



41. TOD NİSAN KURSU

1-3 NİSAN 2022

Congresium Ankara

ATO Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı

Optik, Refraksiyon ve Refraktif Cerrahi



KURS KİTABI

41. TOD NİSAN KURSU

OPTİK, REFRAKSİYON VE REFRAKTİF CERRAHİ

© 2022

Bu kitabın basımının her türlü yayın hakkı Türk Oftalmoloji Derneği Ankara Şubesi'ne aittir. Yazılı olarak izin alınmadan ve kaynak gösterilmeden kısmen veya tamamen kopya edilemez, fotokopi, taksir, baskı ve diğer yollarla çoğaltılamaz.

Kitaptaki bölüm içeriklerinin sorumluluğu, yazarlarına aittir.

ISBN: 978-605-71464-0-3

Yayına Hazırlayan

Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları

Grafik Tasarım

Övgü Şirin Mescigil (sirin@valor.com.tr)

Baskı

Bizim Dijital Matbaacılık San. ve Tic. Anonim Şirketi / Ankara
Sertifika No: 41356



ANADOLU KİTABEVİ

Genel Dağıtım

Anadolu Kitabevi Basım Yayın Medikal Turizm Kırtasiye Tic. Ltd. Şti.
Sağlık 1 Sokak No: 26/A Çankaya Ankara
Tel: 0507 259 10 32 • www.anadolutipkitabevi.com

Baskı Tarihi

2022, Ankara

KURULLAR

TÜRK OFTALMOLOJİ DERNEĞİ GENEL MERKEZ YÖNETİM KURULU

TOD Onursal Başkanı

Dr. Sunay Duman

TOD Genel Başkanı

Dr. Ziya Kapran

TOD Genel Sekreteri / Gelecek Dönem Genel Başkanı

Dr. Huban Atilla

Genel Merkez Saymanı

Dr. O. Murat Uyar

Genel Merkez Yönetim Kurulu Üyeleri

Dr. Sait Eğrilmez
Dr. Kıvanç Güngör
Dr. S. Uğur Keklikçi
Dr. Fatih Mehmet Mutlu
Dr. Feyza Önder

Dr. Emrullah Taşındı
Dr. Banu Turgut Öztürk
Dr. O. Murat Uyar
Dr. Gürsel Yılmaz

TOD İnternet Sorumlusu

Dr. Kıvanç Güngör

TOD ANKARA ŞUBESİ

Şube Başkanı

Dr. Mehmet Numan Alp

Şube Sekreteri

Dr. M. Pinar Çakar Özdal

Şube Saymanı

Dr. Züleyha Yalnız Akkaya

Şube Yönetim Kurulu Üyeleri

Dr. Mehmet Numan Alp
Dr. Atilla Bayer
Dr. M. Pinar Çakar Özdal
Dr. Dilek Dursun Altınörs
Dr. Ali Hakan Durukan
Dr. Sibel Kocabeyoğlu

Dr. Emine Malkoç Şen
Dr. Şengül Özdek
Dr. F. Nilüfer Yalçındağ
Dr. Züleyha Yalnız Akkaya
Dr. Zeliha Yazar

ÖNSÖZ



Değerli Meslektaşlarım,

Bu kitabı elinize aldığınızda, Türk Oftalmoloji Derneği Ankara Şubesi tarafından düzenlenen geleneksel Nisan Kurslarının kırk birincisini, 1-3 Nisan 2022 tarihleri arasında, ATO Congressium'da fiziki olarak gerçekleştirmiş olacağız. İki yıllık aradan sonra, tek salonda ve katılımcılarla yüz yüze gerçekleşecek bu seneki kursumuzun konusunu **'Optik, Refraksiyon ve Refraktif Cerrahi'** olarak belirledik. Optik, Refraksiyon ve Az Görme Rehabilitasyonu Birimi ve Katarakt ve Refraksiyon Cerrahisi Birimleri ile birlikte oluşturduğumuz kurs programımız 11 Panelden oluşmaktadır. İki buçuk gün boyunca, program kapsamındaki konular ile ilgili en güncel bilgiler alanlarında tecrübeli, elliden fazla seçkin meslektaşımız tarafından aktarılacaktır.

Program çerçevesinde ayrıca, kursun ilk gününde geleneksel Anıtkabir ziyareti, 2 Konferans, TOD Forum ve 2 Endüstri Uydu Sempozyumu, son gününde ise bir 'Genel Tartışma', Kontakt Lens Birimi ve Kornea ve Oküler Yüzey Birimi Olgu Sunumu oturumları ve kurs konumuzla ilgili ödüllü "Asistan Bilgi Yarışması" gerçekleştirilecektir.

Konusundan bağımsız olarak oftalmolojinin her alanından uzmanların ve özellikle uzmanlık öğrencilerinin yüksek seviyede ilgisini çeken kursumuzun, bilginin yanı sıra ilaç ve cihaz endüstrisine ait hizmet ve ürün tanıtımının göz hekimlerine ulaştırılması için de bulunmaz bir fırsat olduğu kanaatindeyim. Bilimsel programıyla olduğu kadar, meslektaşlarımızla bir araya gelip özlem gidereceğimiz, Ankara Devlet Opera ve Balesi tarafından sahnelenecek klasik balenin ölümsüz eserlerinden Kuğu Gölü Balesi ile ruhumuzu besleyeceğimiz, sosyal yönüyle de doyurucu ve hep hatırlanacak bir toplantı gerçekleştirmek için hazırlıklarımız devam etmektedir.

İlk yılından beri didaktik niteliğinden ödün vermeyen ve bu özelliği ile her zaman beğeni toplayan Nisan kurslarımızın gerçekleştirilmesinde konuşmacı olarak görev alan meslektaşlarımızın rolü yadsınamaz. Şubemizin geçmiş dönem Yönetim Kurullarının motto olarak benimsediği 'söz uçar, yazı kalır' atasözüne dayanarak yaşattığı 'Kurs Kitabı' hazırlama geleneğini, bu sene Yönetim Kurulunda birlikte çalıştığım arkadaşlarımla cesaretlendirmesi ve özverili çalışmaları ile bir ileri seviyeye çıkarmayı hedefledik. Sonuç olarak, Türk Oftalmoloji Dergisinin yazım kurallarına uygun olarak yazılmış ve ISBN kodu olan bu kitabı hazırladık.

Kursumuzun düzenlenmesinde, bilimsel programının oluşmasında ve bu kitabın ortaya çıkarılmasında yoğun işlerinin yanı sıra fedakârca çalışan, başta Şube Sekreterimiz Dr. Pınar Çakar Özdal olmak üzere Türk Oftalmoloji Derneği Ankara Şubesi Yönetim Kurulundaki çok değerli çalışma arkadaşlarıma ve kitap davetimizi kabul ederek bizi onurlandıran tüm bölüm yazarı meslektaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, kitap talebimizi destekleyen Türk Oftalmoloji Derneği Genel Başkanı Dr. Ziya Kapran, Genel Sekreteri Dr. Huban Atilla ve Genel Merkez Yürütme Kurulu üyelerine de teşekkürü bir borç bilirim.

Bu kitabın, Türk Oftalmoloji Derneğinin diğer kitapları gibi uzmanlık öğrencisi ve uzman hekim meslektaşlarımızın eğitimlerine önemli bir katkıda bulunması dilekleriyle, saygılarımla sunarım.

Dr. Mehmet Numan Alp
Türk Oftalmoloji Derneği Ankara Şubesi Başkanı

ÖNSÖZ



Türk Oftalmoloji Derneğinin Değerli Üyeleri ve Sevgili Meslektaşlarım,

Covid-19 Pandemisi nedeni ile iki yıllık bir aradan sonra tekrar fiziki ortamda 41. Nisan Kursunu gerçekleştirmenin heyecanı içindeyiz. Türk Oftalmoloji Derneği Covid-19 Pandemi döneminde de sanal ortamda eğitimlerine devam ederek 120'nin üzerinde sanal toplantı gerçekleştirdi. Katarakt konulu TOD 40. Nisan Kursu da 3-4 Nisan 2021 tarihlerinde sanal ortamda başarı ile tamamlandı. Türk Oftalmoloji Derneği Merkez Yönetim Kurulu ve TOD Şubelerinin aldığı ortak karar doğrultusunda gerekli önlemlerin alınması şartı ile 2022 yılı takvimli toplantılarının fiziki ortamda yapılması kararı alındı.

Türk Oftalmoloji Derneği için Nisan Kursu, eğitimde bir klasik haline gelmiş çok değerli bir toplantıdır. 1981 yılından itibaren güncel bir konu bütün yönleri ile konunun uzmanı bilim insanları tarafından titizlikle irdelenmektedir. Ayrıca kursun sonunda genel değerlendirme ve tartışma oturumu yapılarak akıllarda kalan sorular interaktif bir ortamda cevaplanmaktadır. Kursun sonunda verilen kurs kitabı ile de eğitime çok değerli bir katkı sağlanmaktadır. Ayrıca TODNET deki TOD Akademi sayfalarından 41. Nisan Kursu ile ilgili video kayıtlarına dilediğiniz an ulaşmak olasıdır.

TOD Ankara Şubesi 2022 yılı konusu olarak "Optik Refraksiyon ve Refraktif Cerrahi" konusunu belirlemiştir. TOD Ankara Şubesi yönetim kuruluna bu önemli konuyu işledikleri için özellikle teşekkür ederim. Esat Işık Optik Refraksiyon Kursları birim aktif eğitim programları içinde en çok izlenen toplantılardır. Göz hekimlerinin poliklinikteki hastalarının en az %70'i refraksiyon hastalarıdır. Optik Refraksiyon konusunun tüm göz hekimleri tarafından çok iyi bilinmesi ve hatasız bir şekilde uygulanması, farklı meslek gruplarından gelen mesleğimize yönelik saha genişletme saldırılarına karşı bizi koruyacaktır. Kursun Refraksiyon Cerrahisi bölümünde verilecek bilgiler ile de Refraktif Cerrahiye uygun olan hastaların belirlenmesi ve cerrahi teknikler ile ilgili çok değerli bilgiler verilecektir. Farklı meslek grubu mensuplarından üyelerimizin Refraktif Cerrahi uygulamaları ile ilgili yerli yersiz bazı eleştiriler de yapılmaktadır. Refraktif Cerrahi endikasyonlarının bilimsel bir şekilde tanımlanması ve cerrahinin bilimsel kurallara uygun bir şekilde tatbik edilmesi mesleğimize yönelik haksız eleştirileri de azaltacaktır.

Türk Oftalmoloji Derneği üyeleri her yıl Nisan Kursu sırasında Ata'mızın huzuruna çıkmaktadırlar. Bu yılda 41. Nisan Kursu sırasında üyelerimiz ile beraber Anıtkabir ziyaretimizi gerçekleştirecek ve anı defterine kayıt düşerek mesajımızı ileteceğiz.

Pandemi döneminde maalesef kaybettiğimiz tüm meslektaşlarımızı özlem ile anıyoruz. Pandemi Döneminde kaybettiğimiz değerli hocamız Türk Oftalmoloji Derneği Onursal Başkanı Prof. Dr. Erol Turaçlı her yıl Nisan Kursunda bir konferans ile anılacaktır. Prof. Dr. Erol Turaçlı Konferansı bu yıl ilk defa fiziki ortamda yapılacaktır.

41. Nisan Kursunu düzenleyen TOD Ankara Şubesi Yönetim Kuruluna, kurs programında görev alan bilim insanlarımıza, desteklerini esirgemeyen sponsor firmalarımıza, okumakta olduğunuz bu değerli kitaba katkı sağlayan yazarlarımıza, Valör firması çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Ziya Kapran
Türk Oftalmoloji Derneği Genel Başkanı

İÇİNDEKİLER

AKILCI İLAÇ KULLANIMINDA TEMEL BİLGİLER	13
Dr. Gözde ORMAN	
REFRAKTİF CERRAHİ SONRASI AKILCI İLAÇ KULLANIMI	16
Dr. Mutlu ACAR	
SUNİ GÖZYAŞLARININ AKILCI KULLANIMI	19
Dr. Kemal TEKİN	
FİZİK OPTİK, GEOMETRİK OPTİK VE İNSAN GÖZÜ OPTİĞİ	27
Dr. Sait EĞRİLMEZ	
MİYOPİ, HİPERMETROPİ, ASTİGMATİZMA, ANİZOMETROPİ	36
Dr. Elif DEMİRKİLİNÇ BİLER	
AKOMODASYON - AKOMODASYON BOZUKLUKLARI	45
Dr. Önder AYYILDIZ	
AMBLİYOPİ	50
Dr. Doğan CEYHAN	
SKİYASKOPİ-OTOREFRAKTOMETRE, ÇOCUK OTOREFRAKTOMETRELERİ, UYGULAMADAKİ İNCELİKLERİ	54
Dr. Mustafa Kemal ARICI	
REFRAKSİYON MUAYENESİNDE MONOKÜLER TESTLER	57
Dr. Hatice Tuba ATALAY	
BİNOKÜLER TESTLER	59
Dr. Özdemir ÖZDEMİR	
DOMİNANT GÖZ TESTLERİ, SİKLOPLEJİ NE ZAMAN, KİME?	64
Dr. Erbil SEVEN	
GÖZLÜK CAMLARININ ÖZELLİKLERİ VE MATERYALLER	69
Dr. Emine ŞEN, Dr. Serdar BAYRAKTAR	
GÖZLÜK CAMI KAPLAMALARI VE FİLTRELER	74
Dr. Damla ERGİNTÜRK ACAR	
PRİZMALI CAM, KİME, NASIL REÇETE EDİLİR?	77
Dr. Hande TAYLAN ŞEKEROĞLU	
KİME, HANGİ GÖZLÜK CAMINI REÇETE EDELİM?	80
Dr. Alp ALALUF	
ÇOCUKLARDA REFRAKSİYON VE REÇETELENDİRME	84
Dr. Sedef KUTLUK	

MİYOPİ KONTROLÜNDE FARMAKOLOJİK YÖNTEMLER	90
Dr. Hikmet BAŞMAK	
MİYOPİ PROGRESYONUNUN GÖZLÜK VE ORTOKERATOLOJİ İLE KONTROLÜ	92
Dr. Nuray AKYOL	
AMBLİYOPİ TEDAVİSİNDE YENİLİKLER	95
Dr. Huban ATİLLA	
PRESBİYOPİNİN PATOFİZYOLOJİSİ VE MUAYENE YÖNTEMLERİ	100
Dr. Nedime ŞAHİNOĞLU KEŞKEK	
PRESBİYOPİNİN GÖZLÜK CAMLARIYLA DÜZELTİLMESİ	104
Dr. Haydar ERDOĞAN	
PRESBİYOPİDE FARMAKOLOJİK TEDAVİ	109
Dr. Vildan ÖZTÜRK	
PRESBİYOPİDE MONOVİZYON TEDAVİSİ	114
Dr. Emrullah TAŞINDI, Dr. Serdar ÖZATEŞ	
REFRAKTİF CERRAHİ ÖNCESİ HASTA SEÇİMİ VE HAZIRLIK	116
Dr. Leyla ASENA	
KORNEA TOPOGRAFİSİ CİHAZLARINA GENEL BAKIŞ	121
Dr. Mehmet Cüneyt ÖZMEN, Dr. Betül Seher UYSAL	
KORNEA TOPOGRAFİSİ DEĞERLENDİRME	127
Dr. Pınar KÖSEKAHYA	
MİKROKERATOMLAR	131
Dr. Faik ORUÇOĞLU	
REFRAKTİF CERRAHİDE GÜNCEL YÖNTEMLER VE CİHAZLARA GENEL BAKIŞ	134
Dr. Seher Betül UYSAL	
YÜZEY ABLASYONLARI (PRK- PTK- LASEK- EPİLASİK, TRANSEPİTELYAL PRK)	139
Dr. Ali SİPAHİER	
MEKANİK KERATOM VE FEMTOSANİYE LAZER İLE LASİK	142
Dr. Altan Atakan ÖZCAN	
WAVEFRONT (KARTAL GÖRME)- EKSİMER LASER TEKNOLOJİLERİ VE ABERASYONLAR	144
Dr. Koray BUDAK	
LASİK VE SMILE CERRAHİSİNDE SINIRLAR	150
Dr. Volkan HÜRMERİÇ	

PRESBYOND LASER BLENDED VISION	154
Dr. Alper AĞCA, Dr. Bülent KÖSE	
TOPOGRAFI-REHBERLİ KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TEDAVİLER	156
Dr. Hanefi ÇAKIR, Dr. Fehim ESEN	
REFRAKTİF GİRİŞİMLERDE ÇAPRAZ BAĞLAMININ YERİ VAR MI?	161
Dr. Özge SARAÇ	
KORNEAL REFRAKTİF CERRAHİNİN PEROPERATİF KOMPLİKASYONLARI	164
Dr. Necip KARA, Dr. Gazi Bekir ÖZÇAKMAKCI	
KORNEAL REFRAKTİF CERRAHİ KOMPLİKASYONLARI: POSTOPERATİF KOMPLİKASYONLAR	170
Dr. Banu COŞAR	
REZİDÜ REFRAKSİYON- MUTSUZ HASTAYA YAKLAŞIM	177
Dr. Bengü EKİNCİ KÖKTEKİR	
RETİNAL KOMPLİKASYONLAR	181
Dr. A. Hakan DURUKAN	
FAKİK GÖZ İÇİ LENSLERİ	184
Dr. Dilek DURSUN ALTINÖRS	
REFRAKTİF LENS DEĞİŞİMİ	188
Dr. Tamer TAKMAZ	
KORNEAL HALKALAR	194
Dr. Ömür UÇAKHAN GÜNDÜZ, Dr. Tuna Çelik BÜYÜKTEPE	
KORNEA LENTİKÜLER CERRAHİLER	197
Dr. Yusuf KOÇLUK	

KURS METİNLERİ

AKILCI İLAÇ KULLANIMINDA TEMEL BİLGİLER

Dr. Gözde ORMAN

SBÜ Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara

Giriş

Akılci ilaç kullanımı (AİK) hekimlerin tanı ve tedavi sürecinde göz önüne alması gereken önemli bir durum olup aşağıda bahsedilecek basamaklardan biri veya birkaçının karşılanamaması durumunda hastaların tedaviye uyumunun azalmasına, ilaç etkileşimlerine, ilaçlara karşı direnç gelişmesine, hastalıkların nüks etmesine ya da tedavi sürecinin uzamasına, advers olay görülme sıklığının artmasına ve tedavi maliyetlerinin artmasına neden olur.¹ Bu nedenle hekimlerin AİK ilgili kavram ve yaklaşımlara farkındalıklarının artırılması ve benimsemesi faydalı bir yaklaşım olacaktır.

Tanım ve Amaç

AİK, kişilerin klinik bulgularına ve bireysel özelliklerine göre uygun ilacı, uygun süre ve dozda, en düşük fiyata ve kolayca sağlayabilmeleri olarak tanımlamıştır.² İlaç tedavisinin etkili, güvenli ve ekonomik biçimde uygulanmasına olanak tanıyan planlama, yürütme ve izleme sürecidir.³ Temel amaç hastalıkların önlenmesi, teşhisi ve tedavisi için ilaçların uygun hastaya reçetelenmesi ve uygulanmasıdır. Bunun için önlenabilir advers ilaç reaksiyonlardan ve ilaç etkileşimlerinden kaçınmak, hasta uyumunu artırmak, terapötik bakımın kalitesini artırmak ve ilaç tedavisinin maliyetini en aza indirmek gerekir.⁴

Tarihçe

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sağlık ve sağlığa erişmekte eşitlik ilkesine dayanarak, ilaca erişebilirliğin insanlık hakkı olduğunu bildirmiştir. Tüm dünyada yanlış, gereksiz, etkisiz ve yüksek maliyetli ilaç kullanımı çeşitli boyutlarda sorunlara neden olmaktadır. Bu bağlamda DSÖ 1985 yılında Nairobi’de düzenlenen toplantıda, AİK çalışmaları için bir başlangıç yapmıştır. İlaçların akılcı kullanımı için ulusal ilaç politikalarının geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.² Ülkemizde AİK Sağlık Bakanlığı bünyesinde yaklaşık 25 yıldır sürdürölmektedir. 12 Ekim 2010’da AİK Birimi kurulmuştur. 19 Mart 2012’de Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu bünyesinde Akıllı İlaç Tedarik, Yönetim ve Tanıtım Dairesi kurulmuştur. İllerde koordinasyonu sağlamak için İl Sağlık Müdürlüklerinde AİK İl Temsilcisi bulunmaktadır. Hastanelerde ise Hastane Hizmet Kalitesi Standartları gereğince AİK Ekipleri oluşturulmuştur.

Akılcı İlaç Kullanımında Temel İlkeler

Hekim akılcı bir tedavi uygulayabilmesi için uygun tedavi hedefleri belirlemelidir. İlaç seçimi ve sürdürölebilmesini destekleyen ilkelere ihtiyacı vardır. Bu amaçla, DSÖ Kişisel İlaç (K-İlaç) listesinin kullanılmasını önermektedir. K-İlaçlar, düzenli olarak reçete etmeyi seçtiğiniz ve aşına olduğunuz ilaçlardır. Verilen endikasyonlar için öncelikli seçiminizdir. K-İlaç kavramı, sadece bir farmakolojik maddenin adından daha fazlasıdır, aynı zamanda dozajı ve tedavi süresini de içerir. K-İlaçlar, ilaçların bulunabilirliği ve maliyeti, farklı ulusal formüller ve temel ilaç listeleri, tıbbi kültür ve bilgilerin bireysel yorumlanması nedeniyle ülkeden ülkeye ve doktorlar arasında farklılık gösterecektir. Ancak, ilke evrensel olarak geçerlidir. K-İlaçlar, günlük uygulamada etkili bir ilaç için tekrarlayan aramalardan kaçınmanızı sağlar. K-İlaçlar düzenli olarak kullandıkça, etkileri ve yan etkileri, hastaya bariz faydaları öğrenilir.^{5,6} Bu kavram “Hastalık yoktur hasta vardır” prensibi içinde çalışır ve tedavinin olabildiğince kişiselleştirilmesi amaçlanmaktadır.⁴ K-İlaç uygulamasının ilk şartı doğru tanı koymaktır; bunu tedavi hedeflerinin belirlenmesi izler. Daha sonra her tedavi hedefi için K-İlaç gruplarının içinden K-İlaç seçilir.^{4,7,8} DSÖ tarafından hazırlanan “İyi Reçete Yazma Rehberi”nde, bilimsel bir ilaç seçiminde dört ölçüt yani akılcı ilaç kullanım ilkeleri hesaba katılır:⁶

- Etkinlik
- Güvenlik
- Uygunluk
- Maliyet

Etkinlik; ilaç tercih ederken ilk ve en önemli ölçüttür. İlaçla elde edilebilecek maksimum yanıtı ve ilacın istenilen etkileri gösterebilir olmasını tanımlar (örn. basit enfeksiyonlar için geniş spektrumlu antibiyotiklerin kullanılmaması). Yeterli bir etki oluşabilmesi için ilacın yeterli dozda, uygun intervale ve yeterli süre verilmesi gerekir.^{4,6,7}

Güvenlik; ilaç seçerken güvenlilikle ilgili dikkate alınması gereken üç temel husus vardır:

- İlaçların kontrendikasyonları
- Advers ilaç reaksiyonları
- İlaçlar arasındaki etkileşimler

İlaçları hastalara vermeden önce mutlaka kontrendikasyon olup olmadığını denetlemek gerekir.⁴ Eğer bir ilaç etkili ise, aynı zamanda yan etkilerinin de olabileceği bilinmeli ve istenmeyen etkilerin kabul edilebilir düzeyde olması gerekmektedir.

Uygunluk; ilacın uygulanma formu hasta tarafından idare edilebilecek bir form olması ve hızlı bir etkiyi garanti etmesi gerekmektedir (Örneğin; Bir hasta hastane dışında anjina pectoris atağı geçirdiğinde genellikle etrafında enjeksiyon yoluyla ilaç uygulayacak kimse yoktur, bu nedenle hasta ilacı tek başına uygulayabilmelidir; nitratların dil altı tabletleri ve ağız mukozası spreyleri gibi).

Maliyet; Etkinlik ve güvenlik açısından ideal seçiminiz aynı zamanda en pahalı ilaç olabilir.⁸ Reçete edilecek ilacın hastaya ve topluma birim maliyet yerine, toplam tedavi maliyeti dikkate alınmalıdır. Tedavi etmeme kararı verilirse iş gücü kaybı oluşması durumunda toplumsal maliyeti göz önüne alınmalıdır. Komplikasyon durumunda oluşacak tedavi maliyeti de düşünülmelidir.⁴ Çok fazla ilaç reçete edildiğinde, hasta bunlardan sadece bir kısmını satın alabilir. Bu durumlarda, yalnızca gerçekten gerekli, mevcut ve uygun fiyatlı ilaçları reçete ettiğinizden emin olmalısınız.⁶

AİK'de hekim, eczacı ve hasta üçgeninin ilk basamağı hekimdir.⁶ Hekimlerin, ilaç seçimini ve düzenli kullanımını destekleyen ilkelere ihtiyacı vardır. Böylece hem etkinlik hem de olumsuz yan etkiler konusunda deneyim kazanabilirler. Hekimin güvenli ilaç seçimi sürecinde DSÖ'nün önerdiği göz önüne alması gereken koşullar aşağıdaki gibi sıralanır:⁶

Adım 1: Hastanın problemini tanımlayın (Doğru tanıyı koymak)

Adım 2: Terapötik amacı belirleyin

Adım 3: Kişisel tedavinizin bu hasta için uygun olup olmadığını doğrulayın (Hasta için bu tedavinin etkili ve güvenli olup olmadığını belirlemek)

Adım 4: Tedaviye başlayın

Adım 5: Hastaya talimat, uyarı ve bilgilendirmeleri yapın

Adım 6: Tedaviyi izleyin (gereğinde durdurun)

Bu bağlamda ilaçla tedavi uygulanacaksa; uygun ilaç seçimi, çoklu ilaç kullanımında ilaç etkileşimlerinin ön görülmesi, güncel tanı ve tedavi kılavuzları esas alınarak her ilaç için uygun doz ve uygulama süresi belirlenmesi ve hastanın izlenmesi gerekir.

AİK'nin diğer önemli bir basamağı da hasta ve hasta yakınlarının tedavi hakkında bilgilendirilmesidir;

1. İlacın etkileri; neden tedavinin gerekli olduğu, semptomlardan hangilerinin geçecek, ilacın etkisinin ne zaman başlayacağı, düzensiz kullanımda ortaya çıkacak tablonun ne olacağı,
2. Yan etkiler; hastanın bu yan etkileri nasıl anlayacağı ve bu durumda neler yapması gerektiği,
3. Talimatlar; ilaç nasıl ve ne zaman alınmalı, tedavi ne kadar devam etmeli, ilaç nasıl saklanmalı ve artan ilaçlarla ne yapmalı,
4. Uyarılar; ilacın ne zaman alınmaması, azami doz ve tedavi tutumunun tümünün uygulanmasının neden gerektiği,
5. Kontrol; ne zaman ve hangi durumda daha önce gelmeli,
6. Hastanın tedavi sürecini doğru anladığını kontrol; Hastaya her şeyin anlaşılıp anlaşılmadığını sorun, hastadan en önemli bilgileri tekrarlamasını isteyin, hastanın başka sorusu olup olmadığını sorun.⁶

Akılçı Olmayan İlaç Kullanımı

Akılçı olmayan ilaç kullanımı önemli bir sağlık sistemi sorunudur. DSÖ tüm ilaçların yarısından fazlasının uygunsuz şekilde reçete edildiğini /dağıtıldığını ve hastaların yarısından fazlasının reçete edilen ilaçları doğru şekilde kullanmadığını tahmin etmektedir.⁵ Türkiye'de de ilaç kutu sayısı, tanıya uygunluk ve ilaç maliyeti bakımından reçete edilen ilaçların %50'si akılçı değildir.⁷ Akılçı olmayan ilaç kullanımının yaygın örnekleri; bir hasta için gereğinden fazla sayıda ilacın kullanılması (polifarmasi), hastalara gereksiz ilaç reçete edilmesi, uygun olmayan antibiyotik kullanımı, oral alım daha uygun olacak iken enjeksiyonun tercih edilmesi, klinik kılavuzlara uygun olmayan ilaçların reçete edilmesi, belirlenen ilaç tedavisine hastalar tarafından uyulmaması ve hastaların kendilerini -sıklıkla reçetesiz satılan ilaçlarla uygunsuz tedavi etme çabalarıdır.⁴ Akılçı olmayan ilaç kullanımının sebep olabileceği durumlar;

- Tedavide başarısızlık ve rekürrens,
- Yan etki riskinde artış
- İlaçlara karşı direnç/tolerans gelişmesi
- İlaç etkileşimi olasılığında artış
- Tedavi maliyetinin yükselmesi
- Hastaların ilaç bağımlısı olması sıralanabilir.¹
- Akılcı İlaç Kullanımında Sorumluluk

AİT’de sağlık hizmetlerinin örgütlenmesi ve niteliği, hekimlerin ve toplumun eğitimi vb. gibi birçok konuyla yakından bağlantılıdır. İlacın akılcı kullanımı süreci, devletin, ilaç endüstrisinin, başta hekimler ve eczacılar olmak üzere sağlık çalışanlarının ve toplumun akılcı davranmasını gerektirmektedir. AİK’in sağlanması konusunda farkındalığın oluşturulması ve toplum bilincinin artırılmasında hekim, eczacı, hemşire, diğer sağlık personeli, hasta/ hasta yakını, sektör, düzenleyici otorite, meslek örgütleri ve diğer (Medya, Akademi vb.) gruplar sorumluluk sahibi taraflar olarak sayılabilir.^{5,10} İlaç kullanım politikasını koordine etmek için devlet gözetimi, kontrolü ve yönetimi altında multi-disipliner ulusal bir yapı kurulmalıdır.⁵ Klinik rehberler, temel ilaç listeleri, probleme-dayalı eğitim ve hizmet-içi eğitimler planlanmalıdır. Toplumun ilaçların riskleri, yararları, ne zaman ve nasıl kullanacakları hakkında yeterince eğitilmelidir.

Sonuç

Sonuç olarak AİK uygulamaları ile sağlık hizmetinde kaliteyi düşürmeden ilaç ve tedavi harcamaları azalmakta, morbidite ve mortalite düşmekte, hastane yatış süreleri kısaltmakta, insan kaynakları daha ekonomik ve kaliteli biçimde kullanılmaktadır. Böylece tedavi ederken en etkin, yan etkileri en az, en kısa sürede etki edecek ve en az bütçe harcanak ilaçların seçilmesi sağlanır.

KAYNAKLAR

1. Öntan MS, Aydın AE. Yaşlılarda akılcı ilaç kullanımı. Işık AT, Soysal P. Başarılı Yaşlanma (1. Baskı). Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021;28-35.
2. World Health Organization. Rational use of drugs: A review of major issues. In Proceedings of the Conference of Experts, Nairobi, Kenya, 22-29 November 1985.
3. Özçelikay G. Akılcı İlaç Kullanımı Üzerinde Bir Pilot Çalışma. Ankara Ecz. Fak. Dergisi. 2001;30;9-18.
4. Ergün Y, Aykan DA. Akılcı İlaç Kullanımında Genel İlkeler. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi. 2019;28;19-27.
5. World Health Organization. WHO Policy perspectives on medicines. Promoting rational use of medicines: core components. Geneva, September 2002.
6. World Health Organization Action Programme on Essential Drugs. Guide to Good Prescribing: A practical manual. Geneva 1994.
7. Taşdemir S. Akılcı (Rasyonel) ilaç kullanımı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi. 2013;1;1-5
8. Oktay Ş. Akılcı ilaç kullanımının genel ilkeleri. Türk Geriatri Dergisi.2006;9;15-18.
9. Yılmaztürk A. Türkiye’de ve dünyada akılcı ilaç kullanımı. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 2013;2;42-49.
10. Aydın B, Gelal A. Akılcı İlaç Kullanımı: Yaygınlaştırılması ve Tıp Kaynaklar Eğitiminin Rolü. DEÜ Tıp Fakültesi Dergisi. 2012; 26:57-63

REFRAKTİF CERRAHİ SONRASI AKILCI İLAÇ KULLANIMI

Dr. Mutlu ACAR

S.B.Ü. Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Kliniği, Ankara

Giriş

Akılcı ilaç kullanımı (AİK); Dünya Sağlık Örgütü' nün 1985 yılında Nairobi' deki toplantısında 'kişilerin klinik bulgularına ve bireysel özelliklerine göre uygun ilacı, uygun süre ve dozda, en uygun maliyetle ve kolayca sağlayabilmeleri' olarak tanımlanmıştır.¹ Bir endikasyon için uygun ilaç, etkililik, güvenlik ve maliyet kriterleri dikkate alınmışsa, akılcı olarak seçilebilir. İlaç tedavileri hasta bakım hizmetleri içinde ağırlıklı bir yer almaktadır. Bir ilacı hem kullanmak hem de kullanmamak AİK kriterlerine göre yapılmalıdır. Oftalmolojide AİK ise; topikal olarak göz kapakları, adneksleri, oküler yüzey, göz içi, orbitada ilaç kullanımını ve uygun endikasyonda sistemik ilaç kullanımlarını kapsar. Refraktif cerrahi günümüzde hem dünyada hem de ülkemizde giderek artan sayılarda yapılmaktadır.² COVID-19 pandemisini yaşadığımız son iki yılda da yapılan refraktif cerrahi sayıları gerçekten çok üst değerlere ulaşmıştır.³ Refraktif cerrahide ki bu artış; bizleri hem cerrahi öncesi hem de cerrahi sonrası dönemde ciddi sayılarda ve pozolojilerde topikal ilaç kullanımına sevk etmiştir. Topikal kullanılacak bu tedavilerin hem akut hem de kronik dönemde tamamen AİK ilkelerine uygun olarak kullanılması gerekmektedir.

Refraktif cerrahi ile oluşan iyatrojenik korneal hasar; interlökin-1, tümör nekroz faktör- α , epidermal büyüme faktörü, trombosit kökenli büyüme hormonu ve kollajenaz salınımının artmasına sebep olur.⁴ İyatrojenik olarak korneada oluşan bu hasar; kornea yara iyileşme kaskadı ile iyileşir. Bu korneal iyileşme esnasında; enfeksiyöz ve diffüz lameller keratit, rekürren korneal erozyon, epitel yürümesi, subepitelyal infiltrasyon-haze ve kuru göz gibi durumlar görülebilmektedir.⁵⁻¹³ Cerrahi sonrası bu tabloların önlenmesi ve görülmemesi için uygun tedaviler, akılcı olarak kullanılmalıdır.

Kuru Göz Yönetimi

Erken postoperatif dönemde her ne kadar olguların yaklaşık %90' nında kuru göz görülse de şikayetler çoğunlukla geçici olarak bildirilmiştir.¹⁴ En güncel kuru göz çalıştayında (DEWS-2) refraktif cerrahi sonrası görülen kuru gözün; iyatrojenik kuru göz tablosunda sık görülen ve önemli sebeplerinden biri olarak belirtilmiştir.¹⁵ Literatürde; kullanılan cerrahi yöntem ile bildirilen kuru göz oranları farklıdır. İşlemden sonra görülen nörotofik durum lakrimal fonksiyonel ünitenin sağlıklı çalışmasını bozmaktadır. Aynı zamanda oluşan oküler yüzey inflamasyonunun da bu durumu ağırlaştırdığı da bildirilmiştir.¹² Akut evrede, koruyucu içermeyen, korneayı iyileştirme etkisi bilinen sodyum hyaluronat içerikli suni göz yaşı damlalarının kullanılmasının etkin olduğu bildirilmiştir.¹⁶ Uygun pozolojiye ve süreye hastanın oküler yüzeyinin durumuna göre karar verilmelidir. Kronik evrede devam eden kuru gözün tedavisinde ise topikal siklosporin mutlaka akılda tutulmalıdır.¹⁷ Çok ileri olgularda ise punktum tıkaçları düşünülebilir.¹⁶ Trehaloz ve Dekspantonel içeren suni gözyaşı damlalarının sonuçlarının oküler yüzeyin nemliliğinin süresini uzatarak; yüz güldürücü olabileceği düşünülmektedir.¹⁸

Diffüz Lameller Keratit Önlenmesi ve Yönetimi

Enfektif olmayan inflamatuvar bir durumdur. Literatürde değişik oranlarda bildirilmiştir (%0.1-%37).¹⁹ Eldiven pudrası, işaretleme kalem, eski bıçak kullanımı, yüksek enerjili Femto Saniye Lazer kullanımı, geniş flep ve meibomian bez disfonksiyonu etyolojide suçlanmıştır.¹⁹ Bu durumun olmaması için öncelikle risk faktörlerinin eliminasyonu gerekir. Bu durumun en iyi tedavi yöntemini gösteren prospektif bir çalışma yoktur. İnflamasyonun ciddiyetine göre deksametazon, prednizolon gibi güçlü topikal steroidler kullanılmalıdır.²⁰ Antibiyotik içeren fiks kombinasyonlar (deksametazon+tobramisin, deksametazon+moksifloksasin) da akılcı ilaç kullanım ilkelerine ve kliniğin ağırlığına göre kullanılabilir. Oral doksisisiklin tedavisi evre-1 hastalık için önerilmiştir.²¹

Mikrobiyal Keratit Yönetimi

Son derece nadir (% 0.005- % 0.034) görülen ancak korkutucu bir durumdur.²² Stafilokok grubu bakteriler erken evre, Nocardia ve Funguslar ise geç evre enfeksiyonlardan sorumlu tutulmuştur.²³ Düşük cerrahi hijyen, düşük hasta hijyeni, kuru göz, blefarit, immün süpresyon etyolojide yer almaktadır. Bu durumun olmaması için öncelikle risk faktörlerinin eliminasyonu ve cerrahi hijyen kurallarına tam uyum gerekir. Kornea örneklem sonrası ampirik olarak moksifloksasin ve besifloksasin gibi 4. kuşak florokinolonlar kullanılmalı, kültür sonucuna göre tedavi yönetilmelidir. Mümkünse hasta hospitalize edilip yakın takip edilmelidir. Topikal steroid kullanımı varsa durdurulmalı ve stromal kollajenolizi durdurmak için oral doksisisiklin verilmelidir.²³

Rekürren Korneal Epitel Defekti ve Erozyon Yönetimi

Nadir görülen (%1) bu problem genellikle diyabetes mellitusu olan yaşlı kişilerde ve öncesinde tedavi edilmemiş kuru gözü olanlarda ortaya çıkar.²⁴ Cerrahi öncesinde gözden kaçmış kornea bazal membran distrofileri de bu tabloyu ağırlaştırabilir.²⁵ Koruyucu içermeyen suni gözyaşları özellikle sodyum hyaluronat tercih edilmelidir. Kornea epitelinin hızlı iyileşmesi için de trehaloz ve dekspantonel damla ve jellerinin kullanılması uygundur.¹⁸ Doz ve pozoloji AİK prensiplerine ve hastanın durumuna göre değişiklik arz eder. Yüksek oksijen geçirgenliği olan bandaj kontakt lensler de epitelizasyonun hızlanması ve ağrı için kullanılabilir. Kontakt lens seçiminde oküler yüzeyde uzun süreli kullanım için onayının olması çok önemlidir. Kornea epiteli açık olduğu durumlarda keratit riski oluşacağı için mutlaka topikal moksifloksasin ve besifloksasin gibi 4. kuşak florokinolonlar kullanılmalıdır.⁷

Korneal Haze Yönetimi

Photorefraktif keratektomiden sonra oluşan epitelyal-stromal yara yeri iyileşmesi sonrası az da olsa görülebilir. Özellikle küçük ablasyon zonlu yüksek myop ablasyon uygulanan vakalarda görülebilir. Bu durumun olmaması için cerrahi esnasında topikal mitomisin (% 0.02) uygulanması önerilmektedir.²⁶

Sonuç

Tüm oküler cerrahilerde olduğu gibi; refraktif cerrahiden sonra gelişebilecek komplikasyonları önlemek için hastaların durumlarına özel olarak güncel literatür eşliğinde, akılcı ilaç kullanım ilkelerine göre tedaviler planlanmalıdır. Akılcı ilaç kullanımı esasen komplikasyon gelişiminin önlenmesidir. Cerrah hastasını ameliyat öncesi dönemde çok iyi değerlendirmeli ve muhtemel durumları düşünüp ona göre hazırlıklı olmalıdır. Refraktif cerrahi sonrası koruyucu antibiyotik seçimini ve pozolojisini hasta özelinde değerlendirmeli ve antibiyotik direncini mutlaka akılda tutmalıdır. Mikrobiyal keratit durumunda ise oldukça agresif olmalıdır. Topikal steroid kullanımında tüm steroid ile ilişkili komplikasyonları gözlemeli ve hastayı uyarmalıdır. Hastanın konforunu esas olarak ciddi olarak bozan kuru göz ve kornea epitel sorunlarını mutlaka ivedikle ve doğru ajan ile akılcı ilaç kullanım ilkeleri doğrultusunda hem erken hem de geç fazda yönetmelidir. Sonuç olarak; yapacağı tüm tıbbi tedavilerde, güncel literatür ışığında, tedavi maliyetini de düşünerek akılcı ilaç kullanım ilkelerini unutmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. World Health Organization Conference of Experts on the Rational Use of Drugs; The rational use of drugs and WHO. *Dev Dialogue*. 1985;2:1-4.
2. Flynn E, Pakhchanian H, Sohal P, Gupta R, Raiker R, Asahi MG, Belyea D. Top 100 most cited papers in laser-assisted in situ keratomileusis surgery: a bibliometric analysis. *Semin Ophthalmol*. 2022;21:1-7.
3. Bickford M, Rocha K. Impact of the covid-19 pandemic on refractive surgery. *Curr Ophthalmol Rep*. 2021;9:127-132.
4. Netto MV, Mohan RR, Ambrósio R Jr, Hutcheon AE, Zieske JD, Wilson SE. Wound healing in the cornea: a review of refractive surgery complications and new prospects for therapy. *Cornea*. 2005;24:509-522.
5. Sahay P, Bafna RK, Reddy JC, Vajpayee RB, Sharma N. Complications of laser-assisted in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol*. 2021;69:1658-1669.
6. Sridhar MS, Rao SK, Vajpayee RB, Aasuri MK, Hannush S, Sinha R. Complications of laser-in-situ-keratomileusis. *Indian J Ophthalmol*. 2002;50:265-282.
7. Llovet F, de Rojas V, Interlandi E, Martín C, Cobo-Soriano R, Ortega-Usobiaga J, Baviera J. Infectious keratitis in 204 586 LASIK procedures. *Ophthalmology*. 2010;117:232-238.
8. Zhao J, He L, Yao P, Shen Y, Zhou Z, Miao H, Wang X, Zhou X. Diffuse lamellar keratitis after small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:400-407.
9. Schallhorn SC, Amesbury EC, Tanzer DJ. Avoidance, recognition, and management of LASIK complications. *Am J Ophthalmol*. 2006;141:733-739.
10. Öncel B, Kılıç İ, Akova YA. Anterior segment surgeries and dry eye; diagnosis and therapeutic approach. *Turk J Ophthalmol*. 2012;42:227-234.
11. Toda I. LASIK and the ocular surface. *Cornea*. 2008;27:70-76.
12. Toda I. Dry Eye After LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59:109-115.
13. Wong AHY, Cheung RKY, Kua WN, Shih KC, Chan TCY, Wan KH. Dry eyes after SMILE. *Asia Pac J Ophthalmol*. 2019;8:397-405.
14. Cohen E, Spierer O. Dry eye postlaser-assisted in situ keratomileusis: Major review and latest updates. *J Ophthalmol*. 2018;2018:4903831.
15. Gomes JAP, Azar DT, Baudouin C, Efron N, Hirayama M, Horwath-Winter J, Kim T, Mehta JS, Messmer EM, Pepose JS, Sangwan VS, Weiner AL, Wilson SE, Wolffsohn JS. TFOS DEWS II iatrogenic report. *Ocul Surf*. 2017;15:511-538.
16. Ambrosio Jr R, Tervo T, Wilson SE. LASIK-associated dry eye and neuro-trophic epitheliopathy: pathophysiology and strategies for prevention and treatment. *J Refract Surg*. 2008;24:396-407.
17. Torricelli AA, M.R.Santhiago, Wilson SE. Topical cyclosporine a treatment in corneal refractive surgery and patients with dry eye. *J Refract Surg*. 2014;30:558-564.
18. Mateo Orobia AJ, Casas Pascual P, Cristóbal Bescós JÁ, Perez García D, Peiro Embid C, Del Buey Sayas MÁ, Korobko Kulikova V, Lafuente Ojeda N. Effects of 3% trehalose as an adjuvant treatment after LASIK. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:347-353.
19. GritzDC. LASIK interface keratitis: epidemiology, diagnosis and care. *Curr Opin Ophthalmol*. 2011;22:251-255.
20. Stulting RD, Randleman JB, Couser JM, Thompson KP. The epidemiology of diffuse lamellar keratitis. *Cornea*. 2004;23:680-688.
21. Moshirfar M, Durnford KM, Lewis AL, Miller CM, West DG, Sperry RA, West WB Jr, Shmunes KM, McCabe SE, Hall MN, Ronquillo YC, Hoopes PC. Five-year incidence, management, and visual outcomes of diffuse lamellar keratitis after femtosecond-assisted lasik. *J Clin Med*. 2021;10:3067.

22. Ortega-Usobiaga J, Llovet-Osuna F, Djodeyre MR, Llovet-Rausell A, Beltran J, Baviera J. Incidence of corneal infections after laser in situ keratomileusis and surface ablation when moxifloxacin and tobramycin are used as postoperative treatment. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:1210-1216.
23. Donnenfeld ED, Kim T, Holland EJ, Azar DT, Palmon FR, Rubenstein JB, Daya S, Yoo SH; American Society of Cataract and Refractive Surgery Cornea Clinical Committee. ASCRS White Paper: Management of infectious keratitis following laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:2008-2011.
24. Randleman JB, Lynn MJ, Banning CS, et al. Risk factors for epithelial defect formation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1738-1743.
25. Pe´rez-Santonja JJ, Galal A, Cardona C, et al. Severe corneal epithelial sloughing during laser in situ keratomileusis as a presenting sign for silent epithelial basement membrane dystrophy. *J Cataract Refract Surg.* 2005; 31:1932-1937.
26. Carlos de Oliveira R, Wilson SE. Biological effects of mitomycin C on late corneal haze stromal fibrosis following PRK. *Exp Eye Res.* 2020;200:108218.

SUNİ GÖZYAŞLARININ AKILCI KULLANIMI

Dr. Kemal TEKİN

Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Kliniği, Ankara

Akılci ilaç kullanımı (AİK) alışmaları Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 1985 yılında Nairobi’de gerçekleştirilen toplantı ile başlatılmıştır. DSÖ’ye göre; AİK: kişilerin klinik bulgularına ve bireysel özelliklerine göre uygun ilaca, uygun süre ve dozda, en düşük maliyette ve kolayca ulaşabilmeleri olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu tanımlama AİK için tek başına yeterli değildir. Çünkü; öncelikle tedavinin ilaçla mı yoksa ilaçsız mı yapılacağına karar verilmesi; şayet ilaç reçete edilecekse hastanın ilaca ulaştıktan sonra ilacın kullanımına ve saklama koşullarına olan uyumunun değerlendirilmesi ve yan etkilerinin takip edilmesi de AİK’nin kapsamına girmektedir. DSÖ’nün tahminlerine göre, ilaçların %50’sinden fazlası uygun olmayan şekilde reçete edilmekte, temin edilmekte veya satılmaktadır. Tüm hastaların yarısı da ilaçlarını doğru şekilde kullanamamaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ölkemizde de yanlış ve gereksiz ilaç kullanımı halk sağlığını etkileyen ciddi bir sorundur. Akılci olmayan ilaç kullanımı hastaların tedaviye uyumunu azaltmakta, ilaç etkileşimlerine, bazı ilaçlara karşı direnç gelişmesine, hastalıkların tekrarlamasına ya da uzamasına, yan etki sıklığının ve tedavi maliyetlerinin artmasına sebep olabilmektedir.

AİK’nin sağlanabilmesi için öncelikle doğru tanının konulması, ardından ilaçsız/ilaçlı, etkili ve güvenilir tedavinin planlanması gerekir. şayet ilaçlı tedavi uygulanacaksa, uygun ilaçlar uygun dozda ve uygun uygulama süresiyle birlikte maliyet de göz önüne alınarak belirlenmeli ve doğru şekilde reçetelenmelidir. Bu esnada sistemik hastalıklar, kullanılmakta olan ve en son kullanılan ilaçlar ile hastanın alerjik durumu sorgulanmalıdır. İlaçların dozu, sıklığı, ne kadar süre kullanılacağı ve uygun saklama koşulları hastaya tam olarak anlatılmalıdır. Ayrıca ilacın olası yan etkileri ve ilacın diğer ilaç ve besinlerle etkileşimleri konusunda bilgilendirme yapılmalıdır. Hamilelik ve emzirme döneminde, çocuklarda, yaşlılarda, böbrek ve karaciğer yetmezliği olan hastalarda, kronik hastalığı olanlarda ve ilaç alerjisi öyküsü olanlarda ilaç kullanımı konusunda daha dikkatli olunmalıdır. Bu yazının amacı da suni gözyaşı preparatlarının (SGP) akılci kullanımına kuru göz hastalığı zemininde değinmektir. Kuru göz tedavisinde kullanılan diğer tedavi yöntemleri (biyolojik gözyaşı destekleri, gözyaşı artırıcı yaklaşımlar, antiinflamatuvar tedavi) bu yazı kapsamı dışı kaldığı için bahsedilmeyecektir.

Suni gözyaşı preparatları toplumda oldukça sık (50 yaş üzeri bireylerde %5-50) görölen kuru göz hastalığında ve ek olarak birçok oküler yüzey hastalığında reçete edilmektedir. Bu da ölkemiz ekonomisi açısından ciddi bir mali bir yük demektir. Ayrıca kuru gözün sık göröldüğü yaş grubunda glokom ve geçirilmiş oküler cerrahi gibi ilave ilaç kullanımını gerektiren durumlar daha sık görölmektedir. Bu durumlarda SGP’nin diğer ilaçlarla birlikte kullanılması (polifarmasi), ilaca olan uyumu düşürebilmekte ve kısa aralıklarla damlatıldığında ilaç etkinliği azalabilmektedir. Aynı zamanda SGP’nin kendisi de koruyucu içeriyorsa oküler yüzeyin koruyucu madde yükü de artacaktır. Bu sebeple SGP için akılci kullanım büyük önem taşımaktadır.

Piyasada mevcut olan gözyaşı preparatlarının hiçbiri doğal gözyaşının kompleks yapısını hem içerik hem de yapısal olarak taklit edemediği için bu preparatlar için kullandığımız ‘suni gözyaşı’ tanımlaması aslında doğru bir tanımlama değildir. Damla, jel/pomad veya sprey olarak karşımıza çıkabilen suni gözyaşı preparatlarının bazılarının içeriği doğal gözyaşı içeriğine benzese de bu preparatların esas fonksiyonu lubrikasyondur. Bu nedenle ‘lubrikan’ terimi bu preparatlar için daha uygun olabilir.

Suni gözyaşı preparatları temelde gözyaşı filminin bir veya daha fazla katmanının replasmanını hedeflemektedir. SGP’leri 2017 yılında yayınlanan, Gözyaşı Filmi ve Oküler Yüzey (Tearfilm and Ocular Surface-TOFS) alışma Grubu’nun İkinci Kuru Göz alışma (Dry Eye WorkShop-DEWS) raporuna göre şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

1) Aköz yetmezlik tedavisi: SGP’lerin formölasyonları osmolarite, pH ve viskozite değişiklikleri gösterse de majör komponentleri genellikle benzerdir ve en büyük komponenti aköz komponent oluşturmaktadır. Oküler yüzeyde lubrikan etkiyi artırmak ve kalış süresini uzatmak için sıklıkla çeşitli viskozite arttırıcı ajanlardan faydalanılmaktadır.

1.1. Viskozite arttırıcı ajanlar: Karbomer 940 (poliakrilik asit), karboksimetil sellöloz (CMC), dekstran, hyalüronik asit (HA), HP-guar, hidrokshipropil metilsellöloz (HPMC), polivinil alkol (PVA), polivinilpirolidon (PVP) ve polietilen glikol; SGP’lerde kullanılan viskozite arttırıcı ajanlardır. Viskozite arttırıcı ajanların gözyaşı filmi kalınlığının arttırılması, kurumaya karşı koruma, oküler yüzeyde gözyaşı tutulmasının teşvik edilmesi, oküler yüzeyin korunması, fizyolojik kornea kalınlığının korunması, goblet hücre yoğunluğunun iyileştirilmesi ve kuru göz semptomlarının giderilmesi etkileriyle kuru göz tedavisinde

faydalı olduğu düşünülmektedir.^{1,2} Piyasada çok farklı ajanlar ve bu ajanların farklı kombinasyonları ile geliştirilmiş birçok ticari formülasyon mevcut olsa da birbirlerine üstünlük açısından belirgin farklılık gösterilmemiştir.^{3,4} SGP'nin viskozitesi arttıkça oküler yüzeyde kalma zamanı uzarken, bulanık görme ve damla kurduğunda kirpiklerde depozitler bırakma gibi problemler görülebilir ve bu da hasta uyumunu azaltan nedenlerdendir. Bu nedenle yüksek viskoziteli ajanların gece kullanımı daha uygundur.

1.2. Osmotik ajanlar: TFOS DEWS I raporu gözyaşı hiperosmolaritesi ile kuru göz arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. O zamandan beri birçok araştırmacı kuru göz ve osmolarite arasındaki ilişkiyi incelemiştir. TFOS DEWS II raporu da hiperosmolarite ve ona bağlı gelişen oküler yüzey inflamasyonu ile karakterize kısır döngünün kuru göz hastalığının oluşumu ve ilerlemesindeki en temel ve merkezi mekanizma olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, nispeten az sayıda çalışma hipertonic veya hipotonik SGP'lerin kuru göz üzerine etkisini araştırmıştır.⁵ Hipotonik SGP'lerin kuru gözde ortaya çıkan yüzey değişikliklerini geri çevirebildiği, goblet hücre sayısını arttırdığı ve kuru göz semptom ve bulgularını düzeltebildiği bildirilmiştir.⁵ Ayrıca kuru göz tedavisinde kullanılan SGP'lerin gözyaşı osmolaritesi üzerine etkisi tedavi başarısının değerlendirilmesinde birçok araştırmada kriter olarak kabul edilmeye başlanmıştır ve gözyaşı osmolaritesinin azalması ile hasta semptomlarının azalmasının paralellik gösterdiği bildirilmektedir.⁶

1.3. Osmoprotektanlar: L-karnitin ve betain gibi osmoprotektif ajanlar hücre metabolizmasını değiştirmeksizin osmotik basıncı dengeleyerek aşırı osmotik stres altındaki hücreleri koruyan bir grup uyumlu çözünen maddedir.^{7,8} Osmoprotektif etki, kullanılan ilaç miktarına, ilacın kalış süresine ve farklı farmakokinetik özellikleri olan diğer osmoprotektiflerle kombinasyonlara göre değişmektedir. Trehaloz; SGP'lerde rölatif olarak yeni kullanılmaya başlanan bir osmoprotektan olup; birçok memeli olmayan türde doğal olarak bulunan ve hücrelerin elverişsiz ortamlarda hayatta kalmasını sağlayan doğal bir disakkarittir ve sahip olduğu çok yüksek su tutma kapasitesi biyoproteksiyon ve osmoproteksiyon sağlayarak elverişsiz koşullarda dahi hücrelerin hayatta kalmasına yardımcı olmaktadır.^{9,10} In vitro ve in vivo çalışmalar, trehalozun kornea hücrelerini kurumadan koruduğunu ve kornea ve konjonktiva hücrelerini apoptoza karşı koruduğunu göstermiştir.^{11,12} Hyalüronik asit ve trehalozu kombine eden yeni bir gözyaşı formülasyonu geliştirilerek hyalüronik asitin lubrikan, trehalozun ise biyoprotektif etkisi bir araya getirilmiştir.¹³

1.4. Antioksidanlar: Kuru göz hastalarının gözyaşlarında serbest oksijen radikallerinin varlığı, kuru göz yönetiminde antioksidanların tedavide kullanılabilirliği konusunu gündeme getirmiştir.¹⁴ Asetilsistein, vitamin A, Quersetin, Visotimin, Selenoprotein P bu konuda en çok araştırılan antioksidan ajanlardır.

1.5. Koruyucular (Prezervanlar): Prezervan maddeler multidoz damla şişelerinde olması gereken, damlanın mikrobiyal kontaminasyonunu engelleyen kimyasal maddelerdir. Ancak bu prezervan maddelere oküler yüzeyin uzun süreli maruziyeti toksisite ortaya çıkarabilmektedir. Benzalkonyum klorid (BAK) en sık kullanılan ve antimikrobiyal etkisi en kuvvetli olan prezervan maddedir. Ancak özellikle yüksek konsantrasyonlarda inflamasyon ve ciddi epitel toksisitesi görülmektedir ki bu etki gözyaşının azalmış yıkama etkisi nedeniyle kuru göz hastalarında daha belirgindir. Multidoz SGP'lerde uzun dönem koruyucu maruziyetine bağlı olan bu yan etkileri azaltmak için daha az toksik ajanlar geliştirilmiştir. Sodyum klorit (Purite, OcuPure), sodyum perborat (GenAqua), polikuaterniyum-1 (Polyquad), Etilendiamintetraasetik asit (EDTA), ve SofZia oküler yüzey üzerine daha az yan etkisi olduğu bilinen yeni koruyucu ajanlardır. Sodyum perborat gözyaşı ile temas ettiğinde su ve oksijene döndüğünden, sodyum klorit ise oküler yüzeyde ultraviyole ışınlarıyla klorid ve suya dönüştüğünden 'kaybolan (vanishing)' prezervanlar olarak bilinir ve toksisitesi daha azdır.¹⁵ Ancak bu ajanların da uzun kullanım sonrası oküler yüzey yan etkileri olabileceği göz ardı edilmemelidir.¹⁵

Prezervansız gözyaşı preparatları ise tek kullanımlık şişelerde üretilmektedir. Bu hem maliyeti arttırmakta hem de ilacın kullanımını zorlaştırmaktadır. Amerikan gıda ve ilaç dairesi (FDA) mikrobiyal kontaminasyonu engelleyen şişelerin geliştirilmesi ile multidoz şişelerde prezervan bulundurma zorunluluğunu kaldırmış böylece prezervansız multidoz damlalar piyasaya sürülmüştür. Pomadlar bakteri üretmesi için elverişli ortamlar olmadığından genelde prezervan madde gerekmez. Ancak bazı pomadlar prezervan olarak toksik etkisi de olabilen paraben içerir.

1.6. İnaktif ajanlar: SGP'lerde etkin madde ve prezervanlar dışında kullanım kolaylığı sağlamak için birçok **tampon, yardımcı madde** ve **elektrolit** de mevcuttur ve bu ajanların da gözyaşı film tabakası üzerine olumsuz etkileri olabileceği bilinmektedir.

Yaygın olarak kullanılan oftalmik solüsyonların stabilitesi, büyük ölçüde çevrelerinin pH'si tarafından kontrol edilir. Stabiliteye ek olarak pH; ürünün konforunu, güvenliğini ve etkinliğini etkileyebilir. SGP'ler; sitrat, fosfat ve borat tamponları dahil olmak üzere pH'yi kontrol etmek için çok çeşitli tamponlar içerir. Bu tür tamponların konsantrasyonu kritiktir, çünkü uzun süre ve yoğun kullanımda bu ajanlara bağlı korneal kalsifikasyon ve epitel toksisitesi gibi yan etkiler oluşabileceği unutulmamalıdır.¹⁶

Oküler yüzeyin hassas yapısı nedeniyle, SGP'lerde iyonik ve iyonik olmayan yardımcı maddelerin kullanımına ihtiyaç vardır. Yardımcı maddelerin oküler yüzey üzerindeki etkisi ile ilgili sınırlı sayıda yayınlanmış çalışma bulunmaktadır.¹⁷ Son zamanlarda, makrogolgliserol hidroksisterat 40 ve poli(l-lizin)-graft-polietilen glikol üzerinde çalışılmaktadır; ancak bu yardımcı maddelerin oküler yüzey üzerindeki etkisini netleştirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.^{18,19}

Elektrolitler, oküler yüzey homeostazında kritik roller üstlenirler. Gözyaşı film tabakası sodyum, potasyum, klor, magnezyum ve kalsiyum dahil olmak üzere elektrolitler açısından oldukça zengin karmaşık bir ortamdır.²⁰ Gözyaşı salgılandığında, iyonların oranları, özellikle potasyum, serum ile içerik olarak biraz farklı olsa da; gözyaşı serum ile izotoniktir.²⁰⁻²² Ancak kuru göz hastalarında gözyaşı filmindeki elektrolit konsantrasyonu, buharlaşma ve/veya azalmış su oranı üretimi nedeniyle tipik olarak artar.^{21,22} TheraTears® (Akorn Lake Forrest, ABD) ve Bion® Tears (Alcon Ft Worth, TX, ABD) gibi bazı SGP'ler, gözyaşı filmine eş bir elektrolit profili yansıtmaları amaçlanan içeriğe sahiptir. SGP'lerde yaygın olarak kullanılan elektrolit tuzlarından bazıları sodyum klorür, potasyum klorür, kalsiyum klorür, magnezyum klorür, çinko klorür, sodyum borat, sodyum fosfat ve borik asittir.²²

2) Lipid yetmezlik tedavisi: Gözyaşı film tabakasının en dış kısmında yer alan lipid tabaka gözyaşının buharlaşmasının önlenmesi için önem taşır. Meibomian bez disfonksiyonu ve lipid yetmezliğinin kuru göz etyopatogenezindeki yeri anlaşıldıkça, lipid içerikli SGP'lerin popülaritesi artmıştır.^{23,24} Gözyaşı filminin doğal lipid tabakasının en iyi şekilde taklit edilebilmesi için oküler lubrikan formülasyonlara trigliseridler, doymuş ve doymamış yağ asitleri ve fosfolipidler gibi çeşitli lipidler dahil edilmiştir.^{22,25}

Fosfolipidler; yüksüz olabileceği gibi, negatif veya pozitif yüklü de olabilirler. Systane® Balance (Alcon Ft Worth, TX, ABD) bir polar fosfolipid olan DMPG (dimiristoilfosfatidilgliserol) içerir. Birçok fosfolipid türü mevcuttur ve bunlardan ikisi yaygın olarak SGP'lerde bulunmaktadır: fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamin.^{26,27} Negatif yüklü fosfolipidlerin, nonpolar lipidlerle hidrofilik aköz tabaka arasında ara yüz oluşturarak nötral fosfolipidlere göre lipid tabaka kalınlığını daha fazla artırdığı gösterilmiştir.²⁸

3) Biyolojik gözyaşı destekleri: Otolog serum, erişkin allojenik serum, umbilikal kord serumu, platelet preparatları.

4) Diğer ajanlar: Mukolitikler, TRPV1 reseptörleri.

5) Göz yaşı koruyucu yaklaşımlar: Puntkal oklüzyon, Nem odalı gözlükler.

6) Göz yaşı uyarıcı yaklaşımlar: Topikal sekretogoglar, oral sekretogoglar, nazal nörostimülasyon.

7) Antiinflamatuvar tedavi: Topikal steroidler, siklosporin A, takrolimus, biyolojik ajanlar ve nöropeptidler, sistemik antibiyotikler

Tablo 1'de sık kullanılan SGP'lerin aktif içeriği ve koruyucu maddesi görülmektedir.

Tablo 1: Suni gözyaşı preparatlarının aktif içeriği ve prezervan maddesi.

