospektif bir çalışmaya hafif ila şiddetli PAAG veya psödoeksfolyatif glokomlu (PEG) 90 hasta dahil edilmiş ve KDB gonyotomisinin 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.⁷ 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.^{8,9} 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.¹⁰

KDB gonyotomi AAG ve oküler hipertansiyon tedavisinde endikeyken, AKG tedavisinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Dorairaj ve ark.^{11,12,13} 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 yapılamadığını ileri sürmüşlerdir.

Al Habash ve Albua'in¹⁴, 11 AKG'li gözde bu kombine yöntem ile 37 AAG'li gözde fakoemülsifikasyon ile kombine KDB gonyotomisinin 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 gonyotomisinin sonuçları diğer MİGC teknikleriyle karşılaştırılmıştır. Boopathiraj ve ark.¹⁵ 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.¹⁵

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.¹⁶ 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.¹⁶

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.^{17,18}

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, viskodilasyonu ve ardından trabekülotomi yapılmasına olanak sağlar. Bu nedenle hafif ila orta dereceli glokom tedavisinde çok yönlü bir seçenektir.¹⁹

Cerrahi Uygulama

Cerrahi işlem temporal kornea insizyonu ile başlar. Mikrokateter, viskodilasyon 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.^{20,21} Schlemm kanalının iç duvarı ise normal gözlerde direncin en çok %10'undan sorumludur.²² 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.²³ 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.²⁴

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.²⁵ 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.²⁶ Bu nedenle glokom hastaları için etkili ve güvenli bir MİGC seçeneğidir.

ROMEO çalışması, hafif ila orta dereceli glokomda (≤ 4 ilaç ile GİB ≤ 36 mmHg) OMNI sisteminin etkinlik ve güvenlik profillerini değerlendiren retrospektif çok merkezli bir çalışmadır.^{26,27,28} Tek başına kanaloplasti ve trabekülotomi yapılan psödoftak hastalarda 1 yıllık başarı oranı (tekrar glokom cerrahisi yapılmadan aynı sayıda veya daha az ilaçla GİB'de başlangıça 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 (≤ 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 ≤ 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) Sütürlü 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.²⁶

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

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 oranının 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'ünün 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.^{29,30} Glokom progresyonu için önemli risk faktörlerinden biri GİB dalgalanmalarıdır.³¹ 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 dalgalanmalarının 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.³²

OMNI cihazı, GİB'i düşürmek ve glokom ilaçlarının sayısını azaltmak için diğer MİGC'lerle birlikte kullanılabilir.³³ Dickinson ve ark.³⁴ 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 oranının artmasını, olasılıkla topalayıcı kanallardaki herniasyon dokusunu tersine çeviren

ve Hydrus implantının distalinde daha büyük bir çıkış alanı sağlayan kanaloplastinin dilatasyon etkisinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Ek olarak, Schlemm kanalının viskofilasyonu, Hydrus implantının 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.³⁵ Kombine veya ardışık MİGC işlemlerinin ilave GİB ve ilaç azaltıcı etkileri, bu işlemlerin maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.^{36,37}

Deneyimlerimize göre, aktif topalayıcı kanalların çoğunun inferior ve nazal yerleşimli olduğu düşünüldüğünden, kombine olgularda katarakt cerrahisini tamamladıktan sonra temporal yaklaşımla kanalooplasti/trabekülotomi yapmayı tercih ediyoruz.³⁸ 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.^{39,40}

Gonyoskopi Yardımlı Transluminal Trabekülotomi

Teknik Bilgiler

Gonyoskopi Yardımlı Transluminal Trabekülotomi (GATT), ilk olarak 2014 yılında tanımlanan bir MİGC'dir.⁴¹ Schlemm kanalının 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 kanalının 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 mikrokateret ön kamaraya sokulur, nasal açıya gelinir ve gonyotomi yapılır. Mikrokateret, tam bir tur ilerlemesini sağlamak için mikrocerrahi forseps kullanılarak Schlemm kanalının içinden dikkatlice ilerletilir. Mikrokateret 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.^{42,43}

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.⁴⁴

Trabektomi ile Başlatılan GATT (TIBGATT): GATT'ın bir modifikasyonu olan TIBGATT'de, başlangıçta yapılan gonyotomi insizyonu yerine trabektomi kullanılarak ab interno trabekülektomi ablasyonu yapılır. Bu yaklaşım, geleneksel GATT ve trabektomi ameliyatlarına benzer güvenlik ve etkinliğe sahiptir ve ilk olgu serilerinde umut verici sonuçlar elde edilmiştir.⁴⁵ Yazarlar, TA'nın ilk insizyonu kanamaya neden olarak cerrahın görüş alanını etkileyebileceğinden, TA ablasyonunun trabektomi 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.⁴⁵



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.⁴⁶

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 duyulabilecek hastalar için tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir.