TİCARİ İSİM	AKTİF İÇERİK	PREZERVAN
Artelac Advanced	Sodyum hyalüronat	Yok
Artelac Complete	Hyalüronik asit, karbomer, gliserol	Yok
Eyestil Tek Doz	Sodyum hyalüronat	Yok
Eyestil	Sodyum hyalüronat	Benzalkonyumklorür
Fullfresh	Polivinilalkol, Povidon	Yok
Hyonat	Sodyum hyalüronat	Yok
Lacryvisc jel	Karbomer, Mannitol	Tiyomersal
Lipotears jel	Karbomer, Trigliserid	Setrimid
Occulotect	Polividon	Benzalkonyumklorür
Novaqua	Polivinilalkol, Povidon	Yok
Panthol Eye	Dekspantenol, Sodyum hyalüronat	Yok
Protagent	Polivinilpirolidon	Benzalkonyumklorür
Protagent SE	Polivinilpirolidon	Yok
Refresh	Polivinilalkol, Povidon	Yok
Refresh Liqujel	Karboksimetilselülöz	Oksiklorokompleks (purite)
Refresh Tears	Karboksimetilselülöz	Oksiklorokompleks (purite)
Systane Lubricant	Polietilen/Propilen glikol	Poliquad
Systane Ultra	Polietilen/Propilen glikol	Yok
Siccaprotect	Deksapantenol, Polivinilalkol	Benzalkonyumklorür
Slezol Forte	Hidroksipropilmetilselülöz, dekstran	Benzalkonyumklorür
Tears Naturele Free	Hidroksipropilmetilselülöz, dekstran	Yok
Tears Naturele II	Hidroksipropilmetilselülöz, dekstran	Poliquad
Thealoz Duo	Hyalüronik asit, trehaloz	Yok
Thilotears SE	Karbomer	Yok
Thilotears	Karbomer	Benzalkonyumklorür
Xailin Night	Parafin/Mineral yağı/Lanolin	Yok
Viscotears Jel	Karbomer	Setrimid

2007 yılında yayınlanan birinci DEWS raporundan sonra, 2017 yılında yayınlanan DEWS II tanışal yöntem bilim raporu en geniş kapsamlı olanlardan biri olup, 36 sayfa uzunlukta ve 593 kaynak sayısına sahiptir. Bu rapora göre **KURU GÖZ HASTALIĞI**; gözyaşı filmi instabilitesi, hiperosmolarite, oküler yüzey inflamasyonu ve hasarı ve nörosensöryal anormalliklerin etyolojik rol oynadığı, oküler semptomların eşlik ettiği, göz yaşı filminin homeostaz kaybı ile karakterize, oküler yüzeyin çok faktörlü bir hastalığıdır.

Kuru göz tedavisinin akılcı yürütülmesinin ilk şartı birçok fizyopatolojik nedene bağlı oluşabilen hastalığın, o hasta için etyopatogenetik sınıflamasını doğru yapmak; ikinci şartı ise hastalığın şiddetini belirlemektir.

TFOS DEWS raporları kuru göz hastalığını temelde iki ana grubu ayırmıştır:

1. Aköz yetmezliğe sekonder gelişen kuru göz hastalığı
2. Buharlaşımaya sekonder gelişen kuru göz hastalığı

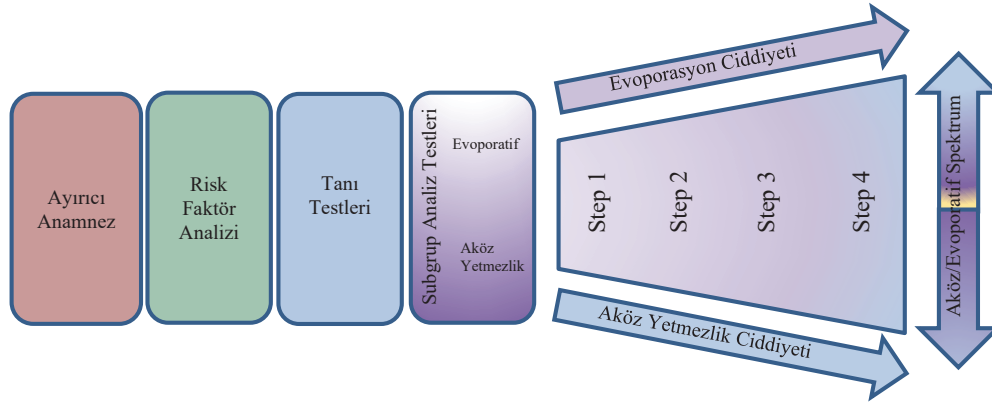
Bu iki ana başlığın olası nedenleri ve alt grupları Tablo 2’de özetlenmiştir. Yapılan çalışmalar bu iki kuru göz hastalığı formunu kesin sınırlarla birbirinden ayırmanın mümkün olmadığını ve çoğu hastada bu iki formun birlikte bulunabileceğini göstermektedir.

Tablo 2. Kuru göz hastalığının olası nedenleri ve alt grupları.

KURU GÖZ HASTALIĞI	
Aköz Yetmezliğe Sekonder	Buharlaşmaya Sekonder
Sjögren Sendromu - Primer - Sekonder (Sistemik Hastalık) • Romatoid artrit • Poliarteritis nodosa • Sistemik lupus eritematoz • Wegener granülomatozis • Sistemik skleroz • Primer biliyer siroz • Miks bağ dokusu hastalığı Non-Sjögren Sendromu - Lakrimal bez eksikliği • Konjenital alakrımia • Triple A sendromu - Yaşa bağlı aköz yetmezlik - İnflamatuvar ve diğer lakrimal bez infiltrasyonu • Sarkoidoz • Lenfoma • Viral enfeksiyonlar • Radyasyon tedavisi - Lakrimal bezde tıkanıklıkla giden skatrisyel konjonktivitler • Graft versus host hastalığı • Stevens-Johnson sendromu • Müköz membran pemfigoid • Skatrisyel pemfigoid • Pemfigus • Trahom • Kimyasal yanıklar - Hiposekretuvar durumlar (Lakrimal fonksiyonel birimde yetmezlik) • Refleks afferent blok - Topikal anestezi - Trigeminal sinir hasarı (Refraktif cerrahi, Nörotrofik keratit) • Sekretomotor blok - Parasempatik hasar - Farmakolojik inhibisyon • Kombine blok - Ailesel disotonomi - Diğer • Diyabetes mellitus • Psödoeksfolyasyon sendromu	Meibomian Bez Fonksiyon Bozukluğu - Primer • Meibomian sebore • Obstrüktif - Skatrisyel / Skatrisyel olmayan - Sekonder (Lokal hastalık) • Ön blefarit • Oküler yüzey inflamasyonu • Kontakt lens kullanımı - Sekonder (Sistemik dermatoz) • Rozasea • Seboreik dermatit • Atopik dermatit • İktiyozis • Psöriazis - Sekonder (Kimyasal maruziyet) • 13-cis retinoik asit • Anti-androjenler Genetik Meibomian Bez Hastalıkları - Meibomian bez agenezisi - Anhidrotik Ektodermal Displazi - Ektrodaktili Sendromu - Epidermolizis Bülloza - İktiyozis Folliküleris - Turner Sendromu Kapak Aralığı Hastalıkları - Kırpma ile ilişkili • Parkinson hastalığı Oküler Yüzey ile İlişkili Buharlaşma - Allerjik göz hastalıkları - Vitamin A eksikliği - Kısa gözyaşı kırılma zamanı - İyatrojenik

Multifaktöriyel bir etyolojiye sahip olan kuru göz hastalığının tedavisi de oldukça komplekstir ve klinisyenler arasında tam bir konsensüs mevcut değildir. Bu sebeple TFOS DEWS II raporunda basamaklı tedavi algoritması önerilmiştir. Bu tedavi algoritmasında, hastanın **evaporatif** kuru göz veya aköz yetmezlik kuru göz tanılarının ayrımının yapılması ve hastanın semptomlarının hangi grup ile daha yakından ilişkili olduğunun belirlenmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, silik bulgulara rağmen semptomların çok yoğun olduğu nöropatik ağrı ve bulguların çok yoğun, semptomların ise çok belirsiz olduğu nörotrofik keratopati klinikleri ayırıcı tanıda akılda tutulmalıdır.

DEWS II raporunun hedefi; oküler yüzeyde homeostazisi yeniden sağlamak, inflamasyon kısır döngüsünü kırmak ve oküler yüzey konforunun uzun süre korunabilmesi üzerinedir. Bu amaçla hastaların iyi sorgulanması, risk analizinin iyi yapılması, tanı testleri ile alt grup analizi yapıldıktan sonra tedavi planlaması yapılması önerilmektedir (Resim 1).



Resim 1. Kuru göz tedavisinde DEWS II raporunda önerilen diyagram.

Tedavi algoritmaları genellikle hastalık ciddiyetine göre plan sunmaktadır; ancak kuru göz tablosu birçok faktörün bir arada olması nedeniyle algoritma sistemine uymamaktadır. Bu yüzden önerilen aşamaya cevap vermeyen olgularda ve ciddi kuru göz tablosu sergileyenlerde bir üst tedavi basamağına geçilebilir veya bir önceki tedavi devam ederken diğer aşamadaki tedavi seçenekleri ilave edilebilir. TFOS DEWS II raporunda önerilen basamaklı tedavi önerisi Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3. Kuru göz tedavisi için önerilen basamaklı tedavi algoritması.

Step 1 - Hastalık, tedavi ve prognoz hakkında eğitim - Çevresel koşulların düzenlenmesi - Beslenme modifikasyonu - Sistemik ve topikal tedavilerin düzenlenmesi - Lubrikan ajanlar - Kapak hijyeni ve sıcak kompres
Step 2 - Koruyucu içermeyen lubrikan ajanlar - Tea tree oil (demodex enfestasyonu varsa) - Gözyaşı koruyucu yöntemler - Punktal oklüzyon - Nem odalı gözlükler - Gece tedavi uygulamaları - Ofis tipi fiziksel meibom uygulamaları/ Intense pulsed light - İlaç tedavisi - Topikal antibiyotik veya antibiyotik/steroid kombinasyonu - Topikal kortikosteroidler (kısa süreli) - Topikal sekretegoglar - Topikal nonglukokortikoid immünomodülatörler (siklosporin A) - Topikal LFA-1 antagonisti - Oral makrolid ya da sekretegog
Step 3 - Oral sekretegoglar - Otolog/Allojenik serum - Terapötik kontakt lens
Step 4 - Topikal kortikosteroidler - Amniyotik membran greftleri - Cerrahi punktal oklüzyon - Diğer cerrahi yaklaşımlar

Hastadaki mevcut kuru gözün etyolojisine yönelik tam bir değerlendirme yapıp, kuru gözün şiddeti belirlendikten sonra tedavi planlanmalıdır. Suni gözyaşı desteği her kuru göz sendromlu olguda ve her evrede kullanılabilir. Bu desteğin akılcı planlanabilmesi için eş zamanlı olarak etyolojiye yönelik tedavinin yapılması ve bireysel/çevresel faktörlerin düzenlenmesi gereklidir. Örneğin meibomian bez hastalığı varlığında sıcak kompres uygulamaları, antiinflamatuvar ilaçlar ve gerektiğinde sistemik tetrasiklin derivativesi ilaçlar tercih edilebilir. Hasta kontakt lens kullanıcısı ise lens materyali ve kullanma rejimi, kuru göze neden olabilecek topikal ve sistemik ilaçlar gözden geçirilmelidir. Göz kırpmaya egzersizleri, ortam neminin ve ısısının ayarlanması, ekran pozisyonlarının ayarlanması, klimalardan uzak durulması ve sıvı alımının artırılması gibi önlem ve düzenlemeler akılcı tedavinin önemli parçalarıdır.

İlaç seçimi

Suni gözyaşı preparatları, kuru göz hastalığında semptomları azaltarak oküler konforu ve hayat kalitesini artırır; ancak kuru gözü tam olarak tedavi edemez. SGP'lerin terapötik özellikleri arasında gözyaşı filminin stabilizasyonu, oküler yüzeyin korunması, gözyaşı buharlaşmasının azalması ile yara iyileşmesinin ve kayganlığının artması yer alır.²⁹ Ayrıca SGP'lerin kuru gözle ilişkili inflamasyonun temelinde rol oynayan gözyaşı hiperosmolaritesini azalttığı bildirilmiştir.^{30,31} Aslında klinik etkileri tam olarak bilinmese de SGP'lerin esas etkisi lubrikasyondur.

Mevcut kullanımda olan çok fazla çeşit SGP mevcut olsa da bunların birbirlerine üstünlükleri kesin olarak gösterilememiştir. SGP'lerin etkinliklerini ve farklılıklarını gösterecek mevcut klinik testlerden daha duyarlı testlere ihtiyaç vardır. Semptomların ve oküler yüzey boyanma paternlerinin ilaçlar arası birebir karşılaştırıldığı ve bazı ilaçların daha üstün olduğunu bildiren bazı çalışmalar mevcutsa da bunların çoğu ilaç firması desteği ile yapılan çalışmalar olup; hemen hepsinin sonuçlarında çalışmayı destekleyen firmanın ilacı üstün çıkmaktadır. Ek olarak çalışmalar arasında kuru göz hastalığını ve SGP'nin etkinliğini değerlendirecek standart ve duyarlı klinik testlerin yokluğu, semptomlar ile klinik testlerin birçok defa korele olmaması ilaç seçimi konusunda çalışmalardan sonuç çıkarmayı zorlaştırmaktadır. Kuru göz çalışmalarının yarısından fazlası ABD kaynaklıdır. Dolayısıyla bu çalışmalarda hastalar Amerikan diyeti ile beslenmektedir ve çalışmalar Amerikan halkının kültürel ve günlük aktivitelerini göstermektedir. Bu da sonuç çıkarmayı ve genelleme yapmayı zorlaştıran bir diğer faktör olarak karşımıza çıkabilmektedir. İlaç seçimine ışık tutacak geniş, randomize, kör, tanı ve tedavi etkinliğinin standart yöntemlerle değerlendirildiği çalışmalara ihtiyaç vardır. Teorik olarak ideal SGP; prezervan içermemeli, potasyum, bikarbonat başta olmak üzere diğer elektrolitleri içermeli, gözde kalma zamanını uzatacak polimerler içerebilmeli, nötral ya da hafifçe alkali pH'ta ve hipoosmolar olmalıdır.

2016 yılında yayınlanan bir metaanalizde kuru gözle ilgili 43 randomize kontrollü araştırma (3497 kuru göz katılımcısı) analiz edilerek kuru göz sendromunun tedavisinde kullanılan farklı SGP'lerin etkinliği ve toksisitesi değerlendirilmiştir.³² Bu metaanaliz sonuçları; test edilen SGP'lerin kuru göz sendromunu tedavi etmek için güvenli ve etkili araçlar olduğunu, kuru göz belirti ve semptomlarını iyileştirdiğini, kafa kafaya yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda ise SGP'lerin benzer etkilere sahip olduğunu ve gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını rapor etmiştir.³² Başka bir metaanalizde farklı tip SGP'ler oküler yüzeyin tedavi öncesi ve 30 günlük tedavi sonrası rose bengal ile boyanma skoru açısından karşılaştırılmıştır.³³ Bu metaanalizde SGP'ler geleneksel preparatlar [saline solüsyonları, polimerler (HPMS KMS), dekstran, polivinilalkol, povidone], Karbomer ve hyaluronik asit bazlı yeni jenerasyon polimerler olarak sınıflandırılarak karşılaştırılmış ve 30 günlük tedaviler sonucunda rose bengal boyanma skorunun rakamsal ve yüzdesel düşüşü bakımından SGP grupları arasında istatistiksel anlamlı farklılık saptanmamıştır.³³ Benzer bir metaanaliz farklı tip SGP'lerin oküler yüzeyin tedavi öncesi ve 30 günlük tedavi sonrası floresein kırılma zamanı (FKZ) ile değerlendirildiği çalışmalar için yapılmıştır.³⁴ Ortalama bir aylık tedavi ile FKZ'de ortalama 1.4 sn'lik (%33) artış saptanmış ve bu artış istatistiksel anlamlı bulunmuştur; ancak SGP'ler arasında yapılan karşılaştırmalarda anlamlı farklılık saptanmamıştır.³⁴

Bununla birlikte bu metaanalizler bazı endişeleri de barındırmaktadır. Öncelikli olarak çalışmalarda kullanılan bir aylık tedavi süresinin rölatif olarak kısa olması ve bu sürenin preparatlar arası farkı değerlendirmek için yeterli bir süre olmamasıdır. Oküler yüzeyi modifiye edebilme kapasitesine sahip olan hyaluronik asitin uzun kullanımda daha faydalı olabileceği konusu araştırılmalıdır. Diğer bir endişe ise standart bir değerlendirme yöntemi ve çalışma protokolünün olmayışıdır. Örneğin FKZ'de artış olan hastanın rose bengal boyanma skorunda değişiklik saptanamayabilir. Boya formülasyonları ve kullanımının standart olmaması diğer bir endişe nedenidir.

Anlaşılan odur ki kuru göz tedavisinde özellikli polimerik ajan kullanmaktan daha da önemlisi özellikle orta ve şiddetli kuru gözde prezervansız ajan kullanmaktır.

Doz-Süre

Suni gözyaşı preparatı kullanım dozu kuru göz sendromunun şiddetine göre değişir. Semptomları hafif (DEWS Grade1) olan kuru göz hastasında günde 4-5 defa kullanım yeterli olabilirken, orta şiddetli kuru gözde (DEWS Grade 2) 6-8 defa, şiddetli kuru gözde (DEWS Grade 3-4) ise saat başı kullanım gerekebilir. Orta ve şiddetli olgularda damla preparatlarının yanında jel kullanımı da gerekebilir. Dozun ayarlanmasında bireysel ve çevresel şartların uygun hale getirilmesi de önemlidir. Şartların düzeltilmesiyle kullanım sıklığı azaltılabilir. Yalnız şunu unutmamak gerekir ki preparat günde 4-6 defadan fazla kullanılacaksa mutlaka prezervansız olmalıdır.

Kullanım süresi etyoloji ile de ilişkilidir. Örneğin kuru göz kalıcı fasial paralizinin getirdiği evaporasyona bağlıysa ya da ileri Sjögren sendromunda olduğu gibi kalıcı aköz yetmezliği mevcutsa preparatın uzun

süre kullanılması gerekecektir. Ama geçici fasial paralizi de paralizi düzelene kadar kullanımı, blefarite sekonder gelişen kuru gözde blefarit tedavisi yapılarına kadar kullanımı yeterli olabilir.

Yan etki-Saklama koşulları

Bildirilmiş ciddi yan etkileri yoktur. Özellikle visköz ajanlarda geçici görme bulanıklığı, kirpiklerde depozitler, nadiren içerisindeki maddelere duyarlılığı olan hastalarda alerjik reaksiyon, kaşıntı, kızarıklık batma gibi şikayetler izlenebilir. Asıl yan etki multidoz şişelerde yer alan prezervan maddelerle oluşur. Preparatların tama yakını oda ısısında 25°C altında saklanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Wegener AR, Meyer LM, Schönfeld CL. Effect of viscous agents on corneal density in dry eye disease. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2015;31:504-508.
2. Yu F, Liu X, Zhong Y et al. Sodium hyaluronate decreases ocular surface toxicity induced by benzalkonium chloride-preserved latanoprost: an in vivo study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:3385-3393.
3. van der Westhuis L, Pucker AD. Over the counter (OTC) artificial tear drops for dry eye syndrome: A Cochrane review summary. *Int J Nurs Stud* 2017;71:153-154.
4. Doughty MJ, Glavin S. Efficacy of different dry eye treatments with artificial tears or ocular lubricants: a systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29:573-583.
5. Troiano P, Monaco G. Effect of hypotonic 0.4% hyaluronic acid drops in dry eye patients: a cross-over study. *Cornea* 2008;27:1126-1130.
6. Jadidi K, Panahi Y, Ebrahimi A, et al. Topical cyclosporine a for treatment of dry eye due to chronic mustard gas injury. *J Ophthalmic Vis Res* 2014;9:417-422.
7. Xu S, Flanagan JL, Simmons PA, et al. Transport of L-carnitine in human corneal and conjunctival epithelial cells. *Mol Vis.* 2010;16:1823-1831.
8. Garrett Q, Khandekar N, Shih S, et al. Betaine stabilizes cell volume and protects against apoptosis in human corneal epithelial cells under hyperosmotic stress. *Exp Eye Res.* 2013;108:33-41.
9. Chen W, Zhang X, Liu M, et al. Trehalose protects against ocular surface disorders in experimental murine dry eye through suppression of apoptosis. *Exp Eye Res.* 2009;89:311-318.
10. Luyckx J, Baudouin C. Trehalose: an intriguing disaccharide with potential for medical application in ophthalmology. *Clin Ophthalmol.* 2011;5:577-581.
11. Matsuo T. Trehalose protects corneal epithelial cells from death by drying. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:610-612.
12. Sarkar S, Davies JE, Huang Z, et al. Trehalose, a novel mTOR-independent autophagy enhancer, accelerates the clearance of mutant huntingtin and alpha-synuclein. *J Biol Chem.* 2007;282:5641-5652.
13. Baudouin C, Labbe A, Liang H, Pauly A, Brignole-Baudouin F. Preservatives in eyedrops: the good, the bad and the ugly. *Prog Retin Eye Res.* 2010;29:312-334.
14. Augustin AJ, Spitznas M, Kaviani N, et al. Oxidative reactions in the tear fluid of patients suffering from dry eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1995;233:694-698.
15. Schrage N, Frentz M, Spoeler F. The Ex Vivo Eye Irritation Test (EVEIT) in evaluation of artificial tears: Purite-preserved versus unpreserved eye drops. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012;250:1333-1340.
16. Bernauer W, Thiel MA, Kurrer M, et al. Corneal calcification following intensified treatment with sodium hyaluronate artificial tears. *Br J Ophthalmol.* 2006;90:285-288.
17. Saarinen-Savolainen P, Järvinen T, Araki-Sasaki K, et al. Evaluation of cytotoxicity of various ophthalmic drugs, eye drop excipients and cyclodextrins in an immortalized human corneal epithelial cell line. *Pharm Res.* 1998;15:1275-1280.
18. Viald-Quentric K, Lefranc-Jullien S, Feraille L, et al. Long-term tolerance of preservative-free eye drops containing macrogol hydroxystearate as an excipient. *J Fr Ophtalmol.* 2016;39:156-163.
19. Gensheimer WG, Kleinman DM, Gonzalez MO, et al. Novel formulation of glycerin 1% artificial tears extends tear film break-up time compared with Systane lubricant eye drops. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2012;28:473-478.
20. Willcox MDP, Argüeso P, Georgiev GA, et al. TFOS DEWS II Tear Film report. *Ocul Surf.* 2017;15:366-403.
21. Bayraktutar BN, Şahin A. MN Oftalmoloji DEWS II Raporundan Kuru Göz Güncellemeleri- Tedavi ve Tedavi Yönetim Raporu. *MN Oftalmoloji.* 2018;25:12-22.
22. Jones L, Downie LE, Korb D, et al. TFOS DEWS II Management and Therapy Report. *Ocul Surf.* 2017;15:575-628.
23. Lee SY, Tong L. Lipid-containing lubricants for dry eye: a systematic review. *Optom Vis Sci.* 2012;89:1654-1661.
24. Moshirfar M, Pierson K, Hanamaikai K, et al. Artificial tears potpourri: a literature review. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:1419-1433.
25. Rieger G. Lipid-containing eye drops: a step closer to natural tears. *Ophthalmologica.* 1990;201:206-212.
26. Pucker AD, Haworth KM. The presence and significance of polar meibum and tear lipids. *Ocul Surf.* 2015;13:26-42.
27. Saville JT, Zhao Z, Willcox MD, et al. Identification of phospholipids in human meibum by nano-electrospray ionisation tandem mass spectrometry. *Exp Eye Res.* 2011; 92: 238-240.
28. Korb DR, Greiner JV, Glonek T. The effects of anionic and zwitterionic phospholipids on the tear film lipid layer. *Adv Exp Med Biol.* 2002;506:495-499.
29. Lemp MA. Advances in understanding and managing dry eye disease. *Am J Ophthalmol.* 2008;146:350-356.
30. Benelli U, Nardi M, Posarelli C, et al. Tear osmolarity measurement using the TearLab Osmolarity System in the assessment of dry eye treatment effectiveness. *Cont Lens Anterior Eye.* 2010;33:61-67.
31. Cömez AT, Tufan HA, Kocabıyık O, et al. Effects of lubricating agents with different osmolalities on tear osmolarity and other tear function tests in patients with dry eye. *Curr Eye Res.* 2013;38:1095-1103.
32. Pucker AD, Ng SM, Nichols JJ. Over the counter (OTC) artificial tear drops for dry eye syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2:CD009729.
33. Doughty MJ, Glavin S. Efficacy of different dry eye treatments with artificial tears or ocular lubricants: a systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29:573-583.
34. Doughty MJ. Fluorescein-tear breakup time as an assessment of efficacy of tear replacement therapy in dry eye patients: a systematic review and meta-analysis. *Ocul Surf.* 2014;12:100-111.

FİZİK OPTİK, GEOMETRİK OPTİK VE İNSAN GÖZÜ OPTİĞİ

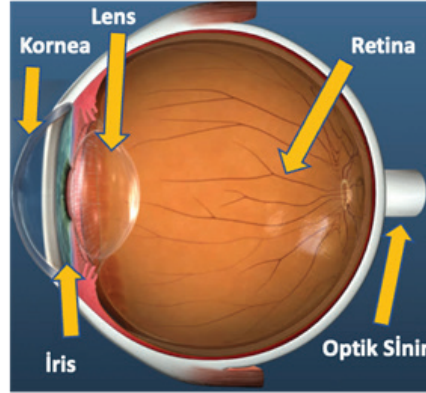
Dr. Sait EĞRİLMEZ
Serbest Hekim, İzmir

Giriş

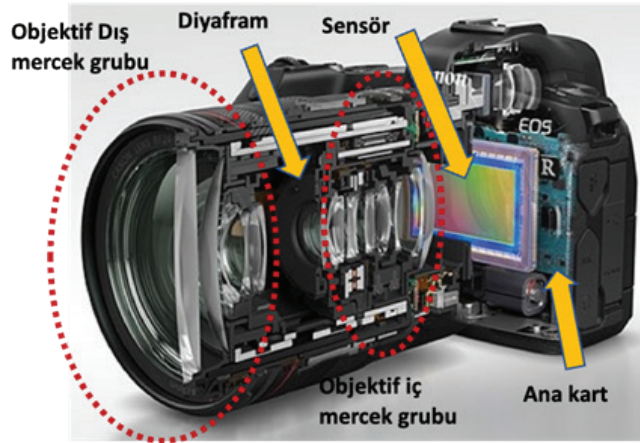
İnsan gözünün optiği, insan gözünden sonra en çok kullandığımız optik sistem olan kameralar ile olan benzerlikleri aktarılırsa, daha anlaşılır hale gelecektir (Şekil 1 ve Şekil 2).

Aşağıdaki eşleştirmeler gözü bir optik cihaz gibi hayal edebilmek için yol gösterici olacaktır:

- Kornea: Objektif dış merceği
- Lens: Objektif iç merceği
- Pupilla: Diyafram
- Akomodasyon: Otomatik odaklama mekanizması
- Retina: Kamera sensörü (CCD/CMOS)
- Optik sinir-oksipital korteks arası görme yolları: Sensör-Ekran bağlantısı
- Beyin: Görüntü İşleme Programı (Bilgisayar)



Şekil 1. İnsan gözüne ait optik açıdan önemli yapılar



Şekil 2. Fotoğraf makinasının optik öğeleri

Yukarıdaki benzetmeleri açıklayabilmek için öncelikle bazı temel optik kavramlarına ait soruları yanıtlamak gereklidir.

Işık Nedir?

Işık, en büyük dalga boyunu TV-radyo dalgalarının oluşturduğu sonrasında dalga boyunun küçülerek mikrodalga, kızılötesi, görünür ışık, ultraviyole, X ışınları ve gama ışınları şeklinde devam ettiği elektromanyetik radyasyon yelpazesinin insan gözü ile görülebilen çok küçük bir bölümüdür. İnsan gözü dalga boyu 380 ila 760 nanometre arasında değişen bölümünü görsel uyaran olarak algılamakta

olup, spektrumun bu dilimi 'görünür ışık' olarak adlandırılmaktadır. Kısalan dalga boyu komşuluğunda ultraviyole, uzun dalga boyu komşuluğunda kızılötesi ışınlar yer almaktadır. Televizyon-radyo yayınlarının bina boyutundaki dalga boylarına, X ve Gama ışınlarının ise atom ve atom çekirdeği boyutunda dalga boyuna denk gelen kısımda yer aldıkları görülmektedir.¹

Elektromanyetik radyasyonu oluşturan öğeler için, dalga boyu ile frekans değerinin çarpımı ışığın hızı dediğimiz 3×10^{17} nanometre/saniye (=300.000 km/saniye) değer olup, dalga boyu küçüldükçe frekans artmaktadır.^{1,2} Kısacası elektromanyetik radyasyonda yer alan herhangi bir bölümü dalga boyu yerine frekansı ile de ifade etmek mümkündür. Televizyon-radyo yayınları bina boyutundaki dalga boyları ve 1000 Hz frekansa sahipken, X ve Gama ışınları ise atom ve atom çekirdeği boyutundaki dalga boyuna ve 10^{20} Hz frekansa sahiptir.¹

Soğuk ışık kaynakları ne kadar soğuktur?

Hangi ortamda olursa olsun, görülebilen, kendiliğinden ışık yayan cisimlere ışık kaynağı denir. Işık kaynakları akkor (=sıcak) ve akkor olmayan (=soğuk) ışık kaynakları olarak ikiye ayrılırlar.²

- 1. Sıcak(=Akkor) Işık Kaynakları:** Güneş, tungsten telli lambalar, alevli ışık kaynakları örnek verilebilir. Sıcak ışık kaynakları güneş gibi doğal ışık kaynakları olup, doğal ve kesintisiz ışık kaynakları olup, aynı zamanda ısı da yaymaktadırlar.
- 2. Soğuk(=Isınmayan) Işık Kaynakları:** Fluoresan lambalar, ateş böcekleri örnek verilebilir. İsimlerinin soğuk ışık kaynağı olarak geçmesi, sadece ışık üretip, yanında ısı üretmiyor olmalarından kaynaklanmakta olup, gerçekte ortamdan daha soğuk değildirler. Bu anlamda vitreoretinal cerrahide aydınlatma için kullandığımız cihazlara, soğuk ışık kaynağı yerine 'ısınmayan' ve/veya 'ısıtmayan' ışık kaynağı denmesi daha doğru bir ifade olurdu.

Refraktif İndeks Nedir?

Işığın hızı bulunduğu ortama göre değişir. Işığın boşluktaki hızının, bulunduğu diğer ortamdaki hızına oranı "kırılma indeksi" (=refraktif indeks) olarak adlandırılır ve "n" harfi ile ifade edilir.¹ Örneğin ışık, boşlukta 300.000 km/saniye hızla ilerlerken, gözlük camında 200.000 km/saniye hıza düştüğü için, camın kırılma indeksi 1.5 (=300.000/200.000)'tir. Boşluk, ışığın en hızlı olduğu ortam olup, havadaki hızı biraz düşük olmakla birlikte, yine de aradaki fark ihmal edilir ve buna yakın sayılır. Gözlük camları kırılma (=refraktif) indeksleri arttıkça, daha hafif eğrilik yarıçapı ve böylelikle daha ince camlarla, aynı kırıcılığı elde edebilirler. Ancak inceltmek için artırılan refraktif indeks, renksel aberasyonu da artırıcı etkiye sahip olduğundan, inceltme oranının artırılması, kromatik aberasyonu da artıracaktır. Kromatik aberasyonu belirlemede kullanılan katsayı Abbe sayısı olup, Polikarbonat camlar 30 Abbe değeri ile kromatik aberasyon açısından en kalitesiz camlardır. Yüksek Abbe değeri, düşük kromatik aberasyon anlamına geldiğinden tercih nedenidir.

Korneanın Refraktif İndeksi Kaçtır?

Kornea esasen 1.376 değerli kendi refraktif indeksine karşın, önünde gözyaşı, arkasında humor aköz bulunduğu için önde ve arkada su ile çevrelenmiş bir optik yapıdır. Önünde ve arkasında aynı refraktif indekse sahip olan bir yapı bulunan optik sistemler, aradaki yapıların refraktif indeksinden etkilenmez. Bu nedenle korneayı önde gözyaşı, arkada humor aköz nedeniyle refraktif indeksi suya eşit bir yapı saymak klinik açıdan daha doğru olacaktır. Havadan gelen ışınlar, önde gözyaşı ile karşılaşarak kırılmaya uğrar, bu kırılma kornea ile devam etse de ışığın seyahati arka yüzde humor aköz ile devam ettiğinden, suyun refraktif indeksi geçerliliğini devam ettirecektir. Bu varsayım, öndeki suyun tümüyle kaybolduğu kuru göz ve suyu önündeki havanın kaybolduğu çıplak gözle suda gözümüzü açtığımız anlar dışında geçerlidir.

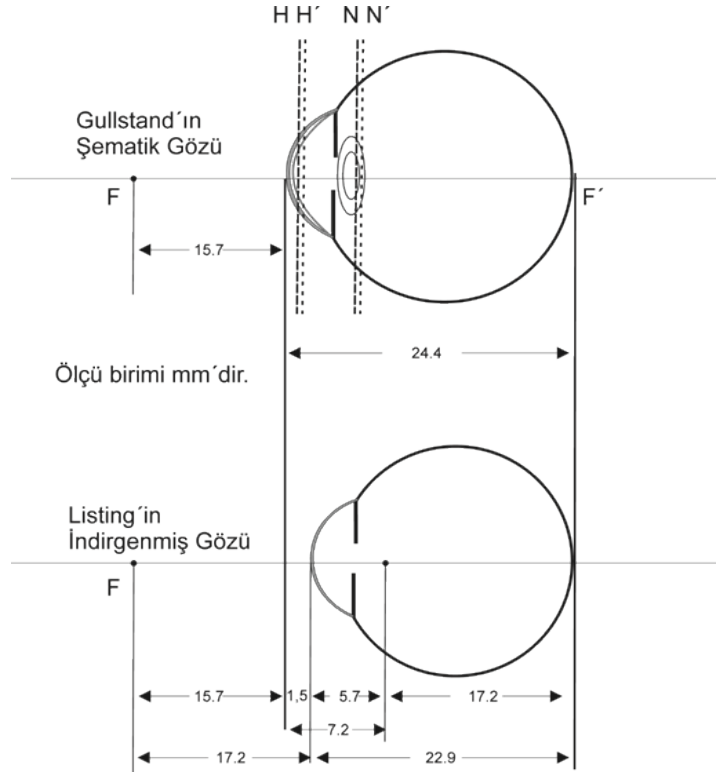
- Hava :1.000
- Göz yaşı :1.336
- Kornea :1.376
- Humor Aköz :1.336

Keratometrik-Topografik İndeks: 1.3375 (Suyun indeksini esas alır). Bu değerden havanın refraktif indeksi 1.000 çıkarılırsa geriye 337.5 şeklinde sihirli bir sayı kalır. Bu sayının sihiri, keratometri değeri ile, korneanın eğrilik yarıçapının çarpımına eşit olmasıdır.

$$\begin{aligned} \text{Keratometri (D)} \times \text{Eğrilik Yarıçapı (mm)} &= 337.5 \\ 337.5 / \text{Keratometri (D)} &= \text{Eğrilik Yarıçapı (mm)} \\ 337.5 / \text{Eğrilik Yarıçapı (mm)} &= \text{Keratometri (D)} \end{aligned}$$

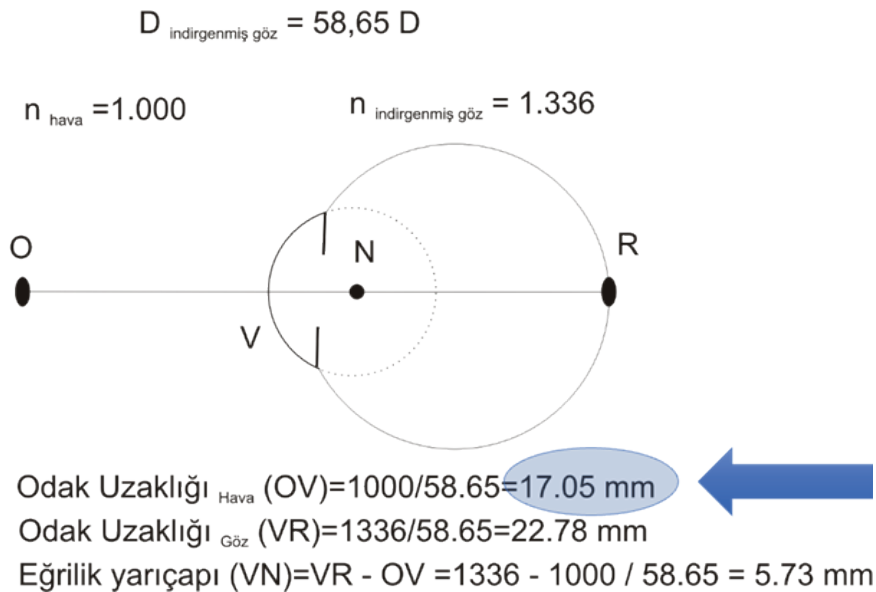
İnsan Gözünü Tek Bir Optik Sistem Kabul Eden Yaklaşım: İndirgenmiş Şematik Göz

Alvar Gullstrand'ın komplike şematik gözü, Listing tarafından tüm göz, bir tek refraktif mercekten oluşuyor gibi kabul edilerek, kullanışlı bir model haline getirilmiştir (Şekil 3). Korneayı, lensi, humor aköz ve vitreusu gözyaşı ile başlayıp, vitreus ile biten tek bir optik yapı kabul eden bu yaklaşım, vitreusun da %99 oranında su olması nedeniyle, gözün tüm kırıcı yapılarını ve optik ortamlarını optik açıdan su ile eşdeğer kabul eder.

**Şekil 3.** Şematik göz ve indirgenmiş şematik göz

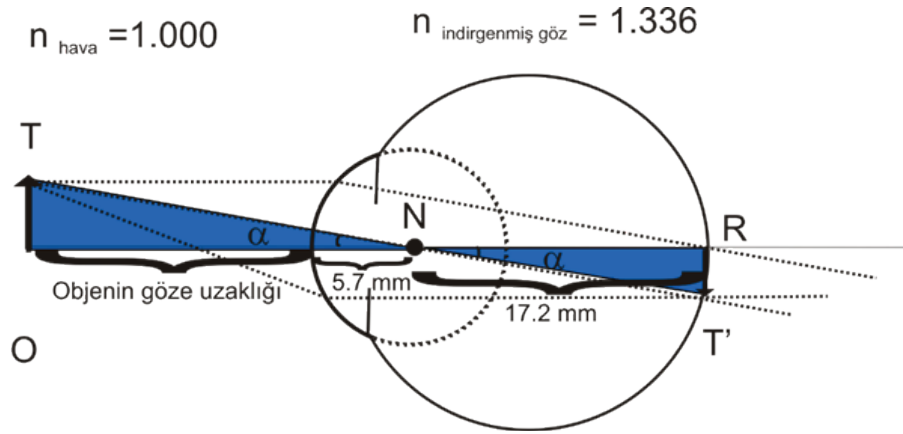
Ortalama 58 dioptri kırıcı güce sahip olan insan gözü, hava ve suyun refraktif indeksleri arasındaki farklılıklar nedeniyle, farklı odak uzunluklarına sahiptir. Bu iki odak uzunluğu arasındaki fark, göze giren ışınların kırılıp çaprazlaştığı nodal noktanın yerini belirler.

Nodal nokta ile retina arasındaki mesafe ise, insan gözünün odak uzunluğu, yani f değerini verir (Şekil 4).

**Şekil 4.** İndirgenmiş şematik gözde odak mesafesi hesabı

İnsan gözünde retinaya düşen görüntülerin boyu hesaplanabilir mi?

Tepe açıları eşit olan dik üçgenlerin, benzer üçgenler olması matematik prensibinden hareketle, göze olan mesafesi ve boyu bilinen her cismin, retina üzerindeki boyu hesaplanabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Görüntü boyutu hesabı için benzer üçgenler çizimi

Objenin boyunun, görüntünün boyuna oranı, objenin göze uzaklığının, görüntünün nodal noktaya olan uzaklığına oranı ile aynıdır. Buradan hareketle:

“Görüntü boyu= (Objenin boyu*17 mm) / Objenin göze uzaklığı” olur.

Nodal nokta ile retina arasındaki mesafenin yaklaşık 17 mm (1.7 cm) olması, yaklaşık 34 cm mesafeden okunan yazı ve resimlerin tam 20 kat (34 cm/ 1.7 cm= 20 olduğu için) küçüğünün retinaya düşeceğini gösterir.

Bakılan obje Amsler kartı olduğunda, Amsler kartının her biri 5x5 mm olan kareleri, retinada 250x250 µ boyutundaki kareler olarak yer kaplayacaktır.

Klinik örnek;

Soru 1: Amsler kartında sağ göz ile bulanık görülen kare, santraldeki fiksasyon noktasından 3 kare uzakta ve üst temporalde ise, foveanın ne kadar uzağında ve ne tarafında yer almaktadır?

Yanıt 1: Hasta tarafından üst temporalde tarif edilen skotom, retinada foveanın alt nazaline denk gelir. 3 kare uzaklık ise 250x3=750 mikron mesafe anlamına gelir. O halde bu hasta skotoma neden olan lezyonu, foveolanın 750 mikron alt nazalinde aramak gerekir.

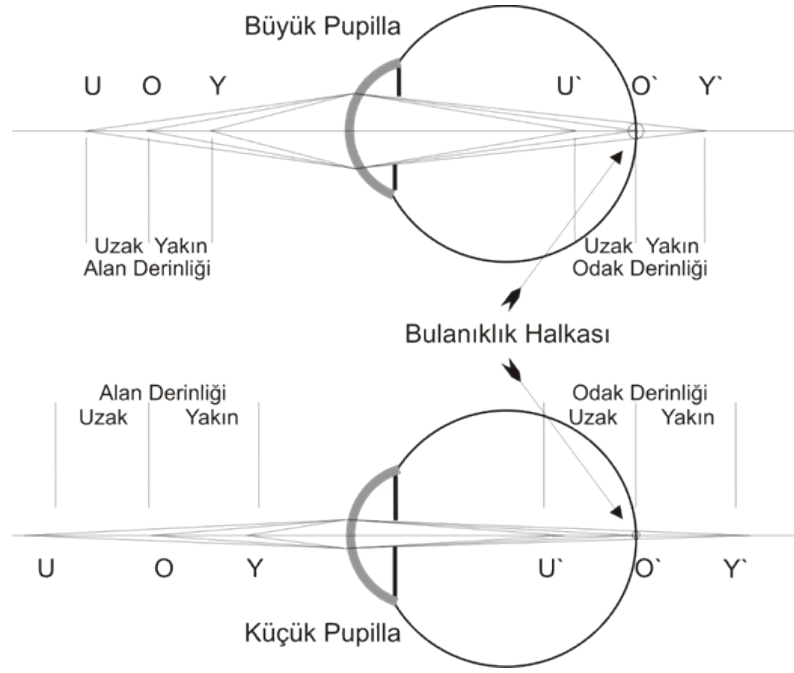
Fovea optik diskten 3.8 mm uzaklıktadır. Yaklaşık 15 küçük karelik bu mesafe, görme alanında da fizyolojik kör noktanın yerleşimiyle uyumlu olarak (fovea optik disk mesafesi=fizyolojik kör noktanın merkezi görmeye olan mesafesi), 13-15 derece mesafeye denk gelir. Buradan hareketle bu küçük karelerin her birinin yaklaşık 1 derecelik görme alanına karşılık geldiğini söyleyebiliriz.

Alan ve Odak Derinliği

- Büyük pupilla, küçük (sığ) alan ve sığ odak derinliği
- Küçük pupilla, büyük (derin) alan ve derin odak derinliği yaratır (Şekil 6).

Küçük pupillanın alan derinliğini artırıcı etkisi, presbiyopi çözümlerinden biri olarak da kabul görmüştür. Kornea içi renkli halkalar, ortası saydam, periferi koyu renkli göz içi lensleri (Acufocus, Kamra gibi kornea içi aparatlar, pin hole lensler) bu amaçla klinik kullanıma sunulmuşlardır.

Her tarafı 1.2 mm çapında deliklerden oluşan pinhole gözlükleri de ışığı bir miktar azaltıcı olumsuz yönlerine rağmen, 5 dioptriye kadar miyopi, hipermetropi, presbiyopi ve düzenli/düzensiz astigmatizma için maymuncuk gözlük işlevi sağlamaktadır (Şekil 7).



Şekil 6. Pupilla çapı ile odak ve alan derinliği ilişkisi



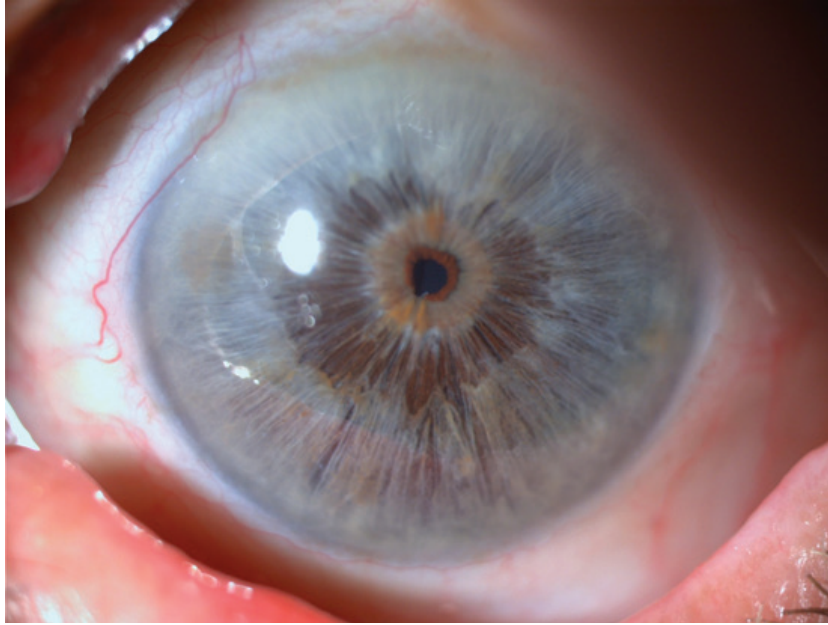
Şekil 7. Pinhole deliklerinden oluşan refraktif açıdan maymuncuk niteliğindeki güneş gözlüğü

Pinhole aparatı, sonsuz alan derinliği

1.2 mm çapta olursa, 5.0 D refraktif düzeltme, 0.8 görme

0.5 mm çapta olursa, 8.0 D refraktif düzeltme, 0.5 görme sağlar.

Yaşı 90'lara gelmiş senil miyozisli kişilerin gözlüksüz hem uzağı hem yakını görmesindeki optik mucize senil miyozisin "pinhole" etkisi yaratmasıdır (Şekil 8).



Şekil 8: Senil miyozis ve pinhole pupilla

İnsan Gözünün Optik Aberasyonları

Hermann von Helmholtz (1821 - 1894) “Eğer birileri bana insan gözü gibi kusurlu bir organı satmaya çalışsaydı, daha fazla tartışmadan tekmeyi basardım” derken, “sferik aberasyon, koma, kromatik aberasyon” gibi optik fenomenlerin birer kusur olduğunu düşünmüştür.

Şüphesiz insan gözünde sferik aberasyon vardır. Periferden geçen ışınlar, merkezden geçenlere göre daha fazla kırılmaya uğramaktadır ve insan gözündeki sferik aberasyon 0.25-2.00 D arasındadır. Pupilla büyüdükçe daha da büyüyen bu aberasyonu kompanse eden aşağıdaki mekanizmalar mevcuttur.

- Korneanın asferik yapısı
- Pupillanın küçülmesi
- Lens korteksinin, nukleusundan daha az kırıcı olması
- Lens ön yüzünün arka yüzünden daha düz olması

Bugün 3 odaklı merceklerin yarattığı istenmeyen optik etkileri (kontrast duyarlılık kaybı, kamaşma, negatif ve pozitif disfotopsiler) azaltmak için tekrar monofokal göziçi lenslerine dönük artan bir geliştirme çabaları mevcut olup, kimileri negatif, kimileri pozitif sferik aberasyonu, presbiyopi çözümü için kullanıma sunmaktadır.

Kromatik aberasyon da başta bir kusur gibi düşünülmüş ise de, bugün ışık spektrumunun refraksiyonun ince ayarı için iyi bir rehber olduğunu biliyoruz:

- Emetropide **Sarımsı Yeşil** renk (550-560 nm) net görülür.
- Hipermetroplar yeşil-mavi gibi kısa dalga boylu renkleri, miyopilar kırmızı gibi uzun dalga boylu renkleri daha net görürler.
- Mavi ile Kırmızı arasında 2.0 – 2.5 D kırılma farkı vardır.
- Yeşil ile Kırmızı arasında 0.50 D kırılma farkı vardır.
- Yeşil ile Kırmızı, emetropik eşit uzaklıktadır.

İnce Sklera Neden Mavi, Normal Sklera Neden Beyazdır?

Saçılma (Scatter), “Rayleigh Saçılımı” 1899’da tanımlanmış olup, ışığın dalga boyunun dördüncü kuvveti ile ters orantılıdır: λ^{-4}

Işığın saçılma özelliği gökyüzünün renginden korneanın, lensin saydamlığını yitirmesine neden olan hastalıklara kadar birçok konuda belirleyici olan özelliktir. Geçiş yolu üzerindeki partiküller ışığın geçişini etkiler. Görünür ışık 1000 nm’den büyük partikülleri geçemez ve bu partiküllerin arkasında gölge oluşur, 1 nm’den küçük partiküller ise ışık hiç etkilenmeden geçer.³ Bir sıvı-katı karışımının içindeki katı partiküller 1000 nm veya daha büyükse, bu karışım opak görünecek (süspansiyon-emülsiyon), 1 nm’den küçükse karışım tümüyle saydam görünecek, solüsyon ismini alacaktır.

Eğer ışığın önündeki engel 1 nm ile 1000 nm arasında bir boyuta sahipse, ışık bu partiküllere çarpar ve saçılarak yeniden yayılır. Işığın çarparak saçılması, atmosferdeki su partikülleri ile olduğunda bulut, korneada kollajen fibrillerle olduğunda nefelyon-lökom, lenste olduğunda ise ortaya çıkan opasite kataraktı yaratır. Atmosferdeki moleküller görünür ışığın dalga boyundan daha küçük olup, saçılma meydana gelecektir. Lord Rayleigh bu saçılmanın, ışığın dalga boyunun dördüncü kuvveti ile ters orantılı olduğunu göstermiştir. Bu durumda, dalga boyu kırmızı ışığının 2 katı kısa olan mavi ışık, $2^4=16$ kat fazla saçılır. Bu da gökyüzü neden mavi görünür sorusunu yanıtlamak için önemlidir.¹

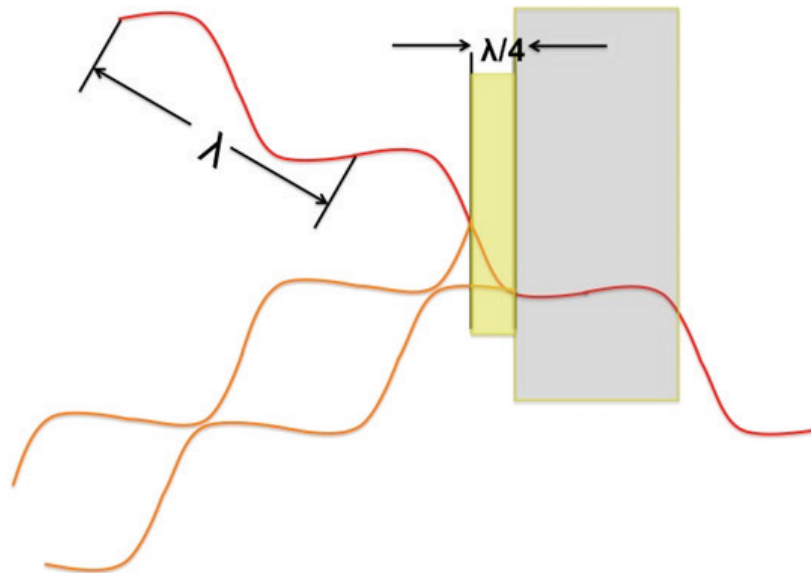
Sklerada kollajen fibriller korneadakinden daha büyüktür. Hem kollajen liflerin çapı hem de lifler arası mesafe, yaklaşık olarak görünür ışığın dalga boyu kadardır. Görünür ışığın tüm dalga boyları saçıldığından sklera beyaz görünür. İnce skleralarda bu saçılma azalır ve kısa dalga boyu nedeniyle mavi ışık daha çok saçılır hale geldiğinden, sklera mavi görünmeye başlar.³

Vitreustaki kollajen fibriller 10 nm çaplı olup, korneadakinin 3 katı küçüktür. Rayleigh saçılma kuralına göre, bu 3 kat küçük boyutun, dördüncü kuvveti kadar, $3^4=81$ kat az saçılma olacaktır. Buradan hareketle vitreustaki ışık saçılımı %0.1 kadardır.³ Yaşlandıkça kollajen fibriller birleşir, sıvı paketleri oluşur ve uçuşan iplik ve benekler izlenir.

Işık Işıyla Karartılabilir mi?

Aynı ışık kaynağından gelen iki veya daha fazla dalga üst üste binerek yeni bir dalga oluşturabilir. Bu yeni dalga, dalgaların etkilerinin arttığı yapıcı interferans biçiminde olabileceği gibi, birbirlerini nötralize ettikleri yıkıcı interferans biçiminde de olabilir. Thomas Young'ın çift yarık deneyinde olduğu gibi yapıcı interferans bölgeleri aydınlık, yıkıcı interferans bölgeleri karanlık alanlar biçiminde perdeye yansıyacaktır (Şekil 9).¹

Yıkıcı interferans, antirefle gözlük camı kaplamasının temel mekanizması olup, cam yüzeyinden yansıyan ışık dalgası ile, antirefle kaplama tabakasının yüzeyinden yansıyan iki dalganın birbirini nötralize etmesi sayesinde işlev görür. Genelde sarı ışığın dalga boyuna göre tasarlanmış kaplama tabakaları, diğer renkleri de etkisizleştirmek üzere çok tabakalı yapılabilir. Antirefle tabakanın kalınlığı nötralize edilmek (etkisiz hale getirilmek) istenen ışığın dalga boyunun $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olmalıdır.¹ Çeyrek dalga boyluk bu gecikme, iki dalga boyunun gidip geri gelme sürecinde aralarında $\frac{1}{2}$ dalga boyu mesafe oluşmasını sağlar ve bu durumda bir dalganın tepesi, diğeri tabanına denk gelerek tam bir nötralizasyon sağlar.



Şekil 9. Antirefle kaplama prensibi

Korneanın saydamlığı en çok stromadaki kollajen liflerin düzenli dizilişine atfedilmiştir. Çapları 22.5 ile 35 nm arasında değişen kollajen lifler arasındaki mesafede son derece düzenli olup 41.4 ± 0.5 nm kadardır.⁴ Düzenli dizilim nedeniyle kollajen liflerden yansıyan ışık, kollajen liflere gelen ışık ile negatif (=yıkıcı) interferans yaşar ve korneanın bu nedenle saydam görüldüğü düşünülmektedir. Bu şekilde nötralize olmayan ışık düzeyi kornea için %10 kadardır.⁴ Yani kornea üzerine düşen ışığın yalnızca % 10'unu saçılır ve yarık-lamba ile muayene de bu % 10'luk saçılma işimize yarar. Ödem nedeniyle mesafelerin artması ya da fibrozis nedeniyle azalması, yıkıcı interferansı azaltır, saçılmayı artırır. Kollajen lifler arasındaki mesafenin

azaldığı “fibrozis” veya arttığı “ödem” durumunda saydamlık bu nedenle kaybolmaktadır. Diğer bir ifadeyle, yansıma mesafesi doğru ayarlanırsa, ‘ışığı ışıkla karartmak’ mümkün olmaktadır.

Aynı şekilde gürültü engelleyici müzik kulaklıkları, ortamdaki zemin gürültüsünü algılayan bir mikrofona sahip olup, bu dalga boyundaki sesi nötralize edecek şekilde yeni bir ses üreten kulaklık mekanizması ile sessizlik sağlar. Uçak kabinleri gibi zemin gürültüsünün oldukça rahatsız edici olduğu ortamlar için, dış ortamın gürültüsünü izole etmeye çalışmak yerine, gürültüye karşı gürültü üreterek **‘sesi sesle susturmak’** bu negatif (=yıkıcı) interferansla sağlanmaktadır.

Oftalmolojide tanı aracı olarak kullanılan optik koherans tomografi, potansiyel keskinlik ölçerler ve optik biometrilere parsiyel koherans interferometri (IOL master, Zeiss Humphrey Systems) de ışığın interferans özelliğinin kullanıldığı araçlardır.

Miyoplar Neden Gözünü Kısarak Bakar?

Refraktif yapılar için lise yıllarından hatırlayacağımız bir cümle vardır: **‘Merkezden geçen ışınlar kırılmaz’** Refraksiyon kusuru olanlar gözlerini kısarak, ışınların sadece gözbebeğinin ortasından geçeceği şekilde gözün optik açıklığını daraltırlar ve gözün refraksiyon kusurlarını ihmal edilebilir hale getirirler. Esasen gözü kısmak bilinçsizce yapılan bir optik düzeltme davranışdır.

İğne Deliği (Pinhol) Açıklığının Oftalmoloji Pratiğindeki Yeri Nedir?

Klinik uygulamalarımızda sıklıkla kullandığımız bir araç da ortasında küçük bir yuvarlak açıklık bulunan pinhol (iğne deliği) aparatıdır. Kişinin gözünün önüne getirip, ortasındaki küçük çaplı açıklıktan baktırılarak ölçülen görme keskinliğine iğne deliği (pinhol) görme keskinliği adı verilmektedir. Optik aksın merkezine en yakın paraksial ışınların oluşturduğu görüntü değerlendirildiğinden, kırma kusurlarına bağlı sapınç (aberrasyon) da kısmen ortadan kaldırılmıştır. Eğer bir kişi iğne deliği açıklığından baktığında daha keskin görebiliyorsa düzeltilmemiş bir kırma kusuru var demektir. Genellikle, bir kırma kusuru bulunup bulunmadığını hızlıca test etmek amacıyla kullandığımız pinhol testini, yapılan optik düzeltmenin yeterli olup olmadığını görmek amacıyla, gözlük camı veya kontakt lens ile görme keskinliğini yeterince artıramadığımız hastalarda da kullanılmaktadır. Denediğimiz gözlük camı veya kontakt lens, pinhol görme keskinliği kadar görmeyi artıramıyorsa, yaptığımız optik düzeltmenin uygun olmadığını düşünürüz.

Klinik uygulamalarımızda kullandığımız en ideal pinhol çapı 1.2 mm olup, +5 ile -5 dioptri arasındaki refraktif hatayı düzeltebilmektedir ³. Pinhol açıklığının çapını daha da küçültecek olursak, sonraki bölümlerde anlatacağımız “difraksiyon” olayına bağlı olarak, görüntü bulanıklaşacaktır. Bir kişinin görme keskinliği potansiyelini değerlendirmek istiyorsak ve o kişinin 5 dioptriden fazla kırma kusuru varsa, pinhol ilave cam ile refraktif kusur 5 dioptrinin altına düşürülerek kullanılmalıdır.

Gözdeki bakış, lens ve vitreusun değerlendirilmesi amacıyla gözbebeğinin büyütüldüğü muayenelerden sonraki görme keskinliği değerlendirmelerinde de pinhol en iyi test aracıdır. Büyüyen gözbebeği sferik aberrasyonu artıracağından, kişi normal görme keskinliği performansını ortaya koyamaz. Yapay pupilla fonksiyonu gören pinhol açıklığı, sferik aberrasyonu önemli derecede azaltır. Yapılan optik düzeltmenin üzerine pinhol aparatı eklendiğinde görme keskinliği artıyorsa, göz yaşı film tabakası, kornea ve lens gibi kırıcı ortamlara ait düzensizliklerin yarattığı saçılmalar veya düzensiz astigmatizma bulunduğu, pinhol aparatının bu ışık düzensizliklerini yaratan bölgeleri kapattığı düşünülür. Tersine, optik düzeltmenin üstüne eklenen pinhol aparatının görme keskinliğini düşürmesi durumunda da tam optik aksın merkezinde yer alan opasiteler veya retinada merkezi görmeyle ilgili alanda (fovea) bir hastalık bulunduğu düşünülür.

Kırma kusurlarından oldukça az etkilenen İğne Deliği (Pinhol) aparatı için fokus ve alan derinliği sonsuzdur.³

Odak Derinliği ve Alan Derinliği Nedir?

Gözümüz önündeki bir objeye odaklandığında, en keskin görünen bölge objenin bulunduğu bu mesafe olurken, bu mesafeden daha uzak ve daha yakın olan bölgelere gidildikçe netlik, daha doğrusu keskin görüş azalır.

Pupilla çapı küçüldükçe hem alan derinliği hem odak derinliği artar, retina üzerindeki **“Bulanıklık Halkası”** daralır. Ortalama 3-4 mm pupilla çapı için, fokus (odak) derinliği genellikle ± 0.25 D’dir.

Klinik ipucu:

Pupilla küçüldükçe insan gözünde de alan derinliği artar. Senil miyoziste ve özellikle çok iyi aydınlatma şartlarında yakını daha iyi görebilmenin altında yatan sır da bundan kaynaklanır.

İdeal Pupilla Çapı Nedir?

- Göz, 2.4 mm pupilla açıklığında, sarı-yeşil ışıkla, yaklaşık 1 dakikalık açıyı ayırt edebilir
 - Bu “tam görme” (=20/20)’ye denk gelir.
- Küresel aberasyon olmasa, 4.8 mm pupilla ile;
 - 20/10 görme sağlanabilir.
- Renksel aberasyon olmasa, 2.4 mm pupilladan
 - 20/15 düzeyinde görme elde edilebilir.

Retina anatomisi hangi görme keskinliğine izin verir?

- Foveal kon hücreleri 1.5-2.0 mikron çapındadır
- Foveamız bir printer çıktısı olsaydı, çözünürlüğü kaç 10.000 dpi (dot per inch) olurdu?

$$\text{cm} / 2.5 \text{ mikron} = 10.000 \text{ dpi}$$



Şekil 10. Retina mozaiği ve E harfinin çözünürlüğü

E harfinin ne tarafa baktığını, bacaklar arasındaki boşluğu görmek (Şekil 10):

- Ayırt edebilmek için en az 3 kon hücresi uyarılmalıdır.
- Retina anatomisi 20/8 – 20/7 düzeyinde görme keskinliğine olanak verir.

Sonuç

Ancak insan retinası bir printer çıktısı olmadığı gibi, insan gözünün çözünürlük düzeyi de koni anatomisi ile sınırlı değildir. Yaklaşık 120 milyon rod, 6-8 milyon adet koni hücresine sahip olan her bir gözümüz, bu hücrelerden aldığı bilgileri önce bipolar hücreler, takiben horizontal ve amakrin hücreler ile kompleks sinaps ağlarının devamında 1 milyon adet gangliyon hücresine aktarır. Böylelikle renk-ton-parlaklık-hareket gibi öğelerle zenginleştirilmiş olan görsel bilgi, optik kiyazma sonrası diğer gözden gelen optik sinir lifleri ile birleşerek optik kortekste iki gözden gelen bilgilerin birleşmesiyle, 3 boyutlu ve duyuların en komplike olanı haline gelecektir. Optik sinir ve sonrası, görme optiğinin alanını aştığı için yazımı bu noktada sonlandırırken, genç meslektaşlarımda ötesini araştırmaya dair bir merak uyandırma amacıma ulaşmış olmayı diliyorum.

KAYNAKLAR

1. Miller D, Schor P. Physical optics. In: Tasman W, Jaeger E, eds. Duane's Ophthalmology. Philadelphia; Lippincott-Raven Publishers Inc; 1998.
2. Büyükyıldız Z. Işık Nedir? In: ORR B, ed. Optik Refraksiyon ve Rehabilitasyon Temel Bilgiler. İstanbul; Türk Oftalmoloji Derneği; 2010:1-9.
3. Katz M. The Human Eye as An Optical System. In: Tasman W, Jaeger E, eds. Duane's Ophthalmology. Philadelphia; Lippincott-Raven Publishers Inc; 1998.
4. Duke-Elder S, Perkins E. The Transparency of the Cornea. Oxford; Blackwell Scientific Publications; 1960.