Literatür Taraması

GATT'ın etkinliği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Dar ve ark.⁴⁷ ileri evre AAG'de ortalama GİB'in 19,3 mmHg'den 13,2 mmHg'ye düştüğü ve 6. ayda gözlerin %91'inde GİB düzeyinin ≤ 18 mmHg olduğunu bildirmişlerdir. Faria ve ark.⁴⁸ 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.⁴⁹ 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.⁵⁰ ilk yılda başarı oranının PEG'de (%97,6) PAAG'dan (%86,8) daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Grover ve ark.⁵¹ 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.⁵² 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.⁵³ üveitik glaukoma 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.⁵⁴ üveitik glaukoma 1. yılda GİB'in 31,4 mmHg'den 13,8 mmHg'ye düştüğünü gözlemlemiştir. Aktas ve ark.⁵⁵ 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.⁵⁶ daha önce keratoplasti geçirmiş gözlerde GİB ve ilaç yükünde anlamlı azalma olduğunu göstermiştir. Hopen ve ark.⁵⁷ steroid kaynaklı glaukoma 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.⁵⁸ 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.⁵⁹ %78 başarı oranı ile 24. ayda GİB'in 21,4 mmHg'den 12,1 mmHg'ye düştüğünü göstermiştir. Ayrıca, Chira-Adisai ve ark.⁶⁰ AKG'de 2. yılda GİB'in 21,8 mmHg'den 15,1 mmHg'ye azaldığını bulmuştur.

Primer konjenital glokomda (PKG), Aktas ve ark.⁶¹ GİB'de anlamlı düşüş (ameliyat öncesi ortalama 31 mmHg'den 17,8 mmHg'ye) ve ilaç sayısında azalma olduğunu bildirirken, Elhusseiny ve ark.⁶² GİB'in 25,7 mmHg'den 11,5 mmHg'ye düştüğünü göstermiştir. Grover ve ark.⁶³ da PKG ve juvenil glokomda GİB'de ortalama 12,5 mmHg azalma gözlemlenmiştir. Haidu ve Aktas⁶⁴, 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.⁶⁵ 217 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 bildirmişlerdir. Gunay ve ark.⁶⁶ ameliyattan 6 ay sonra nazal kadransların %38,3'ünde ve temporal kadransların %25,3'ünde PÖS geliştiğini gözlemlenmiştir. Bu, uzun dönem sonuçları etkileyebilir. Rao ve ark.⁶⁷, viskoelastik ve kontrolsüz hipertansiyon gibi GİB artışlarının nedenlerini tanımlamış ve sıklıkla birden çok kadranda PÖS veya fibrotik TA dokusu ile ilişkili olduklarını bildirmişlerdir. Fakoemülsifikasyon ile kombine GATT yapılan hastalarda bildirildiği gibi, bir başka nadir ancak ciddi komplikasyon santral görmenin kaybolmasıdır (wipe-out fenomeni).⁶⁸ 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 hematom, Descemet membran ayrılması ve suprasiliyer efüzyona bağlı geçici miyopi sayılabilir.^{69,70,71,72,73,74,75}

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 sınırlandırabilir. Bu nedenle başarılı bir cerrahi için hassas ayarlamalar önem taşımaktadır.

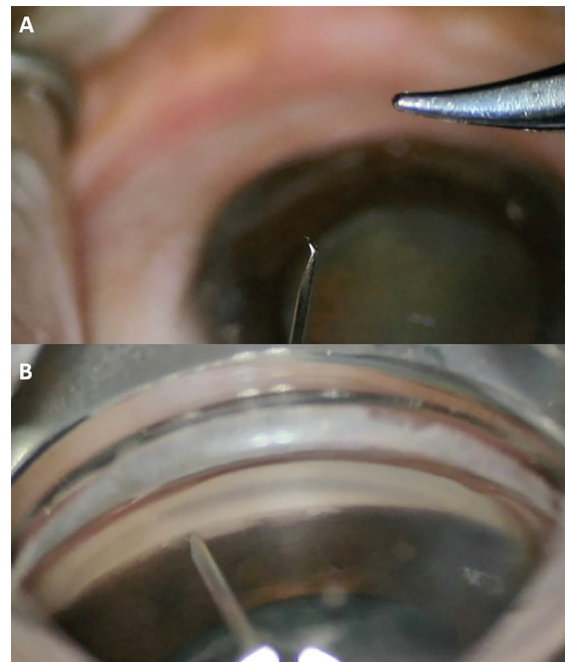
Endikasyonlar

BANG, diğer MİGC'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.⁷⁶, 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, boylamsal 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.

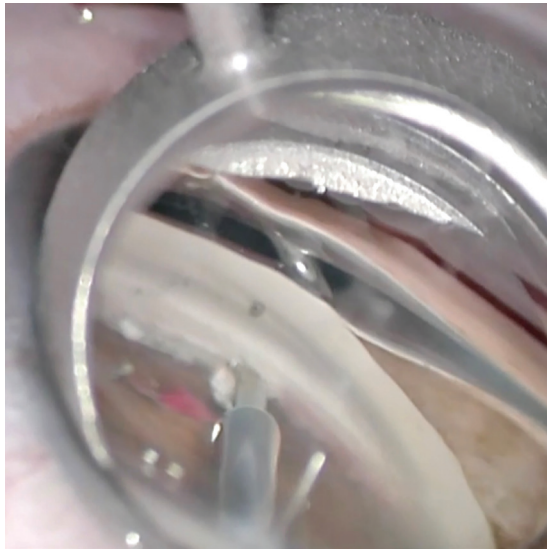
Trabektom

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 hümmör aköz dışı akışını artırmak için tasarlanmıştır (Şekil 5).^{6,77} Bu teknik, hümmör 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 hümmör aközün daha iyi dışı 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-enflamatuvar 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.⁷⁸ 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.⁷⁹ 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.⁸⁰ 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, hümmör 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.⁸¹