MİYOPİ, HİPERMETROPİ, ASTİGMATİZMA, ANİZOMETROPİ

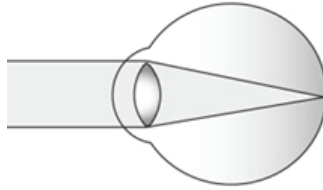
Dr. Elif DEMİRKİLİNÇ BİLER

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

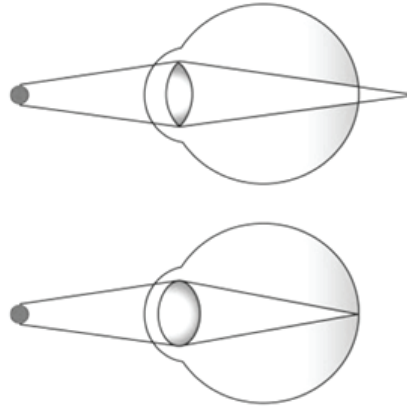
Giriş

Kırılma, ışık ışınlarının bir saydam ortamdan farklı yoğunluktaki başka bir ortama geçerken yön değiştirmesidir. Görme sırasında bir nesneden yansıyan ışık, kornea ve mercek tarafından kırılır ve retinaya odaklanır. Gözün refraktif durumu, kornea ve merceğin optik gücü ile birlikte ön kamara derinliği, lens kalınlığı ve vitreus derinliğinin yanı sıra gözün aksiyel uzunluğunun dengesi sonucu belirlenen karmaşık bir değişkendir.¹

Emetropi (kırma hatası olmayan bir göz), gözden 6 metre veya daha fazla uzaklıkta bulunan bir nesneden gelen paralel ışık ışınlarının, akomodasyon yapmamış gözün retinasında odaklanmış bir görüntü oluşturduğu kırılma durumunu tanımlar. Bir başka deyişle emetropi, gözün kırıcılık gücü ile eksen uzunluğunun birbiri ile uyumlu olması sonucu göze ulaşan ışınların retina üzerinde odaklanmasıdır. (Şekil 1,2) Mükemmel emetropi nadiren vardır. Bireylerin çoğunda bir dereceye kadar kırma kusuru mevcuttur, ancak çoğunlukla düzeltme gerektirmez.^{1,2}



Şekil 1. Emetropik (kırma hatası olmayan) ve akomodasyon yapmamış bir gözde, gözden 6 metre veya daha fazla uzaklıkta bulunan bir nesneden gelen paralel ışık ışınları retinada odaklanır.



Şekil 2. Emetropik (kırma hatası olmayan) bir gözde, yakın mesafede bulunan bir nesneden diverjan gelen ışık ışınları, akomodasyon yardımı ile retinada odaklanır.

Kırma Kusurları

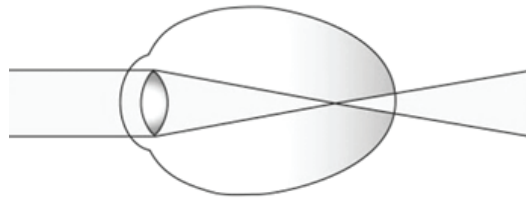
Ametropi, görüntünün retinaya odaklanmadığı kırılma durumunu ifade eder. Ametrop bir gözde net görüntü, retinanın önünde veya arkasında oluşur, algılanan görüntü net değildir. Optik görüntünün retinaya tam olarak odaklanmadığı üç temel ametropik durum bulunmaktadır: miyopi, hipermetropi ve astigmatizma.

Ametropi, etiyolojiye göre aksiyel ve refraktif olarak ikiye ayrılır. *Aksiyel ametropide* (eksen ametropisi), göz küresi uzunluğu (aksiyel uzunluk-arka kornea yüzeyinden retinaya olan mesafe) normalden uzun (*miyopi*) veya kısa (*hipermetropi*) iken, *refraktif ametropide* gözün çapı normal fakat refraktif elemanların (kornea-lens) kırma gücü normal değildir. Kişisel farklılıklar olmakla birlikte gözün ön-arka eksenini yaklaşık 24 mm civarında olup, göz eksen uzunluğundaki her 1 mm'lik sapmanın ortalama 3 Diyopriyel ametropi oluşturması beklenir.^{2,3}

Kırma kusurları yaygın olarak görülmektedir ve Amerika Birleşik Devletleri ve Batı Avrupa'da ≥ 40 yaşındaki kişilerin yaklaşık üçte birini etkiler.⁴ Dünya çapında, yaklaşık dört milyonu kör (en iyi düzeltilmiş görme keskinliği $< 20/400$ olarak tanımlanır) olmak üzere toplam 123 milyon insanın düzeltilmemiş kırma kusurlarından görme engelli olduğu tahmin edilmektedir.⁴ Düzeltme gerektiren kırma kusurları okul öncesi çocuklarda nadirdir. Bununla birlikte, çocukların yaklaşık yüzde 20'si geç ergenlikten önce gözlük kullanımını gerektiren kırma kusurları geliştirir.⁵

Miyopi

Miyopi (uzağı görememe), gözün aksiyel uzunluğunun çok fazla olduğu veya gözün optik sisteminin kırma gücünün çok yüksek olduğu yaygın bir kırma kusurudur. Genellikle gözün ön-arka çapı, kornea ve merceğin kırma gücüne göre çok uzundur. Görüntünün odak noktası retinanın önündedir ve retinaya ulaşan görüntü bulanıktır. (Şekil 3) Bu durum, optik düzeltme sağlanmadıkça bulanık uzak görüşle sonuçlanır. Tipik miyopik hastalar, düzeltilmemiş durumlarında, uzak görüşten daha iyi yakın görüşe sahiptir.^{1,2}



Şekil 3. Miyopik ve akomodasyon yapmamış bir gözde, gözün aksiyel uzunluğunun çok fazla olması veya gözün optik sisteminin kırma gücünün çok yüksek olmasına bağlı olarak görüntü retinanın önünde oluşur.

Miyopiler derecesine göre, düşük (-3 Diyoptri (D) altında), orta (-3 ile -6 D arası) ve yüksek (-6 D üzeri) dereceli miyopi olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca başlangıç zamanına göre konjenital, erken, okul çağı, juvenil veya geç başlangıçlı gibi sınıflandırmaları da bulunmaktadır. Basit miyopida sadece kırma kusuru mevcuttur. Öte yandan patolojik/dejeneratif miyopide genellikle -6 D üzeri kırma kusuruna ilaveten çeşitli arka segment patolojileri de izlenir.³

a. Prevalans

Miyopi, dünya çapında en sık görülen oküler bozukluktur. Miyopi aynı zamanda prevalansı ve risk faktörleri açısından üzerinde en çok çalışma yapılan ve veri bulunan refraksiyon kusurudur. Miyopi genellikle ilerleyici bir durumdur, prevalansı çocukluk boyunca artar, en büyük insidans, gözün ergenlik büyüme fazına girdiği ergenlik döneminde ve sonrasında meydana gelir.⁶ Amerika Birleşik Devletleri'nde, okul öncesi çocuklar arasında miyopi prevalansı %1 ila 5'tir; okul çağındaki çocuklar arasında yaklaşık %9'a çıkmakta olup adolesanlarda bu oran yaklaşık %30'dur.^{5,7,8}

Miyopinin küresel prevalansı 2000 yılında %23 olarak tahmin edilmiştir ve Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa da dahil olmak üzere giderek artmaktadır.^{7,9,10}

Amerika Birleşik Devletleri'nde miyopi prevalansı, 1971-1972 yıllarından 1999 ve 2004 yılları arasına, 12 ila 54 yaş arasındaki kişilerde neredeyse iki katına çıkmıştır (yüzde 25'e karşı yüzde 42).⁷ Asya'daki kentsel yerleşimlerde ile prevalans %80'den fazladır.¹¹ Öte yandan, Avrupa'da, miyopi prevalansı, son dönem doğumlular arasında daha da yüksektir; yaşa göre standardize edilmiş miyopi prevalansı, 1910 ile 1939 arasında doğanlarda yüzde 18 iken, 1940 ile 1979 arasında doğanlarda yüzde 23,5'tir.¹⁰ Bu farklılık, eğitimdeki değişiklikler, okuma-bilgisayar kullanımı gibi yakın plan görevlerine yönelik mesleki taleplerdeki artış, nüfus değişimleri ve miyopi sınıflandırmasındaki değişiklikler nedeniyle ortaya çıkmış olabilir.

Miyopi prevalansı ırk ve etnik kökene göre de değişim göstermektedir ve özellikle Doğu Asyalılar arasında yüksektir. Çin ve Tayvan'da adolesanlar arasında %70-85'lik bir prevalans bildirilmiştir.⁶ Amerika Birleşik Devletleri'ndeki okul çağındaki nüfus arasında, Asyalı çocuklar en yüksek miyopi prevalansına sahiptir (%18,5). Bu oran İspanyol çocuklarda %13,2, beyazlarda %4,4 ve Afrikalı-Amerikalı çocuklarda %6,6 olarak saptanmıştır.¹²

b. Risk faktörleri

Miyopi gelişimi için ortaya konmuş bazı risk faktörleri mevcuttur. Miyopi gelişimi, yüksek eğitim seviyeleri ve zekâ testi puanlarının yanı sıra akomodasyonun uzun süreli kullanıldığı yakın mesafe işlevleri (örn. okuma, yazma, bilgisayar çalışması) gerektiren mesleklerle ilişkilidir.¹³ Bilinen nedenler şunlardır:

Genetik: Birden fazla çalışma, kalıtsal faktörlerin miyopi gelişimi ile ilişkili olduğunu göstermiştir.¹⁴ Miyopi

ve monozygotik ikizler arasında ve ayrıca ailelerdeki nesiller arasında tam bir uyum olmaması nedeniyle gen-çevre etkilerinin etkisiyle poligenik bir kalıtım modeli olduğu düşünülmektedir.¹⁵

Okuma: Çocuklarda miyopi ile uzun süreli okuma veya yakın mesafeden okuma arasındaki ilişki belgelenmiştir. ^{16,17} Uzun süreli okuma periyotları sırasında meydana gelen sürekli hipermetropik odaklanma, emetropizasyon mekanizmasının gözün aksiyel uzunluğunu artırarak miyopiye yol açmasına neden olabilir.¹⁸

İlaçlar: Miyopi, bazı ilaçların kullanımını takiben hızla gelişebilir. Sülfä türevli ilaçlar (örn., sülfametoksazol, topiramet) ve diüretikler (örn., furosemid, asetazolamid), zonüllerin gevşemesiyle lensin öne doğru yer değiştirmesi ve kalınlaşması yoluyla geçici miyopiye indükleyebilir. Kolinerjik ilaçlar (örneğin, neostigmin, pilokarpin) ayrıca geçici miyopi ile birlikte akomodatif spazmı sonuçlanabilir. İlacın kesilmesi genellikle miyopinin tam olarak özölmesiyle sonuçlanır.¹⁹

Diabetes mellitus: Diabetes mellituslu hastalardaki geçici refraktif değışiklikler belgelenmiştir. Kan glukoz seviyelerindeki değışikliklere bağlı olarak serum ozmolaritesindeki değışiklikler, lensin içine ozmotik sıvı akışına ve ardından lens şişmesine ve kırma gücünde veya miyopide geçici bir artışa neden olabilir. Sonuç olarak, tip I veya tip II diyabetli hastalar, özellikle glikoz kontrolü zayıf olanlar olmak üzere, sıklıkla geçici bulanık görme ile başvururlar. Genel olarak, diyabetik hastalarda miyopi prevalansı diyabetik olmayan hastalara göre daha yüksektir.²⁰ Kötü kontrol edilen hemoglobin A1C'ye sahip diyabetli hastalarda da lentiküler değışiklikler nedeniyle miyopi olma olasılığı daha yüksektir.

Travma: Oküler travma, lensin ileri doğru yer değiştirmesine ve ardından miyopiye neden olabilir. Skleral laserasyon onarımı ve retina dekolmanı onarımında skleral çevreleyen elemanların kullanımı, globu geçici olarak deforme ederek astigmatizma ve miyopiye neden olabilir. Ameliyat sonrası bu deformasyonun devam ettiği durumlarda artan aksiyel uzunluk kalıcı miyopiye yol açar.²¹

Aşırı akomodasyon: Patolojik olarak aşırı akomodasyonu olan hastalarda "akomodatif spazm" olabilir. Semptomlar çift görme ve miyopiye içerebilir. Anksiyete ve hasta davranışları (yakın bir nesneye odaklanarak zorlanmış aşırı konverjans) yaygın nedenlerdir, ancak travmatik beyin hasarı ve parasempatometik ilaçlar da aşırı akomodasyona yol açabilir.²²

Artan göz içi basıncı: Miyopi ilerleme hızı, artan göz içi basıncı ile ilişkili olabileceği düşünülse de "Correction of Myopia Evaluation Trial" alışma grubundan elde edilen veriler, göz içi basıncı ile miyopi ilerleme arasında hiçbir ilişki göstermemiştir.

Maternal faktörler: Miyopi, doğumda daha büyük anne yaşı ve hamilelik sırasında annenin sigara içmesi ile ilişkilidir.²³

İşığa maruz kalma: Miyopi gelişiminde ışığa maruz kalmanın rolü belirsizdir. Diğer risk faktörlerini dışladıktan sonra, açık hava etkinliklerinde daha fazla zaman harcayan çocuklarda miyopi prevalansı daha düşük olduğu bulunmuştur.^{24,25} Miyopik kişilerde daha yüksek serum melatonin seviyeleri izlenir, bu da miyop büyüme mekanizmasında ışığa maruz kalma ve sirkadiyen ritmin bir rolü olduğunu düşündürür. Gece ışıklarının (uyku sırasında açık bırakılan loş ışık) miyopi gelişimi ile ilişkili olup olmadığı konusunda sonuçlar kesin değildir.¹⁶

Patolojik Miyopi

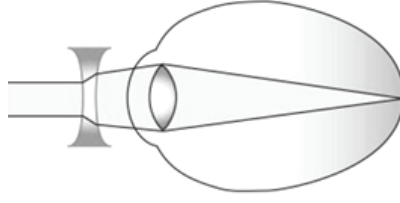
Patolojik miyopi, sklera, koroid ve retina pigment epitelindeki karakteristik dejeneratif değışikliklerin eşlik ettiği yüksek miyopi olarak tanımlanmakta olup görsel fonksiyonlarda bozulma mevcuttur.²⁶ Yüksek derecede miyop gözlerin tümünde patolojik miyopi gelişmez. Patolojik belirtilerin prevalansı, -5 ile -6 D'den daha yüksek miyopi ile daha hızlı bir şekilde artar. Patolojik belirtilerin insidansı ve şiddeti yaşla birlikte de artış gösterir.²⁷ Tüm miyopiler, gözün aşırı uzamasından kaynaklanır, ancak patolojik miyopisi olan gözler sadece uzamakla kalmaz, aynı zamanda sıklıkla ciddi şekilde globda deformasyon da izlenir.¹

Patolojik miyopi nedeniyle ortaya çıkabilecek oküler morbiditeler şunlardır: Miyopik makulopati (Miyopik koroidal neovaskularizasyon, lacquer çatlakları, miyopik korioretinal atrofi), miyopik traksiyonel makulopati (miyopik maküler retinoskizis, miyopik maküler delik), optik sinir etrafında miyopik konus/kresent, miyopik optik nöropati, arka stafilm.^{1,9}

c. Optik Düzeltme/ Tedavi

Miyopi, ışık ışınlarını retinaya odaklamak için içbükey (konkav) küresel merceklerle düzeltilir. (Şekil 4) Hafif miyopi genellikle düzeltme gerektirmez. Okul öncesi dönemde, yüksek veya şiddetli miyopi (3 yaş altı >3 D, 3-5 yaş >5 diyoptri), görünüşte asemptomatik bir çocukta bile, bilateral refraktif ambliyopi (izoametropik ambliyopi) geliştirme riski nedeniyle düzeltilmelidir. Bir çocuğun ne zaman düzeltilmesi gerektiğine ilişkin mutlak eşik, klisenin tercihine, çocuğun yaşına ve diğer faktörlere göre değışir. Genel olarak, >1,5 ila 2 diyoptri miyopisi olan okul çağındaki çocuklara tedavi verilmelidir. Bununla birlikte, herhangi bir miyopi değeri, çocuğun eğitimine veya sosyal işlevine müdahale ederse düzeltilmelidir.

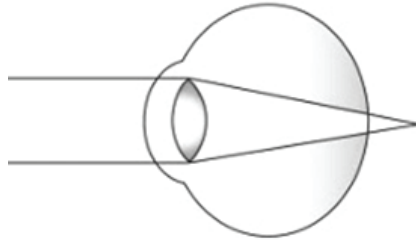
Miyopinin ilerlemesini önleme veya yavaşlatmak için çeşitli stratejiler (anti-muskarinik göz damlaları, ortokeratoloji, multifokal mercekler, açık hava etkinlikleri-güneş ışığı maruziyeti) mevcuttur.²⁸



Şekil 4. Miyopik gözde konkav mercek yardımı ile görüntünün retinaya odaklanması

Hipermetropi

Hipermetrop (aynı zamanda hiperopi veya uzak görüşlülük olarak da adlandırılır) miyopinin tersidir. Hipermetropi, gözün aksiyel uzunluğunun çok kısa olduğu veya gözün optik sisteminin gücünün retina üzerinde odaklanmış bir görüntü oluşturmak için yetersiz kaldığı bir kırılma bozukluğudur. Hipermetrop göz, kornea ve merceğin kırma gücüne göre çok kısadır. Görüntünün odak noktası retinanın arkasındadır ve görüntü retinaya ulaştığında bulanıklaşır. (Şekil 5) Yüksek derecede hipermetrop, ambliyopi ve akomodatif refraktif ezotrope ile ilişkilidir.^{2,3}



Şekil 5. Hipermetropik bir gözde, gözün aksiyel uzunluğu çok kısa olması veya gözün optik sisteminin gücünün yetersiz kalması sonucu görüntü retinanın arkasında oluşur.

Hafif hipermetropi, bebekler ve çocuklar için normal kırıcılık durumudur. İlk 3 ayda %16 bebekte 3,5 D üzeri hipermetropi mevcut olup, 8-9 aylık bebek gözünün tipik durumu orta dereceli hipermetropidir (ortalama +1,5 D).^{4,30} Bununla birlikte, hafif hipermetropisi olan çocukların çoğu, siliyer cismi kasarak akomodasyon yapma veya odaklanma yeteneğine sahip oldukları için refraktif düzeltme gerektirmez. Akomodasyon, merceğin eğriliğini dikleştirir (yani gücünü artırır), bu da odak noktasını öne çıkarır ve görüntüyü uygun şekilde retinaya odaklar. Uyum sağlayamayan hastalar (örneğin sikloplejik damlalardan sonra) yakın görüşten daha iyi uzak görüşe sahiptir.²

Hipermetropi, mutlak, gizli (latent), belirgin (manifest) ve fakültatif hipermetropi olarak sınıflandırılabilir. *Mutlak hipermetropi*, en yüksek akomodasyon gücü ile bile dengelenemeyen hipermetropi değeridir. *Gizli hipermetropi* ise, istemsiz akomodasyon ile kırıcılık açığı kapatılmış, dengelenmiş olan, ancak sikloplejik muayene ile saptanabilen hipermetropidir. Belirgin hipermetropi, uzağın net görülebilmesi için gözün kabul edebildiği en yüksek hipermetropik düzeltme miktarı olup fakültatif hipermetropi akomodasyon ile ortadan kaldırılabilen belirgin hipermetropi olarak tanımlanır. Belirgin hipermetropi, mutlak ve gizli hipermetropi arasında bir durumdur, yaş ilerledikçe akomodasyonun azalmasına bağlı olarak belirgin hipermetropi değeri artar.³

a. Prevalans

Hipermetrop prevalansı, 5-15 yaş grubunda ve $\geq +2.00$ D eşik değeri kabul edildiğinde, %2,1 ile %19,3 arasında değişmektedir. Çocuklarda hipermetropi prevalansı yaş arttıkça azalır, geniş bir meta-analiz çalışmasının sonuçlarına göre 7 yaşında %5, 9-14 yaş arasında %2-3 ve 15 yaşında %1 civarında olarak bildirilmiştir.³¹ Çalışmalar, pek çok infantil hipermetropinin, en azından yaşamın ilk yılında, emetropizasyon yoluyla düzeldiği fikrini desteklemektedir. Genellikle yaş ile birlikte hipermetropi değerlerinde düşüş beklenmekle birlikte emetropizasyon refraktif değer ile orantılıdır. Özellikle 4 D üzeri yüksek hipermetropilerde (%5-6) emetropizasyon defisiti olduğu düşünülmektedir.³² Erişkinlerde ise, miyopinin aksine, hipermetropi prevalansı yaşla birlikte artar, 20 ila 59 yaşlarında yüzde 1 ila 2'den ≥ 60 yaşlarında yüzde 10'a yükselir.²⁹ 40 yaş üzeri popülasyonda, 3,5 D üzeri hipermetropi prevalansı farklı toplumlarda %5,8-9,9 arası bildirilmektedir.⁴

b. Risk faktörleri

Hipermetropi, kırsal kesimde yaşayanlarda ya da açık hava etkinliklerine daha fazla zaman ayıranlarda daha siktir.³¹ Teorik olarak, haftada daha fazla saatini açık hava etkinlikleri yaparak geçiren çocuklar, bu

aktiviteler için akomodasyona ihtiyaç duymazlar. Böylece, akomodatif ihtiyacın azalması nedeniyle oküler büyümenin stimülasyonu da azalır. Burada ışık yoğunluğunun rolü de dikkate alınmalıdır. Işık genellikle dış mekanlarda daha yoğun olduğundan, göze maruz kalma daha miyotik bir pupil ile sonuçlanır, odak derinliğini arttırır ve defokus azalır. Ek olarak, retinada ışık uyarısıyla salınan dopamin, oküler büyümenin engellenmesine doğrudan katkıda bulunabilir.²⁴

Oküler travma, retinanın arkasındaki bir orbital tümörün kitle etkisi, subretinal kalınlaşma ile skleral inflamasyon gibi bazı durumlar, kristalin lensin arkaya kayması veya gözün aksiyel uzunluğunun kısalması sonucu hipermetropi gelişimine neden olabilir. Yine kristalin lensin sentetik bir intraoküler lens ile değiştirilmeden cerrahi olarak çıkarılması da refraktif hipermetropi nedenidir.

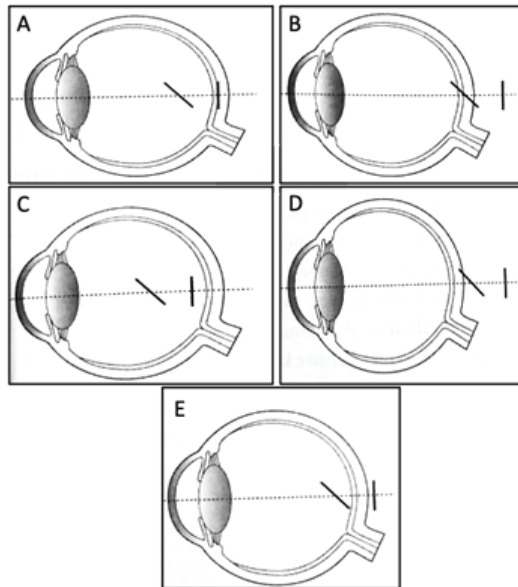
Antikolinerjik ilaçlar (örneğin, oksibutinin, skopolamin) siliyer kas üzerinde parasempatolitik etkiler uygulayarak akomodasyonu azaltır ve hipermetropiyi indükler. Hiperglisemi nedeniyle tedavi edilen ve kan glukoz seviyelerinde hızlı bir düşüş olan hastalar, birkaç hafta sürebilen geçici hipermetropi yaşarlar.³⁴

c. Optik Düzeltme/ Tedavi

Hipermetropi, ışık ışınlarını retinaya odaklamak için dışbükey(konveks) küresel bir mercek ile düzeltilir. Hafif hipermetropi genellikle çocuklarda optik düzeltme gerektirmez. Daha yüksek derecelerde simetrik hipermetropi (yani >4 diyoptri) olan asemptomatik çocuklarda düzeltme gereklidir çünkü okulla ilgili faaliyetlerde-yakın okuma işlevlerinde zorluk yaşanabilir ve refraktif ambliyopi ve/veya akomodatif ezotrophia geliştirme riski mevcuttur. Çocuk semptomatik olduğu takdirde, herhangi bir hipermetropi derecesinin düzeltilmesi gereklidir.

Astigmatizma

Astigmatizma, tüm kırma kusurlarının yaklaşık %13'ünü oluşturur.³⁵ Astigmatizma (Yunancada "belirgin bir noktanın olmaması"; "noktasızlık"; a-stigmat) farklı meridyenlerdeki farklı kornea yüzey eğrilikleri veya lensteki varyasyonlar nedeniyle göze farklı düzlemler boyunca giren ışık ışınlarının eşit olmayan şekilde odaklanmasına neden olduğu kırılma durumunu ifade eder. Işınlar tek bir noktada odaklanamadıkları için tek bir fokal nokta yerine iki grup fokal hat mevcuttur. Bu fokal hatların yönüne ve göreceli pozisyonlarına göre astigmatizma sınıflandırılabilir. Eğer bir fokal hat gözün önünde diğeri retina üzerinde ise *basit miyopik astigmatizma*; her iki fokal hat retina önünde yer alıyorsa *bileşik (kompoze) miyopik astigmatizma*; bir fokal hat retina üzerinde diğeri gerisinde ise *basit hipermetropik astigmatizma*; her iki fokal hat retinanın gerisinde ise *bileşik (kompoze) hipermetropik astigmatizma* olarak tanımlanır. Eğer bir fokal hat retinanın önünde diğeri retinanın arkasında ise bu durum *mikst (karışık) astigmatizma* olarak adlandırılır. ^{2,3} (Şekil 6)

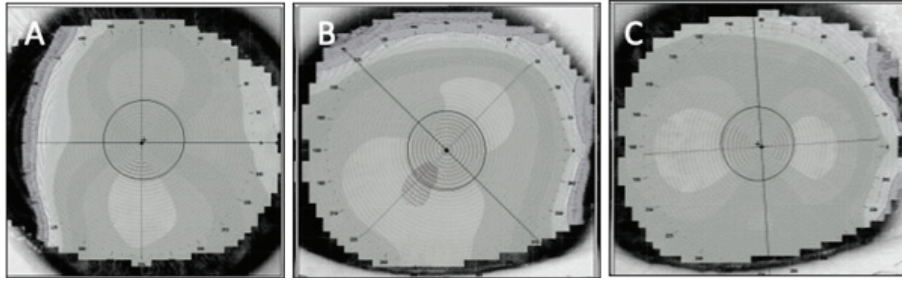


Şekil 6. A. Basit miyopik astigmatizma. B. Basit hipermetropik astigmatizma. C. Bileşik miyopik astigmatizma. D. Bileşik hipermetropik astigmatizma. E. Mikst astigmatizma

Astigmatizma, gözün optik sistemi özellikle kornea tam olarak küresel olmadığında ortaya çıkar. Gözün kırma gücü farklı meridyenlerde farklıdır ve ışık ışınları tek bir noktaya getirilemez. Korneal ön yüzün iki ana meridyeni boyunca (korneal astigmat) eşit olmayan eğrilik sonucu ve/veya korneanın arka yüzü, kristal lensin ön ve arka yüzeylerinin eşit olmayan eğrilikleri nedeniyle olabilir, ya da merceğin

merkezden uzaklaşması veya eğilmesi veya kristalin mercek boyunca eşit olmayan kırılma indeksleri (internal veya rezidü astigmatizma olarak bilinir) nedeniyle ortaya çıkabilir. Korneal ve internal astigmat değerlerinin kombinasyonu, gözün toplam astigmat değerini verir. Ortaya çıkan astigmat, retinanın önünde veya arkasında birden fazla odak noktası oluşmasına ve de bulanık uzak ve yakın görme ile sonuçlanır. Astigmatizma miyopi veya hipermetropi ile birlikte ortaya çıkabilir. Hasta, tüm görüş mesafelerinde bulanık görüş bildirir. Orta veya daha şiddetli astigmatı olan çocuklarda tipik olarak, hem uzak hem de yakın fiksasyonda görme keskinliğinde azalma mevcuttur.

Korneal astigmat genellikle astigmatizma eksenine göre kurala uygun (korneanın en dik olduğu meridyeninin vertikal yerleşimli olması), oblik (korneanın en dik olduğu meridyeninin oblik aksta olması) veya kurala aykırı (korneanın en dik olduğu meridyeninin horizontal yerleşimli olması) olarak sınıflandırılır. (Şekil 7)



Şekil 7. A. Kurala uygun astigmatizma. B. Oblik astigmatizma. C. Kurala aykırı astigmatizma.

Astigmatizma 'düzenli' veya 'düzensiz' olarak tanımları da mevcuttur. *Düzenli (Regüler) astigmatizmada*, temel meridyenlerin pupiller alanda her noktada sabit bir yönü mevcut olup her noktada astigmat değeri aynıdır. *Düzensiz astigmatta* ise temel meridyenlerin yönü ve astigmat değeri pupiller alandaki farklı noktalarda farklı olup normal silindirik merceklerle düzeltilemezler. Tipik olarak düzensiz astigmatizma, koma, yonca (trefoil) ve dörtgen (kuadrofoil) gibi çeşitli asimetrik sapmaları tanımlamak için kullanılır. Göz optiğinin ayrıntılı bileşenlerini tanımlamak için Zernike polinomlarının yaygın olarak kullanımının benimsenmesi ile, "düzensiz" astigmat teriminin kullanımını büyük ölçüde bırakılmıştır.^{2,36}

a. Prevalans

Genel olarak, yenidoğanların korneası diktir ve yaşamın ilk aylarında bebeklerde astigmat prevalansının yüksek olduğunu (doğum esnasında %70, 1 D ve üzeri mevcut), astigmatın özellikle yüksek değerlerde, kornea kökenli ve kurala aykırı olduğunu göstermektedir.^{37,38} Çocuklar büyüdükçe, kornea düzleşir, yüksek dereceli astigmatizma prevalansı tipik olarak azalır veya başka bir deyişle, astigmatik kırma kusurunun emetropizasyonu meydana gelir. Dört yaşın üzerinde, büyük miktarlarda astigmatizma prevalansı düşüktür ve en yaygın olarak küçük miktarlarda kurala uygun astigmatizma bulunur.^{30,39} Bu yaş grubunda, 3.00 D veya daha fazla astigmatizma prevalansı, kurala uygun için %1,2; oblik astigmatizma için %0,5 oralarında bildirilmiştir.⁵ Genellikle 18-40 yaşlar arası stabil kalan astigmat değeri, ilerleyen yaşla birlikte, kurala uygun eksen (40 yaşından küçük yetişkinlerde) baskınlığından kurala aykırı eksen (40 yaşından büyük yetişkinlerde) baskınlığına doğru genel bir kayma gösterir. Yaşlılıkta astigmat eksenindeki bu kaymanın kornea eğriliğindeki değişikliklerden (korneanın yatay meridyenindeki dikleşmeden) kaynaklandığı düşünülmektedir.⁴⁰ Astigmatizma prevalansı yaşla birlikte (20-59 yaş yetişkinlerde yaklaşık %25'ten, ≥60 yaşındaki yetişkinlerde %50'ye) artış gösterir.²⁹ Astigmatizmanın prevalansı veya yönünde etnik olarak belirgin farklılık mevcut değildir.⁵

b. Risk faktörleri

Astigmatizma için risk faktörleri büyük ölçüde bilinmemektedir ancak genetik ve/veya gelişimsel faktörlerle ilişkili olabilir. Mevcut araştırmalar, genetik etkilerin astigmatizma gelişiminde rol oynayabileceğini göstermektedir. Diğer olası katkıda bulunan faktörler, göz kapağı basıncı, EOM gerginliği ve görsel geri bildirimi içerir. Kornea ve göz kapakları arasındaki etkileşim, bir dizi etnik grup ve hastalıkta artan astigmatizmanın olası bir açıklaması gibi görünmektedir. Göz kapaklarının patolojisi ve okuma sırasında göz kapaklarından gelen basınç da korneal astigmatta değişikliklere neden olur. Yüksek astigmatı olan çocuklar üzerinde yapılan son araştırmalar, göz kapaklarının korneal astigmatın eksenini ve derecesini etkilediğini göstermektedir. Göz kapaklarının kornea şeklini etkileyebileceği açık olsa da göz kapaklarından gelen basıncın korneal astigmata neden olduğuna dair hala kesin bir kanıt yoktur.³⁶

Astigmatizma varlığının sferik refraksiyon kusurları ile ilişkili olabileceğini düşündüren bazı kanıtlar vardır. Özellikle miyopi ile ilişkili olduğu bulunmuştur, düzeltilmemiş astigmatik hataların miyopi gelişimini etkilediğini ve düzeltilmemiş astigmatizmden kaynaklanan optik bulanıklığın miyop gelişimi için bir tetikleyici olabileceği öne sürülmüştür.⁴¹

c. Optik Düzeltme/ Tedavi

Astigmatizma silindirik bir mercek ile düzeltilir. Silindirik mercekteki bir meridyen, karşı meridyenden daha eğridir. Astigmatizma, semptomatik çocuklarda ve yüksek derecede astigmati olan asemptomatik çocuklarda düzeltilmelidir (4 yaş üzeri >1.5-2 diyoptri). Kurala uygun astigmatizmada genellikle >1,5 D ambliyopijenik kabul edilirken, oblik astigmatlarda >1 D silindirik değerlerde düzeltme önerilir.⁴² Astigmati düzeltme eşiği, çocuk büyüdükçe ve görsel talepler arttıkça azalır.

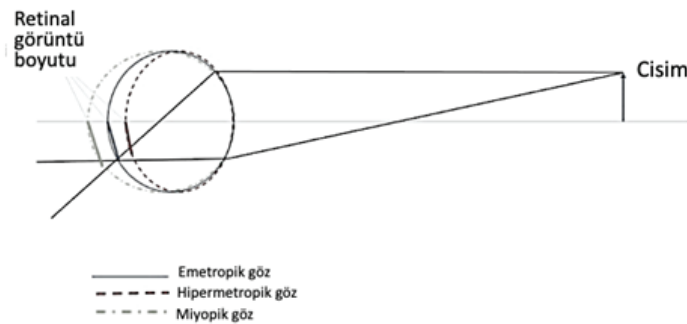
Anizometri

Anizometri, doğal olarak veya optik/cerrahi olarak indüklenen gözler arasındaki kırma kusuru farkıdır. Doğal oluşan anizometri durumunda, sferik eşdeğerler arasında 1 diyoptri (D) veya daha büyük bir fark, genellikle önemli bir eşik olarak kabul edilir, çünkü bu fark küçük çocuklarda potansiyel olarak ambliyopiye neden olabilir.⁴³

Anizometri, iki gözün farklı kırma gücüne sahip olmasıdır. Anizotropide, bir göz emetrop diğer göz ametrop olabileceği gibi, her iki gözde de farklı değerlerde refraksiyon kusuru bulunabilir. Bir gözün miyopik diğer gözün hipermetropik olduğu durum ise *antimetropi* olarak tanımlanır. Anizometri ambliyopiye neden olabilir.

Anizometri refraktif ya da aksiyel orijinli olarak sınıflandırılır. Anizometrinin türü, retinaya yansıtılan görüntülerin teorik boyutlarını etkiler. Refraktif anizotropide, oküler refraktif bileşenlerin optik güçleri (örneğin, kornea eğrilikleri veya lenslerin konumları/güçleri) gözler arasında farklıdır, ancak aksiyel uzunluklar aynıdır, oysa aksiyel anizotropide genel kırma güçleri, iki gözde aynıdır, ancak aksiyel uzunlukları farklıdır.⁴⁴ Sferik anizometrinin ≥ 2 D olması durumunda, anizometrinin muhtemelen aksiyel olduğu varsayılırken, daha az miktarlarda sferik anizometri veya silindirik farklılıklar için anizometrinin refraktif olması muhtemeldir.⁴⁵ Bununla birlikte, anizotropili hastaların çoğunda gözler arasında hem aksiyel hem de refraktif farklılıklar vardır ve tamamen aksiyel veya refraktif anizometrinin olması nadirdir.⁴⁶

Düzeltilmemiş aksiyel anizotropide, retina görüntü boyutları farklıdır. (Şekil 8) Örneğin, kırma kusuru sağ gözde +1.00 D ve sol gözde +4.00 D olsaydı, daha hipermetrop olan gözde düzeltilmemiş retinal görüntü, daha az ametrop olan göze göre daha küçük olurdu. Aksiyel uzunluklardaki göz içi farklılıklar, fotoreseptör yoğunluğundaki potansiyel farklılıklarla bağlantılı olarak, algılanan görüntü boyutu farklılıklarına katkıda bulunabilir. Düzeltilmemiş refraktif anizotropide ise, retinal görüntü boyutları arasında belirgin farklılık bulunmaz.^{47,48}



Şekil 8. Aksiyel ametropide, düzeltilmemiş miyopik gözler cisimleri olduğundan daha büyük, düzeltilmemiş hipermetropik gözler ise cisimleri olduğundan daha küçük görürler.

a. Prevalans

Yaşam boyunca, anizometrinin prevalansı U şeklinde bir model izler. Sferik eşdeğeri ≥ 1 D anizometri, yaşamın ilk birkaç haftasında yüksek bir prevalansa sahiptir⁴⁹ ve erken çocuklukta emmetropizasyon ile azalır.³⁰ Okul çağındaki nüfusun % 2-5'inde anizometri bulunduğu tahmin edilmektedir.⁵⁰ Erişkin dönemde, anizometri, miyopinin başlamasıyla birlikte artar, 20-40 yaşları arasında prevalans yaklaşık yüzde 10'da sabitlenir.⁵¹ Daha sonra, presbiyopinin başlamasıyla prevalans giderek artarak % 30-40'a çıkar.⁵² Anizotropideki bu presbiyopi sonrası artış, asimetrik nükleer katarakt gelişimine eşlik eden miyopik kaymalara bağlı olabilir.

b. Ambliyopi Riski

Anizometri sıklıkla yüksek ametropi ile ilişkilidir – özellikle anizomyopia ve anizoastigmatizm.⁵¹ Belirgin silindirik kırma kusuru da anizometri ile yüksek birliktelik gösterir.⁵³ Okul öncesi çocuklar üzerinde yapılan popülasyona dayalı çalışmalarda, ≤ 1.00 D miyopik, >2.00 D hipermetropik ve ≥ 1.50 D astigmatik

anizometropi varlığının, ambliyopi gelişiminde etkili olduğunu saptanmıştır.⁵⁴

Ambliyopiye neden olabilecek anizometropi eşiği, kırma kusurunun tipine göre değişir:

- Miyopi – 2 diyoptri
- Hipermetrop – 1 diyoptri
- Astigmatizm – 1.5 diyoptri

c. Optik Düzeltme/ Tedavi

Anizometropi refraktif düzeltme ile tedavi edilir. Anizometropi ≥ 3 diyoptri ise ve de refraktif kaynaklı ise, düzeltme ile üretilen retina görüntüsünün boyutu bir gözden diğerine önemli ölçüde farklılık gösterebilir (yani, aniseikonia), bu da görüntüleri birleştirmede zorluğa neden olabilir. Böyle durumlarda, aniseikonia, gözün optik merkezine gözlükten daha yakın olan ve böylece daha az görüntü büyütme veya küçültme üreten kontakt lenslerle en aza indirilir.^{2,3} Aksiyel anizometropide ise düzeltilmemiş refraktif durumlarında zaten retinal görüntü boyut farklılığı mevcut olduğu için gözler arasındaki daha yüksek diyoptri farkları bile optik olarak reçete edilebilir (düzeltilmemiş gözdeki görüntü boyut farkı, optik düzeltme ile nötralize olur). Hipermetrop düzeltmeler görüntüleri büyütme eğilimindedir ve miyop düzeltmeler onları küçültme eğilimindedir.

KAYNAKLAR

1. Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Myopia. *Lancet*. 2012;379:1739-1748.
2. Demirkılınc Biler E. İnsan Gözünün Optiği. In: O'Dwyer P, ed. *Klinik Optik* (Çev: Clinical Optics 2007-2008; American Academy of Ophthalmology). Ankara; Güneş Kitabevi; 2009:105-123.
3. Ceyhan D. Kırma Kusurları. In: *Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları. Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler* (1st ed). İstanbul; Galenos Yayınevi; 2010: 72-86.
4. Kempen JH, Mitchell P, Lee KE, Tielsch JM, Broman AT, Taylor HR, Ikram MK, Congdon NG, O'Colmain BJ, Eye Disease Prevalence Research Group. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol*. 2004;122:495-505.
5. Giordano L, Friedman DS, Repka MX, Katz J, Ibironke J, Hawes P, Tielsch JM. Prevalence of refractive error among preschool children in an urban population: the Baltimore Pediatric Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2009; 116:739-746.
6. Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, Logan NS, Gilmartin B, Whincup PH, Cook DG, Owen CG. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *Br J Ophthalmol* 2016;100:882-890.
7. Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL 3rd. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2009;127:1632-1639.
8. Wen G, Tarczy-Hornoch K, McKean-Cowdin R, Cotter SA, Borchert M, Lin J, Kim J, Varma R, Multi-Ethnic Eye Disease Study Group. Prevalence of myopia, hyperopia, and astigmatism in non-Hispanic white and Asian children: multi-ethnic pediatric eye disease study. *Ophthalmology*. 2013;120:2109-2116.
9. Holden BA, Fricker TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123:1036-1042.
10. Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJ, Anastasopoulos E, Buitendijk GH, Cougnard-Gregorie A, Creuzot-Garcher C, Erke MG, Hogg R, Höhn R, Hysi P, Khawaja AP, Korobelnik JF, Ried J, Vingerlink JR, Bron A, Dartigues JF, Fletcher A, Hofman A, Kuipers RW, Luben RN, Oxele K, Topouzis F, von Hanno T, Mirshahi A, Foster PJ, van Duijn CM, Pfeiffer N, Delcourt C, Klaver CC, Rahi J, Hammond CJ, European Eye Epidemiology Consortium. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthalmology*. 2015; 122:1489-1497.
11. Lam CS, Goldschmidt E, Edwards MH. Prevalence of myopia in local and international schools in Hong Kong. *Optom Vis Sci*. 2004; 81: 317-322.
12. Kleinstei RN, Jones LA, Hullett S, et al. Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol*. 2003; 121:1141-1147.
13. Saw SM, Katz J, Schein OD, Chew SJ, Chan TK. Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev*. 1996;18:175-187.
14. Dirani M, Shekar SN, Baird PN. Evidence of shared genes in refraction and axial length: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49:4336-4339.
15. Tedja MS, Haarmann AEG, Meester-Smoor MA, Kaprio J, Mackey DA, Guggenheim JA, Hammond CJ, Verhoeven VJM, Klaver CCW, CREAM Consortium. IMI- Myopia Genetics Report. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60:M89-105.
16. Saw SM, Chua WH, Hong CY, Wu HM, Chan WY, Chia KS, Stone RA, Tan D. Nearwork in early-onset myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002;43:332-339.
17. Ip JM, Saw SM, Rose KA, Morgan IG, Kifley A, Wang JJ, Mitchell P. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008;49:2903-2910.
18. Mutti DO, Mitchell GL, Hayes JR, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, Kleinstei RN, Manny RE, Twelker JD, Zadnik K, CLEERE Study Group. Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:837-846.
19. Drug-induced myopia. *Prescribe Int*. 2003;12:22-23.
20. Jacobsen N, Jensen H, Lund-Andersen H, Goldschmidt E. Is poor glycaemic control in diabetic patients a risk factor of myopia? *Acta Ophthalmol*. 2008;86:510-514.
21. Trobe JD. Symptoms of Optical Disorders. In: *Neurology of Vision* (1st ed). Oxford University Press; New York; 2001.
22. Goldstein JH, Schneekloth BB. Spasm of the near reflex: a spectrum of anomalies. *Surv Ophthalmol*. 1996;40:269-278.
23. Rahi JS, Cumberland PM, Peckham CS. Myopia over the lifecourse: prevalence and early life influences in the 1958 British birth cohort. *Ophthalmology*. 2011;118:797-804.
24. Rose KA, Morgan IG, Ip J, Kifley A, Huynh S, Smith W, Mitchell P. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. 2008;115:1279-1285.
25. Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, Tideman JWL, Yam JC, Lan W, Baras RC, He X, Sankaridurg P, Saw SM, French AN, Rose KA, Guggenheim JA. IMI Risk factors for myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2021;62:3.
26. S Duke-Elder, D Abrams. *Pathological Refractive Errors*. In: S Duke-Elder, ed. *Systems of Ophthalmology, Volume 5*. St Louis; CV Mosby; 1970:297-374.
27. HH Liu, Xu L, Wang YX, Wang S, You QS, Jonas JB. Prevalence and progression of myopic retinopathy in Chinese adults: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology*. 2010;117:1763-1768.
28. Walline JJ, Lindsley K, Vedula SS, Cotter SA, Mutti DO, Ng SM, Twelker JD. Interventions to slow progression of myopia in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;CD004916.

29. Vitale S, Ellwein L, Cotch MF, Ferris FL 3rd, Sperduto R. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2008;126:1111-1119.
30. Atkinson J, Braddick O, Robier B, Anker S, Ehrlich D, King J, Watson P, Moore A. Two infant vision screening programmes: prediction and prevention of strabismus and amblyopia from photo- and videorefractive screening. *Eye*. 1996;10:189-198.
31. Castagno VD, Fassa AG, Carret ML, Vilela MA, Meucci RD. Hyperopia: a meta-analysis of prevalence and review of associated factors among school-aged children. *BMC Ophthalmol*. 2014;14:163.
32. Mutti DO, Mitchell GL, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, Kleinstein RN, Manny RE, Twelker JD, Zadnik K, CLEERE Study Group. Accommodation, acuity and their relationship to emmetropization in infants. *Optom Vis Sci*. 2009;86:666-676.
33. Majumdar S, Tripathy K. Hyperopia. In: Statpearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing 2022.
34. Lin SF, Lin PK, Chang FL, Tsai RK. Transient hyperopia after intensive treatment of hyperglycemia in newly diagnosed diabetes. *Ophthalmologica*. 2009;223:68-71.
35. Porter J, Guirao A, Cox IG, Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am. A* 2001;18:1793-1803.
36. Read SA, Collins MJ, Carney LG. A review of astigmatism and its possible genesis. *Clin Exp Optom*. 2007;90:5-19.
37. Mutti DO, Mitchell L, Jones LA, Friedman NE, Frane SL, Lin WK, Moeschberger ML, Zadnik K. Refractive astigmatism and the toricity of ocular components in human infants. *Optom Vis Sci*. 2004;81:753-761.
38. Isenberg SJ, Del signore M, Chen A, Wei J, Christenson PD. Corneal topography of neonates and infants. *Arch Ophthalmol*. 2004;122:1767-1771.
39. Huynh SC, Kifley A, Rose KA, Morgan I, Heller GZ, Mitchell P. Astigmatism and its components in 6-year-old children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47:55-64.
40. Goto T, Klyce SD, Zheng X, Maeda N, Kuroda T, Ide C. Gender and age-related differences in corneal topography. *Cornea*. 2001;20:270-276.
41. Heidary G, Ying G-S, Maguire MG, Young TL. The association of myopia and astigmatism and spherical refractive error in a high myopia cohort. *Optom Vis Sci*. 2005;82:244-247.
42. Harvey EM, Miller JM, Dobson V, Clifford CE. Prescribing eyeglasses correction for astigmatism in infancy and early childhood: A survey of AAPOS members. *J AAPOS*. 2005;9:189-191.
43. Donahue SP. The relationship between anisometropia, patient age, and the development of amblyopia. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2005;103:313-336.
44. Rabin J, Bradley A, Freeman RD. On the relation between aniseikonia and axial anisometropia. *Optom Vis Sci*. 1983;60:553-558.
45. Sorsby A, Leary GA, Joan richards M. The optical components in anisometropia. *Vision Res*. 1962;2:43-51.
46. Kramer P, Shippman S, Bennett G, Meininger D, Lubkin V. A study of aniseikonia and Knapp's law using a projection space eikonometer. *Binocul Vis Strabismus Q*. 1999;14:197-201.
47. Bradley A, Rabin J, Freeman RD. Nonoptical determinants of aniseikonia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1983;24:507-512.
48. South J, Gao T, Collins A, Turuwhenua J, Robertson K, Black J. Aniseikonia and anisometropia: implications for suppression and amblyopia. *Clin Exp Optom*. 2019;102:556-565.
49. Fulton AB, Dobson V, Salem D, Mar C, Petersen RA, Hansen R. Cycloplegic refractions in infants and young children. *Am J Ophthalmol*. 1980; 0:239-247.
50. Donahue SP. The relationship between anisometropia, patient age, and the development of amblyopia. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2005;103:313-336.
51. Qin X, Margrain T, To CH, Bromham N, Guggenheim JA. Anisometropia is independently associated with both spherical and cylindrical ametropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:4024-4031.
52. Weale RA. On the age-related prevalence of anisometropia. *Ophthalmic Res*. 2002;34:389-392.
53. Deng L, Gwiazda JE. Anisometropia in children from infancy to 15 years. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:3782-3787.
54. Afsari S, Rose KA, Gole GA, Philip K, Leone JF, French A, Mitchell P. Prevalence of anisometropia and its association with refractive error and amblyopia in preschool children. *Br J Ophthalmol*. 2013;97:1095-1099.

AKOMODASYON - AKOMODASYON BOZUKLUKLARI

Dr. Önder AYYILDIZ

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane SUAM Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Akomodasyon, gözün odak noktasının uzak bir nesneden yakındaki bir nesneye değiştirilmesini sağlayan, gözün diyoptrik gücündeki dinamik ve optik bir değişimdir.¹ Primatlerde bu durum siliyer kasın kasılması, lens ekvatoru çevresinde dinlenme halinde gergin olan zonullerin gevşemesi, lens çapında azalma ve lens kapsülü tarafından lens üzerine uygulanan kuvvet yoluyla kristalin lensin daha yuvarlak hale gelmesi ile mümkün olur.¹ Bu sayede lensin ön ve arka yüzey eğrilikleri ile kalınlığı ve dolayısıyla lensin optik gücü de arttırılmış olur. Akomodasyon yapmamış emetropik bir gözde, 6 metre ve daha uzaktaki nesneler retinaya odaklanır. Bir nesne göze yaklaştırıldığında, göz retinada net bir görüntü elde etmek için akomodasyon yapmalıdır. Lensin ve korneanın optik gücü için tipik olarak çok uzun olan miyop gözler, negatif gözlük camları ile optik kompanzasyon sağlanmadıkça, uzaktaki nesneler için net görüntü elde edemezler.² Miyoplar, akomodasyon yapmadan yakındaki nesnelere uzaktaki nesnelere göre daha net odaklanabilirler.² Genç hiperoplar ise hipermetropik refraksiyonlarını aşacak akomodasyon amplitüdünü sağlayarak gözün optik gücünde akomodatif bir artış ile uzaktaki nesnelere net bir şekilde odaklanabilirler.

Optik Açından Akomodasyon

Kristal lensin optik gücü akomodasyon sırasında artar. Sonuç olarak, göz odağı uzak mesafeden yakına değiştirir, böylece yakın bir nesnenin görüntüsü retinaya odaklanır. Gözün optik gücündeki diyoptrik değişim akomodasyonu tanımlar ve akomodasyon da diyoptri (D) cinsinden ölçülür. Genç insan gözü, odağı uzaktan (sonsuzluktan) gözden 6.5 cm'ye kadar değiştirebilir.³ Gözün yaklaşık 15 D'lik (diyoptri, odak uzaklığının metre cinsinden karşılığı = 1/metre cinsinden odak uzaklığı) odak gücündeki bu dramatik değişim, siliyer kas kasılmasının neden olduğu zonüler gerilimdeki azalmanın bir sonucu olarak ortaya çıkar.³ Gözden 6.5 cm'e kadar sağlanan akomodasyon amplitüdü 15 D iken, 1 metrede 1 D, 0.5 metrede 2 D ve 10 cm'de 10 D kadardır.¹ Bu nedenle akomodasyon cevabı, gözün uzaktaki bir nesneden yakındaki bir nesneye odağı değiştirmek için uğradığı optik güçteki artıştır.

Alan Derinliği

Klinik olarak, uzak görme için düzeltilmiş bir gözde, net görülen en yakın nokta subjektif olarak ölçülebilir.¹ Bu, yakın bir okuma eşelini gözlere doğru hareket ettirerek yapılır; hastaya, yakın eşelde artık net görüş sağlayamadığı veya bulanıklaşmanın olduğu mesafe sorulur. Her ne kadar yakın okuma mesafesinin metre cinsinden tersi klinik olarak akomodasyon amplitüdü olarak ifade edilse de, bu teknik olarak çok uygun değildir. Push-up testi, diyoptri olarak ifade edilen uzak nokta ile yakın nokta arasındaki farkın subjektif bir ölçümüdür. Bununla birlikte, bu, gözün alan derinliği nedeniyle gözün optik gücündeki gerçek diyoptrik değişimin bir ölçüsü değildir.

Alan derinliği, görüntünün netliğinde algılanabilir bir değişiklik olmadan bir nesnenin göze doğru veya uzağa hareket ettirilebileceği aralık olarak tanımlanır.⁴ Gözün alan derinliği birçok faktöre bağlıdır. Örneğin, alan derinliği pupil boyutuna bağlıdır. Büyük bir pupil, retinaya doğru kırılarak gelen geniş ve dik bir ışık konisi ile sonuçlanır. Bu nedenle, retinanın konumuna göre görüntü odaklamasında küçük bir hata, görüntü bulanıklığında büyük bir değişikliğe neden olur. Büyük bir pupil nispeten küçük bir alan derinliği ile sonuçlanır. Küçük bir pupil ise retinaya doğru kırılarak gelen dar ve düz bir ışık konisi ile sonuçlanır. Bu durumda retinanın konumuna göre görüntü odaklamasındaki küçük hatalar, görüntü odaklamasında küçük değişikliklere neden olur. Bu nedenle, küçük bir pupil nispeten daha büyük bir alan derinliği ile sonuçlanır.¹

Gözün alan derinliği, pupil çapı üzerindeki etkisi nedeniyle, aydınlatma seviyesine de bağlıdır. İyi aydınlatılmış bir nesnede, pupil boyutu azalacak ve bu da alan derinliğinde bir artışa neden olacaktır. Astigmatizma, koma ve sferik aberasyon gibi optik aberasyonların varlığı da gözün alan derinliğini arttırmaya etki eder. Oküler aberasyonlar, retinaya net bir şekilde odaklanamayan görüntülere neden olur. Bu nedenle, nesnelerin küçük hareketleri aberasyonlu gözde retinada görüntünün odağını algılanabilir şekilde değiştirmez. Akomodasyon ve artan yaşla birlikte pupil çapı azalır.⁵ Bu nedenle yakına odaklanma çabası, pupilin daralmasına bağlı olarak gözün alan derinliğini artırır. Net görülen en yakın nokta, push-up veya push-down gibi subjektif yöntemler kullanılarak değerlendirildiğinde, gözün alan derinliği, gözün optik gücündeki diyoptrik değişimin fazla tahmin edilmesine neden olur. Bu şekilde subjektif olarak değerlendirilmiş akomodatif amplitüd, objektif ölçümlere göre 1-2 D fazla ölçülür. Tam presbiyopların subjektif olarak test edilmesi, kişinin yaklaşık 1-2 D akomodasyonun mevcut olduğuna inanmasına neden olabilir, ancak bu, gözün optik gücünde gerçek bir değişiklik değildir ve bu nedenle psödoakomodasyon olarak adlandırılır.⁶

Görme Keskinliği

Gözün alan derinliğine ek olarak, görme keskinliği ve kontrast sensitivite, net görüşün olduğu yakın odağın subjektif ölçümünü de etkiler.¹ Daha önce de belirtildiği gibi, hedefin aydınlatma seviyesi gözün alan derinliğini etkileyebilir, ancak aydınlatma görüntünün kontrastını ve parlaklığını da etkiler. Aydınlatma seviyesini arttırmak kontrast duyarlılığını ve görme keskinliğini artırmaya yardımcı olurken, bu aynı zamanda pupil boyutunu da azaltacak ve böylece gözün alan derinliğini artıracak ve algılanan net görüşün daha yakın bir noktada olmasına neden olacaktır.⁴

Akomodasyonun Anatomik Elemanları

Gözün akomodatif elemanları; siliyer cisim, siliyer kas, koroid, ön ve arka zonüler lifler, lens kapsülü ve kristalin lenstir.¹ Siliyer kas, ön sklera altında siliyer cisim içinde konumlanmıştır. Siliyer kas; longitudinal (meridyonel), radyal (oblik) ve dairesel uzanım gösteren üç farklı kas grubundan oluşmuştur.⁷ Ön zonüler lifler; siliyer çıkıntılardan başlar ve aradaki mesefede yer alacak şekilde çepeçevre lense ekvatorundan girerler. Bu zonüler lifler, kristalin lensin süspansiyon elemanlarını oluşturur. Arka zonüler lifler, siliyer çıkıntılarının uçları ile ora serrata yakınında pars plana arasında uzanırlar. Kristalin lens, merkezi bir çekirdekten ve çevreleyen bir korteksten oluşur. Bu lens, kollajen elastik lens kapsülü ile çevrilidir.⁸

Akomodasyon Mekanizması

Akomodasyon mekanizmasını günümüzde en iyi açıklayan teori büyük ölçüde Helmholtz tarafından 1855'te tanımlanmıştır.⁹ Sonrasında yapılan birçok çalışma da bu teoriyi desteklemiştir. Genç göz akomodasyon yapmadığında ve uzağa odaklandığında, siliyer kas gevşemiş haldedir. Dinlenme halinde gergin vaziyetteki zonüler lifler lens ekvatoruna yapışarak lens kapsülünü dışa doğru çeker ve lensin daha düz hal alarak akomodasyonsuz bir hal almasını sağlar.⁹ Gözün yakına odaklanması için siliyer kas kasılır, siliyer cismin iç tepesi ileri ve göz eksenine doğru hareket eder. Siliyer kasın tepesinin bu içe doğru hareketi, siliyer kasın arka bağlantılarını uzatır ve lens ekvatoru etrafındaki tüm zonüler lifler üzerindeki gerginliği serbest bırakır. Lens kapsülü daha sonra lensi akomodasyon yapacağı bir forma dönüştürmek için gereken kuvveti sağlar. Akomodasyon süresince lens çapı azalır, lens kalınlığı ve ön ve arka santral yüzey eğriliği artar. Lens yüzey eğriliğindeki artış lensin optik gücünün artmasını sağlar. Akomodasyon sona erdiğinde, siliyer kas gevşer ve koroid arka bağlantısının elastisitesi siliyer kası arkaya çekerek eski akomodasyon yapmamış düz haline geri döndürür. Siliyer cismin tepesinin dışa doğru hareketi, lens ekvatoru etrafındaki ön zonüler lifler üzerindeki gerginliği bir kez daha arttırır ve lensi kapsülü sayesinde eski düz ve akomodasyonsuz formuna çeker.¹⁰

Akomodasyonu Başlatan Stimulus

İstirahat halinde olan göz yaklaşık olarak 0,5 – 1,5 D kadar bir rezidüel akomodasyona sahiptir. Buna tonik ya da başlangıç akomodasyonu denir. Genç bir gözde, yakına odaklanma çabası üç fizyolojik tepkiye neden olur; akomodasyon, konverjans ve miyozis. Birlikte bu üç fizyolojik fonksiyona akomodasyon triadı veya yakın refleksi denir. Bu üç eylem, beyindeki Edinger-Westphal (EW) çekirdeğinden uzanan preganglionik parasempatik innervasyon yoluyla nöronal olarak birleştirilir.¹¹ Göz içi kaslar (iris ve siliyer kas) skleraya giren postganglionik siliyer sinirler tarafından innerve edilir. Akomodasyon, konverjans ve miyozis; beyinde ve dolayısıyla iki gözde nöronal olarak bağlantılıdır. Eksi mercekle kaynaklı bir bulanıklık veya bir göze monoküler olarak sunulan proksimal bir uyarı gibi akomodatif bir stimulus; binoküler akomodasyon, konverjans ve miyozis ile sonuçlanır. Benzer şekilde, bir göze monoküler olarak sunulan bir konverjans uyarısı; iki gözde akomodasyon, konverjans ve miyozise neden olur.

Akomodasyon farmakolojik olarak da uyarılabilir. Pilocarpin gibi muskarinik kolinerjik agonistlerin topikal uygulaması, siliyer kasın doğrudan farmakolojik uyarılmasına neden olur.¹² Farmakolojik stimülasyon ile hızlı ve güçlü bir pupil daralması da meydana gelir, ancak konverjans olmaz. Ekotiyofat iyodür gibi antikolinesterazlar, topikal olarak uygulandığında akomodatif bir tonus oluştururlar. Bu, normalde kolinesterazlar tarafından parçalanı, nöromüsküler kavşakta kendiliğinden salınan asetilkolinden kaynaklanır ve bu da akomodatif tonusa neden olur. Uzaktaki nesnelere odaklanma ihtiyacı nedeniyle genellikle düzeltilmemiş hiperoplarda ortaya çıkan akomodatif ezotropeya, topikal ekotiyofat ile tedavi edilebilir. Santral nöronal girdi olmadan akomodatif tonus üretilerek konverjans uyarısı azaltılır ve akomodatif konverjans/akomodasyon (AC/A) oranı azaltılarak, akomodatif ezotropeyanın hafifletilmesine yardımcı olurlar. Antikolinesterazlar tek bir topikal uygulamaya daha uzun bir yanıt verirler ve bu nedenle pilocarpin gibi daha kısa etkili kolinomimetiklerden terapötik olarak daha faydalıdır.

Akomodasyon ve Farmakoloji

Akomodasyon, siliyer kası innerve eden postganglionik parasempatik uyarının nöromüsküler kavşaklarda bir nörotransmitter olan asetilkolini serbest bıraktığında meydana gelir.¹² Asetilkolin, siliyer kasın kasılmasını sağlamak için siliyer kas muskarinik reseptörlerine bağlanan bir muskarinik agonisttir. Pilocarpin gibi topikal olarak uygulanan muskarinik agonistler de muskarinik reseptörlere bağlanır ve siliyer kas kasılmasına neden olur.¹² Bu durumda akomodasyon, topikal olarak uygulanan pilokarpin ile uyarılabilir. Bunun yanında akomodasyon farmakolojik olarak engellenebilir. Bu, siliyer kasın geçici farmakolojik felci ile gerçekleştirilir ve siklopleji olarak adlandırılır. Siklopleji; atropin, siklopentolat veya tropikamid gibi muskarinik antagonistlerin topikal uygulaması ile elde edilebilir. Bu ajanlar, muskarinik reseptörlere rekabetçi bir şekilde bağlanır ve bloke ederler, böylece agonistlerin akomodasyona neden olmasını önlerler.

Akomodasyonun Ölçülmesi

Akomodasyonun ölçümü için objektif yöntemler mevcut olmasına rağmen, ne yazık ki, klinik olarak net görülen en yakın noktanın subjektif ölçümü en sık kullanılan yöntemdir.¹³ Subjektif ölçümler, gözün gücündeki gerçek akomodatif optik değişimi olduğundan fazla ölçer. Subjektif akomodasyon ölçümünde esasen yanıltıcı birçok faktör vardır. Subjektif push-up testinde yakın odağın netliğinin değerlendirilmesi bireyler arasında değişiklik gösterir.¹³ En net görülen yakın odak noktasının subjektif değerlendirmesi odak derinliği, görme keskinliği, gözün kontrast duyarlılığı, görüntünün kontrastı, ortamın ve odağın aydınlanma seviyesi gibi birçok faktörden etkilenebilir.¹³

Akomodasyon amplitüdünün subjektif ölçümü, bir veya iki gözün önüne negatif deneme lensleri yerleştirip uzak görme eşelinin bulanıklaşmasını sağlayarak da yapılabilir.¹³ Optik olarak indüklenen bulanıklık, retinada net bir görüntü elde etmek için akomodasyonu uyarır. Negatif lens gücü, Snellen eşelinin en küçük harf sırasının netliği bozulana kadar kademeli olarak artırılır. Akomodasyon amplitüdü, Snellen eşelinde en küçük harf sırasının hala net bir şekilde okunabileceği en yüksek negatif lens tarafından belirlenir.