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.⁸¹, 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 kanoplasti 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 çalışmaları, 6. ayda umut verici şekilde GİB'de ve ilaç yükünde azalma olduğu görülmüştür.⁸² 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, aç ameliyatlarının başarısı büyük ölçüde cerrahın uygun aç değerlendirilmesi, cerrahi planlama ve intraoperatif görüntüleme için kritik olan gonyoskopideki yeterliliğine dayanmaktadır. Aç 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
GATT	%30-50 azalma	Minimal invaziv; çeşitli glokom tiplerinde etkili	Beceri gerektirir; hifema riski var	Hafif ila ileri AAG
Trabektom	%20-40 azalma	Minimal enflamasyon; fako ile kombine edilebilir	Kan reflüsü; PEG'de daha az öngörülebilen	Erken ila orta AAG
BANG	Ticari cihazlarla karşılaştırılabilir sonuçlar	Uygun maliyetli; basit hazırlık	Sınırlı veri; GİB'de yükselme potansiyeli var	Hafif ila orta AAG, kaynakların sınırlı olduğu ortamlarda
OMNI	%20-30 azalma	Proksimal ve distal direnci hedef alır	Cihaz pahalı; hafif geçici enflamasyon	Hafif ila orta düzeyde glokom
KDB	%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 trabeculotomy 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, Mahootchi 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, Oritani 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, Ucgul 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, Yehezkeli 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, Shaukat 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, Ucgul 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, Yehezkeli 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, Hepser İ, 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, Bussell 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.



Zorlu Bir Inferior Rektus Hipoplazisi Olgusunda Güçlendirilmiş Modifiye Hummelsheim Cerrahisi ile Umut Verici Sonuç

A Promising Outcome of the Augmented Modified Hummelsheim Procedure in a Challenging Case of Inferior Rectus Hypoplasia

✉ Florentina Priscilia, ✉ Anna Puspitasari Bani

Endonezya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cipto Mangunkusumo Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Cakarta, Endonezya

Anahtar Kelimeler

Vertikal kayma, inferior rektus hipoplazisi, güçlendirilmiş modifiye Hummelsheim cerrahisi, olgu sunumu

Keywords

Vertical deviation, inferior rectus hypoplasia, augmented modified Hummelsheim procedure, case report

Sayın Editör,

Inferior rektus (İR) hipoplazisi/aplazisi nadir görülen bir patolojidir. Asya'da, 1930-2009 yılları arasında Japon nüfusuna ait kümülatif verilerde sadece 16 İR aplazisi olgusuna rastlanmıştır.¹ Bu patoloji, eğik başın eşlik ettiği anormal baş pozisyonu (ABP), inkomitan hipertropya, infradüksiyon kısıtlılığı, retinal görüntüleme insiklotorsiyon ve zorlu bakış testinde yukarı bakışta tam gevşeklik ve aşağı bakışta değişken sıklık dahil olmak üzere çeşitli klinik bulgularla kendini gösterir. Patogenezin, ya aberan insersiyonun gerçekleşmemesinden ya da ana inferior mezoderm kompleksinin kümelenmesindeki bir başarısızlıktan kaynaklandığına inanılmaktadır.² İR hipofonksiyonunun daha yaygın görülen diğer sebeplerine benzerliği nedeniyle İR hipoplazisinde hatalı tanı yaygındır. Bu nedenler arasında okülomotor çekirdek, okülomotor sinir, myonöral bileşke veya ekstraoküler kasları (örneğin; konjenital anormal bantlar) etkileyen hastalıklar sayılabilir.

Bilgisayarlı tomografi veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi orbital görüntüleme, tanımlayıcı invaziv olmayan tanı yöntemleridir. Ancak, İR hipoplazisinin hem invaziv tanısı hem de tedavisi için altın standart cerrahi olmaya devam etmektedir.³ Cerrahi tedavinin temel amacı, primer pozisyonda oküler hizalamayı sağlamak, takiben oküler hareketleri iyileştirmek ve kozmetik kaygıları gidermektir. Cerrahi yaklaşımın seçimi oküler kayma derecesine, oküler motilite kısıtlılığına ve kas disgenезisinin şiddetine bağlıdır. Mevcut cerrahi tekniklerle, cerrahlar intraoperatif bulgulara dayanarak en uygun tekniğe karar vermeli ve uygulamalıdır.⁴ Bu olgu sunumunda, güçlendirilmiş modifiye Hummelsheim yöntemi ile tedavide başarı sağlanan zor bir İR hipoplazisi olgusunu sunuyoruz.

Yayın için 25 yaşında kadın hastadan yazılı bilgilendirilmiş onam alındı. Hasta sağ gözde ezotrope ve hipertropya ile

Cite this article as: Priscilia F, Bani AP. A Promising Outcome of the Augmented Modified Hummelsheim Procedure in a Challenging Case of Inferior Rectus Hypoplasia.