Akomodasyon; gözün refraktif gücünde bir değişikliğe yol açtığından, objektif olarak kolayca ölçülebilir. Objektif yöntemler, gözün akomodasyon amplitüdünün gerçek şekilde ölçülmesini sağlarlar. Akomodasyonun objektif ölçümü, statik veya dinamik olarak yapılabilir. Otorefraktörler, refraktometreler veya aberrometreler objektif akomodasyon ölçümü için uygun cihazlardır.¹⁴ Bu cihazlar, gözün uzak ve yakındaki bir nesneye odaklanması ile oluşan refraksiyonun ölçülmesini sağlarlar. Bu durumda akomodasyon amplitüdü, uzak bir hedefe bakarken ölçülen refraksiyon ile yakın bir hedefe bakarken ölçülen refraksiyon arasındaki fark olarak belirlenir.

Akomodasyon Bozuklukları

Akomodasyon bozukluklarının birçok alt türü mevcuttur. Genel olarak ikiye ayrılabilir; azalmış akomodasyon ve artmış akomodasyon. Azalmış akomodasyon; fizyolojik (presbiyopi), farmakolojik (siklopleji) veya patolojik olabilir. Artmış akomodasyon ise akomodasyon fazlalığı ve akomodasyon spazmı (siliyer spazm) şeklinde sınıflandırılır.

Presbiyopi (Fizyolojik Akomodasyon Azlığı)

Presbiyopi, yaşa bağlı lens değişikliklerine (elastikiyetin azalması ve sertliğin artması) ve siliyer kas gücünde azalmaya bağlı akomodasyondaki fizyolojik bir yetersizliktir.¹⁵ Akomodasyon bozukluklarının en sık görülen şeklidir. Bu durum, yakın görmeye kademeli bir azalmaya neden olacaktır. Akomodasyon amplitüdü yaşla birlikte azalarak, özellikle kırklı yaşlara gelindiğinde, gözün yakın odak noktası normal okuma mesafesinden daha uzak olur. Altmışlı yaşlarda akomodasyon amplitüdü 1-2 D'ye kadar düşer.¹⁵ Presbiyopi meydana geldiğinde; emetropik olanlar yakın görme için optik düzeltmeye ihtiyaç duyarlar, miyop olanlar uzak düzeltme olmadan yakında daha iyi görürler ve hiperopik olanlar hem uzak hem de yakın görme için bir düzeltmeye ihtiyaç duyarlar. Düzeltilmemiş hipermetropi, kristalin lenste prematür sklerozis, siliyer kasta presenil zayıflığa neden olan genel bir hastalık ve kronik glokom varlığında prematür presbiyopi gerçekleşebilir.

Presbiyopik yaştaki bireylerin yakın görmeye zorlanma, okuma mesafesinde artma, küçük puntolu yazılarda ve loş ışıkta zorlanma, yakın çalışmadan sonra göz ve baş ağrısı gibi şikayetleri olur. Bu durumda yakın görmeyi sağlamak için en sık uygulama konveks camlardan oluşan yakın gözlüklerdir. Genel uygulamada, kırklı yaşlarda +0,75 ya da +1,00 D gözlük camı ile başlanır ve gözlük numaraları her 5 yıl için 0,5 D artırılır. Yakın gözlük numaraları, her bir göz için uzak düzeltme yapıldıktan sonra yakında en net görülen en düşük numaranın üzerine eklenmesi şeklinde verilir. Yakın gözlüklerde monofokal,

bifokal ya da progresif camlar kullanılabilir. Yakın görme için diğer bir seçenek de kontakt lenslerdir (KL). Monovizyon KL, uzak için KL ve üzerine yakın gözlük veya bifokal/multifokal KL şekline uygulamalar mevcuttur.

Siklopleji (Farmakolojik Akomodasyon Azlığı)

Siklopleji, siliyer kasın farmakolojik olarak felci olup akomodasyon kaybına neden olur. Siliyer kasın felci nedeniyle, lensin eğriliği artık yakındaki nesnelere odaklanmak için ayarlanamaz. Eşlik eden midriyazisle birlikte siklopleji genellikle atropin, homatropin, siklopentolat, skopalomin ve tropikamit gibi muskarinik antagonistlerin topikal uygulamasından kaynaklanır. Alkol, fenotiyazin, antihistaminikler, marihuana ve dijitaler de akomodasyonu azaltırlar.

Akomodasyon Yetersizliği (Patolojik Akomodasyon Azlığı)

Akomodasyon yetersizliği, akomodasyon amplitüdünün yaşa göre fizyolojik sınırlara kıyasla daha az olduğu durumdur.¹⁶ Sistemik ya da lokal sebeplere bağlı olarak lensin prematür sklerozisi veya siliyer cismin güçsüzlüğüne bağlı gelişir.¹⁶ Çeşitli alt sınıfları mevcuttur:

Akomodasyon yorgunluğu

Akomodasyon aralığı yaşa göre normal aralıktadır, fakat belirli bir süre yakın çalışmadan sonra akomodasyon devam ettirilemez.¹⁶ Gerçekte akomodasyon yetersizliğinin başlangıç aşamasıdır. Vücudu zayıflatan bir hastalıkta, genel vücut yorgunluğunda ya da gün sonunda meydana gelir. Uzun süreli yakın çalışmadan sonra bulanık görme, baş ağrısı, göz yorgunluğu, uyku hali, yakın okumada isteksizlik gibi şikayetlerle kendini gösterir. Durumun farkına varılması durumunda yakın çalışmada kısıtlama, ortam aydınlatmasının artırılması ve vücut postürünün düzenlenmesi gibi önlemler alınabilir.

Akomodasyon tembelliği

Akomodasyon amplitüdü normal olduğu halde akomodasyon aralığını değiştirmede zorluk vardır.¹⁷ Akomodasyonun bir noktadan diğerine değiştirilmesinde yani uzak mesafeden yakına odaklanmada zorluk söz konusudur. Hastalar bulanık görme, baş ağrısı ve göz yorgunluğundan şikâyet ederler. Tedavide refraksiyon bozuklukları düzeltilir ve akomodasyon ekzersizleri verilir.

Akomodasyon dengesizliği

Akomodasyon amplitüdünde gözler arasında 0.5 D veya daha fazla fark varsa dengesizlikten ya da eşitsizlikten bahsedilir.¹⁷ Eşit olmayan akomodasyondan; organik hastalıklar, kafa travması veya ambliyopi sorumlu olabilir.

Akomodasyon paralizisi

Akomodasyonun ciddi şekilde azalması veya felci söz konusudur.¹⁷ Farmakolojik nedene bağlı olabileceği gibi patolojik olarak organik nedenlere bağlı da olabilir. Difteriye bağlı nörit, sifilis, diabetes mellitus, alkolizm, serebral veya meningeal hastalıklar neden olabilir. İntrakraniyel ya da orbital nedenlere bağlı komplet 3. sinir felci söz konusudur.¹⁶ Anti-hipertansifler ve antidepresanlar gibi sistemik medikasyonlar da suçlanmaktadır. Yakında bulanık görme, fotofobi ya da kamaşma, diplopi, mikropsi, midriazis şikayetleri vardır. Sebebe yönelik tedavi ve yakın gözlük verilir.

Akomodasyon Fazlalığı

Akomodasyon stimulusuna verilen akomodasyon cevabında bir aşırılık vardır. Belirli yakın işlerde akomodasyonun normalden fazla kullanılması sonrasında oluşur. Sabit bir akomodasyon etkisi ile sonuçlanan siliyer kas tonusunda fonksiyonel bir artış söz konusudur. Gerçekte akomodasyonun gevşemesinde yetersizlik olarak tanımlanır.¹⁷ Genç hiperoplar, fizyolojik bir adaptasyon mekanizması olarak akomodasyonu fazlaca kullanırlar. Gençlerde astigmata bağlı bulanıklıkta, başlangıç presbiyopide, uygunsuz gözlük kullanımında akomodasyon fazlaca kullanılabilir. Aşırı yakın çalışma, yetersiz ya da fazla aydınlatma, genel fiziksel rahatsızlık presipite edebilir. Hastalar bulanık görme, baş ağrısı, göz yorgunluğu, diplopi, fotofobi, uzaktan yakına netlemede zorlanma gibi şikayetlerle başvururlar. Sikloplejik refraksiyon muayenesi sonrası refraksiyonun düzeltilmesi, yakın çalışmanın sınırlandırılması ve uygun ortam aydınlatması ile çoğunlukla düzeltilir.

Akomodasyon Spazmı (Siliyer spazm)

Siliyer spazm olarak da bilinen akomodasyon spazmı, kişinin kontrolü dışında olan anormal derecede aşırı akomodasyon durumudur.¹⁶ Siliyer kasın gevşeyememesi nedeniyle psödomiyopi indüklenir. Bu durumda görme bulanıklaşır, frontal baş ağrısı, göz ağrısı ve astenopik şikayetler olur. Artı cam gibi akomodasyonu rahatlatan testlere ilk etapta zayıf cevap vardır. Beraberinde konverjans anormallikleri ve miyozis olabilir. Sikloplejik muayene ile gerçek refraksiyon ortaya konabilir. Etiyolojide fonksiyonel ve organik nedenler suçlanır. Fonksiyonel nedenlerde; zayıf aydınlatma, aşırı yakın çalışma, anizometri, erken presbiyopi, konverjans anormallikleri, mental stres, ve anksiyete sayılabilir. Organik nedenlerde parasempatik sistemin irritasyonu söz konusudur. Bunlar fizostigmin, pilokarpin, morfin ve dijitaler gibi farmakolojik nedenler

olabileceği gibi beyin sapı lezyonları, ön üveit, dental lezyon, trigeminal nevralji gibi nedenler de olabilir. Tedavi, etyolojik faktörlerin belirlenip gerekli tedavilerin uygulanması ve rekürrenslerin önlenmesine yöneliktir. Bununla birlikte ilk etapta uygulama yakın çalışmanın azaltılması, sikloplejik muayene ve refraktif düzeltme, atropin tedavisi, artı camlarla akomodasyonun gevşetilmesi şeklindedir. İrreversibl durumlarda negatif cam verilebilir.

KAYNAKLAR

1. Glasser A. Accommodation. In: Levin LA, Nilson SFE, Ver Hoeve J, Wu SM, eds. *Adler's Physiology of The Eye* (11th ed). China; Saunders Elsevier; 2011:41-58.
2. Bolz M, Prinz A, Drexler W, et al. Linear relationship of refractive and biometric lenticular changes during accommodation in emmetropic and myopic eyes. *Br J Ophthalmol*. 2007;91:360-365.
3. Chen AH, O'Leary DJ, Howell ER. Near visual function in young children. *Ophthalm. Physiol. Opt*. 2000;20:185-198.
4. Wang B, Ciuffreda KJ. Depth of focus of the human eye: theory and clinical implications. *Survey of Ophthalmology*. 2006;51:75-85.
5. Atchison DA. Accommodation and presbyopia. *Ophthalm. Physiol Opt*. 1995;15: 255-272.
6. Strenk SA, Strenk LM, Koretz JF. The mechanism of presbyopia. *Prog Retin Eye Res*. 2005;24:379-93.
7. Hara K, Lutjen-Drecoll E, Prestele H et al. Structural differences between regions of the ciliary body in primates. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1977;16:912.
8. Krag S, Andreassen TT. Mechanical properties of the human lens capsule. *Prog Retin Eye Res*. 2003;22:749-67.
9. Von Helmholtz H. *Physiological optics*. New York: Dover; 1962: 143-172, 375-415.
10. Santos-Neto E, Alves MR. New concepts in accommodation and presbyopia. *Rev Bras Oftalmol*. 2011;70:306-311.
11. Vilupuru AS, Glasser A. The relationship between refractive and biometric changes during Edinger-Westphal stimulated accommodation in rhesus monkeys. *Exp Eye Res*. 2005;80:349-360.
12. Koeppl C, Findl O, Kriechbaum K, et al. Comparison of pilocarpine-induced and stimulus-driven accommodation in phakic eyes. *Exp Eye Res*. 2005;80:795-800.
13. Wold JE, Hu A, Chen S, et al. Subjective and objective measurement of human accommodative amplitude. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:1878-1888.
14. Win-Hall DM, Glasser A. Objective accommodation measurements in prepresbyopic eyes using an autorefractor and an aberrometer. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34:774-84.
15. Ostrin LA, Glasser A. Accommodation measurements in a prepresbyopic and presbyopic population. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30:1435-44.
16. Khurana AK. Asthenopia, Anomalies of Accommodation and Convergence. In: *Theory and Practice of Optics and Refraction* (2nd ed.). India; Elsevier. 2008:100-107.
17. William JB. Accommodation, the Pupil, and Presbyopia. In: *Borish's Clinical Refraction* (2nd ed.). St. Louis; Butterworth Heinemann/Elsevier; 2006:112.

AMBLİYOPİ

Dr. Doğan CEYHAN
Güven Çayyolu Cerrahi Tıp Merkezi, Ankara

Giriş

Ambliyopi, toplumda % 1-5 gibi oranlarda bildirilen ve çocukluk ile gençlik çağında tek gözde görme kaybına neden olan bir klinik tablodur.¹ Ambliyopi ile ilgili olarak risk faktörlerinin belirlenmesi ile tanı ve tedavinin kolay olması ve erken dönemde tedavi başarı olasılığının daha yüksek olması önem taşır. Ambliyopiyi önemli kılan bir diğer husus da, sağlıklı gözde hastalık, travma vb nedenlerle görme kaybı oluştuğunda, kişinin görme engelliliğe varan olumsuzluklar yaşayabilmesidir.² Ambliyopisi olan kişinin, uzun yaşam boyunca başa gelebilecek kazalar, yaşlılığa bağlı makula dejenerasyonu gibi sık rastlanan durumlar dikkate alındığında, görme engelli durumuna gelme olasılığı, dikkate alınması gereken bir sorun olmaktadır. Bunun yanında ambliyop kişilerin bazı mesleklere kabul edilmeyip istihdam alanının daralması, eğitim ve ince motor becerilerin etkilenmesi gibi olumsuzluklar da dikkate alındığında ambliyopi, önlenmesi ve tedavisi önemli bir göz sağlığı sorunu olarak belirmektedir.³

Tanım, Genel Bilgiler

Ambliyopinin halen en geniş tanımı, “gözde yapısal bir bozukluk olmadan iki göz arasındaki görme keskinliği değerlerinde, iki veya daha fazla sıra fark olması” şeklinde yapılabilir. Bu tanım gerçekliğin bir kısmını kapsıyor olsa da, bu klinik tablodaki önemli bazı yanları içermemektedir. Nobel ödülü de almış olan Hubel ile Wiesel’in araştırmaları, ambliyopideki nöral mekanizmaların varlığına dikkat çekmiştir.⁴ Güncel olarak ambliyopi, göz ve görme yolları yanında, görme ile ilgili beyin yapılarının gelişimsel sorunları nedeniyle, binoküler görsel işlevlerin optimum düzeyde olmaması şeklinde tanımlanabilir. Ambliyopinin sadece göz ve görme keskinliği sorunu olmadığı ve aslında binoküleriteyi de içeren, yüksek görsel işlevlerin gelişiminde de sorunlar olduğuna dair yaklaşımın benimsenmesi, ambliyopi güncel tedavi yöntemlerinde belirleyici olmaktadır. Bu nedenle ambliyopinin bir veya iki gözde görme azlığının ötesinde, binoküler füzyon, stereopsis, kontrast/karşıtlık algısı gibi ince görsel işlevleri de etkileyen bir tablo olduğu dikkate alınmalıdır.⁵

Ambliyopi en genel olarak, kırma durumu, göz kaymaları ve ışınları retina üzerine düşmekten “mahrum bırakan” patolojiler sonucu oluşmak üzere üç gruba ayrılabilir. Kırma durumuna bağlı ambliyopinin en sık nedeni anizometri, yani iki gözün kırma durumu arasındaki farklılıktır. Göz kaymalarına bağlı ambliyopi ise başta ezotropiyalar/içe kaymalar olmak üzere binoküler hareket dengesinin bozuk olduğu durumlarda görülür. Mahrumiyet/ deprivasyon ambliyopisinde de infantil katarakt ve göz kapak anomalileri nispeten sık görülen nedenlerdir. Hangi nedenle olursa olsun, ambliyopiyeye bağlı görme kaybının en alt düzeyde tutulması için, gözlerin yönlendiği noktadan kaynaklanan ışınların, her iki gözün foveolasına eş düzeyli optik kalitede düşmesinin “kritik dönem” aşılmadan, olası en erken dönemde sağlanması gereklidir.

Görme işlevi gelişiminin fetus aşamasından başlayarak, beynin olgunlaştığı erişkinlik dönemine kadar ilerleme gösterdiği bilinmektedir.⁶ Yaşamın ilk döneminde hücre, doku ve organ değişim ile gelişiminin hızlı ve yoğun olduğu döneme “kritik dönem” adı verilmektedir.⁷ Sınırları ve süresi tam olarak belirlenemese de, doğumdan başlayarak 7-8 yaşa kadar olan dönem, kritik olarak kabul edilebilir. Çocuğun yaşı küçüldükçe görme açısından daha kritik dönemin yaşandığı ve göz, görme yolları ile beyin yapılarının gelişimindeki aksaklıkların, daha sonra telafisinin güç olduğu kabul edilir. Bu nedenle ambliyopi risk faktörlerinin en erken zamanda belirlenmesi ve kritik dönemin önemli aşamaları geçirilmeden tedavinin başlaması tercih edilmelidir. Bu kapsamda yaşamın ilk yılı içinde basit bir “göz sağlığı tarama muayenesi” ile ambliyopi risk faktörleri belirlenerek erken dönemde tedavi başlatılması akılcı bir yaklaşımdır.

Ambliyopi risk faktörleri arasında olan göz kaymaları, kapak patolojileri ve belirgin kataraktlar aile tarafından fark edilebilir. Fakat en sık görülen ambliyopi nedeni olan kırma durumu farklılıkları / anizometri ile lensin küçük opak alanları, ancak gözün optik ortamının göz hekimi tarafından değerlendirilmesi ile mümkün olabilir. Bu nedenle doğan her bebeğin optik ortamı 3-6 ay içinde “göz sağlığı tarama muayenesi” kapsamında risk faktörlerini belirlemek amacıyla incelenmelidir. Bu incelemenin tercih edilen yöntemi skiaskopidir. Skiaskopi, hem gözün kırma durumu, hem akomodasyon değişimleri ile görme aksının optik kalitesini “gerçek zamanlı”, bir diğer deyişle “canlı” olarak hekim gözüyle izlenmesini sağlaması nedeniyle tercih nedenidir.⁸ Fakat otomatik göz sağlığı tarama cihazları ve hatta oftalmoskopi uygulanan kırmızı yansıma testi de, oldukça değerli bilgiler verebilir. Bu üç yöntem birkaç dakika içinde gerçekleştirilebildikleri için, bebeğin yaşamının ilk aylarında yapılması tercih edilmelidir. Kısa süreli ve bebek açısından herhangi bir sorun yaratmayan bu işlemler, “bebek göz sağlığı tarama işlemi/ muayenesi” benzeri bir isimlendirmeye yaygınlaştırılmalıdır. Doğan çocuğun göz hekimi ile ilk karşılaşmasını 3-4 yaşlarına bırakan her türlü uygulama, ambliyopi riskinde kritik dönemin kaybedilmesi

olasılığını getirmektedir. Bu nedenle en geç 3-6 ay arasında her bebeğin bir göz hekimi tarafından “göz sağlığı tarama işlemi/muayenesinden” geçirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Tedavide İlk Aşama Yaklaşımlar

Hangi nedenden kaynaklanırsa kaynaklansın ambliyopi tedavisinin vazgeçilmez aşaması, göze gelen ışınların her iki göz retinasına eş özelliklerde düşürülmeye çalışılmasıdır. Bunu sağlamanın en gerekli ve vazgeçilmez yolu da, hem hastanın göz durumuna uygun, hem de kullanabileceği bir gözlük vermektir. Bebek ve çocuklarda gözlük vermek hastanın yaşı, görsel ihtiyaçları, akomodasyonu, emetropizasyon olasılığı, gözde kayma olup olmaması gibi bilimsel verileri de dikkate alan bir “sanattır”. Bebek ve çocuklarda gözlük vermek için tam yerleşmiş kurallar olmasa da genel kabul gören değerler bulunmaktadır (Tablo 1).⁹ Bu değerler, kesin değerler değildir ve çocuğun durumu ile hekimin görüşüne göre esneklikler içermelidir. Kanaatimizce özellikle ezotropiyaya bağlı hipermetropilerde, tabloda belirtilenin aksine en küçük düzeltme değeri dahi yararlı olabilmektedir (*). Genel önerilerdeki değerler, çocukla iletişim kurulabildiği yani görme keskinliği ölçümü yapılabilen aşamalara kadar geçerlilik taşımaktadır. Çocukla iletişim kurulabilen ilk muayenede görme keskinliği değerleri dikkate alınarak, gözlük dereceleri yeniden belirlenmelidir.

Tablo 1: Çocukların yaşına göre kırma durumu düzeltme önerileri.⁹ Bu değerlerde hekim tecrübesi ve hastanın durumu çerçevesinde, değişiklikler yapılabilir.

	1 yaş altı	1-2 yaş	2-3 yaş
Miyopi	≥ -3.0 D	≥ -3.0 D	Refraksiyon değeri gibi
Kayma Olmadan Hipermetropi	≥ +4.0 D	≥ +4.0 D	≥ +4.00
Ezotropiyada Hipermetropi (*)	≥ +1.50	≥ +1.50	≥ +1.50 D
Astigmatizma	≥ 3.0 D	≥ 2.0 D	≥ 2.0 D
Anizometropi (Kayma Yok)			
Miyopi	≥ -3.0 D	≥ -3.0 D	Refraksiyon değeri gibi
Hiperopi	≥ +2.0 D	≥ +1.50 D	≥ +1.50 D
Astigmatizma	≥ 2.5 D	≥ 2.0 D	≥ 2.0 D

Göz kaymalarına bağlı ambliyopi ile birlikte kayma tedavisinin en önemli aşaması da, yine iyi bir gözlük verilmesidir. Özellikle akomodatif ezotropiyaların önemli bir kısmında, gözlük ve kapama tedavisi ile başarılı sonuç olasılığı yüksektir. Siklopleji ile yapılan ölçümlerde, hastanın gözlüğü üzerinden skiaskopik ölçüm alındığında birçok hastada +1.00/+2.00 kadar ek hipermetropik rezerv olduğu görülebilir. Bu nedenle hipermetropik düzeltmenin göz kaymasını düzeltmediği düşünülerek ameliyat kararı alınan aşamada, gözlük üzerinden de ölçüm yapılması, bazı gereksiz ameliyatlara önleyecektir.

Ambliyopi tedavisinde önemli konulardan birisi de kapama tedavisinin süresidir. Kapama süresinin her çocuk için belirlenebileceği bir araştırma tasarımının yapılması kolay değildir. Bu nedenle PEDIG gibi grupların önerilerini dikkate almak tedavi kalitesine önemli katkı sağlayabilir.¹² Yine de literatürde var olan kanıtların önemli bir kısmının, araştırma gruplarındaki ortalamalara bakarak genellemeler yaptığı gerçeği gözden kaçırılmamalıdır. Bebeğin veya çocuğun kendine has durumunu dikkate alan, hasta ve ailesini psikolojik yönden travmatize etmeyecek bir kapama programının önerilmesi tercih edilmelidir. Kapamanın gün içi farklı zamanlarda yapılması gibi uygulamalar, çocuğun kapama tedavisini kabul etmesini kolaylaştırabilir. Kapama tedavisinin çocuğun gelişim yılları içinde devam ettirilmesi de, zaman içinde oluşabilecek görme kayıplarını azaltabilir.

Kapama yapıldığı zamanlarda çocuğun tablet ve bilgisayar oyunlarına yönlendirilmesi tercih edilebilir. Çocuğun sevdiği tablet ve bilgisayar oyunlarını oynaması kapama süresinin sıkıcı ve travmatik olmasını önleyebilir. Bilgisayar oyunları çocuğun ilgisini çekmesi ve dikkatin yoğunlaşması gibi zihinsel faaliyetlere de katkı sağlayabilir. Yine tablet ve bilgisayar oyunlarında hem göz, hem de elin kullanılması, beyin açısından çok yönlü uyarı oluşturmaya nedeniyle tercih edilmelidir. Birden fazla beyin faaliyetini kullanacak şekilde kapama yapılması, gözdeki baskılanmanın azalmasına, çizgi film seyretme gibi pasif izlemeye göre, daha fazla katkı sağlayabilir.

Ambliyopide önemli bir konu da erişkinlik ambliyopisi için tedavi uygulamanın yararlı olma olasılığıdır. Bu konu aslında yetişkinlerde kortikal ve diğer beyin yapılarındaki plastisite, yani tekrar işlevsel hale gelme ile ilgilidir.¹³ Geleneksel yaklaşımda 14 yaş civarı yani çocukluk dönemi sonrası yaşlarda, ambliyopi tedavisi çok ümitvar görülmez. Fakat bazı beyin bilimci ve görme araştırmacılarının yetişkinlik döneminde göz kayması azalması ve üç boyutlu film izleme sonrası stereopsisin tekrar kazanıldığına dair tekil örnekler literatürde yer bulmaktadır.^{14,15} Bu tür değişimlerin güç olduğu ve başarı olasılığının yüksek olmadığı bilinse de, istekli hastalara yetişkin dönemde de tedavi olasılığından bahsedilmesi ve hasta onayı ile

tedavi denenebileceği düşüncesindeyiz.

İnfanıl Katarakt, Afaki ve Ambliyopi

Mahrum kalma ambliyopisi olarak Türkçeleştirilebilecek deprivasyon ambliyopisinin sık görülen bir nedeni, konjenital veya infanıl kataraktlardır. Katarakt varlığında ameliyatın gerçekten gerekli ve sonucun yararlı olacağı konusunda karar vermek kolay değildir. Doğumsal lens ön kısım kataraktları gibi ameliyat kararının güç olduğu durumlarda, en azından ambliyopinin yol açacağı görme kaybını azaltmak için iyi bir gözlük düzeltmesi ve kapama tedavisinin gerekliliği gözden kaçırılmamalıdır.¹⁰ Bunun yanında katarakt ameliyatı olup da afak bırakılan bebeklerde, çocuğun ay yaşına göre kontakt lens değeri belirleme uygulamasından vazgeçilmesi gereklidir. Afak bebeklerde kontakt lens değerlerinde önemli farklar olduğu ve bu farkları dikkate alacak şekilde bebeğin gözüne uygun derecede lens kullanılmasına dikkat edilmelidir.¹¹ Ameliyat sonrası birkaç gün dahi düzeltmesiz kalan afak bir gözdeki görme kaybı olasılığı, gözden kaçırılmamalıdır. Kontakt lens kullanılamayan dönemlerde kullanmak üzere, afak hastalara gözlük de verilmelidir.

Tedavide Bazı Güçlükler ve Aşılması

Ambliyopi tedavisinde aşılması gereken önemli bir engel, anizometropik kusurun düzeltilmesi için hastaya verilen gözlüğün kullanılmasında güçlük yaşanmasıdır. Çocuğun bir gözü iyi görmektedir ve bu nedenle ambliyop gözün düzeltilmesinin, yani gözlüğün çocuğun hissettiği bir yararı olmamaktadır. Ambliyop olan gözde genelde yüksek olan hipermetropik ve astigmatik düzeltme, gözlüğün tolere edilmesini güçleştirmektedir. Çocuğun gösterdiği dirençten yılmış olan ve çocuğunun görmesinde sorun “olmadığını” düşünen aile de, gözlük kullanımında ısrarlı olmayabilmektedir. Bu durumda ailenin ikna edilmesi için en azından kapama zamanlarında ve TV izlemek gibi gözün kullanıldığı durumlarda gözlüğün kullanılması önerilmelidir. Ayrıca aileye sağlıklı göz kaybında çocuğun güçlük yaşamaması için “yedek” gözünün güçlü olmasının yararı ve tedavi edilmeyen ambliyopilerde göz kayma olasılığından bahsedilmesiyle, gözlük kullanımının teşvik edilmesi mümkündür. Ayrıca “tam düzeltme” yapılarak çocuğun kullanmadığı bir gözlük verilmesi yerine, çocuğun tolere etme olasılığı yüksek olan, daha düşük dereceli bir gözlük de, uyumsuz çocuklarda tercih edilebilir.

Ambliyopi tedavisinde bir başka sorun da çocuğun gözünün kapatılmasına gösterdiği dirençtir. Bu direnç 2 ila 5 yaş arasında daha belirgin olmaktadır. Çocukların kapamaya dirençleri 1 yaş öncesinde azdır ve kritik dönemin erken aşamaları olan bu dönemde kapama tedavisinin başarılı olma olasılığı daha yüksektir. Bu nedenle daha önceki satırlarda bahsedildiği üzere “göz sağlığı tarama işlemi/ muayenesinin” hayatın ilk aylarında yapılması tercih edilmelidir. Erken dönemde belirlenen ve derin ambliyopiye neden olabilecek derecede yüksek anizometropilerde, kritik dönemin erken aşamasında bulunduğu için, gözlük ve kapama tedavisinin yararlı olma olasılığı daha yüksektir.

Şaşılık Ambliyopisi ve Ameliyat

Şaşılık ambliyopisinde önemli bir konu da ameliyat sonrası hem kaymanın azalacağı, hem de “gözlüklerin atılacak olması” benzeri beklentilerle, ameliyatın teşvik edilmesidir. Şaşılık ameliyatlarından sonra gözlük kullanımı, ameliyat başarısını belirgin derecede arttıran bir faktördür. Gözlük kullanımı ile ikinci ameliyatların da önlenme olasılığı artmaktadır. Bu nedenle gözlük kullanmama vaadi, bilimsel olmayan kaygıların göstergesi olarak görülebilir. Ameliyatın gözlük atmak için değil, iki gözün birlikte çalışma yeteneği, yani binokülariteyi geliştirmek için yapılan bir işlem olduğu ailelere açıklıkla anlatılmalıdır. Şaşılık ameliyatları ile ilgili yeterince dikkate alınmayan bir husus da, anestetik ilaçların olası ciddi yan etkileridir. Çocuklarda genel anestezinin yan etkileri fazla dikkat çekmese de, kardiyak arrest ve yaşamsal sorunların görülebildiği bir işlem olduğu unutulmamalıdır.¹⁶ Ayrıca gelişmekte olan beyin ve sinir dokuları üzerinde, anestezi ve diğer ilaçların kullanımının olası etkileri de dikkate alınmalıdır. Başka çare olmadığında genel anestezi altında ameliyat için bazı risklerin alınması makul olsa da, gözlükle düzeltilebilecek bir durumda ameliyat yapılması, etik sorunlar barındıran bir durum oluşturmaktadır.

Sonuç

Ambliyopi bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir. Kolay belirlenip, tedavi edildiği, kişinin istihdamında olumsuz etkiler oluşturduğu ve sağlıklı gözün kaybında yaşam kalitesinde önemli sorunlar yaşanan bir tablo olduğu için ciddiye alınmalıdır. Sağlıklı göz tüm ömür boyunca yeterli görme sağlasa da, kaza, hastalık gibi olasılıklara yönelik olarak güçlü bir “yedek” gözün varlığı, kişi için önemli bir rahatlık olabilir. Ambliyopi tedavisinin olası en erken zamanda başlaması için, 3-6 ay gibi erken dönemlerde “göz sağlığı tarama muayenesi” benzeri bir işlemin uygulanması önerilmelidir. Her türlü ambliyopi varlığında tedavinin birinci aşamasının iyi bir gözlük düzeltmesi olduğu gerçeği dikkatlerden kaçmamalıdır. Olası anestezi riskleri de dikkate alınarak, göz kaymaları öncelikle gözlük ve kapama gibi risksiz yöntemlerle tedavi edilmeye çalışılmalıdır. Kapama için hem annenin, hem de çocuğun uyum sağlayacağı ve psikolojik

yönden travmatize etmeyen, esnek kapama programları önerilmelidir. Kapama sırasında, tablet, bilgisayar oyunu gibi, birden fazla zihinsel aktivitenin kullanılacağı yöntemler önerilmelidir. Bu tür tedbirlere dikkat ederek, ambliyop gözün olası en yüksek görme işlevlerine ulaşması ve görsel açıdan daha yüksek bir yaşam kalitesine ulaşılması mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Amblyopia Preferred Practice Pattern. American Academy of Ophthalmology. 2017.
2. Rahi J, Logan S, Timms C, et al. Risk, causes, and outcomes of visual impairment after loss of vision in the non-amblyopic eye: a population-based study. *Lancet* 2002;360(9333): 597-602.
3. Davidson S, Quinn GE. The impact of pediatric vision disorders in adulthood. *Pediatrics* 2011;127(2):334-339.
4. Wurtz RH. Recounting the impact of Hubei and Wiesel. *J Physiol*, 2009 Jun 15; 587(Pt12): 2817-2823
5. Gopal SLS, Kalkar J, Kalkar A, Pandit A. Simplified updates on the pathophysiology and recent developments in the treatment of amblyopia: A review. *Indian J Ophthalmol*. 2019; 67(9): 1392-1399.
6. Bremond-Gignac D, Copin H, Lapillonne A, Milazzo S. Visual development in infants: physiological and pathological mechanisms. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22 Suppl:S1-8.
7. Vaegan, TD. Critical period for deprivation amblyopia in children. *Trans Ophthalmol Soc U K*. 1979;99(3):432-439.
8. Ceyhan D, Yaşar T, Çağlar Ç. Çocukluk çağı görme kayıpları azaltılabilir mi? *Turk J Ophthalmol* 2013; 43: 195-201.
9. Saxena R, Sharma P, Pediatric Ophthalmology Expert Group. National consensus statement regarding pediatric eye examination, refraction, and amblyopia management. *Indian J Ophthalmol*. 2020 Feb;68(2):325-332.
10. Ceyhan D, Schnall BM, Breckenridge A, Fontanarosa J, Lehman SS, Calhoun JC. Risk factors for amblyopia in congenital anterior lens opacities. *J. AAPOS*. 2005; 9(6):537-541.
11. Ceyhan D, Yiğit MS, Seven E, Batur M, Yaşar T. Retinoscopy values and contact lens application in rehabilitation of infantile aphakia. *Journal of Glaucoma-Cataract, cilt.15, sa.1, ss.33-37*, 2020.
12. Repka MX, Holmes JM. Lessons from the amblyopia treatment studies. *Ophthalmology*. 2012 Apr;119(4):657-8.
13. Li RW, Ngo C, Nguyen J, Levi DM. Video-game play induces plasticity in the visual system of adults with amblyopia. *PLoS Biol* 2011;9:e1001135.
14. Barry, S. O. *Fixing my gaze: A scientist's journey into seeing in three dimensions*. New York, NY: 2009. Basic Books.
15. Bridgeman B. *Restoring adult stereopsis: A vision researcher's personal experience*. 2014. *Optometry and Vision Science*, 91(6), e135-e139.
16. Barnes RK. "Pediatric Anesthetic Neurotoxicity": Time to Stop! *Anesth Analg*. 2020 Sep;131(3):734-737.

SKİYASKOPİ-OTOREFRAKTOMETRE, ÇOCUK OTOREFRAKTOMETRELERİ, UYGULAMADAKİ İNCELİKLERİ

Dr. Mustafa Kemal ARICI
Özel Memorial Ataşehir Hastanesi, İstanbul

Giriş

Retinoskopi hastanın gözüne gönderilen ışık demetinin, gözün kırıcı ortamlarından geçip retinadan yansması, bunun pupil alanından izlenerek gözün refraktif durumunun değerlendirilmesidir. Oторефрактометрlerin kullanımının kısıtlı olduğu bebek, çocuk, uyum problemi olan erişkin hastalarda kullanılmaktadır.¹⁻³

Refraksiyon muayenesinde skiyaskopinin tarihsel olarak önemi vardır. Skiya gölge anlamındadır. Skiyaskopi gölgenin izlenmesi şeklinde tanımlanır ve retinoskopi ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Skiyaskopi aleti ortası delikli düz bir aynadır ve dışardan bir ışık kaynağından ışık hüzmeleri hasta gözüne yönlendirilerek refraksiyon muayenesi yapılır. Günümüzde kullanılan retinoskoplardan farkı ışık kaynağı dışarda olmasıdır. Modern retinoskoplardan ise ışık kaynağı aletin içinde bir ampül ile sağlanır, ayrıca ışık bir çizgi (şerit) şeklindedir.⁴⁻⁶

İlk retinoskopi uygulamaları geçen yüzyıl başlarından itibaren başlamıştır. Ülkemizde ise 1891 yılında Esat Işık Paşa tarafından Esat Oftalmoskopu adıyla bilinen bir tarafı düz, diğer tarafı da hafif çukur aynadan oluşan çift taraflı skiyaskopi aynası tasarlanmıştır. Bu tasarım ülkemizde refraksiyon muayenesinde uzun yıllar kullanılmıştır.

Retinoskopide kullanılan ışık ya aynalar aracılığıyla yansıtılabilir (ayna retinoskopisi) ya da retinoskopi cihazı tarafından direk göze gönderilir. Kendinden aydınlatmalı retinoskoplardan göze yansıtılan ışık eski modellerde nokta şeklindeyken günümüzde retinoskoplarda ise çizgi şeklindedir. Çizgisel ışık retinoskoplarda bilezik aracılığı ile 360° döndürülerek her ekseninde retinoskopi yapılmasına olanak sağlar. Bilezik ayrıca aşağı yukarı hareketle çizgisel ışığın verjansını da değiştirir. Genellikle rutin muayenede bilezik alt konumda çalışılır. Bu konumda aletten çıkan ışık demeti hafif diverjan veya düz bir ışık demeti şeklinde göze ulaşır ki buna düz ayna etkisi denir. Retinoskopun aydınlanması düz bir flaman lamba ile sağlanıp yarı gümüş ayna ile göze yansıtılır, çizgisel ışık gözün kırıcı ortamlarından geçip retinadan yansıyarak gözlemciye ulaşır. Muayene eden hekim gözetleme deliğinden hastanın pupil düzleminde oluşan retina reflesini değerlendirir.¹⁻³

Uygulama Tekniği

Retinoskopide temel amaç gözün uzak noktasını bulmak ve bulunan uzak noktayı düzeltici lensler aracılığı ile retinoskopinin gözetme deliğine getirmektir. Retinoskopi yapılırken hasta ile hekim arasında kol mesafesi (çalışma mesafesi) kadar uzaklıkta oturulup akomodasyonun uyarılmayacağı bir mesafedeki bir cisme (6 metre ve ötesi) baktırılır. Muayeneyi yapan doktor sağ gözü ile hastanın sağ gözünü, sol göz ile de sol gözünü muayene eder. Genel olarak kol uzunluğu olan 66-67 cm gibi bir çalışma uzaklığı belirlenir ve bu mesafe muayene boyunca sabit tutulur. Retinoskopun çizgisel ışığı pupillaya düşürülür. Işık retinayı aydınlatır. Retinadan yansıyan ışınlar gözün optik sistemine göre hipermetroplarda diverjan, miyoplarda konverjan ve emetroplarda paralel olacak şekilde gözü terk eder. Bu ışınların uzayda oluşturdukları retina hayali, retinoskopi yapan hekim tarafından gözlemlenen refledir. Doktor hastanın uzak noktasında bulunuyorsa ışığın tamamını görür ve tüm pupillayı dolduran düzgün bir aydınlanma gerçekleşir (nötralizasyon). Fakat hastanın uzak noktası retinoskobun gözetleme deliğinde değilse hastanın pupillasından çıkan ışınlar gözetleme deliğine girmeyecektir ve pupillanın aydınlatılması tamamlanmayacaktır. Eğer hastanın uzak noktası doktor ile hasta arasında değilse (hipermetropi); retinadan gelen ışınlar diverjandır ve diverjan ışınlar kesişmeden retinoskopa ulaştığı için ışınlar tarayıcı ile aynı yönde hareket eder. Eğer hastanın uzak noktası doktor ile hasta arasında ise (miyopi); retinadan gelen ışınlar konverjandır ve konverjan ışınlar kesiştikten sonra retinoskopa ulaştığı için refle ters yönde hareket eder. Retinoskopide nötralizasyona ulaşmada refle hareketin 3 özelliği vardır. Hız, parlaklık ve genişlik. Nötralizasyon noktasına yaklaştıkça refle hızı, parlaklığı artar ve genişler. Nötralizasyon noktasında ise, hakaretsiz, en parlak ve pupil alanını tam olarak doldurmuş refle şeklindedir. Nötralizasyon noktasından uzaklaştıkça refle hızı yavaşlar, parlaklığı azalır ve daha dar bir refle şeklini alır.²⁻⁷

Çocuk yaş grubunda genellikle daha doğru sonuç almak veya ilk muayenelerde farmakolojik olarak sikloplejili muayene tercih edilir.

Nötralizasyonun Bulunması

Reflexin hareket yönünün belirlenmesinden sonra gözün önüne düzeltici lens yerleştirilerek refle nötralize edilir. Refle aynı yönde hareket varsa (+) artı, ters yönde ise (-) eksi mercekler ile nötralizasyona ulaşılır. Genellikle önce dikey sonra yatay eksen taranır. Retinoskopun çizgisel ışık yatay pozisyonda aşağı yukarı hareketle dikey eksen, çizgisel ışık dik pozisyonda sağa sola hareketle ise yatay eksen taranır. Her iki eksenden bulunan değerler not edilir sonra bulunan nötralizasyon değerinden çalışma mesafesinin dioptrik karşılığı çıkarılıp deneme gözlük reçetesi tespit edilir. Bu aşamadan sonra bulunan değerler sübjektif refraksiyonla tashih yapılır. Retinoskopinin amacı muayene edilen gözün uzak noktasını bulup retinoskoba getirmek olduğu için hasta ile hekime arasındaki mesafe nötralizasyonda kullandığımız lensi elimizle tuttuğumuz için kol mesafesi çalışma mesafesi olarak alınıp bunun diyoptrik ($D=1/f$, $D=1/0.66 = 1.5$) karşılığı bulunan değerden çıkarılır.

Birbirine dik iki eksende bulunan değerler eşit ise hastanın kırma kusuru sadece sferik olup astigmatı yoktur. Eğer fark varsa astigmat vardır. Astigmatı olan bir gözün kırma gücünü belirlerken temel meridyenlerdeki güçleri ölçebilmek için öncelikle temel astigmatik meridyenler bulunmalıdır. Astigmatik meridyenleri belirlerken retinoskopide retina reflexinin bazı özelliklerinden faydalanılır.²⁻³

Kırılma: Retinoskopun çizgisel ışığı ile reflexin paralel olmadığı veya çakışmadığı durumdur. Bu durum temel meridyen üzerinde bulunulmadığını gösterir. Retinoskopun bileziği çevrilerek çizgisel ışık doğru eksene çevrildiğinde aralık yok olur ve hat kesintisiz olarak devam eder. Bu sayede temel astigmatik meridyenlerden biri bulunmuş olur.

Genişlik: Temel astigmatik meridyen etrafında çevrilirken pupil alanından yansıyan reflexin genişliği değişir. Doğru eksene geldiğinde en ince duruma gelir.

Yoğunluk: Temel astigmatik meridyen ile pupil alanından yansıyan refle aynı hizaya geldiğinde refle daha parlaktır.

Çarpık Hareket: Çizgisel ışık, temel astigmatik meridyenlerin dışında olduğunda çizgisel ışık ve refle farklı yönlerde (çarpık) bir hareket göstermesidir. Eksenler aynı hizaya geldiğinde (çakıştığında) hareket düzelir.

Retinoskopi Yapılırken Dikkate Edilmesi Gereken Konular

Özellikle pupilla dilate ise bazen perifer kaynaklı refle sferik aberasyon nedeniyle ters dönme eğilimindedir. Bu nedenle santrale odaklanılmalıdır.

Optik aberasyonlar, optik media opasiteleri, keratokonus ve korneal skar nedeniyle reflde makaslama görülebilir.

Küçük pupilla, media opasiteleri ve yüksek kırma kusuru gibi nedenler donuk refleye neden olur. Hekim hastaya biraz yaklaşarak bu sorun aşılabılır.

Yüksek kırma kusurlarında refle çok yavaş hareket etmesi nedeniyle refle zor fark edilir. Muayeneyi kolaylaştırmak ve reflexin yönünü doğru bulmak için, göz önüne yüksek numaralı eksi veya artı mercek koyarak refle hareketi ortaya çıkarılabilir.

Otorefraktometre

Otorefraktometreler, bir ışın ayırıcı ile kızılötesi ışığı göze yansıtıp fundustan yansıyan ışığı çeşitli optik ilkeler yardımıyla gözün kırma kusurlarını ortaya çıkarmak için kullanılan cihazlardır. Otorefraktometreler refraksiyon kusurunu otomatik olarak ölçebilen cihazlardır. Hızlı, doğru ve kolay bir şekilde ölçüm yapabilmeleri nedeniyle yoğun günlük oftalmoloji pratiğinde çok sık kullanılmaktadır. Bu aletlerin 1930'lerden başlayıp günümüze kadar tüm dünyada kullanımı yaygınlaşmıştır. Elektronik, elektro-optik ve bilgisayar teknolojilerinde ortaya çıkan devrimsel gelişmeler objektif otorefraktometrelerin yaygınlaşması ve ticarileşmesi ile sonuçlanmıştır. Özellikle 1970'lerden sonra; optik algılayıcılarda (photodiodes and charge-coupled device; CCD), bilgisayar ve mikroelektronik işlemcilerdeki gelişmeler güçlü, etkili ve daha kompakt cihazların gelişimine olanak sağlamıştır. Teknolojik gelişmelerin otomatik refraktometrelere uygulanması daha doğru, tekrarlanabilir, hızlı ve hem kullanıcı hem de hasta dostu cihazların yapılmasını olanak sağlamıştır.¹⁻⁴

Modern otorefrakterlerde (otomatik lensmetreler dahil) ve aberrometrelerde kullanılan optik ilkelerin çoğunun temeli, yaklaşık 400 yıl önce Christopher Scheiner tarafından atılmıştır. Günümüzde de birçok cihazın ölçüm prensibi optometre ve Scheiner iki iğne deliği ilkelerine dayanmaktadır. Optometre ilkesini kullananlarda; değiştirilebilir deneme mercekleri yerine kırma kusurunun nötralizasyonu için verjans

değişkeninin farklılığı kullanılmaktadır. Burada gözün ön fokal noktası Badal lensinin arka fokal noktası ile çakışacak şekilde gözün önüne (Badal lensi: Yüksek dioptrili artı lens) yerleştirilir, retinada objenin net bir görüntüsünü sağlayan obje hareketi ile kırma kusuru arasında ilişkisi kurularak hesaplama yapılır. Scheiner'in ilkesinde, pupili taklit eden üzerinde iki adet nokta şeklinde deliğin bulunduğu opak bir disk kullanılır. Delikler disk merkezine eşit uzaklıkta, aynı meridyen üzerinde fakat birbirine ters tarafta bulunur. Bu diskten geçip göze yönelen iki ışık demeti emetrop bir hastanın retinasında tek nokta olarak odaklanır. Buna karşın hasta şayet miyop ve hipermetrop ise ışınlar iki nokta şeklinde odaklanır.² Günümüzde objektif refraktometreler Scheiner prensibi, retinoskopi prensibi, en iyi odak prensibi, bıçak kenarı prensibi, ışın sapma prensibi ve imaj boyutu gibi prensiblerle çalışır.

Otorefraktometreler ölçüm sırasında akomodasyon kontrolü sağlamak amacıyla kullanılan hedef objeler görünür ışıkla aydınlatılırken; kızıl ötesi ışınlar ise cihazın içinde retinanın gerçek görüntüsünü oluşturmak için kullanılmaktadır. Otorefraktometre cihazlarında sisleme ve otomatik izleme gibi farklı yöntemler kullanılsa da hastaların yakına bakmalarından kaynaklanan akomodasyon cihaz myopisi olarak adlandırılan duruma yol açabilmektedir.^{2,3,7} Hastanın hedefteki resmi net görmek için yaptığı uyum; hastanın daha fazla myop veya daha az hipermetrop olmasına yol açabilmektedir. Ayrıca kalibrasyon hataları, ölçüm ekran kirliliği, uygun olmayan ortam hataları, saç kirpik ve kapak problemleri, göz yaşı sorunları, kornea hastalıkları, lens ve IOL sorunları, vitreus bulanıklıkları kaynaklı ölçüm hataları olabilmektedir.

Otorefraktometreler kırma kusuru ölçümü sırasında gözün optik kısmının küçük bir alanından ölçüm alırlar. Bu nedenle gözün tüm optik durumunu belirleyemezler. Retinoskopi ise tüm pupilla alanından ölçüm alınmasına izin vermektedir. Otorefraktometrelerin ölçümlerinin subjektif yöntemlerle desteklenmesi ve gerekirse retinoskopi ile kontrol edilmeleri oldukça faydalıdır.

Çocuk Otorefraktometreleri

Ambliyopi çocuk yaş grubu ve genç yetişkinlerde en önemli tek taraflı görme kaybı nedenidir. Çocuğun okul başarısını, akademik hayatını, hayat kalitesini kısacası tüm hayatını etkileyen bir göz sorunudur. Ambliyopinin en erken dönemde ortaya çıkarılıp tedavi edilmesi önemlidir. Ambliyopi nedenlerinden kırma kusurlarını ortaya çıkarmak için kullanımı kolay, doğru sonuç veren tarama cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar foto tarama veya foto refraksiyon cihazları olarak bilinir. Bunların birçoğu Bruckner reflesini otomatize ederek ölçüm prensibine dayanmaktadır ve amaçları refraksiyon kusurları ortaya çıkarılmasında tarama amacıyla kullanılmasıdır.⁸⁻¹⁰ Çocuk yaş grubunda rutin oftalmolojik muayene ve takibinde kullanılması gereken alet retinoskopidir. Bu konudaki altın standart sikloplejili veya sikloplejisiz retinoskopidir.

KAYNAKLAR

1. *Clinical Optics. Basic and Clinical Science Course, Section 3. American Academy. Ophthalmology; 2019-2020,p.182-247.*
2. Campbell CE, Benjamin W, Howland HC. Objective Refractions: Retinoscopy, Autorefractometers and Photorefractometers. In: Benjamin W, ed. *Borish's Clinical Refraction*. St Louis; Butterworth Heinemann Elsevier; 2006:682-764.
3. Arıcı MK, Dursun A. Objective Refraction (Retinoscopy, Autorefractometer) *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics*. 2017;10:29-33.
4. Mukherjee PK. Clinical Methods in Error of Refraction. In: *Manual of Optics and Refraction (1st ed)*. New Delhi; Jaypee Brothers Medical Publishers; 2015:58-91.
5. Saunders KJ, Westall CA. Comparison between near retinoscopy and cycloplegic retinoscopy in the refraction of infants and children. *Optom Vision Sci*. 1992;69:615- 22.
6. Jackson DW, Paysse EA, Wilhelmus KR, et al. The effect of off-the-visual-axis retinoscopy on objective refractive measurement. *Am J Ophthalmol*. 2004;137:1101-4.
7. Guyton DL. Automated Clinical Refraction. In: Duane T, Jaeger PA, eds. *Clinical ophthalmology*. Volume 1. Baltimore; Harper and Row; 1987:1-43
8. O'Hara MA. Instrument-based pediatric vision screening . *Curr Opin Ophthalmol*. 2016;27:398-401.
9. Arnold RW, Armitage MD. Performance of four new photoscreeners on pediatric patients with high risk amblyopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2014;51:46-52.
10. Sopeyin A, Young BK, Howard MA. 2020 evaluation of portable vision screening instruments. *Yale Journal of Biology and Medicine*. 2021;94:107-114.

REFRAKSİYON MUAYENESİNDE MONOKÜLER TESTLER

Dr. Hatice Tuba ATALAY
Gazi Üniversitesi, Göz Hastanesi, Anabilim Dalı, Ankara

Objektif muayene yöntemleri net görme konusunda bize yol gösterecek çok değerli bilgiler sunarken, sübjektif yöntemlerle rahatlığı artırmanın ipuçlarını ararız. Refraksiyon muayenesinde objektif ve sübjektif muayene yöntemleri birbirlerini desteklemeli ve aykırılık olduğunda sikloplejikli muayeneye başvurulmalı ve nedeni araştırılmalıdır. Refraksiyon muayenesinin ilk aşamasında otorefraktometri, keratometri, kornea topografisi, retinoskopi gibi objektif muayene yöntemleri verileri kaydedilir. Kullanılmakta olan ve varsa kullanılmayan gözlük numaraları, optik merkezleri arası mesafeleri ölçülür. Detaylı bir hikaye sonrası sübjektif refraksiyon muayenesine geçilir.

Sislendirme

İnsanlar uzağa baktıklarında uyum yapmamak üzere yaratılmışlardır. Aktif bir çaba gerektiren uyum, yakını görmeye devreye girer. Kas dengesizlikleri gibi özel durumlar haricinde tashih yapılırken mümkün olduğu kadar uzakta uyum yapılmayacak bir durum sağlanmaya çalışılır. Sikloplejikli muayene gibi medikal yardım ile uyum engellenebilirse de bu fizyolojik bir durum olmadığından sikloplejiksiz uyumun ne kadar gevşetilebileceğinin bilinmesi refraksiyon muayenesinde çok önemlidir. Bu amaçla uyumun devreye girmesini engellemek adına bilinen, ölçülen veya tahmin edilen kırma kusuruna +1,0 D sferik bir değer ilave ederek görüntünün retinanın önüne düşmesi ve miyopi oluşturulması amaçlanır. Buna sislendirme (fogging) denir. Bu, görme keskinliğini 0,4 - 0,5 düzeylerine düşürür. Bu durumda, uyum yapmak görme keskinliğini daha da azaltacağından, bu yönde bir uyarı gelmez ve yapılmaz. Sislendirme yapılırken + cam ilave edildikten sonra uyumun gevşemesi için bir-iki dakika beklemeli ve daha + cam ilave edilip edilemeyeceği denenmelidir. Bu işlem ile arzulanan durum, uyumun olmadığı veya fizyolojik durumda en fazla gevşetilebilmiş uyum elde etmektir.

Kırmızı Yeşil Testi

Daha kısa dalga boyuna sahip yeşil ışık daha uzun dalga boyuna sahip kırmızı ışığa göre gözün optik sistemi tarafından daha fazla kırılır. Kırılma sonrası yeşil odak noktası her zaman kırmızının önündedir. İdeal bir tashihte beyaz ışık kullanıldığında, ışınlar retina fotoreseptörlerine odaklanmıştır ve ışınların yeşil olanları çok az önde (0,25 D), kırmızı olanları da aynı miktarda (0,25 D) çok az arkaya odaklandıklarından kırmızı ve yeşil zemindeki sayı veya harfler eşit netlikte-koyulukta-keskinlikte seçilirler. Kişi miyop ve görüntü retinanın önünde odaklanıyorsa, yeşil odaklananlar kırmızıya göre daha önde ve dolayısıyla retinaya kırmızıya nazaran daha uzak olacağından kırmızından daha az net görünür. Hipermetroptada görüntü odağı retinanın arkasındadır. Yeşil odağı kırmızının önündedir dolayısıyla retinaya daha yakındır. Yeşil kırmızından daha net görünür.

Sonuçta kırmızı yeşilden net ise kırmızı retinaya yeşilden daha yakındır ve eksi cam ilave edip kırmızı ve yeşilin fotoreseptörleri ortalayacak şekilde daha geride kırılması sağlanmalıdır. Yeşil kırmızından net ise, yeşil retinaya kırmızından daha yakındır, artı cam ilave edip yeşil ve kırmızının fotoreseptörleri ortalayacak şekilde daha önde kırılmaları sağlanmalıdır.

Çapraz Silindir Testi

Çapraz silindir, aynı değere sahip (0,25, 0,50, 1,0) biri eksi diğeri artı 2 silindir camın birbirlerine dik konup (paralel konursa oluşacak değer sıfırdır), aksların ikisinden 45° uzağa bir tutma sapı ileştirilmiş bir camdır. Özelliği sferik bir değer ihtiva etmeyen (örneğin -0,50 silindirlik bir camın -0,25D'lik bir sferik değeri vardır) saf bir astigmat cam oluşudur. Anıldığı değerin iki misli bir astigmatik güce sahiptir. Astigmat varlığının araştırılmasında bir silindirlik camın 360° dolaştırılıp netlik aranması yerine, çapraz silindir 45°, 90°, 135°, 180°'ye yerleştirilip netlik sorgulanır. Birinde netlik algılanması durumunda, o aks üzerinden aşağıdaki yöntemlerle aks ve değer araştırılmasına geçilir.

Astigmatın varlığının belirlenmesi: Bu uygulama astigmatı olmayan, varsa az olan kişilerde astigmatın ortaya çıkarılması için yapılır. Sferik düzeltmesi yapılmış hastanın, sferik merceğin önüne çapraz silindir sırasıyla 0, 90, 45 ve 135 derecelerde olmak üzere konur ve çekilir. Bu sırada yoklanan kişiye bu 4 konumdan herhangi birinde görmesinin daha keskin olup olmadığı sorulur. Eğer yoklanan bu konumlardan birinde daha iyi görüyorum derse, az bir astigmat (0,25-0,50) vardır. Eğer hiçbir konumda daha keskin bir görmeye ulaşılmıyorsa, astigmat yoktur.

Astigmatın açısının belirlenmesi: Bu yöntemin en önemli aşamasıdır. Önce uzak için belirlenmiş sferik mercek çerçeveye konur. Bunun önüne, diyoptirik değeri beklenenden biraz az ve açısı beklenene yakın

(-) silindirik bir mercek geçici olarak yerleştirilir. Çapraz silindirin elde tutulan sapı, çerçeveye konan silindirik merceğin eksenini ile üst üste gelecek bir biçimde çerçeve önüne tutulur ve sorgulamaya başlanır. Silindirik merceğin diyoptirisinin belirlenmesi: Çapraz silindirin eksenini, önce açısını belirlediğimiz silindirik merceğin eksenine denk bir biçimde üst üste tutulur ve sorulur. Bu tutuşta sap, silindirin eksenine 45 derece çapraz konumdadır. “Bu birinci konumda mı daha iyi, güzel, keskin görüyorsunuz?” Sonra sap eksenini etrafında 180 derece çevrilir ve yine sorulur. “Yoksa bu ikinci konumda mı?” Burada bize yol gösterici yine kırmızı, beyaz noktalar. Yoklananın daha iyi dediği eksen kırmızı noktalı ise (-) silindir artırılır. Yoklananın daha iyi dediği eksen beyaz noktalı ise (-) silindir azaltılır. İki yönde de aynı olduğu zaman muayene biter.

Astigmatik Saat Kadranı Testi

Düzenli astigmatı olan bir gözde Sturm konoidi ve birbirine dik iki görüntü eksenini oluştuğunda, eksenlerden retinaya en yakın olanı en net, retinadan uzaklaştıkça diğer eksenler daha bulanık görülür. Hastaya değişik eksenlerde çizgiler ihtiva eden bir slayt gösterilerek tüm çizgi netliklerinin eşit olup olmadığı araştırılır. Testin amacı astigmatik saat kadranındaki değişik eksenli çizgilerin netlik farklarından yararlanarak astigmatın varlığının araştırması ve tashihinin sağlanmasıdır.

Hasta tüm çizgilerin eşit olmadığını ifade ediyorsa en netinin hangi saatler arasındaki çizgi olduğu sorulur. Örneğimizde hasta muhtemelen saat 3 ve 9 arasındaki yatay çizginin en net olduğunu ifade edecektir. Ona dik olan (örneğimizde saat 6 ve 12 arasındaki) çizginin en bulanık olup olmadığını (öyle olmalıdır) doğrulamakta fayda vardır. En nete dik olan çizginin de çok net olduğunu ifade eden bir hastada ya sislendirme yetersizdir ek sislendirme yapılmalıdır ya da hasta teste uyum gösterememektedir ve devam edilmemelidir.

Stenopeik Yarık

İğne deliği, sonsuz odak uzaklığı ile her numara yerine geçip tüm kırma kusurlarını tashih eden sihirli bir araç olarak, görme keskinliğini artırmayıp nedenini açıklamakta zorlandığımız durumlarda, nedenin optik olup olmadığı ve ulaşılabilecek muhtemel en iyi görme keskinliği ile ilgili bizi aydınlatan çok basit ama çok değerli bir yardımcıdır. Bu deliklerin yan yana gelmesiyle oluşan stenopeik yarık da benzer bir şekilde konvansiyonel muayene yöntemleriyle tashih etmekte zorlandığımız korneal nefelyon, keratokonus, Lasik cerrahisi sonrası ektazi gibi durumlarda bize yardımcı olabilir.

Araştırılan göze sferik camlar denenerek görme keskinliği artırılmaya çalışılır. Sallanan silindir testinde yaptığımız gibi stenopeik yarığı hastanın gözünün önünde 360° dolaştırarak varsa en net gördüğü aksı saptarız. Saptanan aksa ait değeri bulmak için en net gösterecek artı ve eksi sferik camlar deneriz. Bulduğumuz aks ve değeri kaydettikten sonra, yarığı bu aksa 90° dik konuma getirip sferik cam denemeleriyle bu aksta da en iyi görme keskinliğine ulaşmaya çalışırız. Sferik değerlerden küçüğü kişinin sferik değeridir. Büyük sferik değer ile küçük sferik değer arasındaki fark astigmatizmanın yani refraksiyonun silindirik değeridir. Astigmatizmanın aksı, stenopeik yarığın en net olduğu aks veya 90° derece uzağıdır.

KAYNAKLAR

1. Alaluf A. *Sübjektif Refraksiyon Muayene Yöntemleri (Sferik Değerin Belirlenmesi ve İnce Ayarı, Astigmatik Saat Kadranı, Çapraz Silindir, Stenopeik Yarık, Binoküler Denge Testleri)* Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics. 2017;10(1):39-47.
2. Soytürk M, Alaluf A. *Kırma Kusurlarının Sübjektif Muayene Yöntemleri*. Soytürk M, editör. *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler*. 1. Baskı. İstanbul: Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları; 2010. p.98.

BİNOKÜLER TESTLER

Dr. Özdemir ÖZDEMİR
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Şehir Hastanesi, Ankara

Giriş

Bir nesneden gelen ışınlar, göz içerisindeki ortamlardan geçerken kırılır ve retina üzerinde gerçek, ters ve küçültülmüş bir görüntü meydana gelir. Gözlerimiz, bu optik görüntüleri sinir sinyalleri ile beyne gönderir. Bir insanın iki benzer gözü vardır ve bu nedenle bakılan cismin farklı açılardan görülen iki görüntüsü oluşur. Beynimizde bu görüntüler işlenerek dik bir nesneye dönüştürülür ve binoküler tek görme gerçekleşir.^{1,2}

İki göze sahip olmanın ve binoküler görmenin en büyük avantajı, mesafeleri tahmin ederek üç boyutlu görme kapasitesidir. İkinci olarak görme alanımız genişler. Monoküler görüşte ortaya çıkan kör noktalar ise binoküler görme ile ortadan kalkar.^{3,4}

Binoküler Tek Görmenin Basamakları

Normal binoküler tek görme için her iki gözde görsel aksların açık olması, duyuşal füzyonu sağlayan retinal ve kortikal elemanların arasındaki bağlantıların işlevsel olması ve son olarak da tüm bakış yönlerinde her iki gözün koordineli hareket ederek motor füzyonun sağlanması gerekir.^{1,3}

Worth'un⁵ sınıflandırmasına göre binoküler görme üç basamaktan oluşur. Bunlar:

1. Simültane maküler persepsiyon
2. Füzyon
3. Stereopsis

Binoküler Görmenin Değerlendirilmesi

Binoküler görme muayenesinde öncelikle refraksiyon kusurları, göz hareketleri ve bakış pozisyonları, akomodasyon, füzyon, stereopsis ve süpresyon değerlendirilir. Bunların yanı sıra, konverjans, verjans, baş pozisyonu, takip etme, görsel – motor entegrasyon, okuma hızı gibi daha birçok görsel yetenek test edilebilir.^{6,7}

Binoküler algılanan iki ayrı görüntü, beyinde başarılı bir şekilde tek bir görüntü şeklinde birleştirilemez ise "Binoküler Görme Bozukluğu" ortaya çıkar. Günümüzde, özellikle uzun saatler masa başında ve ekran karşısında çalışma sonucunda bu rahatsızlıktan muzdarip bireylerin oranı %50'yi aşmıştır.⁸ Binoküler görme bozukluğu, çift görme, baş ağrısı, göz yorgunluğu, denge ve hareket güçlükleri ve okuma veya bilgisayar kullanımı ile ilgili zorluklar gibi birtakım semptomlara neden olabilir. Bu yakınma ve bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

Binoküler Testlerin Sınıflandırılması

Binoküler testler, uzakta veya yakında yapılmasına; cihaz olarak projektör, sinoptofor vb. kullanılmasına; ambliyopi, şaşılık, süpresyon gibi durumların tespitine veya testler sırasında özel lenslerin kullanılıp kullanılmamasına göre sınıflandırılabilir. Günümüzde, göz hekimleri tarafından kullanılan çok sayıda binoküler testler mevcuttur. Bu testlerin bazıları genel kabul görüp sık kullanılırken, bazıları fazla yaygınlaşmamıştır, bazıları ise yeni geliştirilen projektör veya LED ekranlı ünitelerde bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda, sık kullanılan binoküler görme testleri verilmiştir (Tablo 2).⁹⁻¹¹

Refraksiyon Muayenesinde Kullanılan Binoküler Testler

Bu kısımdan itibaren, panelimizin başlığına ve akışına uygun olarak, refraksiyon muayenelerinde, uzak görme için kullandığımız binoküler testler anlatılacaktır. Projektör ve foropter kumandalarında monoküler testler beyaz renklerle gösterilirken, binoküler testler gri veya koyu renklerle ayrılır. Genel anlamda bu testler ile gözler ayrıştırılır ve her iki gözün gördükleri kıyaslanır. Bu testlerin loş aydınlatmalı muayene odalarında yapılması daha uygun olur. Bir başka dikkat edilecek nokta da, hastaların gözlükleri veya tashihleri ile bu testlere tabi tutulmalarıdır.¹²⁻¹⁴

Yeşil – Kırmızı Filtreler ile Yapılan Binoküler Testler

Bu testlerin yapılması için yeşil ve kırmızı filtreler ihtiyacı duyulur. Bu camlar gözlük muayene kutusunda bulunmakla birlikte, polikliniklerde hazır gözlük olarak da var olabilir. Genellikle sağ gözün önüne kırmızı filtre, sol gözün önüne de yeşil filtre yerleştirilir.