Turk J Ophthalmol. 2025;55:171-173

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Anna Puspitasari Bani, Endonezya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cipto Mangunkusumo Hastanesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Cakarta, Endonezya

E-posta: annabanilagi@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0001-9377-7051

Geliş Tarihi/Received: 22.01.2025 Kabul Tarihi/Accepted: 09.05.2025

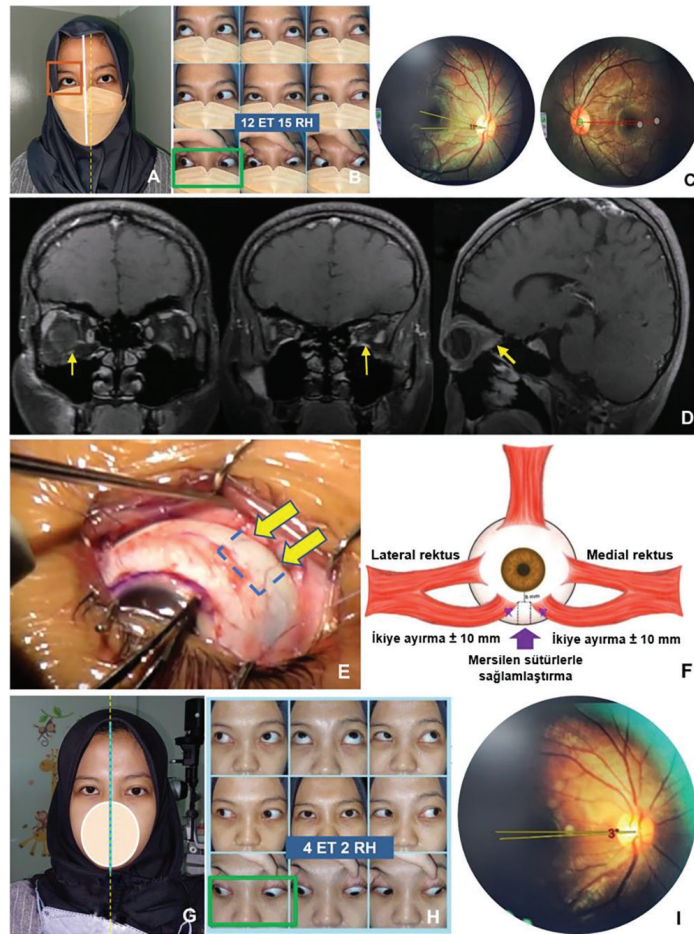
DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.46735



başvurdu. Diplopi yoktu. Travma öyküsü olmayan hastanın erken çocukluktan beri başı sağa eğik ve yüzü hafif dönüktü (**Şekil 1A**). Sağ gözde görme keskinliği 0,75 sferik ve 0,75 silindirik (160° eksen) düzeltme ile 6/6 idi. Sol göz 6/6 emetroptu. Prizma ardışık örtme testinde, primer pozisyonda sağ gözde 12 prizma diyoptri (PD) ezotropeya ve 15 PD hipertropeya saptandı ve dikey kayma aşağı/dışa bakışta kötüleşti (**Şekil 1B**). Üç basamak testinde sağ İR kasında güçsüzlük saptanırken, fundus fotoğrafında 11° insiklotorsiyon izlendi (**Şekil 1C**). MRG ile kas gövdesinin çok retroglobal yerleşimli olduğu görüldü (**Şekil 1D**). Sol gözde patoloji saptanmadı.

İlk tanısı konjenital İR paralizisi ve atrofisi olan hastaya transpozisyon cerrahisi planlandı. İntraoperatif olarak zorlu

bakış testi yapıldı ve sonuç negatifti. Daha sonra dört rektus kası explore edildi. Lateral ve medial rektus belirlendi. Ancak, inferior sektör limbustan 15 mm uzaklığa kadar araştırıldıktan sonra, Tenon kapsülünde veya kılıfında sadece iki siliyer arter bulundu ve İR kası tanımlanamadı. Bu bulgu, konjenital İR hipoplazisi/aplazisi tanısının gözden geçirilmesine neden oldu (**Şekil 1E**). Hastaya modifiye Hummelsheim yöntemi ile cerrahi yapıldı, kaslar ikiye ayrılarak bir yarısı orijinal insersiyonun 5 mm gerisine İR kası hala sağlammış gibi konumlandırılarak skleral güçlendirme sütürleri ile sütüre edildi (**Şekil 1F**). Ameliyattan sonra, oküler hizalama, ABP ve funduskopik insiklotorsiyonda anlamlı iyileşme ve infradüksiyon oküler hareketinde -4'ten -2'ye kısmi iyileşme izlendi (**Şekil 1G, H, I**).