Worth'un 4 Nokta Testi: Bu test hem uzak hem de yakın fiksasyonda yapılmakla birlikte genellikle uzak görmede yapılır ve binoküler tek görme, anormal retinal korespondans ve süpresyon değerlendirilir. Yansıda eşkenar dörtgen şeklinde dizilmiş, yanlarda iki, üst ve altta birer tane olmak üzere dört şekil görülür. Bu şekiller kullanılan projektörlere göre değişmekle birlikte, kimi zaman yuvarlak kimi zaman artı ve baklava şeklinde olabilir. Bu testin yorumu şu şekilde yapılır:

- a) Hasta dört noktayı da görür
 - Belirgin kayma yoksa normal binoküler yanıt
 - Belirgin kayma varsa harmonik anormal retinal korespondans
- b) Hasta beş nokta görür
 - Sağda kırmızı noktalar görünüyor → Ezotropanya ile çaprazlanmamış diplopi
 - Sağda yeşil noktalar görünüyor → Ekzotropanya ile çaprazlanmış diplopi
- c) Hasta üç yeşil nokta görür → Sağ süpresyon
- d) Hasta iki kırmızı nokta görür → Sol süpresyon

Schober Testi: Bu test heteroforyaların tespitinde ve düzeltilmesinde kullanılır. Yeşil bir halka (bazen bu halka iç içe geçmiş bir çift halka da olabilir) ve kırmızı bir artıdan oluşur (Resim 1). Yeşil – kırmızı camlar takıldıktan sonra eğer bir gözde süpresyon yok ise her iki şekilde görülür. Horizontal foryalar ezo ve ekzoforya olarak tanımlanırken, vertikal foryalar sadece hiperforyanın bulunduğu göze göre isimlendirilir.

- a) Hasta artı işaretini halkanın tam ortasında görür → Ortoforia
- b) Hasta artı işaretini halkanın sağına yaklaşmış veya sağda dışına çıkmış görür → Ezoforya. Her iki gözün önüne küçük miktarlarda tabanı dışarıda prizmatik cam (örneğin 1 PD, 2 PD...) eklenerek bu forya düzeltilmeye çalışılır.
- c) Hasta artı işaretini halkanın soluna yaklaşmış veya solda dışına çıkmış görür → Ekzoforya. Her iki gözün önüne küçük miktarlarda tabanı içeride prizmatik cam (örneğin 1 PD, 2 PD...) eklenerek bu forya düzeltilmeye çalışılır.
- d) Hasta artı işaretini halkanın yukarısına doğru kaymış görür → Sol gözde hiperforya. Küçük miktarlarda, sağ göze tabanı üstte, sol göze tabanı altta prizmatik cam (örneğin 1 PD, 2 PD...) eklenerek bu forya düzeltilmeye çalışılır.
- e) Hasta artı işaretini halkanın aşağısına doğru kaymış görür → Sağ gözde hiperforya. Küçük miktarlarda, sağ göze tabanı altta, sol göze tabanı üstte prizmatik cam (örneğin 1 PD, 2 PD...) eklenerek bu forya düzeltilmeye çalışılır.

Polarize Filtreler ile Yapılan Binoküler Testler

Bu testler genellikle refraksiyon muayenesinde monoküler testlerden sonra binoküler dengenin sağlanması amacıyla yapılırlar. Ayrıca gözlüğünü aldıktan sonra astenopik şikâyetleri ve memnuniyetsizlikleri ortaya çıkan hastalara da uygulanması önerilir. Bu testler ile başta göz yorgunluğu olmak üzere çeşitli yakınmalara yol açan, yatay ve dikey foryalar tespit edilebileceği gibi, anizeikoni ve uzaktan derinlik algısı da belirlenebilir. Son olarak bu testler özellikle sağlık kurulu muayeneleri sırasında şüphelenilen temaruz durumlarında bir seçenek olabilir.

Polarize filtreler ile yapılan testlerin uygulanabilmesi için muayene odasında bazı teçhizatların mutlaka bulunması gerekir. Polarize ışınlar kabaca belli bir doğrultuda ilerleyen ışınlardır. Kumanda üzerindeki bu testlere basıldığında, projektörler sağ ve sol gözün göreceği şekilleri birbirlerinden 90 derece farklı olacak polarizasyonlarda gönderirler. Asıl önemlisi, bu ışınları duvardan gözümüze, polarizasyonları bozulmadan yansıtacak, polarizasyon levhalarının bulunmasıdır. Yoksa düz beyaz duvara aksettirilen görüntüler ile bu testler yapılamaz. Bu levhaların özelliği üzerlerine gelen ışınların polarizasyonlarını bozmadan geri yansıtabilmesidir.

Bu testler açılmadan önce, gözlük kutusundaki polarize camlardan biri muayene çerçevesine sağ gözde 135 dereceye, diğerine ise sağa dik gelecek şekilde sol gözde 45 dereceye yerleştirilir. Böylelikle sağ gözün gördükleri ile sol gözün gördükleri dissosiyeye edilmiş olur. Bu filtreler her gözlük muayene kutusunda bulunmayabilir. Öyle bir durumda titmus testinde kullanılan ve güneş gözlükleri şeklindeki polarize gözlükler de kullanılabilir. Foropterlerde ise; bu testlere basıldığında, filtreler otomatik olarak gözlerin önüne yerleşir.

Binoküler Denge Testi: Bu test en sık kullanılan ve en pratik binoküler testtir. Binoküler denge testinin amacı fazla akomodasyon yapan gözü tespit ederek, her iki gözün görüntülerini dengelemektir. Bu testin yapılabilmesi için her iki gözün düzeltilmiş görme keskinlikleri eşit ve en azından 0.8 veya üzeri olmalıdır.

Bu test genellikle üç sıra harften veya iki sıra harf ile ortalarındaki düz bir çizgiden oluşur (Resim 2). Sağ göz üst sırayı, sol göz alt sırayı görür, orta sıra kılavuzdur ve her iki göz tarafından da görülür. Hastaya hangi sırayı daha parlak veya net gördüğü sorulur. Net gördüğü tarafa +0.25 diyoptri eklenir. Örneğin refraksiyon muayenesinde sağ gözü -0.50 D sol gözü -1.00 D bulunan bir miyopi hastasını ele alalım. Hastamız alt ve üst satırı eşit netlikte gördüğünü söylüyor ise binoküler denge vardır. Eğer alt satırı daha net gördüğünü söyler ise sol gözün önüne +0.25 D eklenir. Sol gözün yeni değeri -0.75 D olur ve üst ve alt satırların eşit hale gelip gelmediği tekrar sorulur.

Düokrom Denge Testi: “Polarize yeşil – kırmızı test” olarak da adlandırılır (Resim 3). Bu test önceki teste göre daha karışıktır ve ancak uyumlu hastalar ile doğru sonuçlar alınabilir. Binoküler denge testi için gerekli kıstaslar bu test için de geçerlidir. Amaç, her iki gözdeki akomodasyonların eşitlenerek binoküler dengenin sağlanmasıdır. Polarize camlar sayesinde sağ göz sadece üst satırı, sol göz ise sadece alt satırı görür. Hastalardan hem alt ve üst satırı hem de yeşil ve kırmızı şekil/harfleri karşılaştırması istenir.

- (a) Dört işaretin hepsinin netliği eşittir → Binoküler denge iyidir
- (b) Kırmızı taraftaki iki işaretin netliği eşittir → Hasta miyop ise binoküler denge iyidir, hipermetrop ise fazla düzeltme vardır
- (c) Yeşil taraftaki iki işaretin netliği eşittir → Hasta hipermetrop ise binoküler denge iyidir, miyop ise fazla düzeltme vardır
- (d) Üst sırada yeşil taraf ve alt sırada kırmızı taraf daha net → sağ göze +0.25 D eklenir
- (e) Üst sırada kırmızı taraf ve alt sırada yeşil taraf daha net → sol göze +0.25 D eklenir

Forya Testi: Forya ve fiksasyonlu forya testlerinde, hastalara rahatsızlık veren horizontal ve vertikal foryalar ölçülür. Gözlük camlarına eklenecek prizmalar bu testler ile belirlenerek hastalara reçete edilebilir. Fiksasyonlu forya testinin farkı her iki göz tarafından görülen ortadaki fiksasyon noktasının bulunması ve bu sayede füzyonu uyarak forya miktarını tespit etmesidir (Resim 4).

Forya testinde sağ göz dikey çizgiyi, sol göz ise yatay çizgiyi görür. Eğer hasta bu çizgilerden birisini göremiyor ise o gözde süpresyon olduğu anlamına gelir ve bu test yapılamaz. Dikey çizgi, ortadan sağa kayarsa ezoforya, sola kayarsa ekzoforya, aşağı kayarsa sağ hiperforya, yukarı kayarsa sol hiperforya saptanmış olur. Tıpkı Schober Testinde olduğu gibi, gözlerin önüne konulacak prizmalar ile de bu foryalar düzeltilmeye çalışılır.

Çakışma Testleri: Yatay ve dikey çakışma (koincidans) testlerinden oluşur. Bu testler ile süpresyon, yatay ve dikey foryalar belirlenebilir ama asıl anizeikoninin saptanmasında kullanılırlar. Sağ göz yatay çakışma testinde üstteki çerçeveyi, dikey çakışma testinde ise sağdaki çerçeveyi görür. Ortadaki yuvarlak, her iki göz tarafından da görülen ve polarizasyon içermeyen kılavuz noktası görevini görür.

Dikey çakışma testinde, anizeikoninin saptanması amacıyla hastalara “sol çerçeve ve sağ çerçeve aynı boyutta mı yoksa biri diğerinden daha mı küçük?” sorusu yöneltilir (Resim 5). Yatay çakışma testinde ise hastalardan üstteki çerçeve ile alttaki çerçeveyi mukayese etmeleri istenir.

Uzak Stereopsis Testleri: Bu testler ile uzaktan üç boyutlu görmeyi test etmek mümkündür (Resim 6). Testin başarılı olması için odanın ışıklarını kapatmak yararlı olur çünkü polarizasyon levhasına yansıtılan çubuklar oda içerisinde uzaysal bir dağılım gösterirler ve karanlık ortamda daha iyi fark edilirler.

Bu testler ile süpresyonun saptanması yanı sıra ambliyopi ve manifest kaymalarda derinlik hissinin etkilenip etkilenmediğini anlamak da mümkündür. Hastalara, çubukları farklı mesafelerde ve stereoskopik olarak görüp göremedikleri sorulur.

Sonuç

Refraksiyon muayenelerinde kullanılan binoküler testler, binoküler dengeli görmeyi sağlanmasına ek olarak, foryaların, stereopsisin ve anizeikoninin değerlendirilmesinde de kullanılırlar. Çağımızın en sık karşılaşılan görsel yakınmalarından olan astenopinin ve göz yorgunluğunun çözümünde ilk başvurulacak testler olmalıdırlar. Bu testler, özellikle foryaların tanısında ve prizmatik camların reçete edilmesinde günlük pratikte önemlidirler. Refraktif ve aksiyel anizometropilere bağlı ortaya çıkan anizeikonilerin tedavisinde yol gösterici olurlar.

KAYNAKLAR

1. von Noorden GK, Campos EC. *Binocular Vision and Ocular Motility* (6th ed). St. Louis; Mosby, Inc.; 2002:7-35.
2. Mukherjee PC. *Optics for Optometry Students* (1st ed). Noida; Gopsons Papers Ltd; 2009:29;291-298.
3. Salmon JF. *Kanski's Clinical Ophthalmology a Systematic Approach* (9 th ed). Oxford; Elsevier Ltd; 2020:18;697-743.

4. Bhootra AK. *Optician's Guide (1st ed)*. Haryana; Replika Press Pvt. Ltd; 2006;14;89-99.
5. Worth C. *Squint. 6th Edition*, 1929. Bailliere, Tindall & Cox, London.
6. Duane's *Clinical Ophthalmology*. New York: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
7. vKaufman FL, Alm A, Adler FH. *Adler's physiology of eye: clinical application (10th ed)*. St. Louis; Mosby, Inc.; 2003.
8. Montés-Micó R. Prevalence of general dysfunctions in binocular vision. *Ann Ophthalmol*. 2001;33:205-208.
9. Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No: 12. *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler (Birinci baskı)*. İstanbul; Özgün Ofset Tic. Ltd. Şti; 2010
10. Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No: 7. *Şaşılık (Birinci baskı)*. İstanbul; Epsilon Tic. Ltd. Şti; 2008
11. Soytürk M, Alaluf A. Kırmızı Kusurlarının Subjektif Muayene Yöntemleri. In: Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No: 12, eds. *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler (Birinci baskı)*. İstanbul; Özgün Ofset Tic. Ltd. Şti; 2010:98-151.
12. Alaluf A. Subjektif Refraksiyon Muayene Yöntemleri (Sferik Değerin Belirlenmesi ve İnce Ayarı, Astigmatik Saat Kadranı, Çapraz Silindir, Stenopeik Yarı, Binoküler Denge Testleri). *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics* 2017;10(1):39-47.
13. Otero-Millan J, Macknik SL, Martinez-Conde S. Fixational eye movements and binocular vision. *Front Integr Neurosci*. 2014;8:52.
14. Bossi M, Hamm LM, Dahlmann-Noor A, Dakin SC. A comparison of tests for quantifying sensory eye dominance. *Vision Res*. 2018;153:60-69.

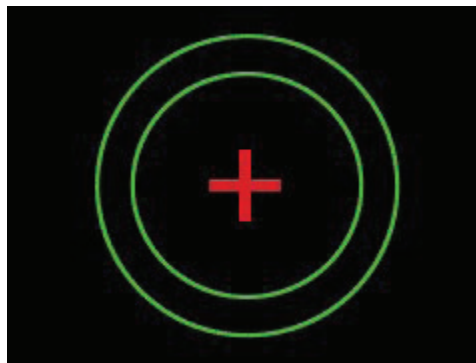
Tablo 1: Binoküler görme bozukluğu gelişen hastalarda görülen en sık yakınma ve bulgular.

Semptomlar ve Bulgular
Göz yorgunluğu Bulanık görme (yakında veya uzakta) Okumaktan kaçınma Koordinasyon eksikliği Baş dönmesi Baş ağrısı Mide bulantısı Fotofobi Gölgeli görüş (harfler veya kelimeler gölgeli görünüyor) Okurken satır atlama veya yerini kaybetme Denge bozukluğu Kapı çerçevelerine, masa kenarlarına, tezgâh köşelerine çarpma Okuma hızında azalma Anormal baş pozisyonu Duruş ve oturuş bozukluğu Çift görme Derinlik algısında azalma

Not: Bu tablodaki belirtiler popülasyonda görülme sıklıklarına göre vb. bir düzende verilmemiş, rastgele sıralanmışlardır.

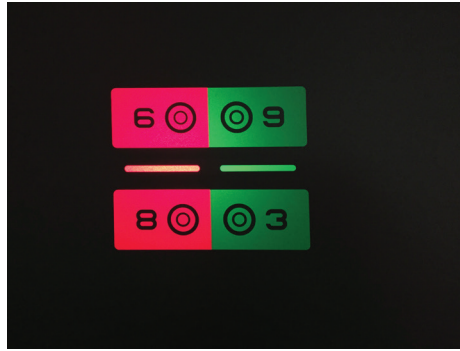
Tablo 2: Test sırasında kullanılan özel cam ve filtreleere göre binoküler testlerin sınıflandırılması.

Polarize Filtre	Yeşil - Kırmızı Filtre	Filtre veya Cam Kullanılmayan	Diğer
Binoküler Denge Testi Düokrom Denge Testi Forya Testi Fiksasyonlu Forya Testi Çakışma Testleri Ostenberg Stereo Testi Uzak Stereo Test Titmus Testi	Worth's 4 Nokta Testi Schober Testi TNO Random Dot Testi Hess Perdesi	Frisby Testi Lang Testi Maddox Kanadı	Bagolini Çizgili Lensleri Tabanı Dışarıda 4 Prizma Testi Maddox Camları (Kırmızı - Beyaz)

**Resim 1:** Schober testi.



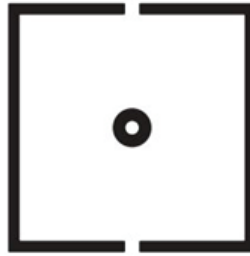
Resim 2: Binoküler denge testi.



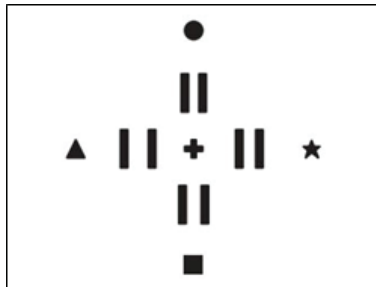
Resim 3: Düokrom denge testi.



Resim 4: Düokrom denge testi.



Resim 5: Dikey çıkışma testi.



Resim 6: Uzak stereo testi.

DOMİNANT GÖZ TESTLERİ, SİKLOPLEJİ NE ZAMAN, KİME?

Dr. Erbil SEVEN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Van

Giriş

Dominant (Baskın) göz, monoküler görevleri yerine getirmemiz gerektiğinde bilinçsizce seçtiğimiz göz olarak tanımlanır.¹ Klinik nörooftalmoloji alanında, oküler baskınlığın birçok göz hastalığında anahtar rol oynadığı bilinmektedir. Özellikle okuma gözlüğü veya bifokal ihtiyacını azaltmak için monovizyon düzeltme düşünülüyorsa, göz baskınlığının dikkate alınması gerekmektedir.² Baskın gözü bulmak için kullanılan özel testlerle belirlenen üç farklı göz baskınlığı türü vardır: Görme açısından, duyuşal ve motor baskınlık. Oküler baskınlığın belirlenmesinde tanımlanmış çok sayıda test bulunmaktadır.³

Oftalmoloji pratiğinde sikloplejik refraksiyon muayenesinin ne zaman gerekli olduğu konusunda geniş bir görüş yelpazesi vardır. Kirma kusurlarının tespitinde kimi durumlarda sikloplejisiz refraksiyon ölçümü yeterli olurken, sikloplejik refraksiyon muayenesinin gerekli olduğu durumlar da bulunmaktadır.⁴

Bu bölümde, dominant göz testleri ve sikloplejik refraksiyon muayenesinin ne zaman ve kime uygulanması gerektiği irdelenecektir.

Dominant Göz, Fizyolojik Temeli

Baskın göz genellikle, yalnızca bir gözün kullanılabileceği davranışsal koordinasyonlarda tercih edilen göz, monoküler görmeler farklı olduğunda tercih edilen göz veya fizyolojik ya da refraktif üstünlüğü olan göz olarak tanımlanmaktadır.⁵ Oküler baskınlık, kritik derecede önemli olan binoküler görme ve oküler füzyon olgusuyla doğrudan ilişkilidir.⁶ Görsel sistem, sağ ve sol göz tarafından iletilen görüntüleri birleştirerek ve bu füzyonun bir sonucu olarak stereoskopik derinlik bilgisini içeren tek bir görüntüyü algılamak için dizayn edilmiştir. Bu binoküler yapı üzerinde baskın olan tek bir göz fikri, insan görsel sisteminin bağlantılarına dair uzun süredir kabul edilen anlayışlarla çelişmektedir.

Oküler baskınlık, elektrofizyolojik olarak gösterilebilir ve ille de el baskınlığıyla ilişkili değildir.⁷ Yapılan bir meta-analizde, sağ eli baskın olanların %35'inin, sol eli baskın olanların da %57'sinin sol gözünün baskın olduğu tespit edilmiş, el ve göz dominansı arasında ilişki bulunamamıştır.⁸ İki göz arası retina rekabeti ve oküler baskınlık ile ilgili bazı istemsiz olaylar meydana gelebilir. Örneğin, aynı görüntü her bir gözde farklı parlaklık seviyelerinde iletilirse bir gözde görüntü baskılanabilir (Oküler baskınlık), ya da binoküler görüntü, aynı görüntüye monoküler olarak bakıldığındakinden daha az parlak görünebilir (Örneğin, tek gözde katarakt). Bununla birlikte, bir gözün tercihi kullanımıyla ilişkili gerçek kortikal baskınlığın varlığı kanıtlanamamıştır.

Binoküler nöronların, primer vizüel kortekste bir göz için tercih gösterme eğiliminde olduğu ve oküler baskınlık sütunları (OBS) halinde düzenlendiği gösterilmiştir.^{9,10} Kortikal görsel gelişim, görsel uyarılara yanıt olarak doğumdan sonra meydana gelir. OBS'lerin normal gelişimi için eşit binoküler girdiler gereklidir.¹¹ OBS'lerin gelişimi görsel deprivasyondan derinden etkilenebilir. Monoküler görme yoksunluğu, normal gözden gelen işlevsel bağlantıların korunmasına ve yoksun gözden işlevsel olmayan bağlantıların bozulmasına neden olur.¹² Oküler baskınlık, deneysel olarak indüklenebilir ve çeşitli moleküler mekanizmalarla bağlantılı kritik bir nöral plastisite periyoduna bağlıdır.⁷ Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme çalışmaları, baskın gözün primer görme korteksinde daha büyük bir aktivasyon alanına sahip olduğunu göstermiştir.¹³

Dominant Gözün Önemi

Günlük hayatta baskın gözün önemli olabileceği düşünülen bazı spor dalları bulunmaktadır. Beyzbol, golf, kriket gibi bazı sporlarda göz baskınlığı ile vuruş performansı ilişkisi karşılaştırılmıştır. Bulgular çelişkili olsa da, göz tercihi ile vuruş performansı arasında ilişki bulunamamıştır.^{14,15} Göz baskınlığının önemli görüldüğü tek spor dalı atıcılık olarak bulunmuştur.¹⁶ Bu sporda ipsilateral (aynı taraf) baskınlık, başarı için gerekli becerilerin kazanılmasında avantajlar sunar.

Oftalmoloji pratiğinde, baskın gözün tespiti çeşitli durumlarda gereklidir. Özellikle presbiyopinin monovizyon (Kontakt lens, intraoküler lens implantasyonu, LASİK v.b.) ile düzeltilmesinde işlem öncesinde baskın göz belirlenmelidir.¹⁷ Monovizyon hastalarının %95'inde baskın göze uzak görüş için düzeltilmiş, baskın olmayan göz yakın görme için bırakılmış, indüklenmiş anizometri 2,50 diyoptriden (D) fazla değildir.¹⁸ Bu uygulama, dominant olmayan gözde bulanıklığı baskılayanın dominant olandan daha kolay olacağı varsayımına dayanmaktadır. Şaşılık cerrahisinde ve ambliyopi tedavisinin belirlenmesinde de dominant gözün önemi gösterilmiştir.^{19,20}

Dominant Göz Testleri

Baskın göz; görme, hareket ve binoküler duyuşal rekabetten oluşan üç boyutlu avantaja sahip bir yapıdır.²¹ Gözün avantajı çok yönlüdür ve baskın gözü ölçmek için klinik yöntemler, baskın durumun farklı yönlerine göre farklıdır. Tüm muayene yöntemleri, kırma kusurunun düzeltilmesinden sonra yapılmalıdır.

Göz hekimleri, normal veya prizmatik gözlük yazarken genellikle baskın gözü değerlendirirler. Ancak, oküler baskınlığı değerlendirmenin farklı yöntemleri vardır ve çoğu insan için baskın olan göz, değerlendirilecek parametreye bağlı olarak değişecektir.^{22,23} Örneğin, hekim bir gözün hemen önüne bir prizma reçete etmek isterse (baskın olmayan göz), hangi gözün prizmayı gerektirdiğini belirlemek için en uygun test, prizmayı belirlemek için kullanılan testtir (Örneğin, Mallett fiksasyon disparite testi). Bir göz hekimi monovizyon reçete ediyorsa, mesafe için hangi gözün tercih edildiğini belirlemenin en iyi yöntemi, uzak için monovizyon durumunu simüle etmektir. Yani hasta uzaktaki nesneye fiksasyon yaparken, yakın görüş lensi ile sağ ve sol göz bulanıklaştırıldığında hangi taraf ile daha rahat ve net olduğu sorgulamaktır.¹⁷ Dominant göz testleri görme açısından, motor ve duyuşal testler olarak üç başlıkta sınıflandırılabilir.

Görme Açısından Göz Baskınlığı Testleri

Görme açısından göz baskınlığı, bir hedefi tespit etmede bir gözün diğer göze tercihten kullanıldığını ifade eder.²⁴ Bazı çalışmalar görsel yön yargısı ile bu tür bir ilişkinin güçlü olmadığını gösterse de,²⁵ genellikle görsel yön yargısıyla ilgili olduğu düşünülür.²⁶ Görme açısından göz baskınlığı testlerinde dominant göz, çok sayıda tanımlanmış farklı yöntem (Kartta delik yöntemi, parmakla işaret yöntemi, prizma yöntemi, Parson manoptoskop yöntemi, Miles A-B-C testi, Dolman kart testi v.b.) kullanılarak ölçülebilir. Pratikte sık kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Kartta Delik Yöntemi: Deneğe, içinde 3 cm çapında merkezi dairesel bir delik bulunan bir karton parçası verilir. Hastadan kartonu iki eliyle tutması ve her iki gözü açık olarak delikten 6 metre uzaktaki bir hedefi görmesi istenir. Baskın göz kapatıldığında hedef delikten görülemez. Alternatif olarak, baskın olmayan göz kapatıldığında, baskın göz delikten hedefi görmeye devam eder.²⁷

Parmakla İşaret Yöntemi: Hastaya, uzakta belirli bir noktaya bakması ve baş parmağını görüş hattına koyması söylenir. Hastadan sağ gözünü kapatması istenir, baş parmağı noktayı kapatıyorsa sol baskın gözdür. Aksi takdirde, sağ göz, gören baskın gözdür.²⁸ Bu muayene işlemi, hastanın hareket etmemesini gerektirir. Parmakla işaret etme, bir muayene cihazı gerektirmez ancak anlaşılması zordur ve bazı hastalar, muayeneyi zorlaştıran fizyolojik diplopi nedeniyle bir eli iki gibi davranırlar.

Kartta delik yöntemi basit ve anlaşılması kolay olduğundan, gören baskın gözün klinik ölçümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki testin arasında ve test, tekrar test güvenilirliğinde yeterli derece kabul edilebilir olmadığını gösteren çalışmalar mevcuttur.⁶

Motor Dominant Göz Testleri

Motor baskınlıkta, baskın göz konverjansın yakın noktasında fiksasyonu kaybetme olasılığı daha düşük olan göz olarak tanımlanır²⁹ ve ekstraoküler kasların innervasyon paternleri ile durumu, motor dominansın belirlenmesinde rol oynayabilir. Motor baskınlığı tespit etmede farklı testler tanımlanmıştır (Konverjans yakın nokta testi, Dunlop metodu, Mallett fiksasyon disparite testi v.b.). Pratikte daha sık kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Konverjans yakın nokta testi: Oküler baskınlık, deneğin baskın olmayan göz olarak alınan bir gözde sapma oluşana kadar buruna doğru hareket ettirilen bir nesneye sabitlenmesiyle doğrulanır. Bir gözdeki sapma göz hekimi tarafından değerlendirilir.³⁰

Dunlop testi: Sinoptofor kullanarak binoküler akomodasyon temelinde baskın gözün belirlenmesidir.³¹ Test yapılan kişinin subjektif hissini testin son noktası olarak alır, bu yüzden bu yöntemi anlamak zordur.

Bu nedenle, konverjans yakın nokta testi, motor baskın gözü belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Duyusal Dominant Göz Testleri

Duyusal baskınlık, retina rekabet koşullarında bir göze sunulan bir uyarının algısı diğerine baskın olduğunda ortaya çıkar.³² Duyusal baskın gözün belirlenmesi için çok sayıda tanımlanmış yöntem (Ek lens yöntemi, Worth dört nokta yöntemi, polarize cam testi, uzak stereo test, Haidinger testi, Phi testi v.b.) bulunmaktadır.

Ek lens yöntemi: Hasta 6 metre mesafedeki nesneye bakarken önce bir göze sonra diğerine +1 D sferik lens eklenir. Hasta (her ikisinin de kendisine doğru refraksiyondan daha kötü görme kalitesi verdiğini bilerek) iki durumdan hangisinin daha rahat olduğuna karar vermelidir. Hasta sağ gözün üzerinde +1 D lens ile daha rahat ise, sol göz baskındır ve bunun tersi de geçerlidir. Aynı test, yakın bir hedef kullanılarak tekrarlanır. Ancak yakında lens eklenen sağ gözü daha rahat ise sağ gözü, lens eklenen sol gözü daha rahat ise sol gözü baskındır.¹⁸

Worth dört nokta testi: Worth dört nokta testinde, hasta hedefi kırmızı-yeşil gözlüklerle, önce sağ gözün üzerinde kırmızı filtre, sonra sağ gözün üzerinde yeşil filtre ile görür. Önemli olan beyaz noktaya verilen yanıtıdır. Oküler baskınlık durumunda, bu baskın göz üzerinde kırmızı filtre ile kırmızımsı bir renge ve baskın göz üzerinde yeşil filtre ile yeşilimsi bir renge sahip gibi görünecektir.

Oküler dominansının farklı testlerle (görme, motor ve duyu baskınlık testleri) monovizyon üzerine etkisini değerlendiren bir çalışmada,¹⁸ kartta delik ve kaleydoskop testleri dışında, yapılan tüm testlerde önemli oranda belirsiz sonuçlar bulunmuştur. Testler ikiye ikiye veya üçer üçer karşılaştırıldığında, korelasyonlar düşük bulunmuştur. Başka bir çalışmada görme ve motor dominant göz testleri karşılaştırılmış, oküler baskınlık testlerinin sonuçlarının, hem test mesafesine hem de test prosedürünün bir parçası olarak gerçekleştirilen spesifik aktiviteye bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.³⁰ Katarakt ameliyatı geçiren bazı hastalar, monovizyon düzeltmesi sağlamak için göz içi lenslerin seçilmesini tercih edebilir. Kataraktan kaynaklanan zayıf görme keskinliği, geleneksel oküler baskınlık testlerini gerçekleştirmeyi imkansız hale getirebilir. Bununla ilgili Handa ve ark. retinometreler ile oküler baskınlığın tespit edilebildiği yeni yöntemlerini tanımlamışlardır.³³

Siklopleji Ne Zaman, Kime?

Sikloplejik refraksiyon muayenesinin ne zaman ve kime gerekli olduğu konusunda geniş bir görüş yelpazesi vardır.³⁴ Fotedar ve ark. 12 yaşındaki çocuklarda siklopleji öncesi ve sonrası refraktif ölçümleri değerlendirdiği çalışmalarında, sikloplejisiz refraksiyonla miyopların %18'ini yüksek tahmin ederken, orta ve yüksek hipermetropililerin %2'sini saptayamadığını bulmuşlardır.³⁵ Doherty ve ark., 6-13 yaş arası çocuklarda astigmatizma tanısı ve tespiti için nonsikloplejik refraksiyonun yeterli olduğunu bulmuşlardır.⁴ Aynı çalışmada, sikloplejisiz $\geq +1.50D$ sferik değer, sikloplejik retinoskopi ile değerlendirildiğinde, klinik olarak anlamlı hipermetropiyi ($\geq +2.50D$) göstermede nispeten duyarlı (%87) ve özgül (%96) bulunmuştur. Bu bulgular, sikloplejik refraksiyonun polikliniğe başvuran tüm çocuklar için gerekli olmadığı, ancak sikloplejik olmayan refraksiyon önemli hipermetropisi olan vakaların %13'ünü kaçırdığı için bazı durumlarda siklopleji endikasyonlarının uygulanması gerektiği görüşünü desteklemektedir. Siklopleji, şu durumların herhangi birinin varlığında uygulanmalıdır:³ İçe kayma şikayeti, ezotropeya, anlamlı ezoforya, diğer şüpheli semptom (Örneğin, küçük bir çocuğun bir gözünü kapatması), aile öyküsünde yüksek hipermetropi şüphesi, belirgin düşük akomodasyon, azalmış görme keskinliği, anormal stereo-keskinlik, kararsız objektif veya subjektif refraksiyon (Zayıf kooperasyondan kaynaklananlar dahil), objektif ve subjektif sonuçlar arasında büyük fark olması, yaşa göre yüksek hipermetropi, küçük çocukta belirgin anizometropi ve akomodasyon spazmı.

Sikloplejik ajan damlatılmadan önce, tüm uygun testlerin yapıldığından emin olmak önemlidir. Örneğin, ezodeviasyonu olan bir hastada retinoskopide küçük/orta derecede hipermetropi bulunursa, siklopleji yapılmadan önce bu refraksiyon düzeltilerek örtme testi sonucunun nasıl değiştiği kontrol edilmelidir. Bu reçete ezodeviasyonu düzeltmezse, ek artı sferik lensler denenmelidir. Siliyer kas felç olduktan sonra bu tür testler yararlı olmayacaktır ve yine de bu bilgi reçete yazarken çok önemlidir.

Sikloplejik refraksiyon muayenesi için siklopentolatın atropine benzer şekilde yeterli siklopleji sağladığı gösterilmiştir.³⁶ Atropine bağlı yan etki insidansının siklopentolata göre 7 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir.³⁶ Günümüzde gerek etki başlangıcı ve süresi uzun olması gerekse yan etkilerinin daha sık olması nedeniyle sikloplejik muayene için atropin tercih edilmemektedir. Siklopentolat tipik olarak sikloplejik refraksiyon için kullanılır, ancak tropikamid çoğu sağlıklı, şaşılığı olmayan bebek için yeterlidir.³⁷ Siklopentolat ve tropikamidin karşılaştırıldığı bir meta-analizde, hipermetropik çocuklar hariç retinoskopi yapılan tüm hastalarda siklopentolat daha güçlü etkisine rağmen sikloplejik refraksiyonda tropikamide göre anlamlı fark bulunamamıştır.³⁸ Siklopleji için optimal dozajın araştırıldığı bir çalışmada, tek damla %1'lik siklopentolatın yeterli siklopleji sağladığı gösterilmiştir.³⁹ Kahverengi irisli gözlerde %1'lik siklopentolatın ilk damladan 30 dakika sonra yeterli siklopleji sağladığı gösterilmiştir.⁴⁰ Siklopentolat damlaya bağlı epileptik nöbet gelişebilen pediatrik vakalar tespit edilmiştir.⁴¹ Amerikan Optometri Derneği sikloplejik muayene için, 1 yaş altında %0,5'lik, 1 yaş üzerinde %1'lik siklopentolat damla kullanımının güvenli olduğunu söylemektedir.⁴² Pediatrik popülasyonda yapılan bir kohort çalışmada,⁴³ tekrarlanan dozlarda siklopentolatın özellikle çocuklarda santral sinir sistemi üzerine yan etkileri artırabildiği ve bu nedenle tek doz kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Son dönemde yapılan bir çalışmada, siklopentolata bağlı yan etkilerin beklenenden daha sık olduğu ancak çoğunlukla hafif ve geçici olduğu gösterilmiştir.⁴⁴ İdeal olarak

siklopleji, öğleden sonra geç saatlerde yapılmalıdır böylece artmış AK/A oranının binoküler stresli dönemi çocuk uykudayken meydana gelir. Ayrıca, sikloplejinin neden olduğu fotofobi, alacakaranlıkta daha az problem olacaktır. Çocuğun yakın çalışmadan (ödev, kitap okuma v.b.) muaf tutulması gerekecektir.

Sonuç

Özetle, oftalmoloji pratiğinde dominant gözün belirlenmesi başta presbiyopinin monovizyon ile düzeltilmesi uygulamalarında olmak üzere, şaşılık ve ambliyopi tedavilerinde kullanılmaktadır. Çok sayıda tanımlanmış görsel, duyuşal ve motor testlerden oluşan dominant göz testleri baskın gözün belirlenmesinde kullanılabilir. Hangi testin kullanılacağı, değerlendirilecek parametreye bağlı olarak belirlenmelidir.

Siklopleji, refraksiyon muayesinin önemli bir parçası olup hangi durumda uygulanacağı göz hekimi tarafından belirlenmelidir. Bazı hastalarda sikloplejisiz refraksiyon muayenesi yeterli olduğu halde, sikloplejik muayenenin yapılması gereken durumlar akılda tutulmalıdır. Sikloplejik göz damlalarına bağlı gelişebilecek potansiyel yan etkiler (Özellikle santral sinir sistemi üzerine) unutulmamalıdır. Mümkünse tek damla kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Chaumillon R, Alahyane N, Senot P, Vergne J, Lemoine C, Doré-Mazars K, Blouin J, Vergilino-Perez D, Guillaume A. Quantification of ocular dominance for better management of eye disease. *Journal Francais D'Ophtalmologie*. 2015;38(4):322-332. doi:10.1016/J.JFO.2014.10.009
2. Nitta M, Shimizu K, Niida T. The influence of ocular dominance on monovision--the interaction between binocular visual functions and the state of dominant eye's correction. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi*. 2007;111(6):435-440.
3. Evans BJW. Detecting Binocular Vision Anomalies in Primary Eyecare Practice. In: *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*. Elsevier; 2022:11-44. doi:10.1016/B978-0-323-73317-5.00002-6
4. Doherty SE, Doyle LA, McCullough SJ, Saunders KJ. Comparison of retinoscopy results with and without 1% cyclopentolate in school-aged children. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2019;39:272-281. doi:10.1111/opo.12629
5. Porac C, Coren S. The dominant eye. *Psychological Bulletin*. 1976;83(5):880-897. doi:10.1037/0033-2909.83.5.880
6. Laby DM, Kirschen DG. Thoughts on ocular dominance-is it actually a preference? *Eye & contact lens*. 2011;37(3):140-144. doi:10.1097/ICL.0B013E31820E0BDF
7. Forrester J, Dick A, McMenamin P, Roberts F, Pearlman E. Physiology of vision and the visual system. In: *The Eye*. W.B. Saunders; 2016:269-337.e2. doi:10.1016/B978-0-7020-5554-6.00005-8
8. Bourassa DC, McManus IC, Bryden MP. Handedness and eye-dominance: a meta-analysis of their relationship. *Laterality*. 1996;1(1):5-34. doi:10.1080/713754206
9. Horton JC. Ocular integration in the human visual cortex. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 2006;41(5):584-593. doi:10.1016/S0008-4182(06)80027-X
10. Adams DL, Sincich LC, Horton JC. Complete pattern of ocular dominance columns in human primary visual cortex. *The Journal of Neuroscience*. 2007;27(39):10391-10403. doi:10.1523/JNEUROSCI.2923-07.2007
11. Horton JC, Hocking DR. Timing of the critical period for plasticity of ocular dominance columns in macaque striate cortex. *The Journal of Neuroscience*. 1997;17(10):3684-3709. doi:10.1523/JNEUROSCI.17-10-03684.1997
12. Horton JC, Stryker MP. Amblyopia induced by anisometropia without shrinkage of ocular dominance columns in human striate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1993;90(12):5494-5498. doi:10.1073/PNAS.90.12.5494
13. Rombouts SARB, Barkhof F, Sprenger M, Jaap Valk, Scheltens P. The functional basis of ocular dominance: functional MRI (fMRI) findings. *Neuroscience Letters*. 1996;221(1):1-4. doi:10.1016/S0304-3940(96)13260-2
14. Laby DM, Appelbaum LG. Review: Vision and On-field Performance: A Critical Review of Visual Assessment and Training Studies with Athletes. *Optometry and Vision Science*. 2021;98(7):723-731. doi:10.1097/OPX.0000000000001729
15. Dalton K, Guillon M, Naroo SA. Ocular Dominance and Handedness in Golf Putting. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*. 2015;92(10):968-975. doi:10.1097/OPX.0000000000000690
16. Jones LF, Classe JG, Hester M, Harris K. Association between eye dominance and training for rifle marksmanship: a pilot study. *Journal of the American Optometric Association*. 1996;67(2):73-76.
17. Evans BJW. Monovision: A review. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2007;27(5):417-439. doi:10.1111/j.1475-1313.2007.00488.x
18. Seijas O, Gómez de Liaño P, Gómez de Liaño R, Roberts CJ, Piedrahita E, Díaz E. Ocular Dominance Diagnosis and Its Influence in Monovision. *American Journal of Ophthalmology*. 2007;144(2):209-216.e1. doi:10.1016/J.AJO.2007.03.053
19. Jeoung JW, Lee MJ, Hwang JM. Bilateral Lateral Rectus Recession Versus Unilateral Recess-Resect Procedure for Exotropia With a Dominant Eye. *American Journal of Ophthalmology*. 2006;141(4):683-688. doi:10.1016/J.AJO.2005.11.021
20. Ding J, Levi DM. Rebalancing binocular vision in amblyopia. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2014;34(2):199-213. doi:10.1111/OPO.12115
21. Liping Q, Hua W. Qiu Liping, Wang Hua. Formation Mechanism and Clinical Application of the Dominant Eye. *International Journal of Ophthalmology & Visual Science*. 2020;5(2):47-52. doi:10.11648/j.ijovs.20200502.12
22. Ehrenstein WH, Arnold-Schulz-Gahmen BE, Jaschinski W. Eye preference within the context of binocular functions. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2005;243(9):926-932. doi:10.1007/S00417-005-1128-7
23. Ding Y, Naber M, Gayet S, van der Stigchel S, Paffen CLE. Assessing the generalizability of eye dominance across binocular rivalry, onset rivalry, and continuous flash suppression. *Journal of Vision*. 2018;18(6). doi:10.1167/18.6.6
24. Ito M, Shimizu K, Kawamorita T, Ishikawa H, Sunaga K, Komatsu M. Association between ocular dominance and refractive asymmetry. *Journal of Refractive Surgery*. 2013;29(10):716-720. doi:10.3928/1081597X-20130813-02
25. Sridhar D, Bedell HE. Relative contributions of the two eyes to perceived egocentric visual direction in normal binocular vision. *Vision Research*. 2011;51(9):1075-1085. doi:10.1016/J.VISRES.2011.02.023
26. Reiss M, Reiss G. Ocular dominance: some family data. *Laterality*. 1997;2(1):7-16. doi:10.1080/713754254
27. Momeni-Moghaddam H, McAlinden C, Azimi A, Sobhani M, Skiadaresi E. Comparing accommodative function between the dominant and non-dominant eye. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2014;252(3):509-514. doi:10.1007/S00417-013-2480-7/FIGURES/1
28. Kommerell G, Schmitt C, Kromeier M, Bach M. Ocular prevalence versus ocular dominance. *Vision Research*. 2003;43(12):1397-1403. doi:10.1016/S0042-6989(03)00121-4

29. Kawata H, Ohtsuka K. Dynamic asymmetries in convergence eye movements under natural viewing conditions. *Japanese Journal of Ophthalmology*. 2001;45(5):437-444. doi:10.1016/S0021-5155(01)00405-1
30. Rice ML, Leske DA, Smestad CE, Holmes JM. Results of ocular dominance testing depend on assessment method. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2008;12(4):365-369. doi:10.1016/J.JAAPOS.2008.01.017
31. Newman SP, Wadsworth JF, Archer R, Hockly R. Ocular dominance, reading, and spelling ability in schoolchildren. *British Journal of Ophthalmology*. 1985;69(3):228-232. doi:10.1136/BJO.69.3.228
32. Sengpiel F, Blakemore C, Kind PC, Harrad R. Interocular suppression in the visual cortex of strabismic cats. *The Journal of Neuroscience*. 1994;14(11 Pt 2):6855-6871. doi:10.1523/JNEUROSCI.14-11-06855.1994
33. Handa T, Uozato H, Higa R, Nitta M, Kawamorita T, Ishikawa H, Shoji N, Shimizu K. Quantitative measurement of ocular dominance using binocular rivalry induced by retinometers. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2006;32(5):831-836. doi:10.1016/J.JCRS.2006.01.082
34. Doyle LA, McCullough SJ, Saunders KJ. Cycloplegia and spectacle prescribing in children: attitudes of UK optometrists. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2019;39:148-161. doi:10.1111/opo.12612
35. Fotedar R, Rochtchina E, Morgan I, Wang JJ, Mitchell P, Rose KA. Necessity of cycloplegia for assessing refractive error in 12-year-old children: a population-based study. *American Journal of Ophthalmology*. 2007;144(2):307-309. doi:10.1016/J.AJO.2007.03.041
36. Farhood Q. Cycloplegic Refraction in Children with Cyclopentolate versus Atropine Prevalence of refractive errors among iraqi patients with keratoconus View project. Article in *Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*. Published online 2012. doi:10.4172/2155-9570.1000239
37. Wakayama A, Nishina S, Miki A, Utsumi T, Sugawara J, Hayashi T, Sato M, Kimura A, Fujikado T. Incidence of side effects of topical atropine sulfate and cyclopentolate hydrochloride for cycloplegia in Japanese children: a multicenter study. *Japanese Journal of Ophthalmology*. 2018;62(5):531-536. doi:10.1007/s10384-018-0612-7
38. Twelker JD, Mutti DO. Retinoscopy in infants using a near noncycloplegic technique, cycloplegia with tropicamide 1%, and cycloplegia with cyclopentolate 1%. *Optometry and vision science* : official publication of the American Academy of Optometry. 2001;78(4):215-222. doi:10.1097/00006324-200104000-00010
39. Yazdani N, Sadeghi R, Momeni-Moghaddam H, Zarifmahmoudi L, Ehsaei A. Comparison of cyclopentolate versus tropicamide cycloplegia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Optometry*. 2018;11(3):135-143. doi:10.1016/j.optom.2017.09.001
40. Bagheri A, Givrad S, Yazdani S, Reza Mohebbi M. Optimal dosage of cyclopentolate 1% for complete cycloplegia: a randomized clinical trial. *European Journal of Ophthalmology*. 2007;17(3):294-300. doi:10.1177/112067210701700303
41. Laojaroenwanit S, Layanun V, Praneepachachon P, Pukrushpan P. Time of maximum cycloplegia after instillation of cyclopentolate 1% in children with brown irises. *Clinical Ophthalmology*. 2016;10:897-902. doi:10.2147/OPTH.S102611
42. Wygnanski-Jaffe T, Nucci P, Goldchmit M, Mezer E. Epileptic seizures induced by cycloplegic eye drops. *Cutaneous and Ocular Toxicology*. 2014;33(2):103-108. doi:10.3109/15569527.2013.808654
43. Major E, Dutson T, Moshirfar M. Cycloplegia in Children: An Optometrist's Perspective. *Clinical Optometry*. 2020;12:129. doi:10.2147/OPTO.S217645
44. van Minderhout H, Joosse M, Grootendorst D, Schalij-Delfos N. Adverse reactions following routine anticholinergic eye drops in a paediatric population: An observational cohort study. *BMJ Open*. 2015;5(12). doi:10.1136/bmjopen-2015-008798
45. Imai T, Hasebe S, Furuse T, Morisawa S, Hasebe K, Nagata Y, Tokutake T, Moriyama Y. Adverse reactions to 1% cyclopentolate eye drops in children: an analysis using logistic regression models. *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2021;41(2):424-430. doi:10.1111/OPO.12773

GÖZLÜK CAMLARININ ÖZELLİKLERİ VE MATERYALLER

Dr. Emine ŞEN, Dr. Serdar BAYRAKTAR
SBÜ Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara

Tarihçe

Gözlük; hem kırma kusurlarının düzeltilmesinde hem de gözleri fiziksel travma ve zararlı radyasyondan korumada kullanılır. Gözlüklerin bulunuşundan önce görme keskinliği doğal gün ışığı ile sınırlıydı. Milattan önce (MÖ) 1500'de Mısırlılar'ın cam ürettiği, ancak bundan gözlük yaptıklarına dair bir kanıt olmadığı bilinmektedir.¹ Gözlüğün icadı 2000 yıl önce Çinlilere atfedilse de, Çinliler merceği refraktif amaçlı değil, kötü bakışlardan korunmak için kullanmışlardır. MS 54'te Pliny, Nero'nun başparmak halkasına takılmış bir beril veya zümrüt merceği taktığını kaydeder.¹

11. yüzyılda okuma taşı daha inceydi ve okuma camı olarak gözün önünde tutuluyordu. 11. yüzyılın sonunda kaba bir çerçeve ve kulp takıldı.¹ 13. yy'da ise Marco Polo, okumak için dışbükey mercekler kullanan yaşlı Çinli erkekleri gördüğünü kaydetti.^{1,2} Ortaçağ Avrupası'nda gözlük kullanımının önündeki en büyük engel, "acılara sessizce katlanılması gerektiği" öğretisini savunan kilisedi. Gözlüklerin icadıyla ilgili bilinen ilk kayıtlar, Floransa'da yaşayan Alessandro della Spina adlı keşiş ve görüntülenen nesnelerin görünümünü büyütme için iki dışbükey mercek kullanan arkadaşı fizikçi Salvino d'Armato'yu işaret eder.^{1,2} Gözlük kullanımının ilk kaydedilen görsel görüntüsü, burnunun ucuna gözlük takmış din bilginini gösteren bir fresktedir. Raphael'in 1517'de yaptığı bir resimde Papa X. Leo, uzağı görmek için içbükey mercekler takarken tasvir edilmiştir. 1476'da matbaanın keşfi sonrası gözlük üretimi için daha yaygın bir talep oluştu ve kullanımı Avrupa'da hızla yayıldı.²

İlk gözlükler, bir çerçeve içinde elde tutulan tek bir lens ve daha sonra onları burun üzerinde tutmak için bir bağlantı merkezi yay parçasına sahip bir çift lensti. En eski lensler kuvars ve berilyum (beril) yapılmıştır. Beril kelimesinin Fransızcası beriküldür ve "besicles" gözlük anlamına gelir. Lens sözcüğü de İtalyanca "lentic"den gelmektedir. İlk çerçeveler demir, pirinç, gümüş, altın, boynuz ve deri gibi farklı malzemelerden yapılmıştır. Sıradan bireylerin camları sade olmasına rağmen, varlıklı insanların çerçeveleri genellikle altındandı veya inci taneleriyle süslenmişti.²

Gözlükler icat edildikleri andan itibaren nasıl tutulacağı sorunu da beraberinde geldi. Burun ucuna yerleştirilen lensler, burun büyüklüğündeki ve göz hareketlerindeki farklılıklar nedeniyle göze ideal dikey eksende değildi. Bu sorun 1730'da kulağa dayanan sert yan parçalar kullanan Londralı bir gözlükçü Benjamin Scarlett tarafından çözüldü ve o zamandan beri gözlüklerin görünümü hemen hemen aynı kaldı.²

İki gözlük seti ile uğraşmaktan bıkan Benjamin Franklin, 1780'lerde ilk çift odaklı gözlükleri geliştirdi. Hem okuma hem de uzak görüş için içbükey bir merceğin yarısı ile dışbükey bir merceğin yarısını tek bir karede birleştirdi. Trifokaller ilk olarak 1826'da kullanıldı. 19 yy'da Sanayi Devrimi ile birlikte, gözlükler daha uygun fiyatlı hale geldi ve camların taşlanmasıyla ilerlemeler gözlüklerin kalitesini büyük ölçüde artırdı. Günümüzde gözlükler insanın dünyaya bakışını büyük ölçüde değiştirmiştir.²

Sferik ve silindirik gözlük camları miyopi, hipermetropi, presbiyopi ve astigmatizma gibi kırma kusurlarını tedavi etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Mercekler, çeşitli malzemeler kullanılarak üretilir ve belirli uygulamalarda kullanımı optimize etmek için çeşitli optik profillerle tasarlanabilir. Gözlük camlarının önemli özellikleri arasında; kırılma indeksi, renk ayrışması, Abbe sayısı (kromatik dağılım), azaltma faktörü, özgül ağırlık ve ultraviyole (UV) absorpsiyon bulunur.³

1. Kırıcılık (Kırılma=Refraktif) İndeksi: Kırılma, bir ışık dalgasının bir ortamdan diğerine geçerken yönünün değişmesi olarak tanımlanır.^{4,5} Işığın havadaki yayılma hızının, optik ortamdaki (cam, plastik, su vb) yayılma hızına oranına "kırılma indeksi" denir.⁵ Işığın yön değiştirdiği miktar, her ortamın kırılma indekslerine bağlıdır ve Snell yasası ile sayısal olarak açıklanır.⁴

$$n_1 \times \sin Q_1 = n_2 \times \sin Q_2$$

Kırılma indeksi, optik camlar için önemli bir parametredir. Bir materyalin kırılma indeksi, ışığın o maddeden ne kadar hızlı geçtiğini tanımlar ve ışığın uzay boşluğundaki hızının (saniyede 3×10^8 metre) ortamdaki belirli bir dalga boyunun hızına bölünmesiyle tanımlanır. Bu değer arttıkça aynı refraktif güç daha ince görünümlü lenslerle sağlanabilir. Ancak kırılma indeksinin yüksek olması daha fazla yansımaya ve dolayısıyla daha düşük ışık iletimine, ayrıca renk ayrışmasında artışa (daha düşük Abbe sayısı) neden olur, ancak mercek daha ince üretilir. Bir cam materyalinin ideal olması için, yüksek kırılma indeksine sahip olmasının yanı sıra, düşük renk ayrışması yapması da istenir. Bazı materyal ve merceklerin kırılma

indeksleri Tablo 1'de listelenmiştir.

Daha yüksek kırılma indeksine sahip lens materyalinin daha yüksek fiziksel yoğunluğa (hacim üzerinde kütle) sahip olduğu düşüncesi doğru bir yaklaşım değildir. Gerçekte, bir ışık dalgasının bir ortamdaki hızını belirleyen fiziksel yoğunluk değil, malzemenin optik yoğunluğudur. Bir materyalin optik yoğunluğu veya absorbanı, belirli bir materyalden giren ve çıkan ışık yoğunluğunun logaritmik oranıdır. Yoğunluktaki değişiklik, ışık içinden geçerken atomların enerjinin bir kısmını titreşim yoluyla dağıtma eğiliminden kaynaklanmaktadır.⁶

2. Renk ayrışması (Dispersiyon): Birden fazla dalga boyundaki ışınlardan oluşan tek bir beyaz ışık mercekten geçtiğinde, ışığın her dalga boyu farklı oranlarda yön ve hız değiştirecektir. Bu özelliğinden dolayı beyaz ışık kırıldığında renklerine ayrılır.^{5,7} Işığın belirli dalga boyunun ortamdaki elektronlarla etkileşimi bu fenomene yol açar.⁷ Bu duruma “renk ayrışması (dispersiyon)” denir.

Belirli bir ortam için kırılma indeksi, içinden geçen ışığın dalga boyuna bağlı olarak değişecektir.^{5,8} Örneğin uzun dalga boyu olan kırmızı ışık (644 nm) kırıcı bir ortam içinde daha yüksek bir hızla yayılır ve daha az kırılır. Mavi ışık (480nm) ise tam tersi daha yavaş yayılır ve daha fazla kırılır. Bir optik ortamın ortalama dispersiyonunu kırmızı ve mavi ışıkların kırılma açılarının farkı oluşturur ve bir optik ortamın kırılma indeksi belirtilirken daima yeşil (546 nm) için olan indeks kullanılır.⁴ Bir cam materyalinin ideal olması için renk ayrışmasını az yapması istenir.

3. Abbe Sayısı: Işığın optik ortamdaki kırılma açısının renk ayrışma açısına oranına “Abbe Sayısı” denir.^{5,8} Bu değer 1866 yılında Alman fizikçi Ernst Abbe tarafından tanımlanmıştır. Bir optik ortamın renk ayrıştırma özelliğini, diğer bir deyişle renk sapmasını (kromatik aberasyonu) belirtmek için kullanılır. Abbe sayısı, renk sapması miktarıyla ters orantılıdır. Yani Abbe sayısı daha yüksek olan malzemeler, daha az renk sapması sergiler ve daha yüksek optik kaliteye sahiptir. Renk ayrışmasının periferik görmeyi bozmaması için, kullanılan cam materyalinin Abbe sayısının 30'dan düşük olmaması gerekir.⁴

4. Azaltma Faktörü: Bir optik ortamdan yansıyan ve emilen ışık, “Işık Azaltma Faktörü” nü oluşturur. Işık azaltma faktörü % olarak ifade edilir ve optik mercekler için önemli bir parametredir. Renkli camlarda bu oran boyanma yüzdesi yani ışığın engellenme oranı olarak ifade edilir.⁴

5. Özgül ağırlık: Bir maddenin yoğunluğunun 4°C'deki suyun yoğunluğuna oranı o maddenin “özümlü ağırlığı”dır. Yani bir maddenin yoğunluğu ne kadar fazla ise özgül ağırlığı da o kadar fazla olur. Yoğunluk ve özgül ağırlık, maddeleri birim hacim başına kütle miktarı açısından karşılaştırabilir. Yoğunluk, basitçe, birim hacim başına kütledir. Ancak, özgül ağırlık bir orandır ve dolayısıyla birimi yoktur. Aynı boyutta olan iki lensten, yüksek özgül ağırlığa sahip olan lensin, düşük özgül ağırlığa sahip olan lensten daha ağır olacağı anlamına gelir. Bu özellik, gözlük kullanıcıları için daha hafif bir lens tercih edildiğinden, lens tasarımıyla ilgilidir.⁸

6. Ultraviyole (UV) Absorbsiyon: İnsan gözü UV radyasyonu algılamaz, ancak UV maruziyetinin etkileri göze zararlı olabilir. Oftalmik merceklerden UV radyasyon iletimi, lens malzemesine bağlı olarak azaltılabilir veya engellenebilir.⁸

Ultraviyole ışık genel olarak UVA (400-320 nm), UVB (320-290 nm) ve UVC (290-10 nm) olarak sınıflandırılabilir. UV ışık, dünyaya düşen tüm güneş radyasyonunun %5'ini oluşturur. Bu %5'lik kısmın %90'ı UVA ve %10'u UVB'den oluşur. Neredeyse tüm UVC, atmosferin ozon tabakası tarafından emilir. UVC maruziyeti tipik olarak üretilen kaynaklardan oluşur. UV ışık, moleküler bağları bozarak ve işlevlerini engelleyerek dokuya zarar verebilir. Ayrıca UV ışığın bir yan ürünü olarak üretilen serbest radikaller de moleküler yapıya hasar verebilir.⁸

İdeal cam materyali, yüksek kırılma indeksine sahip olsa bile mümkün olduğu kadar düşük renk ayrışması yapmalı, hafif, ince ve kozmetik olmalı, kırılmaya, çizilmelere ve kimyasal etkilere dayanıklı olmalıdır. Gözlük camı üretimindeki temel amaç; materyalin özgül ağırlığının mümkün olduğu kadar düşük, kırılma indeksi ve Abbe sayısının ise olabildiğince yüksek olmasıdır.^{5,8,9}

Materyal yapısına göre gözlük camları mineral (cam) ve plastik olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir.

Mineral Cam (Silikat)

Mineral cam normal sıcaklıkta katı, yüksek sıcaklıklarda ise sıvı olarak tanımlanan, moleküllerinin belirli bir periyodik düzende olmadığı amorf bir yapıdır. Eritme ve şekil verme 1400-1500 °C ısıdaki fırınlarda, %70 kuvars, %20 potasyum-soda gibi eriticiler, %10 sertleştirici oksitler kullanarak gerçekleştirilir. Farklı metal oksitler ve floritler katılarak camın optik özelliği ve rengi değiştirilebilir. Baryum oksit ve baryum

florit dispersiyonu azaltmak için; demir, kobalt, vanadyum ve manganez ise renklendirmek için camın yapısında kullanılır. Ayrıca kurşun, titanyum, lantanyum oksit gibi maddeler de camın kırılma indeksini arttırmak için kullanılmaktadır.⁵

Mineral cam, en eski gözlük camı materyali olarak da tarihi öneme sahiptir. Bilinen ilk gözlük 1371'de İtalya'nın Floransa kentinde yapılmıştır.^{2,5} Cam lensler çizilmeye karşı daha dayanıklıdır ve üstün bir optik ortam sağlar, ancak kalın ve ağır olması kullanımını sınırlar. Kimyasal veya termal işlemlerle camın kırılma direncini artırılabilir de darbeye direncinin düşük olması nedeniyle kolayca kırılabildiği için günümüzde tercih edilmemektedir.^{5,8}

A.1. Kron (Crown) Cam- B270

İngiltere'de ilk üretilen cam tabakların taç şeklinde olması nedeniyle bu tür mineral camlara crown (taç) cam adı verilmiştir. Bu camın en önemli içeriği %60-70 Silisyum Oksit (SiO_2)'tir. Geri kalan bileşiminde kalsiyum, sodyum ve bor oksitleri kullanılır.⁹

A.2. Flint Cam

Parlak renkli çakmak taşı (kuartz), ilk üretim tekniğinde kullanıldığı için bu isim verilmiştir. Bu camlar çok ağır olduğu için artık kullanılmamaktadır.⁹

A.3. Borosilikat Camlar

Fotokromik cam üretiminde kullanılır.⁹

A.4. Yüksek Kırıcılık İndeksli Mineral Camlar (Ağır Flint Camlar)

Camın hammaddesine çeşitli minerallerin eklenmesiyle kırıcılık indeksi yüksek camlar elde edilmektedir. Yüksek indeksli materyaller 1.60 veya daha yüksek kırılma indeksi ile tanımlanır. Bu camların avantajı; yüksek diyoptrili bireyler için daha ince ve daha hafif kullanım sağlamalarıdır. Ancak kırıcılık indeksi yükseldikçe Abbe sayısı küçüldüğü için, camlarda dispersiyon (renk ayrışması) ve yansımalar artmaktadır. Camın hammaddesine, ilk olarak 1970'lerde titanyum eklenerek yüksek indeksli ($n=1.7$) baryum ağır flint (BaSF) camlar; daha sonra ise lantanyum eklenmesiyle kırılma indeksi daha yüksek ($n=1.8$) lantan ağır flint (LaSF) camlar üretilmiştir. 1995'de ise lantanyum ve niyobyumun cam materyaline eklenmiş ve en yüksek indeksli cam ($n=1.9$) üretilmiştir.⁹ Mineral camlar eriyik halindeki camın kalıplara dökülerek preslenmesiyle elde edilir. Presten çıkan camın; önce, ön yüzü yontulup cilalanarak yarı bitmiş cam; sonra, arka yüzü yontulup cilalanarak bitmiş cam elde edilir.⁹

Plastik (Organik) Cam

Organik cam monomerlerin ısıtılmasıyla elde edilen tam sentetik yapıya sahip polimer bir materyaldir. İkinci Dünya Savaşı sürerken (1940) ABD'de yapılan askeri araştırmalar esnasında "Allildiglukol" adında organik bir karbonat monomeri elde edilmiş ve bu monomerin 180 farklı bileşeni araştırılmıştır. "Kolombiya Reçineleri" adı verilen bu bileşimlerden 39. sıradakinin özelliklerinin optik amaçlara çok uygun olduğu saptanmış ve CR 39 adıyla 1947'de gözlük camı olarak piyasaya çıkarılmıştır.^{5,8,9}

Plastik mercekler sıvı monomerlerin kalıplara dökümünün ardından, önce UV ve 100°C ye kadar ısı ile polimerleşme ve sertleştirme, sonrasında hafif ısı ile yüzey geriliminin düzenlenmesi işlemleri ile hazırlanır. Özgül ağırlıklarının düşük olması nedeniyle cam merceklerden neredeyse %50 daha hafiftir.^{5,8} UV ışığının %80'ini işlem görmeden bloke eder ve istenirse kolayca renklendirilebilir. Ayrıca UV ışığı daha fazla engellemesi için kaplanabilir. Ancak CR 39'un yüzeyi sert olmadığı için çizilmesi kolaydır, bu sebeple camın yüzeyine sertlik kaplaması uygulanır. Isı iletimi çok iyi olduğu için mineral cama göre daha az buharlanır. Bu da kış aylarında CR 39 için önemli bir kullanım kolaylığı sağlar.⁹

CR 39 1980'lerin ortasına kadar gözlük camında kullanılan tek plastik materyalken, daha sonra yüksek kırılma indeksi, materyalin kesilmesinde daha uygun yöntemler, mekanik dayanıklılık, düşük dispersiyon, iyi boyanma gibi özellikler amaçlanarak yeni plastik materyaller geliştirilmiştir.^{5,8,9}

Mineral ve organik camların özellikleri tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

B.1. Polikarbonat Cam

1955 yılında üretilen ve optik endüstrisine 1980'lerde dahil olan, Bisfenol A maddesinden oluşan yapıya sahip organik camlardır. Kırılma indeksi yüksek (1.59) olduğu için çok ince; özgül ağırlığı düşük (1.2 gr/cm³) olduğu için çok hafiftir. Polikarbonat cam, "kurşun geçirmez" denen cam materyalinden elde edilir.

CR 39'a göre darbelere 10-12 kat daha dirençlidir.⁸ UV-A ve UV-B'nin neredeyse tamamını engeller. Bu özelliklerinden dolayı motosiklet kaskı, uçak pencereleri, araç farları, koruyucu iş güvenliği gözlüğü, kamera lenslerinin dış yüzeyi gibi darbeye karşı hassas yüzeylerde güvenle kullanılabilen bir materyaldir. Ancak alkol, aseton, saç spreyi gibi maddelerle yüzeyi kolay bozulabilir, işlenmesi zordur ve kolay çizilir. Bu nedenle çizilmeye karşı dayanıklı bir kaplama gerektirir. Abbe değeri düşük (31) olduğu için optik kalitesi düşüktür. Yüksek renk ayrışması yapar ve bu nedenle yüksek miyop camlarında periferik kromatik aberasyona neden olur.^{5,8,9}

B.2. Triveks Cam

2001'de optik dünyasına tanıtılan triveks, günümüzde gözlük camı olarak en sık kullanılan materyaldir. Darbe direnci polikarbonata yakındır ve neredeyse tüm UV ışınlarını bloke eder. Triveks Abbe sayısı daha yüksek olduğu için daha iyi bir optik kalite sağlar. Polikarbonattan daha hafiftir ancak polikarbonatın kırılma indeksine (1.586) göre daha düşük indekse (1.532) sahiptir. Cam kalınlığı polikarbonata göre biraz daha fazladır. ± 3.00 D reçete aralığı için nispeten ince bir lens sağlar. Triveks çocuklar, sporcular ve koruyucu gözlük amacıyla kullanılan en uygun ve en hafif materyaldir.⁹ Polikarbonata göre daha kolay boyanabilir olması ve alkol, aseton, saç spreyi gibi kimyasal maddelere direncinin daha fazla olması da trivekse ayrı bir üstünlük sağlar. Çizilmeye karşı dayanıklı bir kaplama gerektirir.^{5,8,9}

B.3. Yüksek Kırıcılık İndeksli Organik Materyaller

Yüksek indeksli materyaller 1.60 veya daha yüksek kırılma indeksi ile tanımlanır. Cam ya da plastik olabilir. Organik (plastik) camların ana monomeri olan vinil monomerine brom, klor ve kükürt eklenmesiyle kırıcılık indeksi artırılır. MR 6 maddesiyle $n=1.6$ indeksli, MR 7 maddesiyle $n=1.67$ indeksli, MR 8 ile $n=1.74$ indeksli organik camlar üretilmiştir. Bu merceklerin ana faydası, yüksek güçlü reçetelerin ince ve kozmetik açıdan daha çekici olmasıdır. Ağırlığı, optik kalitesi ve darbe direnci yüksek indeksli lensler kullanılan malzemeye göre değişir. Yüksek indeksli cam için özgül ağırlık yüksek olma eğilimi gösterir, bu da bu merceklerin diğer materyallere kıyasla genellikle ağır olduğu anlamına gelir (Tablo 3). Yüksek indeksli malzemelerin hiçbirisi Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü'nün darbe direnci standartlarını geçemez.^{8,9} Gözlük camlarının kırma indeksleri, Abbe sayısı ve yoğunlukları, Tablo 3'te gösterilmiştir.

Bu gözlük camları kullanım amaçlarına göre; tek, iki, üç odaklı veya çok odaklı (multifokal) tasarımlarla üretilmekte, farklı özellikteki kaplamalarla özellikleri güçlendirilebilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Cashell GT. A short history of spectacles. *Proc R Soc Med*. 1971;64(10):1063-4.
2. Kravetz RE. Spectacles. *Am J Gastroenterol* 2005;100(10):2149-2150.
3. Paschotta R. *Encyclopedia of Laser Physics and Technology: Optical Glasses*. (2nd ed) Weinheim, Wiley-VCH, 2008.
4. Çakıcı F. Gözlük Cam Materyalleri, Kaplamalar, Güneş Gözlükleri, "Optik, Refraksiyon ve Rehabilitasyon" 30. Ulusal Oftalmoloji Kursu, Türk Oftalmoloji Derneği, Ankara Şubesi, 2010, 105-113.
5. Çakıcı F. Gözlük Camı Materyalleri, Kaplamalar, Güneş Gözlükleri, *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler*, İstanbul, Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No: 12, 2010, 292-296
6. Zhang, John X. J., and Kazunori Hoshino. *Molecular Sensors and Nanodevices: Principles, Designs and Applications in Biomedical Engineering*. (2nd ed), Academic Press, an Imprint of Elsevier, 2019.
7. Paschotta, R. *Encyclopedia of Laser Physics and Technology: Chromatic Dispersion*. (2nd ed) Weinheim, Wiley-VCH, 2008.
8. American Academy of Ophthalmology. "Section 3: Clinical Optics" Basic and Clinical Science Course: 2020 - 2021, 194-196
9. Büyükyıldız, HZ. Gözlük camları, cam materyalleri ve kişiye özel gözlük camları. *Türk J Ophthalmol* 2011;41:26-34.

Tablo 1. Bazı materyal ve merceklerin kırılma indeksleri

Materyal	Kırılma İndeksleri (n)
Uzay boşluğu	1
0°C'de 1 atmosfer basınçta hava	1.00028
Buz	1.31
Su	1.33
Kron cam	1.52-1.62
Polistren	1.55-1.59
Flint cam	1.57-1.75
Elmas	2.417

Tablo.2: Mineral ve organik camların özellikleri

Özellik	Mineral	Organik
Kırma indeksi	1.52 (1.52-1.9)	1.5 (1.5-1.74)
Ağırlık	Ağır	Hafif
Kalınlık	İnce	Kalın
Çizilme	Zor	Kolay
Kırılma	Kolay	Dayanıklı
İletim	İyi	Daha az
Yansıma	Fazla	Daha az
Buğulanma	Kolay	Daha zor
Kirlenme	Daha zor	Daha kolay
Kimyasal madde	Etkilenmez	Etkilenir
Sıcaklık	Etkilenmez	Etkilenir
Montaj riski	Fazla	Az
UV blokaj	Geçirir (320 nm)	Geçirmez (355 nm)
Zamanla boyutlar ve iletim	Değişmez	Küçülür ve azalır
Renklendirme	Fabrika koşullarında	Kolay
Maliyet	Daha ucuz	Daha pahalı

Tablo.3: Gözlük camlarının kırma indeksleri, Abbe sayısı ve yoğunlukları

Materyal	Kırma İndeksi	Abbe Sayısı	Yoğunluk
Mineral cam*	1.52	59	2.54
Kron Cam	1.523	58	2.54
CR-39	1.499	58	1.32
Plastik cam	1.49	58	1.20
Polikarbon cam	1.586	31	1.20
Trivex cam	1.53	45	1.11
1.60 MR-6	1.597	36	1.34
1.66 MR-7	1.660	32	1.35

*: Mineral cam, en eski gözlük camı materyali olarak tarihi öneme sahiptir.

GÖZLÜK CAMI KAPLAMALARI VE FİLTRELER

Dr. Damla ERGİNTÜRK ACAR
T.C. Sağlık Bakanlığı Ankara Şehir Hastanesi, Ankara

Giriş

Gözlük camlarının yüzeylerine, camın çizilmesini önlemek, yansımaları azaltarak göze gelen ışık miktarını arttırıp keskin görüşü sağlamak, gözleri güneşin zararlı ışınlarından korumak, parlak ışık şiddetini azaltmak amaçları ile çeşitli kaplama ve filtreler uygulanabilir.

Günümüzde gözlük camına uygulanan kaplama ve filtreler şunlardır:

Sertlik Kaplaması
Yansıma Önleyici (Antirefle, ET) Kaplama
Hidrofobik -Temizlik Kaplaması
Renk Kaplama
Fotokromik Kaplama
Ayna Kaplama
Polarize Filtre
Buharlanma Önleyici (Anti-fog) Kaplama

Sertlik Kaplaması

Standart cam üzerine ilk katman olarak uygulanan, camın yüzeyini sertleştirmek amacıyla yapılan kaplamalardır. Camın çizilmesini ve aşınmasını önlemek için uygulanır. Özellikle organik gözlük camlarının yüzey dayanıklılığı az olduğu için bu camlar üzerine uygulanmaktadır.¹

Yansıma Önleyici (Antirefle, ET) Kaplama

Gözlük camlarına gelen ışınların bir kısmı kırılır, bir kısmı emilir, bir kısmı da yansıma olarak geri döner. Bu yansımalar, gözlük camının hem iç yüzeyinde hem de dış yüzeyinde meydana gelir. Işığın geldiği ortama göre geçeceği saydam ortamın kırıcılık gücü ne kadar fazla ise yansıma miktarı o kadar fazla olur. Gözlük kullanımı sırasında oluşan yansımalar; arka yansımalar, korneadaki yansımalar, iç yansımalar ve gözlemci tarafından görülen ön yansımalar.² Camın yüzeylerinde oluşan bu yansımalar nedeniyle camdan geçerek göze gelen ışık miktarı ve dolayısıyla net görüş azalır. Yansıma önleyici kaplamalar, gözlük camlarının ön ve arka yüzeylerinde oluşan yansımaları azaltarak gözlük kullanıcılarının daha net bir görüş elde etmesi amacıyla gözlük camlarının ön ve arka yüzeylerine uygulanan kaplamalardır.³

Yansıma önleyici kaplamaların çalışma prensibi yıkıcı girişim (destrüktif interferans) yoluyla. Cam yüzeyinden yansıyan ışık dalgası ile, antirefle kaplama tabakasının yüzeyinden yansıyan iki dalga (faz ve amplitüdlere ayarlanarak) birbirini nötralize etmesi sayesinde işlev görür. Kaplama kalınlığı, etkisiz hale getirilmek istenen ışığın dalga boyunun $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olmalıdır. İki dalga boyunun gidip geri gelme sürecinde aralarında $\frac{1}{2}$ dalga boyu mesafe oluşur. Bir dalga tepesi diğerinin tabanına denk gelir, tam bir nötralizasyon sağlanır.⁴

Yansımanın azaltılması sonucunda ışık geçirgenliği ve görüş netliği artacaktır. Daha iyi bir görüş elde edildiği için bilgisayar, televizyon ve benzeri ekranlı cihazlarda kontrast artışı sağlanır. Görüntü ve semboller net ve ayrıntılı olarak algılanır. Gece araç kullananlar ışık yansımasından rahatsız olurlar. Yansıma önleyici kaplamalar ile net bir görüntü sağlanır. Otomobil sürücüleri tarafından, yol güvenliğini arttırdığı için tercih edilmektedir. Kozmetik olarak avantajı ise kullanıcının, yansıma önleyici kaplamalı gözlük camları ile gözlük yüzeyinde herhangi bir yansıma ve parlama olmadığından daha estetik görünmesidir.⁵

Hidrofobik -Temizlik Kaplaması

Gözlük camının kirlenmesini, yağlanması, parmak izi kalmasını ve kolay toz tutmasını önlemek amacıyla camın en üst yüzeyine uygulanan kaplamalardır. Yüzeyi daha düzgün ve pürüzsüz bir yapıya sokar, böylelikle kir, toz ve su tanecikleri cam yüzeyinde tutunamazlar ve kayarlar. Etki prensibi su damlası ile cam arasındaki adezyon gücünün azaltılması esasına dayanır. Camın yüzeyini hidrofob yapar ve suyun, kirin cama yapışmasını engeller; anti-statik etki sayesinde tozların cam yüzeyine tutunmasını engeller.⁶

Renk Kaplama

Renkli camlar, göze gelen zararlı ve fazla ışığı engellemek amacı ile kullanılan camlardır. Renkli camlar; materyal, renk, yansıtıcı kaplama, polarize özellikleri ile gözü mor ötesi (UV) ve kızıl ötesi (IR) ışıklardan,

ortamdaki yansımalarından korumakta, kamaşmayı azaltarak kontrastı arttırmaktadırlar. Renklendirme ile görünür ışığın istenmeyen dalga boyu emilir. Mineral cam, UV'nin 320 nm'den sonrasını geçirir. Organik cam UV'yi 350 nm'ye kadar tutarken, polikarbonat ve trivex camlar hiç geçirmezler.⁷ Yansıtıcı kaplama (ayna kaplama) ile istenmeyen dalga boyu yansıtılırken, polarize filtre özelliği ile polarize olmuş ışık tutularak kamaşma önlenir. Renkli camların boyanması düz renkli, degrade ya da değişken renkli (fotokromik) şeklinde olabilir.² Camların boyanması hammaddenin boyanması ve camın boyanması (kaplama yöntemi) şeklinde olmaktadır.¹

Görünen ışığın yaklaşık %20'sinden fazlasını emen gözlük camına güneş camı denir. Güneş camları boyalı camlar, fotokromik camlar, polarize camlar, aynalı camlar ve kombine camlar şeklinde üretilmektedirler.¹

Fotokromik Kaplama

Fotokromi; UV etkisiyle gözlük camının renginin koyulaşması ve UV ışığın etkisi kalktığında camın renginin tekrar açılması tekniğidir.¹ Fotokromik cam UV etkisi ile koyulaştığında, gözü rahatsız edici ışık geçişini azaltır ve UV koruma sağlar. Materyal cam veya organik olabilir. Işık kaynağının cinsine, ışığın gücüne, camın kalınlığına, dioptri gücüne, çevresel faktörlere (ısı, nem) bağlı olarak camın koyulaşması ve açılması farklı olmaktadır. Koyulaşma süresi, rengin tekrar açılma süresinden daha kısadır. Cam eskidikçe bu süreler uzar. Fotokromik kaplama, parlak güneşte uzun süre takılan numaralı gözlüğün daha rahat kullanımını sağlar.⁸ Sık sık farklı ışık alan mekânlarda göz kamaşmasını ve gözlerin zorlanmasını önler.⁹ Bifokal, multifokal ve tek görüşlü fotokromik lens mevcuttur, antirefle kaplamalı olarak da üretilirler. Işıksız ortamda renkleri çok ideal ölçülerde ve çabuk açılmadığı için renksiz gözlük gibi etkili görüş sağlayamazlar. Akşam karanlığında görüşü azaltırlar. Günümüzde görünür ışık ile araç içinde koyulaşabilen fotokromik camlar üretilmektedir.¹

Ayna Kaplama

Çalışma prensibi yapıcı girişim (konstrüktif interferans) şeklindedir. Camın iki yüzeyinden gelen ışık dalgalarının birbirini güçlendirmesi ile yansıma artırıcı etki elde edilir ve göze gelen ışık miktarı azalır. Altın, nikel, krom alaşımlı boyalar vakum sistemlerinde, 200-250 nm kalınlıkta 10 kat kaplanarak elde edilir.¹ Kaplama yapılan cam dışarıya ayna gibi parlak yansıma yapar. Ayna etkisinin yoğunluğu camın ana boyasının yoğunluğuna bağlıdır. İlk üretim sadece mavi renk iken, günümüzde farklı kalınlıktaki interferans kaplama tabakaları ile farklı renklerde üretilmektedirler. Kontrastı etkilemeden kamaşmayı azaltırlar.⁶

Polarize Filtre

Işık kaynakları tüm düzlemlerde ışık dalgaları yayarlar. Polarize olmayan ışık demetleri de ışık kaynağı gibi yayılma çizgisi boyunca dikey, yatay ve diğer düzlemlerde titreşimler gösterirler.¹⁰ Işığın polarize olabilmesi için, yayılma çizgisinin sadece tek bir düzlemde titreşim göstermesi gerekmektedir. Tüm düzlemlerde titreşim gösteren ışık yansıtıcı yüzeye çarptığında çarpma açısına dik olarak yansıyarak polarizasyon gösterir. Polarizasyon parlamaya neden olmaktadır. Parlama, su, sis, çiğ, kum, kar ve yol yüzeyi gibi yatay yüzeylerden ışığın yansımalarıyla oluşur.²

Polarizasyon filtreleri izgara ya da parmaklık şeklinde özel filtreler olup konulduğu eksendeki ışınların geçmesine izin verirler. Genellikle ince film şeklinde iki cam arasına yapıştırma ve sıkıştırma yoluyla elde edilen polarize filtreler, yatay yansımaları engellemek için dikey konumda yerleştirilirler ve bakılan objenin üzerindeki yansımaları azaltırlar. Böylece kişi parlak yüzeylerdeki yansımalarından ve parlamalardan rahatsız olmaz, görüş netliği artar ve göz yorgunluğu azalır.¹

Buharlanma Önleyici (Anti-fog) Kaplama

Sıcak - soğuk ortam değişikliklerinde gözlük camlarında meydana gelen buharlanma görüş kalitesini azaltarak kullanıcıların konforunu kısıtlamaktadır. Buharlanmayı önlemek için özel mendil ve spreylere sahiptir. Cam yüzeyine uygulanır, ancak etki süresi sınırlıdır ve tekrarlanması gerekir.¹

Buhar önleyici kaplama ile camın yüzeyi hidrofilik hale getirilmekte ve su damlacıklarının yüzeye üniform bir şekilde dağılmasıyla gözlüğü takan kişinin göremeyeceği düzgün bir film tabakası oluşmaktadır.¹¹ Sık sık sıcak ortamdaki soğuk ortama, soğuk ortamdaki sıcak ortama geçiş yapan; aşçı, kuryeler ve benzeri meslek gruplarına, doktor, diş hekimi, itfaiyeci gibi maske veya kask kullananlara önerilebilir.

Sonuç

Gözlük camlarına, kullanım kolaylığı ve net görüş sağlamak, gözleri güneşin zararlı etkilerinden korumak, gözlük camına gelen ışığın yansımalarını azaltmak için çeşitli kaplama ve filtreler uygulanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Büyükyıldız HZ. Gözlük camı kaplamaları ve renkli camlar. *Turk J Ophthalmol*. 2012;42:359-369.
2. Çakıcı F. Gözlük camı materyalleri, kaplamalar, güneş gözlükleri. Tamçelik N, editör. *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler*. 1. Baskı. İstanbul: Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No:12. 2010:292-304.
3. Ross J, Bradley A. Visual performance and patient preference: a comparison of anti-reflection coated and uncoated spectacle lenses. *J Am Optom Assoc*. 1997;68:361-366.
4. Eğrilmez S. Fiziksel optik, geometrik optik ve oftalmoloji pratiği. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics*. 2017;10:1-8.
5. Bachman WG, Weaver JL. Comparison between anti-reflection-coated and uncoated spectacle lenses for presbyopic highway patrol troopers. *J Am Optom Assoc*. 1999;70:103-109.
6. Ergin A. Gözlük camları, cinsleri ve materyalleri. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics*. 2017;10:48-61.
7. Büyükyıldız HZ. Gözlük camları, cam materyalleri ve kişiye özel gözlük camları. *Turk J Ophthalmol*. 2011;41:26-34.
8. Lakkis C, Weidemann K. Evaluation of the performance of photochromic spectacle lenses in children and adolescents aged 10 to 15 years. *Clin Exp Optom*. 2006;89:246-252.
9. Renzi-Hammond LM, Hammond BR Jr. The effects of photochromic lenses on visual performance. *Clin Exp Optom*. 2016;99:568-574.
10. Or H. Polarizasyon. Tamçelik N, editör. *Optik Refraksiyon Rehabilitasyon Temel Bilgiler*. 1. Baskı. İstanbul: Türk Oftalmoloji Derneği Eğitim Yayınları No:12. 2010:27-30.
11. Chevallier P, Turgeon S, Sarra-Bournet C, Turcotte R, Laroche G. Characterization of multilayer anti-fog coatings. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2011;3:750-758.

PRİZMALI CAM, KİME, NASIL REÇETE EDİLİR?

Dr. Hande TAYLAN ŞEKEROĞLU

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

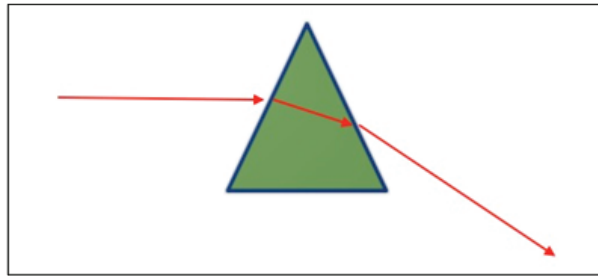
Giriş

Prizmalı camlar, oftalmolojinin pek çok alanında farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Gözlüklere prizmatik camın eklenmesi, ayrıntılı bir muayene gerektirmektedir. Prizmatik cam kullanımı endikasyonları, sağlayacağı faydalar ve kısıtlılıklarının bilinmesi, kime ve nasıl reçete edileceği aşamalarında oldukça belirleyicidir. Bu bölümde prizmanın tanımı kısaca yapıldıktan sonra, oftalmolojide belli başlı kullanım endikasyonlarından özet olarak bahsedilecek ve prizmatik cam reçete edilirken dikkat edilmesi gereken önemli noktalar vurgulanacaktır.

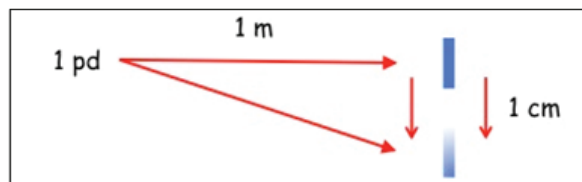
Prizma nedir?

Prizma, ışığı bir spektrum içerisinde dağıtmak veya sadece yönünü değiştirmek için kullanılan şeffaf bir optik ortamdır (Resim 1). Yan yüzeyleri birbirine paralel değildir. Cam veya plastikten yapılabilir; odaklama özelliği yoktur ve kırma kusurunu düzeltmekte kullanılamaz. Algılanan görüntünün yerinin değişmesine neden olur.

Prizma üçgen şeklindedir; bir apeksi ve bir tabanı vardır. Prizmanın apikal açısı gücünü belirler.¹Prizma, ışığı tabanına doğru kırarken, görüntüyü ve gözü apekse doğru kaydırır (Resim 2).¹ Prizmanın, görüntüyü kaydırma özelliği ve kaydırma miktarının ayarlanması oftalmolojide pek çok farklı endikasyonla kullanılmasını sağlamaktadır.



Resim 1. Prizmanın gelen ışığı tabanına doğru kırması



Resim 2. Bir prizma diyoptri gücündeki prizma, 1 m mesafedeki objenin 1 cm yer değiştirmiş olarak algılanmasına neden olur.

Fresnel prizması, küçük ardışık prizmalar serisinden oluşan polivinil klorür (PVC) levha şeklinde prizmadır. İnce ve hafiftir. Fresnel prizması, prizmatik güçten bağımsız olarak 1 mm kalınlığındadır. Kolay, hızlı uygulanması ve hafif olması avantajlarını taşımaktadır. Gözlüğün farklı yerlerine lokal olarak da yapıştırılabilir. Bu nedenle örneğin yakın-uzak inkomitansının belirgin olduğu durumlarda farklı güçte Fresnel prizmaları aynı gözlük için kullanılabilir. Ancak, zamanla sararması, yarattığı kozmetik sorunlar, kontrast duyarlılığı etkilemesi, optik aberasyonlara yol açması ve özellikle yüksek diyoptrilerde (≥ 12 pd) görme kalitesini bozması gibi olumsuz yönleri mevcuttur.²

Cam prizmalar ise kozmetik olarak daha rahat kabul edilirler, görme kalitesine ve kontrast algısına etkileri azdır ancak kromatik aberasyonlara neden olmaları ve diyoptri yükseldikçe ağırlaşmaları en önemli dezavantajlarıdır.

Prizma, temel olarak tabanının yerleşimine göre tanımlanır: tabanı dışarda, tabanı yukarda vb. şeklinde ifade edilir.

Oftalmolojide Prizma Kullanımı

Oftalmoloji günlük pratiğinde kullanılan prizmalar temel olarak üç tiptir:

1. Serbest prizma: Ortoptik ölçümlerde kullanılır.
2. Prizma barları: Ortoptik ölçümlerde kullanılır.
3. Fresnel prizmaları: Gözlük camlarının iç kısmına yerleştirilebilen ve yüksek diyoptriye rağmen ince olan özel prizmalardır. Ortoptik değerlendirmede tanı veya tedavi amaçlı olarak kullanılabilirler.

Prizmaların algılanan görüntünün yerini değiştirmesi, farklı amaçlar için kullanılmasını sağlamaktadır. Aslında prizmalar üç temel endikasyonda kullanılır:

1. Tanı
2. Tedavi
3. Simülasyon

Ayrıca, prizmatik gözlük en sık aşağıdaki klinik durumlarda reçete edilebilmektedir:

1. Rezidüel veya konsekütif kayma
2. Değişken kayma (miyastenia gravis, multipl sklerozis, tiroid göz hastalığı vb.)
3. Nistagmus
4. Verjans bozuklukları
5. Görme alanı kayıpları
6. Diplopi
7. Prizma adaptasyon testi (PAT)
8. Ortoptik egzersiz
9. Özel camlar için

Rezidüel veya konsekütif kaymalarda, ameliyat sonrasında binokülariteyi korumak/sağlamak için prizmatik gözlükler kullanılabilir.

Myastenia gravis, tiroid göz hastalığı vb. kaymanın paralitik, restriktif veya kombine nedenlerle zaman içerisinde değişiklik gösterdiği ve bu nedenle kalıcı düzeltmelerin yapılmasının mümkün olmadığı veya bu düzeltmeler için kliniğin stabil hale gelmesinin beklendiği süreç içerisinde prizmatik gözlük kullanılabilir.

Nistagmus, hem verjans hem de versiyon prizmalarının kullanım alanlarından birisidir. Nistagmusun konverjansta *null* olduğu durumlarda tabanı dışarda prizmalar, başka bakış pozisyonlarında *null* olduğu durumlarda ise prizmanın tepesinin gözlerin pozisyonunu işaret ettiği prizmalar gözlüğe eklenebilmektedir. Nistagmusta prizma kullanımı çoğu zaman tedavi edici olmaktan çok *null* pozisyonunu teyit etmek, anormal baş pozisyonunu sayısal ve prizmatik değer üzerinden ölçebilmek ve yapılacak cerrahinin tipi ve miktarına karar verebilmek için kullanılmaktadır.³

Konverjans ve diverjans bozukluklarında, kayma varlığı ve hastanın füzyon aralığına göre yakın ve uzak segmente ayrı ayrı da olabilecek şekilde gözlük camına prizma eklenebilmektedir.

Glokom, retina dekolmanı, yaşa bağlı makula dejenerasyonu vb. oküler nedenler veya intrakranyal kitleler, geçirilmiş serebrovasküler olaylar vb. sistemik durumlar nedeniyle ortaya çıkan görme alanı kayıplarında ve hemianopsilerde prizmanın görüntünün yerini değiştirici etkisi kullanılarak görme alanı veya bir başka deyişle görülebilen alan merkezi hale getirilebilmektedir. Bunun için gözlük camına cam prizma veya Fresnel prizması eklenebildiği gibi özel Peli prizmaları da kullanılabilir.^{4,5}

Diplopi, prizmatik gözlüklerin en sık kullanıldığı tanılar arasında başında gelmektedir. Horizontal diplopide, genellikle kaymanın %50'sini düzeltmek yeterli iken vertikal diplopide bu oranın %90'ı bulması söz konusu olabilmektedir.² Ancak bu düzeltme oranının, kaymanın kısa veya uzun süreli olmasına, kişinin füzyon aralığına ve pek çok faktöre bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Vertikal diplopiye neden olabilecek dördüncü sinir felci, tiroid göz hastalığı, blow-out kırıkları vb. klinik durumlar, horizontal diplopiye neden olabilecek altıncı sinir felci, diverjans yetmezliği, konverjans yetmezliği vb. klinik durumlara ek olarak dekompanse şaşılıkta ortaya çıkan diplopide de prizmatik gözlük verilebilmektedir.²

Prizma adaptasyon testi, başta ekzotropyası olan hastalar ve postoperatif diplopi testi riskli sonuç veren hastalar olmak üzere pek çok kayma tipinde özellikle preoperatif değerlendirmede hem maksimum kayma açısını bulmak, hem ameliyat sonrası diplopi riskini teyit etmek, hem de kişinin binoküler olma potansiyelini görmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır.⁶ Uygulama kolaylığı açısından genellikle Fresnel prizmaları tercih edilmektedir.

Ortoptik egzersizlerde temel şart, kişinin binoküleritesinin olması, yoksa da tekrar sağlanma olasılığının varlığıdır. Bu egzersizlerde prizmalar özellikle verjans hareketlerinin kuvvetlendirilmesi için kullanılmaktadır. Temel amaç egzersiz ise prizmanın tabanı kayma yönünde, tedavi amaçlandığında ise prizmanın tabanı kaymanın ters yönünde yerleştirilmektedir.^{1,7}

Son yıllarda miyopi progresyonunu yavaşlatmak için kullanılan bifokal gözlükler başta olmak üzere çeşitli klinik endikasyonlarla refraksiyon düzeltmesinin değiştirildiği durumlarda verjans hareketlerinin korunması için gözlüklere birincil değil ama ikincil nedenlerle prizma ilavesi yapılması gerekebilmektedir.⁸ Prizmatik gözlük kullanan kişinin bu gözlüğün sağladığı faydalar ile ilgili olarak gerçekçi beklentilere sahip olması gerekmektedir. Kişi, prizmatik gözlüğün hangi sorununu hangi ölçüler ve sınırlar çerçevesinde kısmen veya tamamen düzeltebileceğinin farkında olmalıdır. Yüksek güçteki prizmaların yaratabileceği sorunlar da göz önünde bulundurulmalı ve klinik durumlara göre değerlendirilmelidir. Genel olarak mümkün olan en düşük güçteki prizma değerini vermek öncelikle hedeflenmelidir. Kişinin ilk prizmatik gözlük deneyimini, güvenli bir ortamda, mümkünse oturur pozisyonda yaşaması, kendini alışmış hissettikten sonra ise ayakta ve farklı çevrelerde, öncelikle merdiven vb. riskli alanlardan uzak olarak prizmatik gözlüğünü kullanması en son olarak sürekli kullanıma geçmesi önerilmektedir.

Prizmatik gözlük kullanan kişiler başağrısı, baş dönmesi, gözlerde rahatsızlık hissi, derinlik hissinde bozulma, görsel distorsiyonlar ve halo gibi sorunlar yaşabilmektedir.⁹ Bu konuda hastaların önceden uyarılması önemlidir. Ayrıca, cam prizma veya Fresnel prizmasının gözlük çerçevesine tam ve doğru açıda yerleştirilmiş olduğundan emin olunması gereklidir (Resim 3). Bu nedenle prizmalı gözlüğün kullanım öncesinde uygunluk açısından reçete eden doktor tarafından kontrol edilmesi önemlidir.

Gözlük reçetesi yazılırken, hastanın refraksiyon değerlerine ek olarak, eklenmesi istenen prizma gücü, taban yerleşimi ve eğer gözlüğün özel bir bölgesine yerleştirilmesi isteniyorsa yeri, her iki göz için ayrı olarak belirtilmelidir.



Resim 3. Gözlük çerçevesine düzgün bir şekilde yerleştirilmiş Fresnel prizmaları

Horizontal ve vertikal kaymanın birlikte olduğu durumlarda prizma özel nomogramlar doğrultusunda oblik olarak yerleştirilebilir. Torsiyonel diplopinin de eşlik ettiği durumlarda ise horizontal ve vertikal diplopinin düzeltilmesi yeterli olabilir.

Sonuç

Prizmatik gözlük, günlük oftalmoloji pratiğinde tanı ve tedavi amacına yönelik olarak pek çok klinik durumda tercih edilen bir yöntemdir. Doğru endikasyonun seçilmesi, klinik durumun değerlendirilmesi ile birlikte ayrıntılı bir oftalmolojik muayeneye eşlik eden prizma denemesi, doğru hastaya doğru prizmatik gözlük verilmesini sağlar.

KAYNAKLAR

1. Antony J. Prisms in clinical practice. *Kerala J Ophthalmol* 2017; 29: 79-85.
2. Gunton KB, Brown A. Prism use in adult diplopia. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23: 400-404.
3. Hertle RW. Nystagmus in infancy and childhood: Characteristics and evidence for treatment. *Am Orthopt J* 2010; 60: 48-58.
4. Peli E, Bowers AR, Keeney K, Jung JH. High-power prismatic devices for oblique peripheral prisms. *Optom Vis Sci* 2016; 93: 521-533.
5. Peli E. 2017 Charles F. Prentice Award Lecture: Peripheral Prisms for Visual Field Expansion: A Translational Journey. *Optom Vis Sci* 2020; 97: 833-846.
6. Takada R, Matsumoto F, Wakayama A, Numata T, Tanabe F, Abe K, Kusaka S. Efficacies of preoperative prism adaptation test and monocular occlusion for detecting the maximum angle of deviation in intermittent exotropia. *BMC Ophthalmol.* 2021; 21: 304.
7. Hashemi H, Jafarzadehpour E, Nabovati P, Yekta A, Aghamirsalim M, Kamali M, Mirzajani A, Khabazkhoob M. Predictor factors of prism effectiveness in young adults with convergence insufficiency. *Clin Exp Optom* 2021; 104: 611-616.
8. Cheng D, Schmid KL, Woo GC, Drobe B. Randomized trial of effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on myopic progression. *Arch Ophthalmol* 2010; 128: 12-19.
9. Tamhankar MA, Luo S, Kwong B, Pistilli M. Benefits and side effects of prisms in the management of diplopia in adults: a prospective study. *J AAPOS* 2021; 25: 85.e1-6.

KİME, HANGİ GÖZLÜK CAMINI REÇETE EDELİM?

Dr. Alp ALALUF
Serbest Hekim, İzmir

Giriş

Cam materyali, kaplama ve filtresi, prizma, miyopi progresyonunun gözlükle kontrolü ve presbiyopinin gözlük camlarıyla düzeltilmesi, değişik konuşmacılar tarafından anlatılacağından, bu sunumda cam tasarımlarıyla ilgili konulara ağırlık verilmiştir.

Tek odaklı gözlük camları

Tek odaklı gözlük camlarının geniş bir net görme alanına sahip olma, kolay adaptasyon ve ucuzluk gibi avantajları olsa da presbiyopi döneminde birden fazla gözlük taşımak gerekliliği, çok odaklı camların geliştirilmesine neden olmuştur.

İleride belirtilecek özellikli durumlarda tercih edilmesi uygun olan free-form teknolojisiyle kişiye özel üretimler ucuz değildir.

Tam çerçeveli yakın gözlük; yakını net, ancak uzağı bulanık gösterecek, bilgisayar gibi orta mesafede net görüş için yaklaşmak gerekecek, uygun olmayan bu duruş şekli uzun süreli bilgisayar mesaisinde boyun-sırt ağrısı ve dijital göz yorgunluğuna (computer vision syndrome) neden olacaktır.

Yarım çerçeveli yakın gözlük; uzak görüş için çerçevenin üstünden bakmayı gerektirecek, yaşlı gözlüğü olarak çok çekici bulunmayacaktır.

İki ayrı gözlük ile orta mesafe görüşü yetersiz olacak ve hasta çift gözlük taşımanın rahatsızlığından şikâyet edecektir.

Presbiyopi döneminde olup iki gözlük ihtiyacı olan hastalarımın, 'tak-çıkart' dan kurtulma konusunda motivasyonu az olan, uzak gözlüğünü sadece TV seyrederek ve gece araba kullanırken takıp, uzağı daha iyi görme imkânı varken tercih etmeyip gözlüksüz yaşamı tercih eden, başarısız birçok odaklı gözlük kullanımı öyküsü olanlarda; tek odaklı gözlük camlarını tercih etmekteyim. Motivasyonu yüksek uygun hastalarda başarısız bir öyküye rağmen dikkatli bir muayene sonrasında güvenilir bir optisyene yaptırılmasını da önererek ikinci bir deneme yapabilirim.

Asferik camlar

Sferik camlar; kırıcılık gücünü sağlayan ön ve arka yüzlerindeki eğrilik yarıçaplarının, camın her yerinde aynı olduğu camlardır. Camın periferinde eğik gelen ışınlar merkezden geçen ışınlarla göre daha çok kırılırlar. Farklı kırıcılık, artı camlardaki büyütme, eksi camlardaki küçültme etkisinin merkez ve periferde farklı olmasına yol açar. Bu, görüntünün şeklini etkiler. Buna, 'distorsiyon' (çekilme, çarpıklık, yamukluk) denir. İnce kenarlı artı camlarda "fıçı" gibi dışa doğru çarpıklıklar, kalın kenarlı eksi camlarda ise "iğne yastığı" gibi içe doğru çarpıklıklar oluşur. Artı camlarda, periferde eğrilik yarıçapı düzleştirilerek, eksi camlarda, periferde eğrilik yarıçapı dikleştirilerek sağlanan asferiklik ile bu çarpıklıklar büyük çapta engellenebilir.

Asferik cam tasarımı öncelikle çarpıklıkları azaltmak için yapılmışsa da aynı zamanda daha hafif cam üretimini de sağlamıştır.

Daha ince ve hafif camların üretilmesi daha düz eğrilik yarıçaplarının kullanılmasıyla mümkündür. Ancak daha düz eğrilik yarıçapları daha fazla merkez dışı görüntü sapınçlarına neden olur. Asferik tasarımla bu sapınçlar engellenip daha düz eğrilik yarıçaplarına sahip daha ince camların üretilmesi mümkün olmuştur.

Tüm camların asferik üretilmemelerinin nedeni fiyatlarının yüksek olmasıdır.

Kesintisiz geçişli çok odaklı camlar asferik tasarımlı üretildikleri için ayrıca asferik tasarım önerilmesi gerekmez.

Biasferik-double asferik camlarda ön ve arka yüzde asferik tasarımlarla çarpıklık en aza indirilip, en ince ve konforlu camlar üretilir.

Asferik tasarımlı camların avantajları:

Artı camlarda: Azalmış merkez kalınlık, azalmış cam ağırlığı, azalmış dışarıdan bakanın kişinin gözünü büyük görmesi, azalmış kişinin baktığı alanı büyük görmesi ve camın çerçevesinin ön kısmına taşan bölümünün azalmasıdır.

Eksi camlarda: Azalmış kenar kalınlığı ve azalmış cam ağırlığına yol açar.

Artı camlarda avantajların daha çok olmasının nedeni; periferdeki düzleştirmenin, camın çerçeveye göze daha yakın yerleştirilmesini sağlaması yani verteks mesafesinin kısalması, camın merkez kalınlığının azalması ve camın eğrilik yarıçaplarının düzleşmesi nedeniyle artı camın büyütücü etkisinin azaltılmasıdır.

Yüksek numaralı camlar

Cam numarasının +/-15.00D. nin üzerinde olduğu durumlarda kalınlık ve ağırlığının azaltılması için; düz-numarasız bir taşıyıcı bölümün ortasına küçük çaplı bir kırıcı bölümün yerleştirildiği (lenticular) sahanda yumurta benzeri tasarım kullanılabilir. Bu tasarımın gayri estetik görünümü genelde tercih edilmez.

Hazır yakın gözlükleri

Türkiye’de optisyenlik müesseseleri dışında numaralı gözlük satışı yasak olduğu için kaçak olarak her yerde satılan bu gözlüklerin camları kaliteli değildir. Yurtdışında markalı ve kaliteli olanlar mevcuttur. Sabit ortalama pupiller arası mesafeli, astigmatsız ve her iki gözde aynı numaralı üretilirler. Uygun olmayı geçici astenopiye yol açabilir ama kalıcı zarar vermez.

Daha az ve geç göz muayenesine neden olup glokom, diyabetik retinopati gibi önlenemez göz hasarlarının erken saptanmasının engellenebileceğini düşünenler bu gözlüklerin satışlarının yasak olmasının uygun olduğunu savunurlar. Yüksek astigmatı, iki göz arasında fazla numara farkı olmayan uygun hastalarıma, gerçek numaralarının bulunduğu, uzun yakın mesailerinde kullanacakları gözlüklerinin yanında, aradıklarında kolay bulacakları, ellerinin altında bulunacak bu tür gözlüklerden birkaç tane almalarını öneriyorum.

Çift odaklı gözlük camları

Kesintisiz geçişli camların ucuzlamaları ile çift odaklı camlar, daha ucuz olma üstünlüklerini kaybetmişlerdir. Kullanımı azaldığından tedariki de güçleşmiştir. Kesintisiz geçişli camları kullanamayanlarda tercih edilebilir. Daha önce çift odaklı kullanan ve orta mesafe sorunu olmayan hastalarda kullanımına devam ettirmeyi tercih etmekteyim.

Segmenti sınırlayan çizgisi olmadığından estetik açıdan tercih edilebilen free form modern tasarımlarda (Shamir Duo), kesintisiz geçişin bedeli yanlardaki oblik astigmatlı sahalar az da olsa konforu bozabilecek ve klasik segmentli iki odaklı cama alışan kişide sorun yaratabilecektir.

Kesintisiz geçişli gözlük camları

Kimlere kesintisiz geçişli gözlük önerilmelidir:

Ben yeterince rahatsız olunana kadar beklemenin uygun olacağını düşünüyorum. Yakın şikâyetlerini, okuma metnini hafifçe uzaklaştırarak veya aydınlığa giderek giden bir kimsenin, kesintisiz camın konforsuzluklarından daha fazla şikâyetçi olacağı muhtemeldir. Aç insana yemek beğendirmek daha kolaydır. Zorlanma arttığında ulaşılan net yakın görmenin memnuniyeti, konforsuzluğu fark etmeyi zorlaştıracaktır.

Düşük yakın ilavesinde, geçişler arası numara farkı az olacağından, adaptasyonun daha kolay olacağını düşünüp erken önermeyi savunanlar da vardır.

Hastanın gereksinim ve beklentilerinin anlaşılması da uygun hasta seçiminde yararlı olacaktır. 2.0 – 3.50 civarı miyop hastalar gözlüklerini çıkarıp veya dışından bakarak yakını iyi gördüklerinden gereksinim duymayabilirler. TV seyredirken arada telefonuna-tabletine de bakma alışkanlığı olmayan kişinin de gereksinimi az olabilir.

Hasta ‘yaşlı insanlar gibi’ gözlük üstünden bakmayı itici buluyor, iki gözlük taşımak ve takıp çıkarmak istemiyor, görme gereksinimleri iki gözlükle karşılanamıyor ve orta mesafe (bilgisayar) için üçüncü bir gözlük gerekiyorsa, tek gözlükte gençliğine en yakın görüntüyü sağlayan kesintisiz geçişli gözlük camları önerilebilir.

Emetrop presbiyop

Uzak görüşü iyi olan yani iki gözlük gereksinimi olmayan kişilere kesintisiz geçişli gözlük önerilebilmesi ile ilgili olarak; Optisyenlerin, öğretim üyelerinin bu yönde talepleri olduğuna dair gözlemleri vardır. Kesintisiz geçişli gözlük camlarında, astigmat mümkün olduğunca çok tashih edilmelidir bilgisinden farklı olarak, uzak görmesi tam olan kişilerde ufak bir astigmatik tashihin bile bazen tolere edilemeyebileceği göz önüne alınarak, küçük astigmatlar tashih edilmeyip, uzak tashih plano olarak reçetelenebilir.

Kime kesintisiz geçişli gözlük camı önermeyelim?

Kesintisiz geçişin bedeli, camın yan kısımlarında oluşan oblik astigmatlar nedeniyle ortaya çıkan periferik sapıncılardır. Bu, adaptasyon zorluklarına yol açar. Ayrıca gözlük camı; uzak, orta yakın mesafeleri gösteren ve yan taraflardaki bulanık gösteren alanlar tarafından paylaşıldığından, dar net görme alanları söz konusudur. Gözlere ve gözlük çerçevesine ait özellikler ölçülürken ve cam çerçeveye takılırken oluşabilecek hatalar, tek odaklı camlarda önemliken, kesintisiz geçişli camlarda yapılacak hatalar, gözlüğün kullanımını imkânsız kılacak rahatsızlıklara neden olabilmektedir. İyi bir ölçü alınımı ve cam montajı için tecrübeli bir optisyen gereksinimi vardır. Bu camlar nispeten pahalı camlardır. Cama ödenen bedel arttıkça, camdan beklenti de artacaktır. Kişinin alım gücünün çok zorlanmaması gerektiğini düşünüyorum.

Mükemmel görme gereksinimi olan meslek ve mükemmeliyetçi kişilik yapısı olanlarda yukarıda belirtilen dezavantajlar vurgulanarak anlatılmalıdır.

Az gören hastalar uygun değildir. Bu camların yakın ilaveleri en fazla 3.50 D. ile sınırlı üretildiğinden, az görenlere verebileceğimiz daha yüksek ilaveler üretilemezler. Ayrıca optik kalitedeki en ufak kayıp az gören hastaları fazlasıyla olumsuz etkileyeceğinden, önermemek gerekir.

Araba tutan, vertigo atakları geçiren hastaların adaptasyon problemleri yaşamaları daha olasıdır.

Baş, boyun hareket kısıtlılıkları olanlarda, yanlardaki bulanık alanlardan kaçınıp net gören alanda kalmak için gerekli yüzü sağa-sola çevirme, merdiven inerken yakın bölümün üstünden bakabilmek için çeneyi aşağıya, yakını görmek için çeneyi yukarıya kaldırmak gibi hareketler sorun yaratabileceğinden önerilmez.

Aşağıdaki durumlarda başarılı olunamama olasılığı bildirilerek denenebilir. Denenecekse kişiye özel üretim yapılmalıdır:

Binoküler görme sorunları olan ve prizma gereksinimi bulunanlar risklidir. Uzak ve yakın için farklı prizma ilaveleri mümkün değildir. Prizmatik gereksinim tüm bakış pozisyonlarında aynı olmalıdır.

Anizometropi / Antimetropi

Yüksek ve özellikle oblik astigmatlar, çok yüksek sferik değerler

Çok çukur gözler ve burun kökü yüksek yüz yapısı, vertex mesafesinin uzamasına ve net görme alanlarının daralmasına yol açacaktır

Çok geniş pupiller arası mesafe, yakın bakışın, uzak bakıştan daha içeride olma miktarı olarak tanımlanabilecek 'inset' miktarını değiştirip, kişiye özel üretim gerektirecektir.

Türkiye'de kesintisiz geçişli gözlük camları için alışılması zordur önyargısı vardır. Özenli bir refraksiyon muayenesi, uygun çerçeve seçimi, uygun optisyen ölçümü ve uygun cam montajı ile bu camlarda başarılı olma oranı %90 ın üzerindedir.

Free form teknolojisi

Bilgisayar kontrollü üç boyutlu tıraşlama ve cilalama cihazlarının geliştirilmesi ile cama istediğiniz şekli verme imkânı sağlayan bir teknolojidir. (Refraktif cerrahideki 'custom ablation' gibi)

Kişiye ait ölçümlere uygun, özel yazılım programlarıyla oluşturulan, en az distorsiyon, en geniş görme alanları, en konforlu görüşü sağlayacak tasarımlar, gözlük camlarının ön ve arka yüzlerine kazınabilmektedir. Kişiye ve kullanılacak gözlük çerçevesine ait ne kadar çok ve doğru bilgi aktarılırsa o kadar özelliikli (ışmarlama) ve ideale yakın bir gözlük camı üretilebilmektedir.

Kime, ne kadar kişiye özel üretim?

Bizlere çok sık sorulan bir soru; aynı markanın çok değişik fiyatlı farklı camlarının olduğu, bunlar arasında neden bu kadar çok fiyat farkı olduğu ve hangisini önerebileceğimizeyizdir.

Ben durumu bir örnekle açıklamaya çalışırım. Vücudunuzda, kilonuz boyunuzla uyumlu, çok şişman-zayıf, çok uzun-kısa değilseniz yani ortalama ölçülere sahipseniz ortalama ölçülere göre üretim yapan mağazalardan kolaylıkla beden ölçünüze göre takım elbise alabilirsiniz ve size çok da güzel uyar. Şişman ve ortalamanın dışında vücut ölçülerine sahipseniz artık 'drop'lar devreye girer. Bir üst segmente geçmişsinizdir. Kamburunuz varsa veya aşırı şişmansanız artık ölçülerinizin alınıp bir terzi tarafından, size

özel elbise dikilmesi gerekir. En üst segmente geçmişsinizdir.

Gözlük camları da benzerdir. Ölçüleriniz ne kadar ortalamadan farklı ise, o kadar kişiye özel (pahalı) bir cama ihtiyacınız vardır.

Aşağıda özelliklerin bir kısmı belirtilmiştir:

Çerçeve bombesi 15°den büyükse (Normalde 5° civarı)

Çerçeve pantoskopik açısı 8° den küçük, 13° den büyük ise (Normalde 9° civarı)

Vertex mesafesi ortalama olan 13 mm. nin çok üstünde ise

Pupiller arası mesafe ortalama olan 64 mm. den çok farklı ise

Sferik değer +3.0 ve -5.0 in üstünde ise

Astigmatik değer 0.75 in üzerinde ve özellikle oblik aksta ise

Prizmatik camlarda üst segment camlar tercih edilmelidir.

Standart bir kesintisiz geçişli çok odaklı camda; cam alanının üstteki yarıya yakını uzak görüşe, yaklaşık yarısı kadarı aşağıda yakın görüşe ve ortadaki dar bir alan orta mesafeye (masa bilgisayar) ayrılır. Kişinin yaşam tarzına, alışkanlık ve gereksinimlerine göre bu alan dağılımını değiştirmek mümkündür ve uygulanmaktadır.

Bu tür değişiklikler kapsamında ofis camları başka bir sunumda anlatılacaktır.

Yakın Destekli Camlar

Anti fatigue ve dijital olarak da adlandırılan yakın destekli camlar, uyum çabasına yardımcı olunması için alt bölüme +0.50 D. ile +1.32 D. arası değişen miktarlarda artı bir kırıcılık gücü ilave edilmiş camlardır.

Günde 3 saatten fazla okuma, bilgisayara bakma gibi yakın mesaisi olan, 20 -45 yaş arasında, numaralı gözlüklerini taksalar da takmasalar da görsel yorgunluktan şikâyet edenlere önerilebilir.

Kendi gözlüğünü kullandığı şekilde, yakın destekli olan da sürekli veya aralıklı kullanılabilir.

Reçeteye uzak numaraların ve istenen yakın desteğin yaklaşık değerlerde yazılması yeterlidir.

Uyum yapılması konvergensini davet ettiğinden eksikliği konvergensini zayıflatılabilir kaygısıyla, yakın destekli camlar aşikâr konvergens yetmezliğine bağlı ekzoforyalılara (yakın bakışta 4 - 6 prizma ekzoforya olağandır) ve 16 yaşından küçüklere önerilmemelidir.

Ben, yakın desteği önermek için, uyum talebi ile uyum cevabı arasındaki fark olarak tanımlanabilecek uyum geriliğinin (accommodative lag) mevcut olması gerektiğini düşünüyorum.

Uyum geriliğinin araştırılmasında sferik değer in ince ayarında uygulanan yakın, çapraz silindirli, çapraz izgara testinin kullanılmasını öneririm.

Sürücü Gözlükleri

Uzun süre araba kullanacaklar için, uzakta net görüntü ve geniş görme alanı, araçtaki gösterge, aksesuar ve aynaların görülebilmeleri için geliştirilmiş orta mesafe görüşü sağlayan tasarımlardır. Yakın görüş yetersiz olduğundan tüm gün kullanımı için uygun değildir ve ikinci bir gözlük olarak önerilebilir.

Pilot Tasarımı Camla

Yukarı bakış açısı ile yakın görüşe ihtiyaç duyulan tüm meslek gruplarının (pilot, teknik personeller vb.) kullanımına uygundur. Cortex Pilot Design Gözlük Camı: Üst yakın ilave aralığı 1.50 ile 2.50 D. arasında, alt yakın ilave aralığı 1.00 ile 2.50 D. arasındadır.

Sonuç

Sonuç olarak, kime hangi gözlük camının reçete edilmesi gerektiği, iyi bir öykü alınarak, kişinin gereksinimlerinin, alışkanlıklarının, kişilik yapısının öğrenilmesi ve camlara ait özelliklerin, olumlu ve olumsuz yönleriyle bilinmesiyle değerlendirilecek, meslektaşların daha bilgili ve karar vermede bence daha katılımcı olmaları gereken bir konudur. Sunumumun bu yönde bir katkısının olacağını umuyorum.

ÇOCUKLARDA REFRAKSİYON VE REÇETELENDİRME

Dr. Sedef KUTLUK
Serbest Hekim, Ankara

Refraksiyon, ışık ışınlarının bir ortamdan farklı kırıcılığa sahip diğer bir ortama geçerken kırılmasıdır. Görme sırasında, objeden yansıyan ışık ışınları kornea ve lensten kırılarak geçer ve retina üzerinde odaklanır. Akomodasyon yapmayan bir gözde, 5m ve daha uzaktaki cisimlerden gelen birbirine paralel ışınların gözdeki kırıcı ortamlardan geçtikten sonra retina düzleminde odaklanması emetropi olarak adlandırılır. Refraksiyon anomalilerinde ise ametropi oluşur ve göze paralel gelen ışınlar retina düzlemi dışında bir düzlemde odaklanır. Bu odaklanma retinanın önünde olursa miyopi, arkasında olursa hipermetropiden bahsedilir. Sferik ametropiler hipermetropi (HM), miyopi (M), asferik ve silindirik ametropiler ise astigmatizma olarak adlandırılır. Mükemmel bir emetropi nadirdir, kişilerin çoğunda bir miktar kırma kusuru vardır, ancak bunların çoğu da düzeltme gerektirmeyecek düzeydedir.^{1,2}

Çocuklarda refraksiyon kusuru siktir, okul öncesi dönemde genellikle HM, okul çağlarında da genellikle miyopik kırma kusurları görülür. Yeni doğanların çoğunluğunda fizyolojik hipermetropi vardır, ancak miyopi ve astigmatizma da görülebilir, miyopi ve astigmatizma prematürelerde daha siktir. Normal bebeklerin %20'sinde >1.0 diyoptri (D) astigmatizma vardır ve yaşla azalır.³ Bebeklikte ilk 1 yaş süresince hızlı refraktif değişikliklerle başlayan emetropizasyon süreci, 1-4 yaş arasında yavaşlayarak ve sonra da tedricen azalarak 6-8 yaşına kadar devam eder. Çocuklarda, bu emetropizasyon sürecinde, yaşa bağlı olarak göz anatomisindeki değişiklikler nedeniyle refraksiyon da değişir. Emetropizasyon genetik olarak belirlenmekle birlikte, çevresel etkilerle modifiye edilir. 2-6 yaş grubu çocuklarda, %80 hipermetropi, %5 miyopi ve %15 emetropi bulunmaktadır.^{4,5} Refraksiyon kusurları bu kadar yüksek olmasına karşın, okul öncesi çocuklarda düzeltme gerektiren kırma kusuru seyrekir. Kırma kusurları açısından risk faktörleri, prematüre retinopatisi ve aile öyküsüdür.⁶

Çocuklardaki kırma kusurları: Kırma kusurları (ametropiler); hipermetropi, miyopi ve astigmatizmadır.

Hipermetropi: Uyum yapmayan bir gözün optik eksenine paralel gelen ışınların retinanın arkasında odaklanmasıdır. Genellikle gözün ön-arka ekseninin normal göze göre kısalığı (eksen hipermetropisi) veya kornea ve lensin kırıcılığının normalden az olmasından (kırıcılık hipermetropisi) kaynaklanır. Hipermetropik kırma kusuru, manifest ve latent komponentlere ayrılır; uyum ile düzeltilen hipermetropiye latent, uyuma rağmen düzeltilemeyen hipermetropiye ise manifest hipermetropi denir. İkisinin toplamı total hipermetropidir. Latent komponent kişinin tonik akomodasyonu ile düzeltilir ve sikloplejik refraksiyonla açığa çıkarılır. Çocuklarda latent hipermetropi çok fazladır. Manifest hipermetropi, refraksiyonun siklopleji yapılmadan tespit edilen komponentidir. Total hipermetropiyi belirlemek için silyer kası felç eden sikloplejik göz damlaları kullanılır.⁷ Çocuklarda siklopleji için; atropin sülfat (%1), siklopentolat (% 0,2-0,5-1) ve tropikamid (% 0,5-1) kullanılabilir, isteğe göre kombine preparat hazırlanabilir (siklopentolat %0,2+fenilefrin %1). Günümüzde, siklopleji için en sık kullanılan siklopentolatır.⁸

Hipermetropi, çocukluk çağında, okul öncesi dönemde en sık görülen refraksiyon kusurudur, Hipermetropisi olan çocuklar, uzak ve yakındaki cisimleri net görebilmek için uyum yapar. Uyum-Konverjans refleksi (Uyumsal konverjans /Uyum - AK/A) arasındaki sıkı ilişki nedeniyle, yüksek hipermetropilerde uyumun çok güçlü olduğu 1,5-2 yaşında ileri derecede uyum, beraberinde çok fazla konverjansa ve içe şaşılığa neden olabilir. Çocuklarda uyum gücü fazla olduğundan, retina arkasındaki görüntünün uyum ile net görülebilmesi sağlanır. Hipermetropisi düşük olan çocuklarda herhangi bir yakınma olmazken, fazla uyum yapan yüksek hipermetropilerde, görme net değildir ve sürekli uyum yapma astenopik yakınmalara neden olur, bu durumdaki çocuklar yakın çalışma yapmaktan kaçınırlar. Bu çocuklarda, göz kayması, gözleri ovalama, kapak kenarı enflamasyonları, okuma isteksizliği siktir. Şikayetler çok olursa, çocuk iyi görmek için çaba sarf etmez ve bilateral ambliyopi (ametropik ambliyopi) gelişebilir. Yüksek hipermetropinin içe kayma ile birlikteliği siktir.⁹

Hipermetropinin tedavisi, ince kenarlı (yakınsak) merceklerle yapılır. Hipermetropik kırma kusurunun düzeltilmesi, eşlik eden şaşılık varlığına ve çocuğun uyum gücüne bağlı olarak değerlendirilir. Orta veya yüksek hipermetropi varlığında, iyi bir görme keskinliği elde edilmesi için hipermetropinin düzeltilmesi gerekir. 1.5D'den fazla hipermetropik anizometropi de, daha hipermetrop olan gözde refraktif ambliyopi gelişimini önlemek için düzeltilmelidir.¹⁰ Çocukların akomodasyon amplitüdü çok yüksektir. Hipermetropisi düzeltilmemiş çocuk, fazla uyum yaparak hipermetropinin bir kısmını veya tümünü düzeltebilir, ancak uzamış akomodasyon astenopik semptomlara neden olacağından, okula giden çocuklarda uzun süreli yakın çalışma periyodları için, göreceli olarak düşük dereceli hipermetropik düzeltme sıklıkla tercih edilir. Hipermetropiye eşlik eden içe kayma yoksa, sikloplejik olarak tespit edilen hipermetropi miktarı azaltılmış olarak veya dinamik retinoskopi ile tespit edilen miktar verilir. Azaltma yapılırken, her iki göze eşit azaltma yapılmasına dikkat edilmelidir. Ezoforya/tropya eşlik ediyorsa, sikloplejik olarak tespit edilen hipermetropinin tam düzeltilmesi gerekir.¹¹

Özetle; çocuklarda HM'nin düzeltilmesi, miyopik düzeltmeden daha karmaşıktır. Hipermetropi için, gözlük verme eşik değeri gibi genel-basit prensipler yoktur, çocukların akomodatif gereksinime nasıl cevap verecekleri konusunda büyük bir çeşitlilik vardır. Bunun yanında, çocukluk hipermetropisiyle birlikte şaşılık ve AK/A oranı anomalilerine de daha sık rastlanır. Çocuklarda hipermetropinin düzeltilmesinde, şu ilkeleri hatırla tutmak yararlı olacaktır:

- Erken HM düzeltme, ambliyopi prevalansını azaltmaktadır, ancak şaşılık gelişimini önleme ve emetropizasyon üzerine olan etkilerine dair kanıtlar yeterli değildir; HM'ye eşlik eden şaşılık yoksa, tam HM düzeltmeden kaçınılmalı ve az düzeltme veya dinamik retinoskopi ile belirlenen değer verilmelidir.^{12,13}
- Hipermetropi ve birlikte ezotrophia varsa; önce sikloplejik olarak belirlenen kırma kusurunun tam düzeltilmesi verilir, sonra -emetropizasyon sürecinde- belli aralıklarla takip edilerek ezotrophia ve görme durumuna göre, görme iyi olacak ve kayma olmayacak şekilde, kırma kusurunun düzeltilmesinde indirimlerle ayarlama yapılır.
- Her olgu kendi içinde değerlendirilmelidir; örneğin, Down sendromu olan çocukta akomodasyon azlığı olabileceği düşünülerek tam HM düzeltme (ve yakın ilavesi) verilmelidir.
- Yüksek HM tespit edilen çocuklarda; nanoftalmi, mikroftalmi, Leber'in konjenital amarozu gibi hastalıkların olabileceği hatırlanmalıdır.
- Okul çağındaki çocukta, tam hipermetropik düzeltme, akomodasyon hemen ortadan kaldırılamadığından, bulanık görmeye neden olabilir. Çocuk gözlüğe alışınca kadar daha düşük hipermetropik düzeltmeli gözlükle başlamak gerekebilir.
- HM'ye eşlik eden şaşılık veya anormal AK/A oranı varlığında; tam sikloplejik düzeltme verilmelidir, buna rağmen yakında ezotrophia devam ediyorsa bifokal eklenir. Yüksek AK/A oranının eşlik ettiği akomodatif ezotrophia tedavisinde kullanılan bifokal gözlükler, pupili ortadan kesecek şekilde yerleştirilmelidir, "eksekütif" tip-çizgisel' bifokal gözlük olarak reçete edilir.¹¹

Miyopi: Uyum yapmayan bir gözün optik eksenine paralel gelen ışınların retinanın önünde odaklanmasıdır. Gözün ön-arka ekseninin normalden daha uzun olması (eksen miyopisi) veya kornea ve lensin kırıcılığının fazla olması (kırıcılık miyopisi) miyopi ile sonuçlanır. Klinikte en fazla görülen miyopi, eksen miyopisidir. Miyoplar uzağı net göremez, yakını iyi gördükleri için, bu çocuklar genellikle yakın çevrelerindeki etkinliklerle ilgilenirler. Miyopi, prematüre çocuklarda siktir, nadiren doğumsal olarak da görülebilir, prematüre retinopatisi olanlar veya ciddi görsel deprivasyonu olan bebekler hariç, bebeklik çağında nadirdir. Okul öncesi çocuklarda daha azdır, okul ve büyüme çağlarında görülme sıklığı artar. Genetik bir eğilim söz konusu olduğundan, miyopisi olan anne ve babalar çocuklarını erken yaşlarda göz kontrolüne götürmelidir.¹⁴

Miyopide tek semptom, uzakta görme azalmasıdır, sıklıkla asemptomatiktir, genellikle okulda yapılan rutin görme testleri sırasında tespit edilir. Bu tip okul çağı başlangıçlı miyopi, çocuğun büyümesi duruncaya kadar tedricen artmaya eğilimlidir. Daha az sıklıkla görülen konjenital veya infantil miyopi, hayatın ilk birkaç yılında görme azlığıyla ortaya çıkar, genellikle daha yüksek, -5D, -6D≤, derecelerdedir, genellikle tek taraflıdır ve genellikle de ambliyopiye yol açar. Gözün ön-arka uzunluğunun anormal arttığı, retinada dejeneratif değişikliklerle seyreden, görme prognozunu olumsuz etkileyen, ilerleyici miyopi hastalığı, nadiren çocukluk döneminde de görülebilir.¹⁵

Miyopi, özellikle son yıllarda bütün dünyada epidemik bir artış göstermiştir. Bunun nedeni, hatalı yaşam tarzı ve bozulan çevre koşullarıdır. Ailelerin değişen yaşam tarzı ile birlikte, çocukların dışarı-gün ışığına yetersiz çıkmaları ve içerde yoğun yakın çalışma yapmaları, çocukların gözlerinde aksiyel uzama ve miyopi ilerlemesine neden olmaktadır. Miyopinin bütün dünyada, epidemik bir artış göstermesiyle birlikte, 'miyopi öncesi' ve miyopi ilerleme riski olan çocukların erken tanısı, takip ve tedavisi önem kazanmaktadır. Bu konuda, bütün dünyada çalışmalar devam etmektedir, halen mevcut verilerle ailelere önerimiz, bu çocukları, uygun yaşam koşulları önererek yakın takipte tutmak olacaktır.