Şekil 1. A) Baş sağa eğik ve yüz dönük. B) İnferotemporal bakışta daha belirgin olmak üzere depresyonda -4 oküler hareket kısıtlılığı (yeşil kutu). C) Arka kutup görüntüleme: Sağ gözde 11 derece insiklotorsiyon, sol gözde normal. D) Koronal ve sagittal manyetik rezonans görüntüleme: Sağ göz ön segmentte ince bir kas kılıfı görüldü. Bu kılıf, inferior rektusun (İR) yerinde (sarı ok) posterior segmentte bir kas bandı oluşturarak daha kalın hale gelmişti. E) İntraoperatif bulgular: İR'nin olması gereken yerde (mavi çizgi) iki siliyer arter (iki sarı ok) görüldü. F) Güçlendirilmiş modifiye Hummelsheim yöntemi: Ayrılan kasların birer yarısı aralarında İR kası varmış gibi bir boşluk bırakılarak transpoze edildi. Ek olarak, İR kasının gövdesi (mor ok) olmaması nedeniyle skleraya Mersilene (polyester) sütürle (mor düğümler) güçlendirme yapıldı. G) Ameliyattan 6 ay sonra baş pozisyonu normaldi. H) Kayma ve oküler hareket (yeşil kutu) düzeldi. I) İnsiklotorsiyon 3 dereceye düştü (sağ göz)

ET: Ezotropeya, RH: Sağ hipertropeya

Nadir görülen hastalıklarda, kesin tanı koymak özellikle zor olabilir. Konjenital İR hipoplazisinde, orbital görüntüleme ve intraoperatif bulguların dikkatli bir şekilde yorumlanması çok önemlidir. Olgumuzda, sagittal MRG'de kas gövdesinin ön ve arka segmentleri arasında belirgin bir fark vardı ve intraoperatif olarak siliyer arterler tanımlandıktan sonra hipoplazi tanısı yeniden gözden geçirildi. Bu olguda cerrah, İR'nin görevini yerine getirmesi için lateral ve medial rektus kası/tendonlarını ikiye ayırarak modifiye bir yöntem uyguladı. Bunu, dikey hatalı hizalamayı düzeltmek için skleraya Mersilene sütürlerin atılması (güçlendirilmiş modifiye Hummelsheim) ve ezotropyayı düzeltmek için kontralateral gözde medial rektus geriletilmesi izledi.

Kas bölme tekniği, her kasın anterior siliyer damarlarını koruyarak yapılmaktadır.^{4,5} Teknik, transpoze kasın vertikalizasyonunu artırmak ve tonik kuvveti en üst düzeye çıkarmak için Scott Foster tarafından ekvatoryal fiksasyon sütürünün (güçlendirme sütürü) eklenmesiyle daha da geliştirilmiştir. Couser ve ark.⁶ total abducens sinir felcinde güçlendirilmiş Hummelsheim yöntemini kullanmış ve sonuçların tutarlı şekilde iyi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, modifiye Hummelsheim yönteminde, kas manipülasyonunun neden olduğu ön siliyer arterlerde kan akımının yetersiz olması sonucu gelişen ön segment iskemisi insidansı daha düşüktür.^{4,5,6} Diğer modifiye yöntemler arasında tenotomi yapılmadan kasın temporal yarısının bölündüğü modifiye Nishida yöntemi sayılabilir. Bu tekniğin inkomitan horizontal şaşılıkta daha yararlı olduğu bildirilmektedir ancak etkinliğinin daha fazla değerlendirilmesi gerekmektedir.^{7,8}

Sonuç olarak, nadir görülen İR hipoplazisi olgularında kesin tanı koymak için kapsamlı muayene ve intraoperatif eksplorasyon gereklidir. Güçlendirilmiş modifiye Hummelsheim yöntemi, primer pozisyonda oküler hizalanmayı iyileştirme ve ABP'yi düzeltmede, yöntemin ana hedefiyle tutarlı olarak umut verici sonuçlar göstermiştir.

Etik

Hasta Onayı: Hastadan yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: A.P.B., Konsept: F.P., A.P.B., Dizayn: F.P., A.P.B., Veri Toplama veya İşleme: F.P., A.P.B., Analiz veya Yorumlama: F.P., A.P.B., Literatür Arama: F.P., Yazan: F.P., A.P.B.

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

1. Matsuo T, Watanabe T, Furuse T, Hasebe S, Ohtsuki H. Case report and literature review of inferior rectus muscle aplasia in 16 Japanese patients. *Strabismus*. 2009;17:66-74.
2. Astle WF, Hill VE, Ells AL, Chi NT, Martinovic E. Congenital absence of the inferior rectus muscle—diagnosis and management. *J AAPOS*. 2003;7:339-344.
3. Solanes F, Demer JL. Clinical and imaging features of congenital and acquired isolated inferior rectus muscle hypofunction. *J AAPOS*. 2021;25:11.
4. Sheth J, Shinde A, Kekunnaya R. Congenital anomalies of inferior rectus and its surgical outcomes. *Strabismus*. 2022;30:150-158.
5. Fogel-Tempelhof O, Bachar Zipori A, Stolovitch C, Spierer O. Outcomes of half-width vertical rectus transposition augmented with posterior fixation sutures for sixth cranial nerve palsy. *Int J Ophthalmol*. 2021;14:1921-1927.
6. Couser NL, Lenhart PD, Hutchinson AK. Augmented Hummelsheim procedure to treat complete abducens nerve palsy. *J AAPOS*. 2012;16:331-335.
7. Ramkumar AV, Agarkar S, Mailankody S. Modified Nishida's procedure in management of unilateral isolated inferior rectus aplasia – a case report. *Indian J Ophthalmol Case Rep*. 2021;1:363-364.
8. Nishikawa N, Ito H, Kawaguchi Y, Sato M, Yoshida A. Resection and anterior transposition of the inferior oblique muscle for treatment of inferior rectus muscle hypoplasia with esotropia. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2017;7:70-73.