Miyopinin tedavisinde, kalın kenarlı (ıraksak) mercekler kullanılır, bu camlar kırılmayı azaltarak retina önündeki görüntüyü retina üzerine taşırlar. Miyopi, 8-13 yaşlarında en hızlı artar. Okul çağı miyopisinin ilerlemesini yavaşlatmak için birçok tedavi metodu önerilmiştir. Miyopi kontrolünde; farmakolojik tedaviler (uzun süreli, düşük dozlarda-% 0,01-% 0,05-atropin kullanımı, pirenzepine jel kullanımı)¹⁶⁻²⁰, progresif gözlük camlarının kullanımı¹⁷ prizmalı ve prizmasız eksekütif (çizgisel) tipte bifokal camların kullanımı²¹ diğer miyopi kontrol gözlüklerinin^{22,23} ve ortokeratolojik kontakt lenslerin kullanımı¹⁷ ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.¹⁶⁻²³ Takip ve tedavide, farmakolojik ve optik uygulamalarla ilgili değişik öneriler olmakla birlikte, halen tam bir protokol oluşturulamamıştır.

Özetle; çocuklukta miyopi 2 farklı grupta incelenir: konjenital-infantil miyopi (genelde yüksek) ve gelişimsel miyopi (genelde 7-12 yaşları arasında görülür). Bu çocuklarda, yakın takip, sık muayene ve gözlük değişimi gerekir. Yüksek miyopinin çocukluk çağında olağan olmadığı, 6D ≤ yüksek miyopisi olan

çocuklarda eşlik eden oküler ve sistemik bozukluklar olabileceği de hatırlanmalıdır. Belirgin çocukluk miyopisi varlığında, aşağıdaki ilkelere uyulması tavsiye edilir.^{15,17}

- Sikloplejik muayene zorunludur. Bebeklerde, yüksek miyopi tespit edilen çocuklarda tropikamid ve siklopentolat uyumu felç etmede yeterli olmazsa atropinle siklopleji yapılarak refraksiyon muayenesi gerekebilir.
- Okul öncesi ve okul çağı çocuklarda, 'miyopi öncesi' ve düşük miyopi varlığında, aile öyküsü ve diğer risk faktörleri değerlendirilerek, farmakolojik ve/veya optik tedaviler ile miyopi kontrol tedavisi başlanabilir.
- Uzun yıllar kabul gören, düşük düzeltmeli gözlüklerle miyopi ilerlemesinin yavaşlatılacağı şeklindeki genel görüşün aksine, az düzeltme ile daha çok miyopi artışı olduğu görülmüştür. Genel görüş, özellikle okul çağındaki çocuklarda, çocuğun net gördüğü tam düzeltmeyi vermektir.
- Miyopinin ilerlemesi beklenen, aile öyküsü ve diğer risk faktörleri olan okul çağındaki çocuklarda yakın takip önerilir. Aileler, miyopik kırma kusurunun doğal seyri ve sık muayene gerektiği konusunda uyarılmalıdır.
- Miyopisi ve intermitan ekzotropyası olan çocukta, net gösteren tam miyopik refraktif düzeltme yapılması önerilir. Miyopisi ve ezotropyası olan çocuklara, binoküler görme ve net görme korunacak şekilde gözlük verilmelidir.
- Yüksek miyop camlarla oluşan görüntü küçülmesinin önüne geçebilmek için refraktif düzeltme için kontakt lensler yararlı olabilir.

Astigmatizma; gözün optik sisteminin tüm meridyenlerinde kırıcılığın aynı olmamasıdır, korneal veya lentiküler olabilir, genellikle korneadan kaynaklanır. Kornea yaralanmaları, göz çevresinde/kapaklardaki hemanjiyomlar, pitoz veya şalazyon çocuklarda astigmatizma oluşturabilir. Astigmatik kusurlara bağlı bulanıklık nedeniyle görüntü bozulduğu için, kişi net görmeyi sağlamak amacıyla uyum yapar veya gözlerini kısarak odaklamaya çalışır, ve buna bağlı olarak, astenopik şikayetler olabilir.²⁴ Astigmatizma bebeklerde daha sık görülür, daha yüksek değerlerdedir. Bebeklikte görülen erken kurala aykırı astigmatizmanın, zamanla düzelmesi muhtemeldir ve yüksek astigmatizmanın da ilk 2 yıl içinde, emetropizasyonla birlikte, azalarak 2 yaş civarında normale dönmesi beklenir, bu nedenle ambliyojenik olarak kabul edilen değerlerin altında astigmatizma tespit edilen bebeklerde yakın takip-kontrollar önerilir.

Astigmatizmanın tedavisi, silindirik veya sferosilindirik merceklerle yapılır. Astigmatizma varlığında ambliyopi, genellikle büyük astigmatik kusurlarla ortaya çıkmakla birlikte, 1,5-2,0D'lik bir astigmatizma bile ambliyopi oluşturabilir, düzeltilmelidir. Bu değerlerin üzerindeki astigmatizma için gözlük verilirken, yaşa göre düzeltilmesi gereken astigmatizma miktarları ile ilgili olarak verilen rehber bilgilere başvurulabilir.⁸ Büyük çocuklarda, belirgin sferik kusur varlığında gözlük verilecekse, eşlik eden herhangi bir astigmatik kusur da ($<1,5D$) düzeltilmelidir.²⁵ Sferik kırma kusuru yoksa, mevcut astigmatik kusur düzeltilir, bu durum özellikle $1,5D \leq$ astigmatizma varlığında ortaya çıkar. $1,0D \leq$ oblik astigmatizma, refraktif veya meridyonel ambliyopi geliştirebileceğinden, bu astigmatizmanın düzeltilmesi önemlidir.²⁶

Çocuklarda, astigmat gözlük reçete edilirken doğru eksen ve açısı yuvarlanmadan verilmelidir. Tam silindirik düzeltme, çocuklar tarafından çok kolay kabul edilir. Yanlış yapılmış astigmatik düzeltmeli camlar da çocuklar tarafından yakınmalara neden olmadan çok kolay kabul edileceğinden, çocuklar gözlük yapıldıktan sonra kontrole çağrılarak gözlük değerleri ölçülmelidir. Şaşılık cerrahisi, kırma kusurunu ve özellikle de astigmatik komponenti etkileyebilir. Korneal skarlar, keratokonus veya diğer korneal hastalıklarla oluşan düzensiz astigmatizma ise, en iyi sert gaz geçirgen kontakt lenslerle düzeltilir.²⁶

Özetle, çocuklarda $1,5D \leq$ astigmatik kusurlar, ambliyopi gelişimini önlemek için düzeltilmelidir. Çocuklarda astigmatik kırma kusurları, tam ve doğru eksen ve açısı düzeltilmelidir. 1D kadar küçük miktarlardaki oblik astigmatik kusurların, ambliyopi oluşturabileceğinden düzeltilmesi gerekir.²⁵

Anizometropi: Çocukların muayenesinde, görme ve ambliyopi riski açısından, anizometropiye özellikle dikkat edilmesi gerekir. Anizometropi prevalansı yaşla azalır, prematürlerde daha yüksektir. Anizometropi, erken çocuklukta yüksektir, seyri belirsizdir, 4-5 yaşına kadar değişken bir seyir izleyebilir, yaşla azalarak okul öncesi normale dönebilir.

Anizometropi, bir gözdeki kırma kusuru miktarının diğer gözdekinden belirgin şekilde farklı olmasıdır, genellikle geç tanı konur ve gözlük uyumu zordur. Düzeltmezse, refraksiyon kusuru daha yüksek olan gözde görüntü daha bulanık olacağı için bu gözde ambliyopi gelişir. Anizometropide, erken tanı ve tedavi önemlidir, bu nedenle çocuklarda gözlük düzeltmesi yapılırken anizometropi varlığı dikkate alınmalıdır. $1,5D$ 'lik hipermetropik anizometropi, ambliyopi oluşturabilirken, miyopik anizometropide 2,5-3D'ye kadar ambliyopi riski düşüktür.^{8,25} Anizometropinin gözlüklerle düzeltilmesi genellikle çocuklar tarafından iyi tolere edilirken, erişkinlerde semptomatik anizeikoni oluşturabilir.²⁷

İki gözde HM refraktif değerlerin farklı olması bazı tedavi güçlükleri gösterir: daha HM olan göz refraktif ambliyopi geliştirebilir ve/veya kayabilir-genellikle içe- ve görme azlığına ilaveten strabismik ambliyopi de eklenir. Daha HM olan gözde ambliyopi geliştiğinde, ambliyopi tedavileri gerekir. Gözlük reçete edilirken, eşlik eden ezotropeya varsa tam sikloplejik düzeltme verilmelidir. Anizometropik hipermetropik ambliyopide şaşılık yok ve binokülarite varsa, HM düzeltme her iki gözde eşit olarak azaltılmak koşuluyla, tam düzeltme verilmeyebilir.²⁸

Özetle: Anizometropinin erken çocuklukta seyri değişkendir. Anizometropide iki göz arasındaki refraksiyon farkı için tam sikloplejik düzeltme verilmesi önerilir. Anizometropik ambliyopi varsa, gözlük verilmelidir ve ambliyopi için kapama tedavileri gerekebilir. Anizometropik hipermetropik ambliyopide, eşlik eden ezotropeya yoksa, refraktif düzeltmeyi her iki gözde eşit olarak azaltmak koşuluyla, tam düzeltme verilmeyebilir. Anizometropik miyopik ambliyopide, tam düzeltme verilmesi önerilir.^{11,15,28} Anizometropi varlığında, gözlük verirken, gerekirse, okul öncesi çocuklar için önerilen rehber bilgilerden de yararlanılabilir.⁸

Kırma kusurlarının düzeltilmesinde yol gösterici kurallar: Çocuklarda refraksiyon muayenesi yapmak çok kolay değildir, ancak bazı temel prensipler anlaşılırsa çocukların muayene ve tedavisinde hataları ve komplikasyonları önlemek kolaylaşır. Bu kurallara uyularak yapılan muayeneler sonucunda, çoğu olguda bir miktar ametropi tespit edilir. İşin püf noktası, bu aşamada gözlüklerin faydalı olup olmayacağı karardır. Gözlük kullanan anne-babalar dahi, çocuklarının gözlük gereksinimi olmayacağını düşünürler. Çocuklar verilen gözlüğü, özellikle de bu gözlükle çok iyi görüyorlarsa, çok iyi tolere ederler. Refraktif kusuru olan çocukların muayenesi ve tedavisi, refraksiyonla uğraşan bir göz hekimi için zevkle yapılması gereken ve hekimi ödüllendiren bir iştir.

Çocukluk döneminde kırma kusurlarının erken tanısı ve tedavisi büyük önem taşımaktadır; refraksiyon anomalilerinin bir kısmı ambliyopiye yol açarak yaşam boyu kalıcı görme azlığına neden olabilir. Ambliyopiye yol açan refraksiyon anomalileri; yüksek hipermetropi, yüksek miyopi, yüksek astigmatizma ve anizometropi olarak sayılabilir. Hipermetropi, miyopiye göre çok daha ambliyojenik bir kırma kusurudur. Ambliyopiye yol açan faktörlerin erken tanınması amacıyla tarama programlarından faydalanılmaktadır.

Çocuklarda refraksiyon, emetropizasyon sürecinde değişebilir, bu nedenle düzenli kontroller gerekir. Gözün kırma kusurunun ölçülmesi, objektif ve subjektif olarak yapılır. Objektif yöntem, her yaşta uygulanabilir. Retinoskopi kullanımı sadece küçük çocuklara sınırlı kalmamalıdır; retinoskopi ile hem gözlük ihtiyacı değerlendirilir hem de akomodasyon yapabilirliği değerlendirmede (dinamik retinoskopi) faydalıdır. Subjektif yöntem ise, çocuğun kooperasyonu ile yakın ilişkili olup çocuklarda uygulanması güçtür, bazen çocuğun yaşından dolayı imkansız olabilir. Subjektif değerlendirme mümkün olmadığında retinoskopi değerine göre gözlük tashihi yapılır, bebek ve çocuklarda sikloplejili retinoskopi altın standart olarak kabul edilir.⁸

Çocuklarda gözlük verme nedenleri:^{8,11} **1.** Ambliyopiyi önlemek-tedavi etmek, **2.** Çocuğun görme fonksiyonunu arttırmak (görme keskinliğini arttırmak, binokülariteyi korumak, akomodasyon..) ve daha iyi görmesini sağlamak (kendini daha iyi hissetmesi, okul ve hayat başarısı için), **3.** Pitoz, şaşılık, mikroftalmi gibi patolojilerde kozmetik düzeltme. Akomodatif ezotropeyada tam hipermetropik düzeltme yapılır, yüksek AK/A oranı varlığında ise bifokal gözlük verilir. **4.** Tek taraflı derin ambliyopi veya göz kayıplarında sağlam gözü korumak.

'Amerikan Akademi ve Pediatrik Oftalmoloji Birliği'nin, bebek ve 4 yaş altı çocuklarda izoametropi ve anizometropi için önerdiği yaşa göre refraksiyon kusuru düzeltme değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 1).⁸

Tablo 1. Bebek ve Dört Yaş Altı Çocuklar için Önerilen Refraksiyon Kusuru Düzeltme Değerleri ⁸ (Amerikan Akademi ve Pediatrik Oftalmoloji Birliği tarafından 2017’de revize edilen değerler)

Kırma Kusuru (Diyoptri)				
	<1 yaş	1- <2 yaş	2- <3 yaş	3- <4 yaş
İzoametropi				
Miyopi	≥ -5.0D	≥ -4.0D	≥ -3.0D	≥ -2.5D
Hipermetropi (Kayma yok)	≥ +6.0D	≥ +5.0D	≥ +4.5D	≥ +3.5D
Hipermetropi (Kayma var)	≥ +2.0D	≥ +2.0D	≥ +1.5D	≥ +1.5D
Astigmatizma	≥ 3.0D	≥ 2.5D	≥ 2.0D	≥ 1.5D
Anizometropi (Kayma yok)				
Miyopi	≥ - 4.0D	≥ - 3.0D	≥ - 3.0D	≥ - 2.5D
Hipermetropi	≥ +2.5D	≥ +2.0D	≥ +1.5D	≥ +1.5D
Astigmatizma	≥ 2.5D	≥ 2.0D	≥ 2.0D	≥ 1.5D

Pediyatrik kırma kusurlarında reçetelendirme: Çocuklarda gözlük verilirken çok yönlü düşünülmesi gerekir; çocuğun yaşı, yaş-emetropizasyon ilişkisi, mevcut kırma kusuru, görme seviyesi, görsel gereksinimi, ambliyopi varlığı, akomodasyon kabiliyeti, ekstraoküler kas dengesizliği varlığı, anizometropi derecesi ve oküler açıdan aile öyküsü ve hatta çalışma ve yaşam tarzı dikkate alınmalıdır. **“Kimlere gözlük verilmelidir” ile ilgili bilimsel veriler ve rehber bilgiler olmakla birlikte, çok kesin kurallar yoktur.** Çocuklarda kırma kusurlarının düzeltilmesinde, yukarıda verilen/aşağıda önerilen kurallar kişinin bireysel gereksinimlerine göre değiştirilerek kullanılmalıdır.^{11,15} Çocuklara gözlük verirken dikkat edilecek kurallar özetlenecek olursa:^{8,25,28,29}

- Subjektif değerlendirme mümkün olmadığında, eşlik eden diğer klinik bulgular da değerlendirilerek, bulunan retinoskopi değerine göre gözlük verilir.
- **Sikloplejili retinoskopik değerlendirme, çocuklarda kırma kusurlarının değerlendirilmesinde altın standarttır.** El otomatik refraktometreleri, özellikle astigmatik eksenin belirlenmesinde yardımcıdır ve retinoskopik muayeneye alternatif olarak değil, tamamlayıcı olarak kullanılmalıdır.
- Refraksiyon muayenesinde tespit edilen sferik değer reçete edilirken, çocuğun yaşına, görme durumuna ve eşlik eden heteroforia/tropya varlığına göre ayarlanır.
- Gözlük verirken, okul öncesi çocuklar için önerilen rehber bilgilerden de yararlanılabilir.⁸
- İntermitan ekzotropyası olan çocuklarda, görme azlığı ile sonuçlanan herhangi bir kırma kusuru, binoküleriteyi korumak amacıyla, düzeltilmelidir. Eşlik eden düşük miktarlardaki miyopik kırma kusurlarının dahi tam düzeltilmesi önerilir.²⁵
- Hipermetropiye ilaveten ezotropyası olan çocuklarda, sikloplejik retinoskopi ile bulunan hipermetropik değer tümü verilir. Bu çocuklara verilen tam hipermetropik düzeltme, emetropizasyon süreci içinde, 6 aylık kontrollerle kayma olmayacak ve görme iyi olacak şekilde azaltılabilir.
- Her çocuk kendi içinde değerlendirilmelidir; örneğin, Down sendromu olan çocukta hipoakomodasyon olabileceği düşünülerek tam HM düzeltme, bifokal veya ilave yakın gözlük reçete edilmelidir.
- Anizometropide iki göz arasındaki fark tam olarak düzeltilmelidir
- Gözlük verme için yaş alt sınırı yoktur, her çocuk kendine özgüdür ve verilen rehber bilgilerin çocuğa uygulanıp uygulanmayacağına karar verecek olan doktordur.

Çocuklarda, refraksiyon kusurlarının düzeltilmesinde, en sıklıkla gözlük camları kullanılır. Çocuklara verilecek gözlükler, kırılmaya dayanıklı maddelerden-organik camlardan-yapılmış olmalıdır. Spor yapan çocuklara, tek gözlüklere ve ambliyopisi olan çocuklara, güvenlik nedeniyle çarpmalara ve kırılmalara çok daha dayanıklı bir organik madde olan polikarbonat camlı gözlükler önerilir. Afaklarda, göz içi lensi olan, makülopatisi olan, miyopi kontrolü veya penalizasyon için atropin kullanan çocuklarda, UV ışınları süzücü/korunmalı gözlükler düşünülmelidir. Aniridisi, oküler albinizmi veya okülokütanöz albinizmi olan çocuklara filtreli gözlükler verilmesi rahatlık sağlayacaktır. Çizgisel bifokal gözlükler, en sıklıkla akomodatif ezotropyaya için verilir ve devamlı takılması önerilir. Daha az sıklıkla da, afak çocuklarda veya uyum felci (oküler travma sonrası, erken doğuma bağlı, göz anomalileri, Down sendromu, zihinsel özrü) olan çocuklarda, ya ek bir yakın gözlük veya bifokal gözlük verilebilir. Çocukluk döneminde kontakt lensler, genellikle, tek taraflı yüksek refraksiyon kusurlarının tedavisinde kullanılırlar.²⁹

Sonuç olarak, çocuklara gözlük vermek, erişkinlerden farklıdır. Çocuklara gözlük vermeden önce; çocuğun görme seviyesi ve görsel gereksinimleri, yaşı, uyum kabiliyeti, emetropizasyon süreci, ambliyopi varlığı,

eşlik eden ekstraoküler kas dengesizliği ve aişle öyküsü olup olmadığı değerlendirilmelidir. Tüm çocuklara sikloplejili retinoskopi uygulanmalı, çocukluk döneminde kırma kusurlarının değişkenlik gösterdiği, erken tanı ve tedavinin önemli olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Elkington AR, Frank HJ, Greaney MJ. Practical clinical refraction, *Clinical Optics. USA: Blackwell*, 1999: 230-241.
2. Bengisu Ü. Kırılma kusurları, Göz Hastalıkları. Ankara: Palme, 1998:1-21.
3. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Emmetropization and the progression of manifest refraction in children followed from infancy to puberty. *Clin Vis Sci* 1993; 8: 337-344.
4. Mayer DL, Hansen RM, Moore BD, Kim S, Fulton AB. Cycloplegic refractions in healthy children aged 1 through 48 months. *Arch Ophthalmol* 2001;119: 1625.
5. Mutti DO, Mitchell GL, Jones LA, Friedman NE, Frane SL, Lin WK et al. Accommodation, acuity and their relationship to emmetropization in infants. *Optom Vis Sci* 2009;86: 666-676.
6. Dobson V, Fulton AB, Lawson S. Cycloplegic refractions of infants and young children. The axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:83-87.
7. *Clinical Optics. Section 3. California Am Acad. Ophthal* 2014.
8. American Academy of Ophthalmology. Pediatric Eye Evaluations Preferred Practice Pattern, 2017. Available at: www.aao.org/ppp.
9. Hammond CJ. Emmetropization, refraction and refractive errors: control of postnatal eye growth, current and developing treatments. In: Hoyt CS, Taylor D (eds). *Pediatric Ophthalmology and Strabismus* (4th ed). Elsevier, 2013.
10. Guyton DL, Miller JM, West CE. Optic Pearls and Pitfalls. In: *Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. Wright KW, Spiegel PH, Thompson LS (eds) New York:Springer, 2006.
11. Donahue SP. Prescribing spectacles in children: a pediatric ophthalmologist's approach. *Optom Vis Sci*. 2007 Feb;84(2):110-4. Review.
12. Atkinson J, Anker S, Bobier W, Braddick O, Durden K, Nardini M et al. Normal emmetropization in infants with spectacle correction for hyperopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000 Nov;41(12):3726-31.
13. Atkinson J, Braddick O, Nardini M, Anker S. Infant hyperopia: detection, distribution, changes and correlates-outcomes from the cambridge infant screening programs. *Optom Vis Sci*. 2007 Feb;84(2):84-96.
14. American Academy of Ophthalmology. Preferred Practice Pattern: Refractive Errors and Refractive Surgery 2013. Available at: www.aao.org/ppp.
15. Leat SJ. To prescribe or not to prescribe? Guidelines for spectacle prescribing in infants and children. *Clin Exp Optom*. 2011 Nov;94(6):514-27. Review.
16. Chia A, Lu QS, Tan D. Five-Year Clinical Trial on Atropine for the Treatment of Myopia 2: Myopia Control with Atropine 0.01% Eyedrops. *Ophthalmology*. 2016 Feb;123(2):391-9.
17. Leo SW, Young TL. An evidence based update on myopia and interventions to retard its progression. *J AAPOS* 2011; 15: 181-189.
18. Polling JR, Tan E, Driessen S, et al. A 3-year follow-up study of atropine treatment for progressive myopia in Europeans. *Eye* 2020 ; 34: 2020-28.
19. Yam JC, Jiang Y, Tang SM, et al. Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial of 0.05%, 0.02% and 0.01% atropine eye drops in myopia control. *Ophthalmology* 2019;126:113-124.
20. Yam JC, Li FF, Tang SM, et al. Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study phase 2: 0.05% atropine remained the best concentration among 0.05%, 0.025% and 0.01% atropine over 2 years. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019;60:4814.
21. Cheng D, Woo GC, Drobe B, Schmid KL. Effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on myopia progression in children: three-year results of a randomized trial. *J.A.M.A. Ophthalmol*. 2014;132:258-64.
22. Bao J, Yang A, Huang Y, et al. One year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Br J Ophthalmol*. 2021;0:1-6.
23. Lam CS, Tang WC, Tse DY, et al. Defocus Incorporated Multipl Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol*. 2020 ;104: 363-368.
24. Mukherjee PK. Errors of refraction in children, *Pediatric Ophthalmology*. New Delhi: New Age International Ltd. 2005:546-573
25. Sainani A. Special considerations for prescription of glasses in children. *J Clin Ophthalmol Res* 2013;1:169-73.
26. Repka MX. Refraction in infants and children. In: *Harley's Pediatric Ophthalmology*. Harley RD, Nelson LB, Olitsky SE. (eds)., 5th ed. Lippincott Williams&Wilkins, 2005:110-122.
27. Wright KW. Refractive errors and spectacles in children, *Pediatric Ophthalmology*. Baltimore: Williams&Wilkins, 1999:71-76.
28. Robb RM. Practical Pediatric Refraction. In: *Pediatric Ophthalmology: A Clinical Guide*. Gallin PM. (ed). 1st ed. Thieme Medical Publishers, 2000:23-30.
29. West CE. Refractive error in children. In: *Pediatric Ophthalmology, Current Thought and a Practical Guide*. Wilson ME, Trivedi RH, Saunders RA. (eds). Springer Berlin Heidelberg, 2009:7-19.

MİYOPİ KONTROLÜNDE FARMAKOLOJİK YÖNTEMLER

Dr. Hikmet BAŞMAK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Eskişehir

Giriş

Miyopi prevalansının dünya çapında arttığına dair güçlü kanıtlar mevcuttur.

Etkin müdahale önlemlerinin alınmaması durumunda dünyada 2050 yılına kadar miyopi görülme oranının %50'ye ulaşacağı öngörülmektedir.¹ Artan miyopi prevalansına daha erken başlangıç yaşı da eşlik etmekte ve bu durum yüksek miyopi riskinin artmasına da neden olmaktadır.²⁻⁴

Artan miyopi prevalansı, özellikle yüksek miyopi, miyopi ile ilişkili durumlardan kaynaklanan görme bozukluğunun artmasına neden olmaktadır. Çocuklarda miyopi ilerlemesi gözün eksenel uzaması ile güçlü bir şekilde ilişkilidir⁵. Eksenel uzamanın neden olduğu yüksek miyopi; miyopik makülopati, retina dekolmanı, glokom ve sonuçta körlük riskini arttırmaktadır²⁻⁴. Gözün eksenel uzamasını kontrol etmek bu komplikasyon riskini azaltmak için hayati öneme sahip olsa da, eksenel uzamayı durdurmak için henüz bir tedavi geliştirilememiştir.

Miyopi ilerlemesini kontrol seçenekleri hakkında son yıllarda literatürde geniş bir bilgi havuzu oluşmuştur. Miyopi kontrollü gözlük camları, multifokal kontakt lensler, ortokeratoloji lensleri ve düşük doz atropin gibi tedavileri klinik pratiğe uygulamak kolay olabilir⁶⁻⁹. Ancak hiçbir güncel tedavi yöntemi miyopi ilerlemesini tümü ile durduramaz. Bununla birlikte, son çalışmalar miyopi ilerlemesini yavaşlatmak için etkili yöntemlerin kanıtlarını oluşturmuştur.

Miyopinin ilerlemesini tedavi etmek için ilk ilaçlar, akomodasyonun gevşemesi ya da GİB'nin azaltılmasıyla kontrol edilebileceği inancına dayalı olarak seçilmiştir. Bu nedenle, tropikamid ve atropin gibi sikloplejik ajanlar ve adrenerjik antagonistik ajanlar geçmişte başarı olmadan denenmiştir¹⁰.

Son birkaç yıldır miyopi kontrolüne yönelik yeni yaklaşımlar, miyopi gelişiminde muskarinik reseptörlerin önemini dikkate almaktadır. M1 antagonisti pirenzepin ve atropin, miyopi ilerlemesini yavaşlatma girişiminde kullanılan ilaçlardır. Bu ilaçların etki yeri bilinmemekle birlikte, civcivlerde yapılan çalışmalar, bu ilaçların kıkırdaklı sklera üzerinde hareket ederek glikozaminoglikan sentezini geçici olarak inhibe ettiğini ve miyopi gelişimini yavaşlattığını düşündürmektedir¹¹. İnsülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1), temel fibroblast büyüme faktörü (bFGF) ve retinoik asit ve dopamin gibi faktörlerin, hayvan modellerinde oküler büyümeyi kontrol etmede etkili olduğu gösterilmiştir¹²⁻¹³. Atropin, miyopi kontrolü üzerindeki etkisi için kapsamlı bir şekilde çalışılmış, seçici olmayan, antimuskarinik bir ajandır. Başlangıçta miyopi kontrolünün sikloplejik etkisinden kaynaklandığı düşünülen atropinin etki mekanizması henüz iyi anlaşılmamıştır. Atropinin lokal retina / skleral sinyalleme yoluyla çalışabileceğine dair bazı düşünceler vardır. İnsanlarda miyopinin ilerlemesini yavaşlatmaya yönelik gelecekteki tedaviler, emetropizasyonda yer alan retinal-skleral sinyalleşme kaskadını değiştirmeye yönelik olacaktır.

Miyopi ilerlemesinde atropin kullanımı

Miyopi kontrolü için ilk randomize, plasebo kontrollü atropin çalışması, Yen ve arkadaşları tarafından 1989 yılında yapıldı¹⁰. Bir yıl boyunca %1 atropin göz damlası uygulanan grupta miyopi ilerlemesinin daha az olduğunu bildirdiler. %1 atropin kullanan grupta miyopi ilerlemesi -0,22 diyoptri, %1 siklopentolat göz damlası kullanan grupta -0,58 diyoptri ve plasebo göz damlası uygulanan kontrol grubunda -0,91 diyoptri miyopi ilerlemesi bildirildi¹⁰. Fotofobi ve yakın bulanıklık ciddi yan etkiler olduğundan, çalışmanın sonuçları klinik uygulamaya geçememiştir. On yıl sonra, Shih ve arkadaşları¹⁴ randomize, kontrollü bir çalışmada, iki yıl en az %0,5 atropin göz damlası kullanımından sonra miyopi ilerlemesinin belirgin olarak azaldığını bildirdiler (yılda 0.04 diyoptri). Kontrol grubu olarak kullanılan %0,5 tropikamid göz damlası ile miyopi ilerlemesi durdurulamamıştı (yılda 1.06 diyoptri). Shih ve ark.¹⁴ tarafından yapılan çalışmanın sınırlamaları, eksenel uzunluk ölçümü için biyometri eksikliği ve bir plasebo kontrol grubunun olmamasıydı.

Miyopi ilerlemesini farmakolojik olarak durdurma tedavisinde Atropin (ATOM-1) çalışması dönüm noktası olmuştur. ATOM-1 çalışmasında %1 atropin oftalmik solüsyon kullanılmıştır. %1 lik atropinin 2 yıllık bir süre boyunca plaseboya kıyasla miyopinin ilerlemesini yaklaşık % 80 oranında önlediği gösterilmiştir¹⁵. Bununla birlikte, % 1 atropin, pupil dilatasyonu ve akomodasyon kaybı gibi ikincil istenmeyen etkiler üretti ve tedavinin kesilmesinden sonra belirgin rebound etkisi görüldü¹⁶. Bu nedenle, ATOM-2 çalışmasında, ATOM-1 çalışmasında plaseboya kıyasla sırasıyla %75, %70 ve %60 oranında miyopi ilerlemesinde azalmaya yol açan % 0.5, % 0.1 ve % 0.01 atropin oftalmik solüsyonlar incelendi¹⁷. 2 yıllık bir süre ile takip

edilen olgularda ikincil istenmeyen etkiler ve rebound fenomeni, % 0.01 atropin grubunda, daha yüksek atropin konsantrasyonlarına göre neredeyse hiç görülmediğinden, en çok tavsiye edilen % 0.01 atropin idi. Bununla birlikte, ATOM-2 çalışmasında gözün eksenel uzamasında kontrol grubuna göre önemli bir fark saptanamamıştır. ATOM-2 çalışmasının sınırlaması, bir plasebo kontrol grubunun olmamasıydı.

ATOM-2 çalışmasının kısıtlamaları göz önüne alınarak miyopi ilerlemesi için düşük konsantrasyonlu atropin (LAMP) çalışması planlanmıştır¹⁸,

LAMP çalışması, düşük doz atropinin (% 0.05, 0.025 ve %0.01) plaseboya karşı etkinliğini ve güvenliğini değerlendiren dört fazlı, randomize, çift kör, plasebo kontrollü bir çalışmadır¹⁸. Bu çalışmanın ilk evresinin sonuçları, düşük doz atropinin plaseboya kıyasla miyopik ilerlemeyi ve eksenel uzunluk artmasını azalttığını göstermektedir. Konsantrasyona bağlı yanıt, %0.05, %0.025 ve %0.01 atropin gruplarında sferik eşdeğerde sırasıyla %67, %43 ve %27 azalma ve eksenel uzamada %51, %29 ve %12 azalma şeklinde bildirildi. Yazarlar, %0.01'lik atropin ve plasebo grupları arasındaki eksenel uzunluk farkının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirdiler. Akomodasyon genliği ve pupilla büyüklüğündeki değişiklikler de doza bağlı olarak değişiyordu. ATOM2 ve LAMP çalışmalarında, %0.01'lik atropin grubundaki fotopik pupilla çapları, damlaya başladıktan 1 yıl sonra sırasıyla başlangıca göre 0.91 mm ve 0.49 mm artmıştır. Bu büyümeler olgularda belirgin bir yakınmaya yol açmamıştır.

Atropin gruplarından hiçbirinde yakın veya uzak görme üzerinde anlamlı bir etki bildirilmemiştir. Yazarlar, iki yıllık bir takip sonunda, %0.05 atropin göz damlasının etkinliğinin, %0.01 konsantrasyona göre iki katı olduğu ve %0.05 atropin konsantrasyonunun optimal konsantrasyon olduğu sonucuna vardılar¹⁹. Miyopi ilerlemesini yavaşlatmak için çalışılan atropin konsantrasyonları arasında LAMP çalışmasının sonraki aşamaları halen devam etmektedir ve düşük doz atropin tedavisinin uzun vadede kesildikten sonra geri tepme etkilerinin belirlenmesine yardımcı olacaktır.

Atropin tedavisine ne zaman başlanacağı, optimum atropin göz damlası dozu, uygulama sıklığı ve zamanı (gecelik, haftalık), tedavi süresi (hangi yaşa kadar), tedavinin kesilmesinden sonra olası rebound fenomeni gibi sorular gelecekteki çalışmalarda ele alınacak sorular arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

1. Fricke T.R. Jong M. Naidoo K.S. et al Global prevalence of visual impairment associated with myopic macular degeneration and temporal trends from 2000 through 2050: systematic review, meta-analysis and modelling. *Br J Ophthalmol.* 2018; 102: 855-862
2. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A. et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016; 123: 1036-1042
3. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, et al. Epidemiology of myopia. *Asia Pac J & Ophthalmol* 2016; 5:386-393.
4. Wong T.Y. Ferreira A. Hughes R. et al.Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: an evidence-based systematic review. *Am J Ophthalmol.* 2014; 157: 9-25 e12
5. Donald O Mutti, John R Hayes, G Lynn Mitchell, Lisa A Jones, Melvin L Moeschberger, Susan A Cotter, Robert N Kleinstein, Ruth E Manny, J Daniel Twelker, Karla Zadnik, CLEERE Study Group Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia est *Ophthalmol Vis Sci* 2007 Jun;48(6):2510-9.
6. Huang J. Wen D. Wang Q. et al Efficacy comparison of 16 interventions for myopia control in children: a network meta-analysis. *Ophthalmology.* 2016; 123: 697-708
7. Walline J.J. Lindsley K. Vedula S.S. et al. Interventions to slow progression of myopia in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020 Jan 13;1(1):CD004916
8. Wildsoet C.F. Chia A. Cho P. et al. IMI—Interventions Myopia Institute: Interventions for Controlling Myopia Onset and Progression report. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019; 60: M106-M131
9. Seo Wei Leo Current approaches to myopia control *Curr Opin Ophthalmol* 2017, 28:267 – 275
10. Yen MY, Liu JH, Kao SC, et al. Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia. *Ann Ophthalmol.* 1989; 21: 180-182.
11. M D Gottlieb, H B Joshi, Scleral changes in chicks with form-deprivation myopia *Curr Eye Res* 1990 Dec;9(12):1157-65
12. Ritchey ER, Zelinka CP, Tang J, Liu J, Fischer AJ. The combination of IGF1 and FGF2 and the induction of excessive ocular growth and extreme myopia. *Exp Eye Res.* 2012 Jun;99:1-16.
13. Wang WY, Chen C, Chang J, Chien L, Shih YF, Lin LLK, Pang CP, Wang IJ. Pharmacotherapeutic candidates for myopia: A review. *Biomed Pharmacother.* 2021 Jan;133: 111092. doi: 10.1016/j.biopha.2020.111092.
14. Shih YF, Chen CH, Chou AC, et al. Effects of different concentrations of atropine on controlling myopia in myopic children. *J OculPharmacolTher.* 1999; 15: 85-90.
15. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology.* 2006;113(12):2285-2291.
16. Tong L, Huang XL, Koh AL, Zhang X, Tan DT, Chua WH. Atropine for the treatment of childhood myopia: effect on myopia progression after cessation of atropine. *Ophthalmology.* 2009;116(3):572-579.
17. Chia A, Chua WH, Cheung YB, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% doses (Atropine for the Treatment of Myopia 2). *Ophthalmology.* 2012;119 (2):347-354.
18. Jason C Yam et al. Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% Atropine Eye Drops in Myopia Control *Ophthalmology* 2019 Jan;126(1):113-124.
19. Yam JC, Li FF, Zhang X, et al. Two-year clinical trial of the Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) study: phase 2 report. *Ophthalmology.* 2020; 127: 910-919.

MİYOPİ PROGRESYONUNUN GÖZLÜK VE ORTOKERATOLOJİ İLE KONTROLÜ

Dr. Nuray AKYOL
Serbest Hekim, Ankara

Giriş

Miyopi sıklığı nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunudur. 2016 yılında yayınlanan bir çalışmada miyopi sıklığının Kuzey Amerika ve Avrupa'da 18+ yaş olgularda %20-50, Doğu Asya ülkelerinde ise 18 yaş altında %60-90 oranında olduğu öngörülmüş, bu oranların 2050 yılına kadar ciddi boyutlara ulaşacağı belirtilmiştir.¹ Dejeneratif miyopiye eşlik eden glokom, miyopik makular dejeneresans (MMD), katarakt ve retina dekolmanı gibi okuler patolojiler miyopi progresyonunun en korkulan sonuçları olsa da en yaygın olanları değildir. Her yaştan ve her düzeyde miyopi için geçerli olan yaygın problem yaşam kalitesine olumsuz etkileridir. Modern yaşam koşulları ve genetik yatkınlık artan miyopi sıklığının temel nedenleridir. Bunlara geçtiğimiz 2 yıl içinde pandemi etkisi de eklenmiştir; 6-13 yaş çocuklarda miyopi sıklığı ve düzeyleri görülmemiş düzeylere ulaşmıştır. Artmış ekran saatleri, uzaktan eğitimin etkisi, arkadaşla oyun saatlerinin yerini dijital oyunların alması ve dış mekânda geçirilen zamanın kısalması bu artışın nedenleri arasında sayılabilir. 2021 yılında yayınlanan 6-13 yaşta 123 535 çocuk üzerinde yapılan bir çalışma, özellikle 6-8 yaş çocukların ekran süresinde artış ve dış ortam aktivitesinde azalma gibi dış etkenlere karşı çok daha hassas olduğunu ortaya koymuştur.¹⁻⁶

Miyopi kontrolü nedir? Kimlere uygulanmalıdır?

Hangi yöntemle yapılırsa yapılsın miyopi kontrolü şu iki basamağı içerir: Miyopiyi engellemek ve başlamış olan miyopinin ilerlemesini yavaşlatarak dejeneratif miyopiye dönüşmesini önlemek. Dejeneratif miyopi olarak kabul edilen -6,0 D üzerindeki miyopların en önemli özelliği, bu olgularda miyopinin genellikle 8 yaş altında başlamış olması ve ilk yıllarda hızlı progresyon göstermesidir. Bu iki faktörden ilki, yani erken başlangıç bazı risk faktörleri ile yakından ilgilidir. Etnisite ve ailede miyopi varlığı en bilinenler olmasına karşın; yaşanan yer (kırsal X şehir), açık havada geçirilen zaman, mevsimsel değişiklikler, ışık koşulları, aşırı yakın aktivite, erken yaşta başlayan/yoğun ekran aktivitesi ve yetersiz fiziksel egzersiz gibi çok sayıda faktörün erken miyopi başlangıcı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. İkinci faktör olan hızlı progresyonun tanımı çok net değildir. Yılda 1,0 D'nin üzerinde refraktif artış veya yılda 0,36 mm'den fazla aksiyel uzunluk (AL) artışı hızlı progresyon olarak adlandırılırken; yılda 0,50 D'den az refraktif değişiklik veya 0,1 mm'den az AL uzaması yavaş/klinik önemi olmayan progresyon olarak değerlendirilir. Ancak hemen görülebileceği gibi bu iki grup arasında geniş bir gri alan vardır ve bu alanda kalan çocuklar için yaş, aile hikayesi, günlük aktiviteler/alışkanlıklar gibi faktörler önem kazanır. Hızlı progresyon grubunda miyopi kontrolü mutlaka uygulanmalı, gri alanda kalan çocuklar ise 6 ay aralıklarla hem refraktif hem de AL ile izlenmeli ve aile muhtemel bir miyopi kontrolü şemasına önceden hazırlanmalıdır. Özel olarak tasarlanmış lensler, gözlük camları ve farmakolojik ajanlar miyopi kontrolü yöntemlerinin başlıcalarıdır. Bu arada yaşam tarzı önerilerinin her değerlendirmede tekrarlanması çok önemlidir.

Miyopi kontrolünün bir parçası olarak miyopiyi engellemek/geciktirmek

0-6 yaş çocuklarda, 6-12 aydan başlayarak her yıl refraksiyon muayenesi yapılması ve hipermetropide azalma 1,0 D/yıl'dan hızlıysa ailenin olası miyopi konusunda uyarılması erken yakalamanın ilk adımıdır. Özellikle yukarıda sıralanan risk grubu çocuklarda gün ışığında zaman geçirmenin önemi vurgulanmalı, ekranla tanışma geciktirilmeli, yakın ekran aktivitesi sınırlandırılmalı, düzenli uyku ve gün ışığına endeksli sirkadian ritm teşvik edilmeli, kronik göz kaşıma varsa nedeni bulunup kontrol edilmelidir. Aile hikayesi ve/veya hızlı emetropizasyon varsa yıllık yerine 6 aylık takipler önerilebilir.⁷

Optik gereçlerle miyopi kontrolü nasıl çalışır?

Her ne kadar miyopi progresyonu mekanizması henüz tam olarak bilinmiyor ise de en önemli mekanizmalardan birinin periferik hipermetropik defokus (PHD) olduğu yönünde güçlü kanıtlar vardır. Çok kısa özetlemek gerekirse PHD aksiyel uzunluk arttıkça belirginleşir; bu defokus midperiferde net olmayan hayale yol açar ve bulbusun bu stimülasyona cevabı aksiyel uzamadır. Böylece bir kısır döngü oluşur. Optik gereçlerle uygulanan miyopi kontrolünde amaç bu döngüyü kırmak ve PHD'ü ortadan kaldırmak, en azından azaltmaktır. En azından ortokeratoloji için, akomodasyon üzerine etkilerinin (Akomodatif lagde azalma) ve yüksek sıralı aberasyonları artırmalarının myopi progresyonunu azaltmalarından sorumlu olabileceği düşünülmekteyse de henüz mekanizmalar tam olarak açıklığa kavuşmamıştır.

Ortokeratoloji ile miyopi kontrolü

Korneanın özel tasarım (Revers geometri) bir sert gaz geçirgen (RGP) kontakt lensle şekillendirilerek miyopinin ve astigmatizmanın geçici olarak ortadan kaldırılmasına Ortokeratoloji (OK) adı verilir. Bu lenslerin ilk kullanımları 1962 (George Jessen) yılına gider; ancak suboptimal lens materyali ve dizaynı

nedeniyle uzun ömürlü olamamıştır. İkinci jenerasyon OK lensleri 1989'da günlük RGP lensleri olarak kullanılmaya başlanmış, ancak yumuşak lenslerdeki açık ara konforlu kullanım deneyimi, çok özel durumlar dışında bu lenslerin geri planda kalmasına yol açmıştır. Miyopi progresyonunun önlenmesi için ilk FDA onayının verildiği 2001 yılından sonra ardı ardına pek çok lens markete katılmıştır; son 20 yılda OK lenslerinin temel kullanım alanı myopi progresyonunun yavaşlatılması olmuştur. OK lenslerinin etki mekanizması hipermetropik defokusu azaltmaları ya da bir başka deyişle miyopik defokusu artırmalarıdır. Oftalmoloji ve optometri çevrelerinde bu uygulamayı lens kullanımından öte bir tedavi olarak kabul etme eğilimi vardır. Ortokeratoloji, gece lensi, uyku lensi, korneal refraktif tedavi gibi adlarla da karşımıza çıkmaktadır.

OK lensleri korneanın epitel tabakasında hücre katmanlarının yeniden dağılımını sağlayarak santral korneayı düzleştirir ve midperiferal korneayı dikleştirir. İyi uygulanmış bir OK lensi korneanın refraktif gücünü en azından çıkarılmasını izleyen ilk 6 saat boyunca 0,0 ile +0,25 D arasına düşürmelidir. Korneaya ve görmeye etkisi geçicidir, yeterli görme çoğu olguda 18-24 saat sürer ve lens uygulaması tekrarlanmazsa 48-72 saat içinde kornea büyük ölçüde eski şekline döner; görme keskinliği de bunu izler. Mükemmel optik sonuçlar lensin her gece en az 6 saat kullanılması ile elde edilebilir, lens uygulamasını takiben görmenin stabilizasyonu 2 haftayı bulabilir.

Ortokeratoloji lensleri set yardımıyla uygulanabilecekleri gibi, daha yaygın olarak siparişle üretilirler. Lens üretimi için keratometri ve otorefraktometre sonuçları ile kornea ve pupilla çapları kaydedilmeli, sferik eşdeğer belirlenmelidir. Aksiyel ve tanjansiyel kesitleri içeren ve korneanın ektazik olmadığını gösteren gelişmiş bir topografik analiz de gereklidir. Bir OK lensinin 5 temel parametresi vardır; bunlar farklı markalarda farklı adlarla anılabilirler.

- *Optik zon çapı: genellikle 5-6,8 mm
- *Optik zon arka yüzü eğrilik yarıçapı (BC): 7,9'dan 9,1 mm'ye kadar, genellikle 0,1 mm aralıklı
- *Dönüş zonu derinliği (Reverse Zone Depth; RZD): 400-1100 mikron
- *Kenar/Destek zonu açısı (Landing Zone Angle; LZA): 31-32-33-34-35 derece
- *Lens çapı: 10.6-11.2 mm

OK ile miyopi kontrolü 6-12 yaş hızlı ilerleyen miyopi olgularında başarıyla uygulanabilir. Keratokonus ve ektaziler ekarte edilmelidir. Başlangıç uygulayıcılar -6,0 D'den az miyopisi ve -1,75 D'den az astigmatizması olan hastaları tercih etmelidirler. Düzeltmeden sonra korneal BC 37,00 D veya daha düz olarak hesaplanan hastalar, 0,75 D ve üzeri kurala aykırı astigmatlar ve silindirik refraktif hatanın sferikten fazla olduğu durumlar uygulama güçtür; bazen de imkansızdır. Bu olguların bir bölümü torik OK lenslerinden yarar görür.

İyi uygulanmış bir OK lensinden beklentimiz santral korneanın emetropi için gerekli BC'ye ulaşmasını sağlaması (tedavi zonunun arka yüzündeki BC) ve RZD, LZA ve total çap gibi yardımcı parametreler aracılığıyla tedavi zonunu merkezde tutabilmesidir. Ayrıca gece gözde kalacağı için yüksek Dk değerine sahip olmalıdır; ilk OK lenslerinde DK 100 iken (Paflucocon D ve Boston XO) daha yeni lensler DK 200 değerlerine ulaşmıştır (J&J Abiliti). Bir bölümü yalnız bazı ülkelerde kullanılmakla birlikte, şu anda 20'den fazla OK lensi mevcuttur. Nightflex (Swisslens), Aeria MC, Paragon (CooperVision), Abiliti Overnight (Johnson& Johnson ve Menicon ortak yapımı) ve Euclid MAX bunların bir kaçıdır.

Gece uygulanan ortokeratolojinin en sık görülen yan etkileri santral korneal boyanma ve lens tutunmasıdır. Uygun bilgilendirme ile önlenabilir ve klinik önem taşımaz. Korneada fibriler görünüm ve mikrokistler anekdotal ve reverzibl minör değişikliklerdir. Özellikle iyi uygulanmamış, desantralize lensler astigmatizmayı tetikleyebilir. Tek kayda değer yan etki, çok nadir olsa da (7-10 hasta/10 000 lens yılı) mikrobial keratittir. Yumuşak lenslere göre benzer oranlarda izlense de OK lenslerinin yumuşak lenslere göre çok daha seyrek kullanılması yüzünden daha az karşılaşılır. Hijyen ve doğru lens temizliği ile büyük ölçüde kaçınılabilir. Günden güne artan deneyimimiz ve giderek mükemmelleşen lenslerle bugün bulunduğumuz noktada OK tedavisinin etkili ve emniyetli olduğu rahatlıkla söylenebilir.⁸⁻¹²

Yumuşak kontakt lenslerle miyopi kontrolü

Bifokal ve multifokal kontakt lensler: Santral uzak, bifokal ve multifokal konsantrik dizayna sahip yumuşak kontakt lensler hiperopik defokusu azaltarak miyopi progresyonunun önlenmesinde kullanılabilirler. 8-16 yaş çocuklar için önerilen bu lenslerde progresyonu azaltma anlamında etkinlik OK lenslerinden daha azdır; ancak gün boyu görme stabilizasyonu sağlamak açısından avantajlıdır. Bu lens grubunun ilk ve hala en yaygın kullanılan üyeleri CooperVision MiSight ve NaturalVue 1 Day Multifocal VTI dir; genellikle +2,0-2,50 D adisyon içerirler. Ancak bu lensler ülkemizde 2022 itibarıyla henüz temin edilememektedir. Santral uzak dizaynda ve mümkünse çocukların yaşlılara göre daha büyük olan pupillasını karşılayacak geniş santral zonlu multifokal yumuşak kontakt lensler bu amaçla kullanılabilir. Miyopi kontrolünde kullanılacak lensin en az +2.0 D adisyon içermesi gerekir.^{13,14}

Asferik yumuşak kontakt lensler: Periferi daha az kırıcılığa sahip olan bu lensler de hiperopik defokus kontrolü yaparak miyopi progresyonunu engeller. 2020’de miyopi kontrolü için CE onayı alan Zeiss Relax bu grupta en yaygın kullanılan lenstir.

Gözlük camları ile miyopi kontrolü

Miyopi progresyonunda gözlük camlarından bahsederken tam düzeltmenin önemini tekrar vurgulamak gerekir. Henüz miyopi kontrolüne karar verilmemiş ve gözlüğüyle takip edilen çocuklarda tolere edebildiği maksimum camı vermemiz gerekir. Miyopisi hızlı ilerleyen olgularda, kontakt lensler kadar etkili olmasa da özel olarak dizayn edilmiş gözlük camları kullanılabilir. Bu camlar 2 prensiple çalışır.

Periferik hipermetropik defokusu azaltan/myopik defokusu artıran özel dizaynlar: OK ve yumuşak lensler gibi hipermetropik defokusu azaltarak çalışır. Bu camların midperiferinde defokusu tetikleyen çok sayıda minik lens parçacıkları vardır. Markaya göre teknolojilerin adlandırması farklı olsa da hepsi benzer işleve sahiptir. Essilor **Stellest™** adlı dizaynındaki teknolojisini H.A.L.T (Highly Aspherical Lenslet Target) olarak adlandırmaktadır, Hoya ise **MyoSmart™** adlı camlarında DIMS (Defocus incorporated multiple segments) teknolojisini kullanmaktadır. Bu grubun en çok bilinen diğer temsilcileri arasında Zeiss’in yeni nesil miyopi kontrol camları da yer alır (**MyoVision ve MyoVision Pro™**). Ancak bu camlar henüz ülkemizde temin edilememektedir.^{14,15}

Horizontal bifokal camlar: Klasik bifokal prizmatik gözlük camları ile, yine benzer dizayna sahip Zeiss’in ilk jenerasyon miyopi kontrol camları Myokids bu gruptadır. Etkinlikleri uzun yıllar tartışılmıştır ve artık yeni cam dizaynlarıyla OK ve yumuşak kontakt lenslerin varlığında klasik gözlük camlarından anlamlı bir farkı olmadığına inanılmaktadır.

Sonuç

Yüksek miyopi, eşlik eden göz patolojileri ve yaşam kalitesine etkileri ile önemli bir halk sağlığı sorunudur ve çocukları değerlendiren her göz hekimi miyopiyi engellemek ya da ilerlemesini yavaşlatmak için çocuğa ve aileye rehber olmalıdır. Bu kapsamda bebeklik kontrollerinden itibaren yaşam tarzı önerileri daima MK stratejimizin önemli bir parçasıdır. Miyopi kontrolüne ne kadar erken başlanırsa alınan sonuçlar da o kadar iyi olacaktır; bu nedenle progresyonun en güvenilir ölçütü olan aksiyel uzunluk ölçümü 6 yaştan itibaren risk grubundaki çocuklarda değerlendirmenin bir parçası olmalıdır. Ortokeratoloji MK için en etkili yöntem olmasının yanı sıra, 12 yaş altında gün boyu düzeltmesiz iyi görüş avantajı ile de diğer yöntemlere üstündür. Özel tasarımlı yumuşak lensler ve gözlük camları diğer alternatifler olup, tüm yöntemler için hasta ve ailenin motivasyonu ve kooperasi önemli bir faktördür. En önemlisi, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, tedavinin 16/18 yaşına kadar sürdürülmesi gerekliliğidir.

KAYNAKLAR

- 1- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123:1036-42.
- 2- Pärssinen O, Kauppinen M. Risk Factors for High myopia: A 22 year follow-up study from childhood to adulthood. *Acta Ophthalmol*. 2019;97:510-518.
- 3- Shah RL, Huang Y, Guggenheim JA, Williams C. Time outdoors at specific ages during early childhood and the risk of incident myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58:1158-1166.
- 4- Lingham G, Mackey DA, Lucas R, Yazar S. How does spending time outdoors protect against myopia? A Review. *Br J Ophthalmol*. 2020;104:593-599.
- 5- Alvarez-Peregrina C, Martinez-Perez C, Villa-Collar C, Andreu-Vázquez C, Ruiz-Pomeda A, Sánchez-Tena MÁ. Impact of COVID-19 home confinement in Children's refractive errors. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:5347.
- 6- Wang J, Li Y, Musch DC, Wei N, Qi X, Ding G, Li X, Li J, Song L, Zhang Y, Ning Y, Zeng X, Hua N, Li S, Qian X. Progression of Myopia in School-Aged Children After COVID-19 Home Confinement. *JAMA Ophthalmol*. 2021;139:293-300.
- 7- Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, Khawaja AP, Mackey DA, Foster PJ. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2012;119:2141-51.
- 8- Lipson MJ, Brooks MM, Koffler BH. The role of orthokeratology in myopia control: A review. *Eye Contact Lens*. 2018;44:224-230.
- 9- Chen R, Yu J, Lipson M, Cheema AA, Chen Y, Lian H, Huang J, McAlinden C. Comparison of four different orthokeratology lenses in controlling myopia progression. *Cont Lens Anterior Eye*. 2020;43:78-83.
- 10- Şimşek HC, Doğru M. Çocuklarda Ortokeratoloji Uygulamaları. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol -Special Topics* 2015;8:24-29.
- 11- Uçakhan Ö. Ortokeratoloji. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol -Special Topics* 2008;1:77-83.
- 12- Vincent SJ, Cho P, Chan KY, Fadel D, Ghorbani-Mojarrad N, González-Méjome JM, Johnson L, Kang P, Michaud L, Simard P, Jones L. CLEAR - Orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*. 2021;44:240-269.
- 13- Walline JJ, Greiner KL, Mcvey ME, Jones-Jordan LA. Multifocal contact lens myopia control. *Optom Vis Sci*. 2013;90:1207-14.
- 14- Walline JJ, Gaume Giannoni A, Sinnott LT, Chandler MA, Huang J, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Berntsen DA; BLINK Study Group. A randomized trial of soft multifocal contact lenses for myopia control: Baseline data and methods. *Optom Vis Sci* 2017;94:856-866.
- 15- Sankaridurg P, Donovan L, Varnas S, Ho A, Chen X, Martinez A, Fisher S, Lin Z, Smith EL 3rd, Ge J, Holden B. Spectacle lenses designed to reduce progression of myopia: 12-month results. *Optom Vis Sci*. 2010;87:631-41.

AMBLİYOPİ TEDAVİSİNDE YENİLİKLER

Dr. Huban ATİLLA

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

Ambliyopi, yaşamın ilk 10-12 yılında görme gelişiminin devam ettiği kritik/sensitif döneminde görsel deprivasyon veya anormal binoküler etkileşim nedeniyle gözde yapısal olarak patoloji olmamasına karşın, görme keskinliğinde tek veya iki taraflı azalma ile karakterizedir.¹ Cinsiyet veya etnik farklılık olmaksızın farklı toplumlarda %2 - 5 sıklıkta görülür ve çocuklarda ve 45- 50 yaşa dek erişkinlerde tek gözde olan görme kaybının en sık nedenidir. Ambliyopi gelişimi için en önemli risk faktörleri şaşılık ve anizometropi veya her ikisinin kombinasyonudur ki tüm ambliyopi olgularının yaklaşık %95'inde neden şaşılık ve/veya anizometropidir. Görme keskinliğindeki azalmanın yanı sıra kontrast duyarlılık etkilenir, kalabalıklaşma fenomeni artar, kontür integrasyonu azalır ve binoküler görme fonksiyonları da etkilenir.²⁻⁶

Yüzyıldan fazla bir süredir ambliyopi tedavisinin temeli, ambliyopi olmayan, normal kabul edilen, daha iyi gören gözün kapatılması veya atropin damla, Bangerter filtresi ya da optik penalizasyon gibi yöntemlerle iyi gören gözde görmenin kapatılarak veya bulanıklaştırılarak ambliyopik gözde görme artırılması hedefine dayanır. Ambliyopisi olan çocukların %75-90'ı farklı tedavi yöntemleri ile görmede artış elde etseler bile, %15-50'sinde uzun dönem tedaviye karşın normal görme elde edilemeyebilir. Normal görme keskinliği elde edilse bile, binoküler görme bozukluğu ve ambliyopinin tekrarlama riski halen devam eder.^{1,2} Geleneksel olarak ambliyopi tanı ve tedavi olarak monoküler bir durum olarak kabul edilmesine karşın son yapılan çalışmalar ambliyopinin hayatın erken döneminde ortaya çıkan binoküler görme sisteminin bozukluğu olduğunu ortaya koymaktadır.⁴⁻⁶ Deneysel şaşılık ve anizometropik ambliyopik makak maymunlarında yapılan çalışmalarda kortikal binoküleritede azalma gösterilmiştir.^{7,8} Yapılan çalışmaların ışığında kapama tedavisi ile başarısız olan veya uyumsuz olan hastalarda yeni yöntemlerin güvenilirliği ve etkinliği araştırılmış ve son zamanlarda binoküler yaklaşımlar tasarlanmış ve bu tedavilere ilgi artmıştır.^{9,10}

Binoküler tedavi, binoküler sumasyonu artırır ve parietal korteks gibi binoküler görme ile ilgili beyin bölgelerindeki nöral plastisiteyi etkileyebilir. Ambliyopinin son zamanlarda daha popüler olan ve araştırılan binoküler tedavisi iki gözün birlikte kullanıldığı tedavileri içerir ve görsel görev esas olarak ambliyop göze verilir. Araştırmalar algısal öğrenmenin ambliyopisi olan büyük çocuklarda ve erişkinlerde, görme keskinliği, stereopsis ve diğer görsel fonksiyonları arttırdığını göstermiştir.^{11,12} Dikoptik tedaviler ilk olarak Hess ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır ve ambliyopik göze normal kontrastlı görüntülerin ve diğer göze düşük kontrastlı görüntülerin sunulduğu anti-süpresyon veya dikoptik egzersiz olarak da adlandırılan yöntem yayınlanmıştır.^{13,14} Gelişen bilgisayar teknolojilerinin de yardımıyla, binoküler görüntülemeyi ve görme korteksine girişi dengelemek için ambliyop olmayan göze bozulmuş görüntüler sunan gözlük takılarak gerçekleştirilen "İnteraktif Binoküler Tedavi" tanımlanmıştır. Bu çalışmalarda birincil hedef, sadece görme keskinliğini değil, aynı zamanda binoküler fonksiyonu da artırmak için füzyon ve stereopsisi geliştirerek ambliyopik gözü güçlendirmektir. Son olarakta evde uygulanan dikoptik ambliyopi tedavisinde daha iyi uyumun hedeflendiği "Luminopia One" çalışma sonuçları yayınlanmıştır. İleriye dönük, çok merkezli yapılan, randomize kontrollü çalışmada anizometropik, strabismik veya kombine ambliyopisi olan 105 hasta (ortalama yaş: 6 yıl) sadece gözlük ile düzeltme yapılan ve evde başlık ile oynanan, günde 1 saat, haftada 6 gün oynanan terapötik video oyunları (hastanın kendisinin seçtiği) yöntemi karşılaştırılmış ve oyun oynayan grupta 1 sıra daha fazla artış olduğu ancak stereopsis açısından fark olmadığı bildirilmiştir.¹⁵

Ambliyopi için binoküler tedavi ile kapama tedavisinin karşılaştırıldığı çalışmaları kapsayan iki kapsamlı meta-analiz yayınlanmıştır.^{16,17} Bu meta-analizler benzer çalışmaları değerlendirmişler ve her ikisinde de sonuç olarak binoküler tedaviler ile görme keskinliğinde artış elde edildiği ancak stereopsisde farklılık olmadığı ve binoküler tedavilerin görme keskinliğinde artış elde etmelerine karşın kapama tedavisine alternatif değil destek olarak önerilmesini bildirmişlerdir.