Pitoz Tamirinde “PEANUTS” Tekniği: Pelin’in 21-Gauge İğne ile Kolaylaştırılmış Putterman Klempsiz Müller Kası Konjonktiva Rezeksiyonu

Ptosis Repair by “PEANUTS” MMCR: “Pelin’s Easy and Needle Up To Stretch” Müller’s Muscle Conjunctival Resection Without the Putterman Clamp

✉ Pelin Kaynak¹, ✉ Gözde Derin Şengün², ✉ Can Öztürker³, ✉ Eda Akgöz⁴

¹İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Göztepe Prof. Dr. Süleyman Yalçın Şehir Hastanesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

⁴Urla Devlet Hastanesi, Acil Servis, İzmir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Aponevrotik pitoz, Müller kası konjonktiva rezeksiyonu, Putterman klempi, fenilefrin testi

Keywords

Aponeurotic ptosis, Müller’s muscle conjunctival resection, Putterman clamp, phenylephrine test

Sayın Editör,

Müller kası konjonktiva rezeksiyonu (MKKR), hafif ila orta dereceli pitoz olgularının tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir cerrahi yöntemdir. Levator fonksiyonu ≥ 10 mm olan ve %2,5-10 fenilefrin testine yanıt veren hastalar genellikle bu yöntem için uygundur.¹ MKKR ilk olarak 1975 yılında Putterman ve Urist² tarafından tanımlanmıştır. Bu yöntemde, Putterman³ tarafından tasarlanan ve onun adını taşıyan T şeklinde, tırtıklı ve içbükey kavisli bir pitoz klempi kullanılarak posterior lameller dokular tutulur ve gerilir. Bu yazıda, orijinal MKKR tekniğinin bir türevi olan ve Putterman klempi yerine 21 gauge iğne kullandığımız yöntemimizi açıklıyoruz ve bu teknikle ameliyat edilen üç pitoz hastasının sonuçlarını sunuyoruz. Bu çalışmada Helsinki Bildirgesinin ilkelerine bağlı kalınmıştır.

Çalışmaya %2,5 fenilefrin testine yanıt veren hafif ve orta şiddette aponevrotik pitoz (1-3 mm) ve levator fonksiyonu >14 mm olan üç hasta dahil edildi. Dışlama kriterleri göz kapağı ve kornea cerrahişi veya travma öyküsü, göz kapağı konturunda veya göz kapağı cildinde herhangi bir düzensizlik ve oküler yüzey bozuklukları olarak belirlendi. Her göz için, göz hizasında bir ışık kaynağı tutularak ve primer pozisyonda kornea ışık refleksinden üst göz kapağı kenarına olan mesafe ölçüldü ve marjin refleks mesafesi (MRM1) olarak kaydedildi. Ölçüm için gözün yanına milimetrik cetvel yerleştirildi. Rezeksiyon miktarı ameliyat öncesi MRM1’e göre belirlendi.

Ameliyat öncesi her hastadan bilgilendirilmiş onam alındı. Lokal anestezi için, 0,1 mL %2 lidokain 1:100.000 epinefrin eklenerek, deri altına medial ve temporal olarak enjekte edildi. Üst göz kapağı, superior tarsal kenar ve konjonktivayı ortaya çıkarmak için bir Desmarres ekartörü üzerine çevrildi. Ölçülen pitoza göre superior tarsal kenar üzerinde ölçüm yapmak

Cite this article as: Kaynak P, Derin Şengün G, Öztürker C, Akgöz E. Ptosis Repair by “PEANUTS” MMCR: “Pelin’s Easy and Needle Up To Stretch” Müller’s Muscle Conjunctival Resection Without the Putterman Clamp. *Türk J Ophthalmol.* 2025;55:174-176

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Gözde Derin Şengün, Göztepe Prof. Dr. Süleyman Yalçın Şehir Hastanesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: gozderrn@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-2748-3079

Geliş Tarihi/Received: 26.01.2025 Kabul Tarihi/Accepted: 09.05.2025

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2025.61697

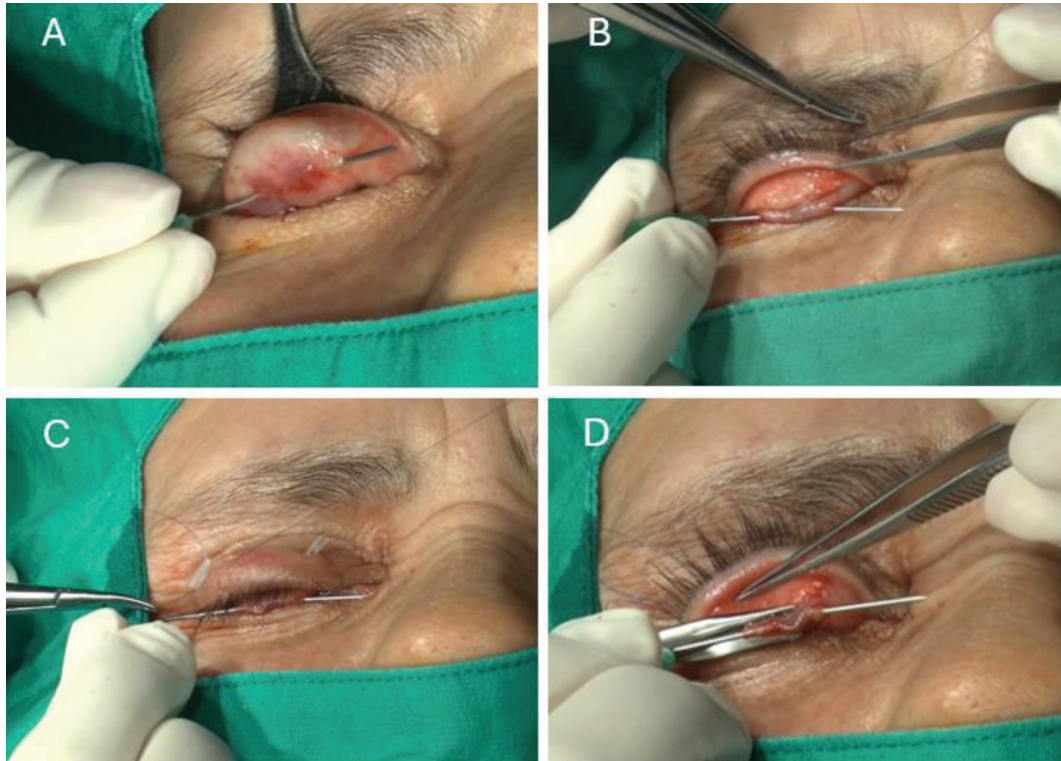


için kumpas 4 mm ile 5 mm arasında bir değere ayarlandı. Rezeksiyon uzunluğu tek kullanımlık ince uçlu koter ile santral bölgede işaretlendi. Daha sonra nazal ve temporal bölgelerde iki taraftan 6-7 mm ölçülerek işaretlendi. Temporalde konjonktiva ve Müller kasına 21 gauge iğne ile girildi, iğne işaret boyunca ilerletilerek nazalde superior punktumdan 6-10 mm uzakta kalacak şekilde çıkıldı. Böylece dokular Putterman klempine benzer ve gergin şekilde tutuldu. Desmarres ekartörü daha sonra çıkarıldı. Takiben, göz kapağından lateral olarak 6-0 Prolen sütür tam kat geçirildi. Superior tarsal kenara bitişik olacak şekilde, bir tarafta konjonktiva ve superior tarsal kenar, diğer tarafta konjonktiva ve Müller kasından geçilerek sürekli horizontal matris sütür atıldı. Daha sonra sütür medialde deri dışına çıkıldı ve 1 mm'lik silikon yastık bırakıldı. Ardından, sütür konjonktivaya doğru geçirildi, ters yönde ilerlendi ve lateralde deri dışına çıkılarak bir 1 mm'lik silikon

yastık bırakıldı. Sütürün lateral uçları, dokuların kesilmesini önlemek için bu destek üzerine bağlandı. 21-gauge iğne üzerinde gerdirilen konjonktiva ve Müller kası, sütürleri kesmemeye dikkat edilerek, Stevens makası horizontal matris sütür düzlemine paralel ve bitişik tutularak eksize edildi (Şekil 1). Eksize edilen doku iğne üzerinde bırakıldı.

Modifiye tekniğimize "Pelin's Easy and Needle Up To Stretch (PEANUTS)" MKKR adını verdik. Bu teknikle opere edilen üç hasta en az 6 ay süreyle izlendi. Ameliyat sonrası 1. gün ve 1. hafta, 1. ay, 3. ay ve 6. ayda yapılan muayenelerden sonra tüm hastalarda pitoz tamirinin başarılı olduğu görüldü. Pitoz tamirinde başarı MRM1'de artış (2-3 mm) ve göz kapaklarının simetrik olması (<1 mm) şeklinde tanımlandı. Tüm hastalarda üst göz kapağı konturları düzgündü. Olguların ayrıntıları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Putterman klempi, 1972 yılında Allen M. Putterman



Şekil 1. Cerrahi teknik. A) 21-gauge iğne ile konjonktiva ve Müller kası işaret üzerinde yakalanır. B) 21-gauge iğne ile yukarı doğru gerilen konjonktiva ve Müller kası altında 6-0 Prolen ile devamlı horizontal matris sütür atılır. C) Sütürlerin deri üzerine çıktığı yerlerde küçük silikon yastıklar bırakılır ve sütürün iki ucu temporalde bağlanır. D) Konjonktiva ve Müller kası Stevens makası ile eksize edilir

Tablo 1. "PEANUTS" MKKR olgularının klinik özellikleri

Olgu no.	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Göz	Ameliyat öncesi MRM1 (mm)	Ameliyat sonrası MRM1 (mm)	Komplikasyonlar	Takip süresi (ay)
1	46	K	Sağ	3	5	Yok	6
2	50	K	Sağ	2	4,5	Yok	6
3	44	K	Sağ	2,5	5	Yok	6

PEANUTS: Pelin's Easy and Needle Up To Stretch, MKKR: Müller kası konjonktiva rezeksiyonu, K: Kadın, MRM1: Marjin refleks mesafesi 1

tarafından tasarlanmıştır ve Fasanella-Servat pitoz cerrahisinde kullanılan iki kavisli hemostatın yerine kullanılmaya başlamıştır. Başlıca avantajları, hemostatlara kıyasla daha kolay kullanılması ve stabilitesinin daha iyi olmasıdır.³ Putterman klempı, MKKR'de rezeksiyon için posterior lamellar dokuların sabitlenmesini sağlar ve cerrahi sonuçların daha iyi olduğu bildirilmiştir.^{4,5} Orijinal MKKR tekniğinde çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır.^{6,7} Carruth ve Meyer'in⁷ klemp aracıyla basitleştirilmiş MKKR internal pitoz tamir tekniğinde traksiyon sütürleri kullanılmaz ve göz kapağının dışına tek bir düğüm atılır.

Putterman klempinin birçok avantajına rağmen, ulaşılabilirliğinin sınırlı olması, pahalı olması ve her ameliyattan sonra sterilize edilmesinin gerekmesi kullanımını kısıtlamaktadır. Ayrıca klemp, daha hacimli olması nedeniyle, cerrahi sırasında dokuların görülmesini kısıtlar ve bu da klempin superior tarsal kenara düzgün şekilde yerleştirilmesini zorlaştırır. Tarsusun yanlışlıkla klemple alınması da mümkündür. Ayrıca, Putterman klemp'i ile sabitlenen konjonktiva ve Müller kası zaman zaman klempin uçlarından kayabilir.

Bu olgu serisinde, konjonktiva ve Müller kasını rezeksiyonda tutmak ve germek için Putterman klempı yerine 21-gauge iğne kullandığımız bir modifiye MKKR tekniğini tanımlıyoruz. PEANUTS MKKR, orijinal MKKR'ye göre belirli avantajları olan kolay ve etkili bir pitoz tamir tekniğidir. Kullanılan 21-gauge iğne tek kullanımlıktır, Putterman klempine göre manipülasyonu kolaydır, kolay bulunur ve maliyeti daha düşüktür. 21-gauge iğnenin konjonktiva ve Müller kasında Putterman klempine benzer şekilde stabil traksiyon sağladığını gözlemledik. Ayrıca 21-gauge iğne intraoperatif olarak dokuların daha iyi görülmesini sağladı ve kayma riski daha düşüktü. Bununla birlikte, 21-gauge iğne ile ilişkili bir dezavantaj, klemp kısıyasla daha az stabil olması ve çalışmak için daha sabit tutulması gerekesidir.

Putterman pitoz klempisi ile yapılan MKKR'ye alternatif bir yöntem tanımlamayı amaçladık. PEANUTS MKKR tekniği ile üç olgumuzda Putterman klempisi ile yapılan MKKR

yöntemleriyle karşılaştırılabilir cerrahi sonuçlar elde ettik. Ancak bu çalışmanın kısıtlılığı hasta sayısının azlığıdır. Bu teknikle olumlu sonuçların tutarlı şekilde elde edilebildiğini değerlendirmek için geniş serilere ihtiyaç vardır.

Etik

Hasta Onayı: Ameliyat öncesinde tüm hastalardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Beyan

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: P.K., Konsept: P.K., C.Ö.,
Dizayn: P.K., C.Ö., Veri Toplama veya İşleme: G.D.Ş., E.A.,
Analiz veya Yorumlama: P.K., G.D.Ş., Literatür Arama: G.D.Ş.,
E.A., Yazan: P.K., G.D.Ş., C.Ö., E.A.

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

1. Sajja K, Putterman AM. Muller's muscle conjunctival resection ptosis repair in the aesthetic patient. *Saudi J Ophthalmol.* 2011;25:51-60.
2. Putterman AM, Urist MJ. Müller muscle-conjunctiva resection. Technique for treatment of blepharoptosis. *Arch Ophthalmol.* 1975;93:619-623.
3. Putterman AM. A clamp for strengthening Müller's muscle in the treatment of ptosis. Modification, theory, and clamp for the Fasanella-Servat ptosis operation. *Arch Ophthalmol.* 1972;87:665-667.
4. Putterman AM. Müllers muscle-conjunctival resection ptosis procedure. *Aust N Z J Ophthalmol.* 1985;13:179-183.
5. Putterman AM, Fett DR. Müller's muscle in the treatment of upper eyelid ptosis: a ten-year study. *Ophthalmic Surg.* 1986;17:354-360.
6. Guyuron B, Davies B. Experience with the modified Putterman procedure. *Plast Reconstr Surg.* 1988;82:775-780.
7. Carruth BR, Meyer DR. Simplified Müller's muscle-conjunctival resection internal ptosis repair. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg.* 2013;29:11-14.