Bu meta-analizlerden Roda ve ark. nın çalışmasında incelenen 5 çalışmada son kontrolleri yapılan 587 hastanın sonuçları değerlendirilmiştir.¹⁶ Yaş aralığı 3 ila 17 yıl arasında olan olgular, anizometropik ambliyopi (n = 338), şaşılık ambliyopisi (n = 89), kombine anizometropik/şaşılık ambliyopi (n = 160) ve tanımlanmamış (n = 38) olarak gruplanmıştır. Tüm çalışmalarda kapama tedavisine uyum her zaman tedavinin başarılı olmasındaki en önemli faktör olarak bildirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen yayınlara bakıldığında Holmes'un çalışmasında (%67'ye karşı %92), Mahn'un çalışmasında (%62'ye karşı %75) ve Yao'nun çalışmasında (%85'e karşı %90) kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, binoküler tedavi grubunda uyum daha düşük bulunmuştur.¹⁸⁻²² Bunun aksine, Rajavi'nin çalışmasında binoküler tedavi grubunda uyum daha yüksek (%87.5'e karşı %76) bulunmuştur.²³ Kelly'nin çalışmasında ise her iki grupta da (%100'e karşı %99) çok iyi olarak bildirilmiştir.²⁰ Tüm çalışmalarda elde edilen en iyi düzeltilmiş görme keskinliği

değerlendirildiğinde, kapama tedavisi ve binoküler tedavi ile tedavi edilen hastalar karşılaştırıldığında görme keskinlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiş ve bir çalışma hariç, kapama tedavisi uygulanan hastalarda görme keskinliğinde daha yüksek bir iyileşme olduğu gösterilmiştir. Nicel analiz, görme keskinliği açısından binoküler tedavinin kapama uygulamasına göre hiçbir üstünlüğü olmadığını göstermiştir, beş çalışmadan dördünde görme keskinliğindeki artış binoküler tedavi ile kapama uygulaması arasında anlamlı bir fark göstermezken, Kelly ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada binoküler tedavi alan hastalarda görme keskinliğindeki artış daha yüksek bulunmuştur.²⁰ Ancak bu fark, daha kısa deneme süresinden (sadece iki hafta) kaynaklanıyor olabilir şeklinde yorumlanabilir çünkü kapama uygulamasının etkili olması için genellikle daha uzun bir tedavi süresi gerekmektedir. Bu nedenle Kelly ve ark. tarafından yapılan çalışma hariç tutularak gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonucunda kapama tedavisi uygulanan hastalarda görme keskinliğinde daha iyi artış gösterilmiştir. Stereopsis açısından değerlendirildiğinde de benzer şekilde kapama ve binoküler tedavi uygulanan hastalar arasında önemli bir fark olmadığı gösterilmiştir. Düşen blok oyunu veya dikoptik ipad oyunu gibi interaktif binoküler tedaviyi de içeren dikoptik kontrast dengeleme eğitimleri stereokeskinlikte belirgin iyileşme kanıtı ortaya koymamışlardır.¹⁹ Chen ve arkadaşlarının meta-analizinde ise diğer çalışmadakilere ek olarak Rajavi ve arkadaşlarının çalışması dahil edilmiş ve 3-17 yaş arasındaki anizometropik, strabismik ve kombine ambliyopi olgularından oluşan toplam 1272 gözden elde edilen sonuçlar yayınlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda da diğer meta-analizde olduğu binoküler oyunlar ile görme keskinliğinde artış olduğu, stereopsisin değişmediği ve daha geniş çalışmalar ihtiyaç olduğu bildirilmiştir.¹⁷

Klasik kapama tedavisi ile alternatif video oyunları ve dikoptik tedavileri karşılaştırdığımızda hem hastanın özellikleri hem de video oyunu veya dikoptik tedavilerin özellikleri gözden geçirilmelidir. Kapama tedavisinde olduğu gibi alternatif ambliyopi tedavilerinde de çocuk ve ailenin uyumu, ambliyopi tedavisinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Önceleri, kapama tedavisine uyumu zayıf olanlar için binoküler tedavinin etkili bir çözüm olduğu bildirilmesine rağmen yapılan meta-analizlere dahil edilen çalışmaların üçünde, kapama uygulaması ile tedavi edilen hastalarda uyumun daha iyi olduğu rapor edilmiştir.^{19,21,22} Bunun aksine, diğer bir çalışmada binoküler oyun ile tedavi edilen hastalarda uyumun daha iyi olduğu bildirilmiştir.²³ Ayrıca, tedaviye uyumu kontrol etmek için binoküler terapi cihazlarının kullanıldığı iki çalışmada, objektif olarak kaydedilen uyum, ebeveynler tarafından bildirilenlere kıyasla daha da düşük bulunmuştur.^{19,21} Randomize, ileriye dönük ve çok merkezli yapılan çalışma sonucunda ise, gelecekte daha ilgi çekici oyunlarla binoküler terapi için daha yüksek uyumun elde edilebileceğini ve bu sayede de tedavi sonucunda daha başarılı etki sağlanabileceğini vurgulanmıştır.¹⁹

Ambliyopi tedavisinde önemli faktörlerden birisi de yaştır ve özellikle görme gelişim dönemi sonrasında 12 yaşından büyük hastalarda binoküler oyunların, kapama veya pasif görsel uyarandan daha kısa süre içerisinde ambliyopi semptomlarını azaltabileceği ileri sürülmüştür; ancak yine de etkinlik kanıta dayalı olarak ortaya konamamıştır. Mevcut çalışmalarda, algısal öğrenme tedavisinin etkisi ile yaş arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Algısal öğrenme tedavisi üzerine daha önceki bir incelemede, göz tembelliğinin en azından geç ergenliğe kadar tedavi edilebileceği gösterilmiştir. Bir iPad tedavi çalışmasında da 7 yaşından küçük çocuklar ve 7-12 yaş arası çocuklar arasında görme keskinliğinde elde edilen artış açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Video oyunu tedavisini geleneksel oklüzyon tedavisiyle karşılaştıran başka bir çalışmada video oyunu grubunda, daha büyük yaşlarda olmalarına rağmen, yalnızca kapama grubuna göre biraz daha fazla görsel iyileşme gösterilmiştir.²⁴

Kapama ve video oyunu tedavileri karşılaştırılmasında dikkate alınması gereken diğer bir önemli faktörde hasta uyumu ve katılımdır. Video oyunları ilgi çekici olduğu için nispeten daha yüksek uyumluluk oranına sahip olabilir. Daha yüksek uyum oranına ulaşan oyunlar, aynı zamanda daha iyi tedavi etkileriyle sonuçlanmıştır ve düşük uyum oranlarına sahip video oyunu tedavileri, en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinde kapama tedavisine göre daha az iyileşme sağlamıştır. Bir binoküler iPad oyun çalışmasında, %50 uyum bildiren 28 çocuktan 20'si 0,1 logMAR görme keskinliği, 11'i 0,2-0,4 logMAR ve 4'ü ise normal görme elde etmiştir. Bununla birlikte, %0- %25 uyumluluk oranına sahip grupta, 17 çocuktan sadece 2'si görme keskinliği artışı göstermiş ve hiçbirisi 0,2 logMAR'dan fazla gelişme göstermemiştir. Uyarıcı karakteri (özellikle), video oyunu eğitimi tedavisinin etkinliğini belirlemede önemli olan diğer bir faktördür. Astle ve arkadaşları, kontrast tabanlı görevlerle ilgili eğitimin, keskinliğe dayalı görevlerle ilgili eğitime nazaran daha büyük bir gelişme ve aktarım derecesine yol açtığını göstermişler ve kontrast tabanlı algısal öğrenme yöntemleri ile %70'e kadar iyileştirme sağlanabildiğini bildirmişlerdir.^{11,24}

Video oyunu ile yapılan tedaviler ile geleneksel tedavileri karşılaştıran çalışmalarda tedavi saatlerinin uzaması, daha iyi tedavi sonuçları ile ilişkilendirilmiştir. Özellikle, video oyunu temelli tedaviler, kapama gibi geleneksel tedavilere göre daha yüksek zaman verimliliği (daha kısa tedavi süresi içinde aynı görme keskinliği iyileştirme miktarı) göstermiştir. Kontrast algılama temelli oyunda, algısal öğrenmenin zamanını karşılaştıran bir çalışmada, algısal eğitim alanların ortalama olarak 0.25 LogMAR arttığı, bunun da 385 saat kapama tedavisi gerektireceği, ancak bu sürenin yaklaşık 1/13'ünde bu artışın elde edildiği bulunmuştur. Aynı zamanda video oyunu tedavisinde daha uzun tedavi saatleri ile görme keskinliğinin

daha fazla arttığı gösterilmiştir.

Video oyunu tedavisini geleneksel ambliyopi tedavileriyle karşılaştırırken göz önünde bulundurulması gereken bir diğer faktör de tedavi etkilerinin sürdürülmesidir. Birçok geleneksel ambliyopi tedavisinin etkisi eğitim süresi ile doğrusal olarak ilişkiliyken, video oyunu tedavilerinde bu geçerli değildir. Görme keskinliğindeki artış miktarının, bildirilen iPad oyun saati sayısı ile doğrusal olarak ilişkili olmadığı bulunmuştur. Binoküler tedavi grubu için, tedavi saatleri veya diğer göze sunulan kontrasttaki değişiklik ile 4 veya 8 haftada ambliyopik göz görme keskinliğindeki iyileşme arasında bir doz-yanıt ilişkisine dair bir gösterge bulunmamıştır. Diğer araştırmacılar, dikoptik video oyunu eğitim saatleri ile görme keskinliğinde artış arasında olası doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu göstermişlerdir.

Video oyunlarının ambliyopi tedavisindeki etkisi değerlendirilirken bu oyunları öğrenmenin üç ana bileşeni olan güdüler, hedefler ve yöntemler üzerine sağladığı etkiler değerlendirilmelidir. Video oyunları ile yapılan ambliyopi tedavisi, algısal öğrenme adı verilen bir fenomene dayanmaktadır. Algısal öğrenme, eğitim yoluyla algısal görev performansında (örneğin, hareket yönünü tespit etme) kalıcı ve tutarlı bir değişiklik elde edilmesini ifade eder. Algısal öğrenmedeki performans artışının daha çok kortikal görsel sistemdeki üst düzey değişiklikten kaynaklanması muhtemeldir. Söz gelimi, Gabor şekilleri veya rastgele nokta görüntülerine dayalı bir algısal öğrenme tedavi programı ile daha büyük ergenlerde veya yetişkin ambliyoplarda umut verici sonuçlar elde edilmiştir.¹¹ Dolayısıyla, algısal öğrenme, ambliyopi tedavisinde umut verici bir bileşen gibi görünmektedir ve özellikle eğitilmedikleri görevlerde de performans artışı gözlemlenmiştir. Bu da çok önemlidir, çünkü yetişkin ambliyoplar genellikle görsel işlemede çeşitli eksiklikler gösterir, bu nedenle belirli işlem alanlarındaki eğitimi hedeflemeyi zorlaştırır. Video oyunu oynamanın göz tembelliği olan hastalarda görme keskinliğinde artış elde edilmesine yardımcı olduğuna dair yayınlar olmasına karşın, kapamaya karşın üstünlüğü kanıtlanmamış ve karşı görüşte yayınlar da bildirilmiştir. Birçok video oyununda farklı tedavi stratejileri vardır ve spesifik öğrenme güdülleri (örneğin; ilginç uyaranlar, kendi kendine ayarlanan zorluk seviyeleri), öğrenme hedefleri (örneğin; hedeflere hızlı ve doğru bir şekilde ulaşma) ve öğrenme yöntemi gibi çeşitli faktörler tedavi sonuçlarını ve başarıyı etkileyebilir. Hastanın kişisel özellikleri ve yaşı da göz önüne alınarak kişiye özel göz tembelliği için farklı türde video oyunu tedavisi uygulanması, daha etkili olabilir. Bunun içinde daha fazla veri elde edilmesi ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.¹⁰

Öğrenmenin en önemli bileşenlerinden birisi de elde edilen veya yarattığı olumlu duygudur. Desen ve renkte sıkıcı olan görsel uyaranlar, tatminkâr düzeyde tedavi etkileriyle sonuçlanmazken, algısal öğrenmeyle ilgili bir literatür taraması, öğrenmenin gerçekleşmesi için, uyaranların görsel özelliklerinde yer alan ödülleri tarafından aktif olarak cezbe edilmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Araştırmacılar ambliyopik hastalarda en iyi iyileşmeleri harf tabanlı kontrast görevi uygulanan hastalarda bulurken, izgara keskinliği görevinde eğitilmiş katılımcılarda herhangi bir gelişme tespit edilmemiştir. Daha sonra harf kontrast görevi konusunda eğitildiklerinde önemli bir gelişme göstermişlerdir. Benzer şekilde, video oyunlarında yaygın olarak görülen hata mesajları ve anında ödülleri, oyunu katılımcılar için ilginç ve çekici kılmaktadır, bu yüzden öğrenmenin gerçekleşmesi için çok önemlidir.

Öğrenmenin ikincil güdüsü beklenti teorisine dayanmaktadır, yani, öğrenenler görev değerinin (yani, göreve ne kadar değer verildiği veya ödülün ne kadar çekici olduğu) yanı sıra, beklentiye veya öz yeterliliğe (yani, görevi başarıyla tamamlayıp tamamlayamayacağına) göre de motive edilirler. Video oyunlarındaki çoklu giriş seviyeleri, artırımlı öğrenmenin gerçekleşmesinde önemlidir. Ambliyopi tedavisinde etkili olduğu gösterilen algısal öğrenmede, kişilere belirli bir görüş aralığında uyaranlar sunulmakta ve performansı tekrar tekrar ölçerek ve anında geri bildirimde bulunarak, hedefleri görebilmek için bireysel eşiklerine yakın olan uyaranlara ve görevlere maruz bırakılmaktadırlar.

Üçüncü motivasyon güdüsü ise zorluk seviyesidir, tatminkâr tedavi etkileri elde etmek için, zorluk seviyesini araştırmacının değil, oyuncunun seçmesi daha iyi sonuç sağlamaktadır. Örneğin, oyun sırasında zorluk seviyesi çocuğun rahat ettiği şekilde ayarlandığında veya katılımcının zevkine ve anlama düzeyine göre daha yeni oyunlar sağlandığında sonuçlar daha iyi olmaktadır. Tedavi programı ve zorluk seviyesi oyun sırasında araştırmacı tarafından ayarlandığında, program tarafından otomatik olarak ayarlanmasına göre görme keskinliğinde daha fazla artış sağlamaktadır.

Video oyunları, özellikle aksiyonu olan video oyunları, beyindeki hipotalamus-hipofiz-adrenal yollarını uyarır ve öğrenmenin artan uyarılma ve dikkat ile ilgili hormonların salınmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Artan uyarılma ve dikkat, öğrenme güdüsünün fizyolojik yönünü temsil eder. Cohen ve ark.'ları tarafından yapılan çalışmalar sonucunda görsel dikkati geliştirmede en verimli görünen oyunların, hedefe hızlı ve doğru bir şekilde ulaşmada hareketleri doğru yönlendirmek için hassas hızlı görsel analiz gerektiren türde oyunlar olduğu sonucuna varmışlardır.²⁵ Hızlı ve doğru hedeflemeyi gerçekleştirmek için görsel uyaranların zamansal olarak hızlı işlenmesini sağlamak oldukça önemlidir. Kırk saatlik aktif video oyununun ardından, ambliyopik hastalar, görsel dikkatin bir ölçüsü olan göz kırpma

oranında yaklaşık %40 azalma göstermişlerdir. Bu da video oyunu tedavisinden sonra artan görme keskinliğinin, ambliyopik göz, diğer göz ve ambliyopik beyindeki zamansal işleme ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Ambliyopide ‘sanal gerçeklik’ terminolojisinin kullanımında tam bir görüş birliği yoktur, farklı çalışmalarda farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bazı çalışmalarda, hastanın başına monte edilen bir başlık aracılığıyla bir PC monitörünü izlemesini sağlayarak, iki göze ayrı görüntüler sunmasına olanak tanıyan I-BiT sistemi ile sunulan görsel uyaranları tanımlamak için “sanal gerçeklik” kelimelerini kullanılmaktadır. Diğer çalışmalarda, derinlik bilgisine sahip bir stereo 3D görünüm sağlamak için göz bebekleri arası ayarlamaya olanak tanıyan başa takılan bir ekran ile sunulan görsel uyaranları tanımlamak için “sanal gerçeklik” kelimesi kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ve iki boyutlu ekranlı oyunlar arasında tedavi etkinliği ile ilgili geniş kapsamlı bir karşılaştırma bulunmamaktadır ve sanal gerçeklik sunumunun göz tembelliğinin tedavisine olan etkisi tartışmalıdır.

Video oyunlarının ambliyopi tedavisinde etkili olmasını mümkün kılan bir diğer özellik de binoküler görevlerin içeriğidir. Her iki gözün ayrı görmesini sağlayan anagliflik gözlüklerle video oyunu oynamak, binoküler görevi tamamlamak için her iki gözün de kullanılmasını gerektirir. Bazı araştırmacılar, ambliyopi tedavisinin tamamen binoküler olması gerektiğini ve ilk adım olarak supresyonun azaltılmasının amaçlanması gerektiğini öne sürmektedirler. Binoküler oyun oynamanın görme keskinliği ve stereopsisin iyileştirilmesinde monoküler oyun oynamaya göre daha üstün olduğu bildirilmiştir.

Bildirilen faydalarının yanı sıra video oyunlarındaki ödül ve uyarılma gibi özellikler nedeniyle kontrol dışı video oyunlarına bağımlılık veya video oyunlarının yarattığı psikolojik sorunlar (stres, depresyon ve anksiyete belirtileri) konusunda endişeler de bulunmaktadır. Küçük çocuklarda video oyunu oynamanın otistik semptomlar için artan risk teşkil ettiği ve dört saat veya daha uzun süre ekrana maruz kalma süresinin, otistik spektrum bozukluğu semptomlarıyla pozitif olarak ilişkili olduğu ileri sürülmüştür. Ancak Xiao S ve arkadaşlarının çalışmasında 3 aylık tedavi süresi (günde 1 saat, haftada 6 gün) sonunda az sayıdaki başağrısı, astenopi gibi şikayetlerin dışında olumsuz etki bildirilmemiştir.¹⁵ Yine de özellikle küçük yaştaki çocuklarda, ambliyopi tedavisinde video oyunu önerirken dikkatli olunmalıdır.

Özetle; ambliyopi tedavisinde en yaygın uygulanan ve kabul gören tedavi yöntemi, kırma kusurunun ve eşlik eden şaşılığın düzeltilmesinin ardından iyi gören gözün kapatılmasıdır. Hastanın yaşına, görme keskinliğinin düzeyine, ambliyopi tipine ve çocuğun uyumuna göre kapamanın ne kadar ve ne süre ile yapılacağı belirlenmektedir. Ancak son yıllarda patofizyolojideki yenilikler ve teknolojideki gelişmeler ile binoküler tedaviler gündeme gelmiştir ancak bu konuda halen bir fikir birliği sağlanmamıştır. Binoküler ambliyopi tedavisi ve kapama uygulamasının karşılaştırıldığı çalışma sonuçlarına göre görme keskinliğinde artış elde edilmesine karşın, stereopsis açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Geleneksel ve klasik kabul edilen kapama tedavisine alternatif olarak binoküler tedavinin daha etkili ve faydalı olduğunu gösteren çalışma bulunmamakla birlikte her iki grupta benzer sonuçlar elde edildiği kabul edilmektedir. Bu nedenle, binoküler tedaviler, video oyunları, geleneksel kapama tedavisine alternatif değil, tamamlayıcı tedavi olarak kabul edilmelidir. Bununla birlikte, daha ilgi çekici terapilerin ve yeni tedavi protokollerinin daha iyi sonuçlar verip vermediğini araştırmak için daha ileri çalışmalar faydalı olabilir.

KAYNAKLAR

1. Von Noorden G, Campos E. *Binocular Vision and Ocular Motility* (6 ed). St Louis, MO; Mosby; 2002.
2. Pai A, Mitchell P. Prevalance of amblyopia and strabismus. *Ophthalmology*. 2010;117:2043-44.
3. Barrett BT, Bradley A, McGraw PV. Understanding the neural basis of amblyopia *Neuroscientist*. 2004;10:106-117.
4. Birch EE. Amblyopia and binocular vision. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2013;33: 67-84.
5. Farivar R, Thompson B, Mansouri B, Hess RF. Interocular suppression in strabismic amblyopia results in an attenuated and delayed hemodynamic response function in early visual cortex *J Vis*. 2011;11:16.1-12.
6. Levi DM. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vis res*. 2015;114:17- 30.
7. El-Shamayleh Y, Kiorpes L, Kohn A, Movshon JA. Visual motion processing by neurons in area MT of macaque monkeys with experimental amblyopia. *J Neurosci*. 2010;30:12198-209.
8. Kiorpes L, Kiper DC, O’Keefe LP, Cavanaugh JR, Movshon JA. Neuronal correlates of amblyopia in the visual cortex of macaque monkeys with experimental strabismus and anisometropia, *J Neurosci*. 1998;18:6411-24.
9. Pineless SL, Aakalu VK, Hutchinson AK, Galvin JA, Heidary G, Binenbaum G, VanderVeen DK, Lambert SR. Binocular treatment of amblyopia: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2020;127:261-272.
10. Fu E, Wang T, Li J, Yu M, Yan X. Video game treatment of amblyopia. *Surv Ophthalmol* 2021;18:1-10.
11. Astle AT. The pattern of learned visual improvements in adult amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52:7195-7204.
12. Ding J, Levi DM. Recovery of stereopsis through perceptual learning in human adults with abnormal binocular vision. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2011;108:E733-E741.
13. 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.
14. Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A binocular approach to treating amblyopia: antisuppression therapy. *Optom Vsi Sci*. 2010;87:697-704.
15. Xiao S, Angjeli E, Wu HC, Gaier ED, Gomez S et al Luminopia Pivotal Trial Group. Randomized controlled trial of a dichoptic digital therapeutic for amblyopia. *Ophthalmology*. 2022;129:77-85
16. Roda M, Pellegrini M, Di Geronimo N, Vagge A, Fresina M, Schiavi C. Binocular treatment for amblyopia: A meta-analysis of randomized clinical trials. *PLoS One* 2021;16:e0257999.
17. Chen C-W, Zhu Q, Duan Y-B, Yao J-Y. Comparison between binocular therapy and patching for treatment of amblyopia: a meta-

- analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open Ophthalmology* (2021);6:e000625.
18. Manh VM et al., 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.
 19. Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, Beck RW, Birch EE, Kraker RT, Crouch ER, Erzurum SA, Khuddus N, Summers AI, Wallace DK. 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.
 20. 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.
 21. Manh VM, Holmes JM, Lazar EL, Kraker RT, Wallace DK, Kulp MT. 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.
 22. Yao J, Moon HW, Qu X. Binocular game versus part-time patching for treatment of anisometropic amblyopia in Chinese children: a randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2020;104:369-375.
 23. Rajavi Z, Sabbaghi H, Sharifi AE, Behradfar N, Kheiri B. Comparison between patching and interactive binocular treatment in amblyopia: a randomized clinical trial. *J Curr Ophthalmol.* 2019;31:426-431.
 24. Li SR, Jost RM, Morale SE, Stager DR, Dao L, Stager D, Birch EE. A binocular iPad treatment for amblyopic children. *Eye.* 2014;28:1246-53.
 25. Cohen J. Training visual attention with video games: Not all games are created equal. *Computer Games and Adult Learning* 2007;9:205-27.

PRESBİYOPİNİN PATOFİZYOLOJİSİ VE MUAYENE YÖNTEMLERİ

Dr. Nedime ŞAHİNOĞLU KEŞKEK

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Antalya

Giriş

Presbiyopi; yakın görme ile yapılan işler için gerekli olan uyum gücünün, yaşa bağlı olarak yetersiz olmasına sebep olan refraktif durumdur.

Uyum (akomodasyon), yakındaki cisimleri retinaya odaklayabilmek için, gözün refraktif gücünü artırma yeteneğidir. Uyum, silyer kasın doğumdan iki ay sonra işlev görmesi ile başlamaktadır. Yaşamın ilk iki dekatında uyum amplitüdünün 7-10 dioptri arasında değiştiği ve rölatif olarak stabil olduğu gösterilmiştir. Uyum gücünde azalmanın en fazla olduğu yaş aralığı; 20 ile 50 yaş arasındadır. Elli yaş ve sonrasında, uyum amplitüdü 0.50 dioptri seviyesine düşmektedir.¹ Uyum yeteneğindeki bu azalma yaş almanın doğal bir sonucudur. En yaygın görülen refraktif problem olmasına karşın, presbiyopinin mekanizması halen bilinmezlik içermektedir.

‘Uyum’ (akomodasyon) kelimesi, 1841 yılında Burow ile kullanılmaya başlanmıştır.²

Uyumun nasıl gerçekleştiği, yüzyıllar boyunca araştırma konusu olmuştur. Presbiyopiyi anlamak ve düzeltilmesi için yöntemler geliştirebilmek için, uyumu sağlayan sistemin mekanizmasını anlamak ve yaşla oluşan değişimleri bilmek gereklidir.

Uyum Mekanizması

Uyumun varlığı ilk olarak, 1619’da Scheiner tarafından gösterilmiştir. Scheiner, yaptığı bir çalışmada, bir kart üzerinde, pupilla çapından daha az mesafe aralıklı iki iğne deliği oluşturmuş ve iki iğne deliği arasının hizasına denk gelecek şekilde bir iğne yerleştirmiştir. İki delikten bakıldığında iğne tek olarak izlenmiş, ancak daha yakın veya daha uzak cisimlere odaklanıldığında çift olarak görülmüştür. Bu çalışma ile uyumun varlığı gösterilmiştir.

William Porterfield, 1759 yılında lenste oluşan değişimler ile uyumun değiştiği fikrini ortaya koymuş, Albrecht von Haller, pupillada oluşan kontraksiyonun bulanıklığı azalttığını, Kepler, lensin göz içinde öne arkaya hareketi ile uyumun sağlandığı hipotezlerini öne sürmüştür. Uyumun nasıl gerçekleştiği ile ilgili halen geçerli olan hipotezleri öne süren Helmholtz ise 1853 ve 1856 yılları arasında yaptığı çalışmalarında, uyumun silyer kasın kasılması ile lensin her iki yüzünün kurvatürünün ve lensin kalınlığının artmasına bağlı olarak sağlandığını göstermiştir.³

On dokuzuncu yüzyılın başlarında Fincham, lensin uyum sırasındaki şekil değişiminde lens kapsülünün yapısının da rolü olabildiği hipotezini öne sürmüştür.⁴ Lens kapsülünün ön kısmının arka kısmından çok daha kalın olduğunu, ayrıca zonüllerin yapışma yerlerinde de kapsülün daha kalın olduğunu, bu nedenle zonüldeki gerginliğin kapsülün kalın olduğu yapışma yerlerinde daha fazla etkiye ve lenste daha fazla düzleşmeye neden olacağını öne sürmüştür. Aynı hipoteze göre ince kapsülün olduğu bölgelerde, lensin arka kısmında olduğu gibi lens kurvatürü daha fazla olacaktır.

Uyum sırasında lensin şekil değişimlerini inceleyen Schachar ve Anderson, uyum sırasında lens çapının arttığı ve skleraya yaklaştığı hipotezini öne sürdü.⁵ Ancak yapılan başka çalışmalar ile bu hipotezin doğru olmadığı ve uyum sırasında lens ekvatorunun skleradan uzaklaştığı gösterilmiştir.⁶

Uyumu açıklayan en çok kabul gören teoriler arasında; Helmholtz, Coleman ve Schachar teorileri yer almaktadır.

Helmholtz teorisi: Bu teoriye göre uzağa odaklanmış bir gözde lens düzdür. Uyum sırasında, silyer kas kasılarak öne ve içe doğru hareket eder. Böylece zonüllerin gerginliği azalmakta ve lens kurvatüründe artış sağlanarak kırıcılık artmaktadır.⁷

Coleman teorisi: Bu teoriye göre, zonüller asma köprülerdeki destek sütunları gibi olup lensin doğal eğriliğini sağlamaktadır.^{8,9} Lensteki bu eğrilik ön kamara ve arka kamaradaki karşı basınçlar ile değişmektedir. Uyum sırasında, silyer kas kasıldığı zaman kurvatür artar, fakat ön ve arka kamarada oluşan basınç farkı santralde kurvatür artışına, periferde düzleşmeye sebep olur.^{8,9}

Schachar teorisi: Bu teoriye göre, lensin ekvator bölgesine yapışan zonüller silyer kasın kasılmasıyla gerilir, fakat ön ve arka zonüllerde gevşeme olur. Buna bağlı olarak, uyum sırasında lens periferinde düzleşme, merkezi ön kısmının kurvatüründe artış olur.¹⁰

Kabul gören bu üç teori de mekanizmada farklılıklar içerse de, lens merkezinin kurvatürünün uyum ile arttığını ifade etmektedir.

Presbiyopinin Patofizyolojisi

Presbiyopi, hayatın ilerleyen dönemlerinde, uyum amplitüdünün azalmasına bağlı olarak gelişmektedir. Presbiyopi semptomları; yakına baktıktan sonra uzağa odaklanmada güçlük, uzun süre kitap okuyamama, okurken metni uzaklaştırma isteği şeklinde olabilmektedir. Presbiyopi çağındaki hastalarda düşük kontrastlı metinleri algılayamama ve yetersiz ışıktaki yakını görme bozukluğunun daha belirgin olması şikayetleri de görülebilmektedir.¹¹

Presbiyopiye sebep olan faktörler halen tam olarak ortaya konmamasına karşın, patofizyolojisini açıklayan teoriler lentiküler ve ekstralentiküler olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir.¹² Lentiküler teoriler, presbiyopinin lens, kapsül ve zonüllerde yaşa bağlı gelişen değişimlere bağlı geliştiğini öne sürmektedir. Bu kategoride yer alan teorilerde öne sürülen değişimler; lens nükleusunda skleroz gelişmesi, silyer kas ve lens ekvatoru arasındaki mesafenin azalması, lens kapsülünün elastisitesinin azalmasıdır. Ekstralentiküler teorilerde ise yaş ile beraber, silyer kas disfonksiyonunun geliştiği, posterior zonüller veya koroidde elastisite kaybı olduğu ve yaş ile beraber uyum yapan lens kapsülüne karşı vitre direncinin azalmış olduğu öne sürülmektedir.

Yaş ile beraber lensin yapısının sertleştiği, presbiyopi patofizyolojisinde en çok kabul gören düşüncedir. Genç erişkinlerde, korteks nükleustan daha sert iken, yaş ile beraber nükleus sertleşmeye başlar ve yaşlı bir gözde nükleus korteksten daha serttir.¹³ Nükleus ve korteksin sertliği 35-40 yaş civarında eşitlenmekte, bu nedenle 40 yaş civarında presbiyopi semptomları başlamaktadır.

Presbiyopi muayenesi

Presbiyopi muayenesinden önce detaylı bir hikaye alınmalıdır. Kişinin yaşı, mesleği, hobileri, yakın çalışma mesafeleri, hangi düzeltmeyi tercih edeceği sorulmalıdır. Eğer var ise daha önce kullandığı gözlükler ölçülmeli veya eski gözlük reçetesi hakkında bilgi sahibi olmaya çalışılmalıdır.

Presbiyopi muayenesinden önce, uzak kırma kusuru var ise uygun camlar ile düzeltme yapılmalıdır. Doğru bir uzak refraktif değer, doğru yakın düzeltme için önemli olan ilk adımdır. Bunun yanında, hastanın hipermetrop veya miyop olması, presbiyopi için ilave edilecek gücün nasıl etkileneceği ile ilgili bize ipucu vermektedir. Hipermetroplar, yakını görmek için daha fazla, miyoplar ise daha az uyum yapmaktadırlar. Bu nedenle, yakın ilave belirlenirken bu durum göz önüne alınmalıdır. Uzak için refraktif değerler belirlendikten sonra yakın için gerekli ilave güç (adisyon, add) hesaplanmalıdır. Yakın görme için uygun olan ilave gücün saptanmasında, farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler; yaşa göre tahmin edilen ilave yöntemi, uyum amplitüdü ölçülmesi ve çapraz silindir testi olarak gruplanabilir. Bu bahsedilen yöntemler, subjektif muayene yöntemleridir.

a) Yaşa göre tahmin edilen ilave yöntemi: Yaş ile beraber, uyum amplitüdü azalmaktadır. Uyum amplitüdü, 40 yaş altında 4 yılda bir 1 D değişirken, 48 yaşın üstünde 4 yılda bir 0.5 D değişmektedir. Yapılan çalışmalar ile yaşa göre gerekli ilave cam gücünü öneren tablolar oluşturulmuştur. Bu tabloların kullanımı kolay ve pratiktir. Donders tablosundan yaşa göre uygun ilave gücü denenerek, geri bildirimle göre dioptri ayarlaması yapılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Presbiyopide yaşa göre yakın için gerekli ilave gücü	
40-45 yaş	+1.00 D
45-50 yaş	+1.50 D
50-55 yaş	+2.00 D
55 yaş üstü	+2.50/+3.00 D

b) Uyum amplitüdünün ölçülmesi: Gözün bir cismi net olarak gördüğü en uzak mesafeye 'uzak nokta' (punctum remotum) denmektedir. Uzağa bakan emetrop bir göz, istirahat halindedir ve silyer kas gevşemiştir. Bir cismin, maksimum uyum yapılarak, net olarak görülebileceği en yakın noktaya ise 'yakın nokta' (punctum proksimum) adı verilmektedir. Bu iki nokta arasındaki mesafeye 'uyum sınırı', bu iki durumda gözün sahip olduğu kırma güçleri arasındaki farka ise 'uyum amplitüdü' olarak adlandırılır. Uyum gücü hesaplanırken $D=1/f$ formülü kullanılmaktadır. Bu formüldeki D; dioptri cinsinden kırma gücünü, f; metre cinsinden odağın uzaklığını belirtir. Örnek vermek gerekirse; 6 metrede uyum gücü 0.16

D ($D=1/6=0.16$) iken, 30 cm'de uyum gücü 3.33 D'dir ($D=1/0.3=0.33$).

Uyum amplitüdünü hesaplayan yöntemler ile hastanın uyum yapma kapasitesi ile ilgili bilgi sahibi oluruz. Kişinin sahip olduğu uyum amplitüdünün 1/3 veya 1/2'sinin karşılanamayan kısım olduğu çalışmalar ile belirlenmiştir.

Uyum amplitüdü bulunduktan sonra, yakın çalışma mesafesine göre gereken uyum miktarının karşılanamayan kısmı ilave edilir. Özetle, kişinin uyum amplitüdünün yarısını kullanabildiği düşünülüyorsa: Uygun presbiyopi camı=Çalışma mesafesi için gerekli olan uyum miktarı-Hastanın uyum amplitüdünün yarısı, şeklinde bir formül oluşturulabilir.

Yakın nokta metodu: Uzak düzeltmeler yapıldıktan sonra, yakın eşel kişiye verilir. Seçebildiği en küçük puntonun bir veya iki sıra üstündeki sıraya bakması istenir. Yakın eşeli bulanık gördüğü yere kadar kendine yaklaştırması söylenir. Yazının bulanıklaştığı yer tespit edilip, göze olan mesafe ölçülür. Uyum gücü yine $D=1/f$ formülü ile hesaplanır.

Örnek: Yakın eşeldeki sıra 25 cm yaklaşıncı bulanıklaşıyorsa, uyum gücü $1/0.25=4$ D'dir. Bu gücün yarısını kişi rahatça kullanabilmektedir. Bu da 2 D uyumu rahatlıkla kullanabildiği anlamına gelir.

Foropterlerde, yakın nokta metodu ile uyumun ölçülmesini kolayca yapmamızı sağlayacak Prince cetveli bulunmaktadır. Bu cetvel üzerinde, hareket ettirilen eşelin bulanıklaştığı noktada, santimetre olarak mesafe ve o mesafeye denk gelen uyum gücü dioptri olarak yazılıdır.

Her iki göze yakın görme muayenesi ayrı ayrı yapılmalı, daha sonra binoküler olarak tekrarlanmalıdır. Binoküler uyum gücünün monookülerden daha düşük olduğu akıldan tutulmalıdır.

Sferik mercek metodu: Yakın eşel, 40 cm mesafeye sabitlenir. Görüntü bulanıklaşıncaya kadar önce (-) cam, sonra (+) cam eklenir. Görüntünün bulanıklaştığı iki cam arasındaki diyoptri farkı uyum amplitüdünü vermektedir. Örneğin; kişinin görmesi -2.50 D ve +3.00 D cam konduğunda bulanıklaştı ise uyum amplitüdü 5.50 D'dir.

c) Çapraz ızgara testi:

Uzak kırma kusuru olup olmadığı kontrol edilip gerekli olduğu takdirde düzeltmeler yapıldıktan sonra, uzak eşeldeki çapraz ızgara ile astigmatın tam olarak düzeltildiğinden emin olunur. Foropterde çapraz ızgara testi, kişinin yakın işlerini yapmak istediği mesafeye ayarlanır. ± 0.50 D çapraz silindirler (eksi aksı 90°'de) (Lebensohn kartı) iki gözün önüne getirilir. Yatay ve dikey çizgilerin netlik derecelerinin karşılaştırılması istenir. Testin amacı yatay ve dikey çizgilerin eşit netlikte görülmesini sağlayacak yakın ilave camını bulmaktır. Dikey çizgiler yatay çizgilerle aynı netlikte olana kadar + cam ilavesi yapılır. Birbirine dik çizgilerin eşit netlikte görüldüğü cam yakın ilave olarak belirlenir.

Çapraz silindir, noktasal bir görüntüyü, birbirine dik iki çizgi şeklinde ayırmaktadır. Emetrop ve tam düzeltme yapılmış bir gözde, sonsuzdan gelen ışıklar retina üzerinde tek bir noktada odaklanmaktadır. Gözün önüne çapraz silindir yerleştirildiğinde, retinanın önü ve arkasında birbirine dik iki çizgi görüntüsü oluşur. Çapraz silindirin (-) aksı 90°'de olduğunda yatay çizgi retinanın önünde, dikey çizgi retinanın arkasında olacaktır. Presbiyop bir göz, yatay çizgileri daha net görecektir. (+) cam ilave ederek, birbirine dik iki çizginin eşit netlikte yani, retinaya eşit uzaklıkta olmasını sağladığımızda, kişinin yakın için ihtiyaç duyduğu ilave camın dioptrisini saptamış oluruz.

Presbiyopi muayenesinde, çoğunlukla, yukarıda bahsedilen subjektif yöntemler kullanılmaktadır. Bunun yanında, objektif yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en sık kullanılanı, dinamik retinoskopidir. Diğer yöntemler arasında sayılabilecek olan, ultrason biyomikroskobu, videorefraktometre, parsiyel koherens interferometre, Scheimpflug fotoğrafları, yüksek rezolüsyonlu manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve optik koherens tomografi, daha çok bilimsel çalışmalarda, araştırma amaçlı kullanılmaktadır.

Sonuç

Presbiyopi, çalışma hayatının aktif olarak devam ettiği yaşlarda başlayan ve hayat kalitesini azaltan bir problemdir. Lense ait değişimlerin yanı sıra gözün diğer yapılarının da yaş ile değişime uğrayarak presbiyopinin patofizyolojisinde rol alıp almadığı merak konusudur.

Presbiyopi muayenesi, bir oftalmoloğun günlük pratiğinde en çok yaptığı refraksiyon muayenelerinden biridir. Uygun bir presbiyopi ilavesi, kişinin yaşamında yaş ile kaybettiği konforun yeniden kazanılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Anderson HA, Hentz G, Glasser A, Stuebing KK, Manny RE. Minus-lens-stimulated accommodative amplitude decreases sigmoidally with age: a study of objectively measured accommodative amplitudes from age 3. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008 Jul;49(7):2919-26.
2. Michaels DD. Accommodation, Vergences and Heterophorias. In: Michaels DD, eds. *Visual optics and Refraction*, 3rd ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1985: Chap. XVIII
3. von Helmholtz H. *Physiological Optics*. New York: Dover;1962;Vol I, 143-172,375-415
4. Fincham EF. The mechanism of accommodation. *Br J Ophthalmol* 1937;8:5-80
5. Schachar RA, Anderson DA. The mechanism of ciliary muscle function. *Ann Ophthalmol* 1995;27:126-32.
6. Glasser A, Kaufman PL. The mechanism of accommodation in primates. *Ophthalmology*. 1999 May;106(5):863-72
7. Von Helmholtz H. Helmholtz's treatise on physiological optics. In: Southall JPC, ed. *Handbuch der Physiologischen Optik*. Southall JPCT, trans. Mechanism of Accommodation. Vol. I. New York, NY: Dover Publications;1909:143-172
8. Coleman DJ. Unified model for accommodative mechanism. *Am J Ophthalmol*. 1970 Jun;69(6):1063-79.
9. Coleman DJ, Fish SK. Presbyopia, accommodation, and the mature catenary. *Ophthalmology*. 2001 Sep;108(9):1544-51.
10. Schachar RA. The mechanism of accommodation and presbyopia. *Int Ophthalmol Clin*. 2006 Summer;46(3):39-61.
11. Eichenbaum JW, Simmons DH, Velazquez C. The correction of presbyopia: a prospective study. *Ann Ophthalmol* 1999;31:81-4
12. Croft MA, Glasser A, Kaufman PL. Accommodation and presbyopia. *Int Ophthalmol Clin*. 2001 Spring;41(2):33-46.
13. Heys KR, Cram SL, Truscott RJ. Massive increase in the stiffness of the human lens nucleus with age: the basis for presbyopia? *Mol Vis*. 2004 Dec 16;10:956-63.

PRESBİYOPİNİN GÖZLÜK CAMLARIYLA DÜZELTİLMESİ

Dr. Haydar ERDOĞAN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Sivas

Giriş

Dünyada yaklaşık iki milyar insanın presbiyop olduğu tahmin edilmekte olup, zamanla artan yaşlı nüfus nedeniyle bu sayı giderek artmaktadır.¹ Presbiyopinin yaşla birlikte geliştiği bilinmektedir ve tipik olarak yetişkinlerde yaklaşık 40 yaşlarında gelişmeye başlar. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki insanları etkiler. Amerika Birleşik Devletleri'nde 45 yaş ve üzeri presbiyopili kişilerin oranı %88,9 olarak bulunmuştur.² Düzeltilmemiş presbiyopi, dünyadaki görme kaybının önde gelen nedenlerinden biridir ve ağırlıklı olarak düşük ve orta gelirli ülkeleri etkiler.³ Bu ülkelerde, presbiyopileri düzeltilen kişilerin oranı sadece %10 kadar düşük olabilmektedir. Düzeltilmezse, presbiyopi günlük yakın iş aktivitelerini gerçekleştirirken artan zorluklara ve net görme kaybı nedeniyle yaşam kalitesinde genel bir düşüşe neden olabilir.²

Presbiyopinin Düzeltilmesinde Kullanılan Camlar:

Gözlük camları presbiyopinin düzeltilmesinde en eski, en basit, en yaygın ve en az komplikasyon olan seçeneklerin başında gelmektedir. Gözlük camlarındaki teknolojik ilerlemelere rağmen, yaşlanan göze dinamik akomodasyon aralığını geri kazandırabilecek hiçbir gözlük camı şu anda mevcut değildir.^{4,5}

Presbiyopinin düzeltilmesinde kullanılan camlar odaklarına göre monofokal ve multifokal olarak ikiye ayrılırlar. Multifokal camlar ise bifokal, trifokal ve progresif ve geliştirilmiş odak camları olarak sınıflandırılabilir.

Monofokal (tek odaklı) Camlar

Tek odaklı camlar presbiyop kişinin yalnızca yakını görmelerini sağlayan camlardır. Genellikle uzak için emetrop olan kişilerin uzağa bakarken çıkardığı veya camın üstünden uzağa baktığı, yakına bakarken taktığı camlardır. Uzak için emetrop olan kişiler, bu camları çoğunlukla presbiyopik çerçeveler olarak bilinen yarım çerçevelere takarak kullanırlar. Bu camlar diğer camlara göre en kolay alışılan ve en az yakınmaya neden olarak kullanılan camlardır. Tek odaklı camların özellikleri; geniş bir göme alanına sahiptirler, uyum süresi gerektirmez veya daha kısadır, ekonomik olarak diğer camlara göre daha ucuzdur.

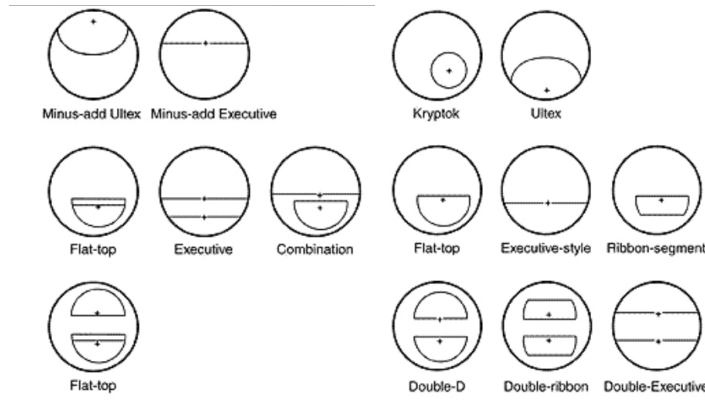
Bifokal (iki odaklı) camlar

Bifokal camlar; ilk olarak 1784 yılında Benjamin Franklin tarafından tarif edilmiştir. Geleneksel bifokal ve trifokal lensler büyük ölçüde progresif lenslerle yer değiştirmiştir. Yine de bu eski formlar halen kullanılmaktadır ve bazı klinik durumlarda yeni progresif tasarımlara göre avantajları vardır. Bifokal lensler, her biri farklı bir odak uzaklığına (fokal noktaya) sahip, biri uzaktaki nesneleri ve diğeri yakındaki nesneleri görüntülemek için ayrılmış iki parçaya sahiptir. Daha yüksek kırma indeksli bir lensin uzak diyoptriyi içeren ana gövdeye gömülmesi ilkesine göre üretilirler (Şekil 1).



Şekil 1. Bifokal cam tasarımı

Yakın parça iç veya dış yüzeyde olabilmektedir ve tasarımına göre bazı camlarda yakın kısım cam yüzeyinden kabarıklık yapar. Franklin tipi merceklerde yakın parça dış bükü, Ultex tipi merceklerde ise iç bükü yüzeydedir. Yakın ve uzak segment arasında görünür bir çizgi, aynı zamanda bu iki segment arasında keskin bir diyoptri farkı vardır. Uzak ve yakın segmentin iki farklı optik merkezi olduğu için iki segmentin bir araya geldiği yerde "görüntü atlaması (sıçraması)" olur ve bu durum kişilere rahatsızlık verir. Bu görüntü atlamasını engellemek için yakın segmentin optik merkezi geçiş çizgisinde olacak şekilde üretilen formları vardır.⁶⁻⁹ Bifokal camlarda yakın segmentin üst kısmı düz, yuvarlak, oval, boydan boya (executive), yay ve mesleklere göre farklı şekillerde olabilmektedir. (Şekil 2).



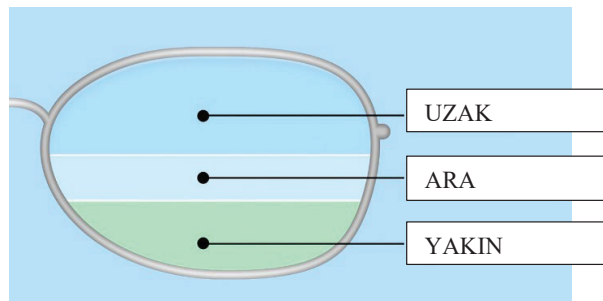
Şekil 2. Çeşitli bifokal cam tasarımları

Görüntü atlama derecesi, okuma bölümünün toplamının gücü ve okuma bölümünün optik merkezi ile tepesi arasındaki mesafe ile ilgilidir. Prentice kuralına göre, bifokal segmentin tepesinde indüklenen prizma miktarı, segmentin optik merkezi ile segmentin üstü arasındaki mesafeyle orantılıdır. Üstü yuvarlak bifokallerde bu iki nokta arasındaki uzaklık en çoktur ve bu nedenle herhangi bir bifokal güç için en büyük görüntü atlamasına sebep olur. Geleneksel düz bifokaller, optik merkez ile bifokal segmentin üstü arasında mesafe azdır ve az miktarda görüntü atlamasına sebep olur. Her zaman olmasa bile, genel bir kural olarak, görüntü atlamasının daha az olması için hipermetrop kişilerde üstü yuvarlak, miyop kişilerde ise üstü düz yakın segmentler daha uygun olmaktadır.⁹ Ayrıca bifokal camlar yatayda daha geniş bir görme alanı sağlamaları için kişinin mesleğine göre yakın kısmı çeşitli uzunlukta üretilebilmektedirler.^{7,8} Görüntü atlaması yapmaları ve estetik olmamaları en önemli dezavantajlarıdır. Bu lenslerin çerçeveye montajı görme kalitesini etkiler. Eğer yakın segment gereğinden fazla yükseğe yerleştirilirse kişi yakını görmek için başını yukarıya, aşağı yerleştirilmişse başını yukarı kaldırmak zorunda kalır. Bu tür camı daha önce kullanmış ve progresif camları tolere edemeyenlerde tercih edilebilir. Görüntü atlaması nedeniyle kullanan kişilerin merdiven iner ve çıkarken dikkatli olmaları gerekir.¹⁰

Trifokal (üç odaklı) Camlar

Üç odaklı lensler, bifokallerden farklı olarak orta mesafedeki nesnelerin de görüntülenmesini sağlayan ek bir orta kısma sahip çift odaklı lensler gibidir (Şekil 3). Bifokal camlarda uzak-yakın arasındaki orta mesafe net görülmezken, trifokal camlarda ara mesafeyi net görebilecek bir segment vardır. Yakın kısmı yaklaşık 40 cm, orta kısmı 40 cm-2 m arası, uzak kısmı ise 2 m'den sonraki uzaklığı gösterir. Orta mesafeleri sıkça kullananlar için uygundur. Yapı olarak bifokal camlara benzemekle birlikte, uzak-yakın segment arasında şerit şeklinde, uzak ile yakın arasındaki belli bir uzaklığı net gösteren, bir bölümün olması ikisi arasındaki en önemli farktır. Bu şerit şeklindeki kısmın kırıcılığı uzak-yakın arasındaki görüntüleri net görmek için ayarlanır. Bu camlarda da segmentler arasında görüntü atlaması olabilmektedir. Bunun olmaması için her iki yakın segmentin optik merkezlerinin geçiş çizgilerine denk gelmesi gerekmektedir. Bifokallere göre üretimleri daha zor olup, progresif camların kullanıma girmesi ile tercih edilmeleri azalmıştır ve dıştan bakıldığında estetik değildir.^{7,8}

Bifokal veya trifokal kullanıcıları, merceğin hangi bölümünün daha iyi çalıştığını belirlemek için başlarını yukarı ve aşağı sallamalı, dönüşümlü olarak bifokallerinin üstünden ve ardından altından bakmak zorundadırlar. Bifokaller, uzun süre bilgisayar kullanırken kişiyi dijital göz yorgunluğu için daha fazla risk altına sokar. Gözlüklerin alt kısmından görebilmek için ekrana daha yakın oturur ve başlarını geriye doğru eğmeleri gerekir. Bu doğal olmayan duruş, kas gerginliğine, boyun ağrısına ve dijital göz yorgunluğunun diğer semptomlarına yol açabilir.⁹



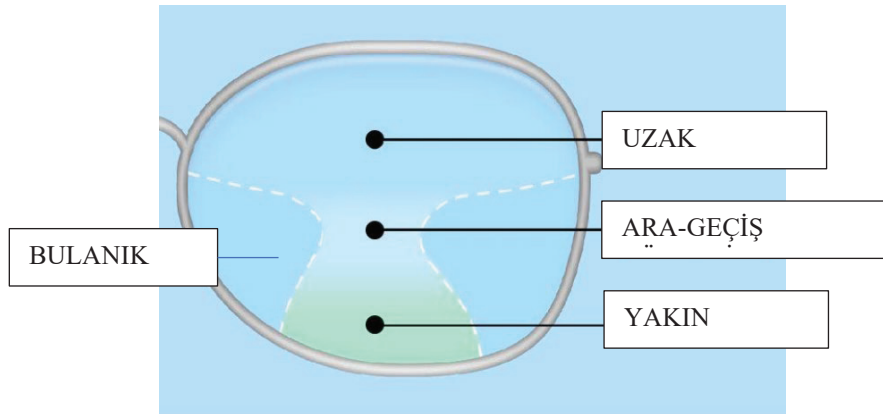
Şekil 3. Trifokal cam tasarımı

Progresif (Kesintisiz Geçişli) Camlar

İlk patenti 1907 yılında Owen Aves tarafından alınmıştır.¹¹ Progresif lensler aynı zamanda değişken odaklar olarak da bilinir ve tüm lens boyunca kırma gücünde kademeli bir değişiklik sağlar ve kullanıcılar 30-40 cm'den itibaren her mesafeyi görebilir. Uzak görme segmenti camın üst kısmında olup, uzak kısımdan yakın kısma doğru diyoptri farkı, bifokal veya trifokallerdeki gibi keskin olmayıp, yumuşak bir geçiş olmaktadır. Yukarıdan aşağı doğru kırıcılık aralıksız ve devamlı arttığı için segmentler arasında çizgi bulunmamaktadır (Şekil 4). Uzak ve yakın kısımlar arasında ayrı bir ara yüz olmadığından, görüntü atlaması meydana gelmez. Merceğin alt kısmı, okuma için tek bir güç bölgesi içerir. Bu iki bölge birbirine dar belli bir koridorla (kanal) bağlanmıştır. Kanalin sağındaki ve solundaki bölgeler camın iç ve dış yanlarında gittikçe artan eğik astigmatlı alanlar (aşağıya ve her iki tarafa bakıldığında) olup, herhangi bir mesafede net odak sağlamaz. Bu afokal alanlara bulanıklık veya düzensizlik bölgeleri adı verilir ve progresif gözlük camlarına uyum sağlayamayan hastaların şikayetlerinin kaynağıdır. Koridorun genişliği ve ara görüşe ayrılan mercek miktarı, belirli mercek tasarımına ve üreticisine göre değişir. Bu bölgelerden bakıldığı zaman "yüzme hissi" ortaya çıkar. Özellikle yüksek veya düzensiz astigmatlı kişilerde bu yakınmalar daha fazla olur. Yakın düzeltmede silindirik eklemeye sorun yaşamayan kişilerde tam düzeltme yapılmalıdır. Kanalı dar olan camlar orta mesafenin dar bir şekilde görülmesine neden olurlar.^{7,11-13}

Uygun bir progresif cam uygulamasında pupilla mesafesi, montaj yüksekliği, arka verteks mesafesi (12-16 mm), pandoskopik açı (8-12 derece), çerçeve bombesi, çerçeve ölçüleri ve çerçeve modeli gibi kişiye özgü özelliklerde dikkatli olmak gerekir. Üretici firmalar tarafından, gözün bakış yönü ve göze farklı açılarda gelen ışınlar hesaplanarak kişiye özel progresif tasarımlar üretilebilmektedir.

Doğru reçete, doğru montaj ve odaklama, doğru cam, doğru çerçeveye rağmen kişi bazen progresif camlardan rahatsız olabilir. Bu camlar Hipermetrop-astigmatı, küçük pupili, ilk defa presbiyop cam kullanacaklarda iyi bir tercih olabilir. Görme keskinliği düşük, yüksek astigmatı olanlarda tercih etmemekte fayda vardır. Uzun süre araç kullanmak durumunda olanlarda da dikkatli olmak gerekir. Progresif camlarla, bilgisayar ekranını veya diğer nesneleri kol mesafesinde görmek için kişinin başını aşağı yukarı sallamasına veya rahatsız edici duruşlar benimsemesine gerek yoktur.^{8,9} Kişiyi özel olmayan progresif camlarda ön yüzey işlenirken, kişiye özel free form dizaynlarda progresif yüzey camın arka yüzeyine işlenir ve daha geniş bir görme alanı sağlarlar. Free form üretimler kişinin mesleği, hobileri, alışkanlıkları ve kullandığı çeşitli dijital cihazlar göz önünde bulundurularak üretilirler. Progresif camlar diğer cam türlerine göre daha pahalıdır.

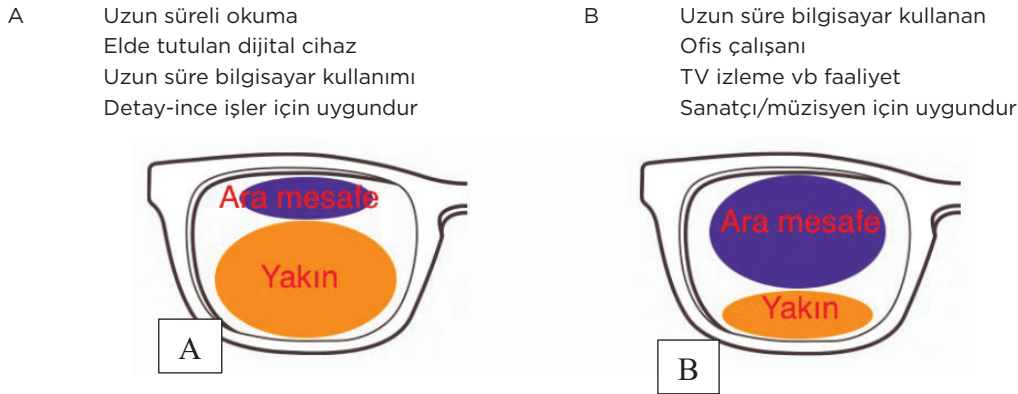


Şekil 4. Progresif cam tasarımı

Yakın Destekli Camlar

Camın alt bölümüne +0.40/+1.25 D ilave addisyonlu yakın-uzak mesafe için dizayn edilmiş camlardır. Uyumun rahatlaması amacıyla kullanılmakta ve uyum sorunu olan kişilerde iyi bir seçenek olabilmektedirler. Bunlar genellikle asferik yapıda ve çok odaklı camlardır. Bunlar progresif veya ofis cam olmayıp, distorsiyonları az olan, tam gün kullanılacak, tüm mesafelerde geniş bir uzak görme sağlayan ve hızlı uyum sağlanabilen camlardır. Bu camlar prepresbiyoplar, 20-45 yaş arası, tek odaklı gözlük kullanan veya gözlük kullanmamış, yakın görmesini günde 2 saat veya daha fazla kullanan, latent hipermetropisi, gözlük kullanan hipermetrop, astenopik şikayetleri olan, akomodatif ezoforyası ve akomodasyon tembelliği olan kişiler için uygundur. Ancak konverjans yetmezliğine bağlı ekzoforyası ve 18 yaşından küçükler için uygun değildir.

Başka bir cam türü olan **Ofis camları**; daha çok orta ve yakın mesafeyi sık kullanan kişiler için tercih edilebilecek camlardır (Şekil 5). Bunlar tam bir progresif cam değildir. Çünkü yakın ve orta mesafeyi net gösterirler, kanal genişliği progresif camlara göre daha fazladır, aberasyonları daha azdır, diyoptriler arası geçişleri yumuşaktır, daha rahat baş ve vücut pozisyonları vardır. Prsebiyop olup bilgisayar kullanan, ofis çalışanı, diş hekimi, cerrah, kuaför, müzisyen, ressam gibi meslek ve kişiler için uygun camlardır. Astenopik şikayetler standart progresif camlara göre ofis camlarında daha azdır. Ofis camlarında yakın ilaveden çıkarılacak olan diyoptri (degresyon) miktarı üretici firmalar arasında farklı olup genellikle 0.55-2.25 D arasındadır.¹⁴



Şekil 5. Ofis cam dizaynları

Doğru bir presbiyopik gözlük camı reçete etmede en önemli değişkenler kişinin yaşı, mesleği, uyum aralığı, fiziksel özelliği, yakın çalışma mesafesi ve uzak kırma kusurudur. Yaşa göre yakın addisyon değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yaşa göre yakın addisyon değerleri

Yaş	Addisyon
35-45	+1.00
45-50	+1.50
50-55	+2.00
55 ve üstü	+2.50-+3.00

Kişinin uzak görme keskinliği tam değilse ve kırma kusuru varsa bunun tam düzeltilmesi gerekir. Daha sonra kişinin ne kadar mesafede bir yakın çalışma ihtiyacı olduğu öğrenilip, yakın okuma eşelini, iki göz açık olarak, bu mesafede tutması istenir. Yakın okuma veya çalışma mesafemiz genellikle net olarak görebildiğimiz en yakın nokta ile net olarak görebildiğimiz en uzak mesafe arasında bir yerdedir. Çoğu kişi için 35-40 cm yakın çalışma mesafesi yeterli olmakla birlikte bu uzaklık yaptığı işe göre değişebilmektedir. Bu mesafe tespit edildikten sonra okuma eşelini bu noktada tutması istenir. Eğer kişinin daha önceden kullandığı presbiyopi gözlüğü varsa bununla yakın okuma eşelinin son sırasını okutup camın değişmesine ihtiyaç olup olmadığı tespit edilmeli ve kendi gözlüğü ile görebiliyorsa ve +0.50 diyoptriden fazla bir değişiklik yoksa değiştirmek gerekmez. Kişi daha yakından bir mesafede görmek istiyor veya ihtiyacı varsa presbiyop camın diyoptrisini arttırmak gerekirken, daha uzak mesafede görmek istiyorsa camın diyoptrisini azaltmak gerekir. Yine kişinin önceden miyopisi varsa presbiyop gözlük camının diyoptrisi bu miktara bağlı olarak düşük, hipermetropisi varsa arttırmak gerekir. Ayrıca sadece yaşa dayalı olarak yazılan bir presbiyop gözlük her zaman doğru olmayabileceği unutulmamalıdır. Daha önceden miyop olan bir mevcut miyopi ve çalışma mesafesine bağlı olarak yakın gözlüğü yazmak gerekmeyebilir. Çok yüksek diyoptri presbiyop cam reçete etmekten kaçınmakta fayda vardır. Örneğin kişi +0.50 diyoptri daha büyük bir camla bakıp yakın görmesinde farklılık olmuyorsa düşük olan camı reçete etmek daha uygun olur. Çünkü diyoptri arttıkça daha objeyi daha yakın tutmak zorunda kalacaktır ve daha uzak tutması gereken bilgisayar, tablet ve akıllı telefon gibi gereçleri görmeye zorlanacaktır.¹⁵

Sonuç

Gözlük camları, bazı dezavantajlarına rağmen, presbiyopinin düzeltilmesinde en eski, en basit, en yaygın ve en az komplikasyon olan seçeneklerin başında gelmektedir ve okuma gözlükleri olarak ta bilinmektedir. Presbiyopik gözlük camını gözlük camını belirlemede en önemli faktörler; kişinin yaşı, işi, önceden mevcut olan uzak kırma kusuru, mesleki ve özel ihtiyaçları olup ve bu faktörlere göre çözüm sağlamak ve gözlük cam önermek önemlidir.

PRESBİYOPİDE FARMAKOLOJİK TEDAVİ

Dr. Vildan ÖZTÜRK

Yeditepe Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

Giriş

Presbiyopi, lens ve lens kapsülünün yaşa bağlı olarak elastikiyetinin azalması ve buna bağlı olarak uyumun giderek azalmasıdır. Aslında uyumdaki bu azalma çok erken yaşlarda başlar. Çocukluk çağında yaklaşık 14D iken, 40'lı yaşlarda 2D'nin altına düşmeye başlar, 55 yaş civarında tamamlanır.^{1,2} Dolayısıyla presbiyopiyi “uzak görme keskinliği düzeltilmiş gözlerde, gözün uyum aralığının fizyolojik ve yaşa bağlı olarak azalmasıyla birlikte, yakındaki görme keskinliğinin bireyin ihtiyaçlarını karşılamak için yetersiz olduğu durum” olarak tanımlamak daha doğru olacaktır.³

Dünya nüfusunun %21'inin 2050 yılına kadar 60 yaş veya üzerinde olacağı öngörüsü varken, presbiyopi, küresel prevalansının artmasıyla birlikte 21. yüzyılın en acil görsel sorunlarından biri haline gelebilir. Holden, var olan prevalans verilerini Uluslararası Veri Tabanı'nın nüfus beklentisi ile birleştirerek presbiyopi prevalansının 2050 yılına kadar dünyada 1,8 milyar bireyi etkileyeceğini ön görmüştür.⁴

Uyum mekanizmasının en yaygın kabul gören teorilerinden biri olan Helmholtz teorisine göre siliyer kas kasılmasına yanıt olarak, kristalin lens kalınlığı artar, lens çapı azalır ve lensin hem anterior hem de posterior eğriliği artar, bu da lentiküler güçte ve dolayısıyla uyumda artışa neden olur.³ Ektoderm kaynaklı lensin yaşla beraber büyümesi ve sertleşmesi nedeni ile siliyer kasın kasılmasının ve gevşemesinin lens hareketi üzerinde etkisi azalmakta, presbiyopiye yol açmaktadır.⁵ Schachar ise uyum sırasında sadece ekvator zonüllerinin gerilim altında olduğu ve ön ve arka zonül liflerinin sadece lens için pasif destek yapıları olarak hizmet ettiğini, siliyer kasın kasılmasıyla, lens ekvatorunun skleraya doğru hareket ettiğini ve lensin sadece merkezi kalınlığının artması ile uyumu sağladığını öne sürmektedir. Presbiyopide ise büyüyen lensin ekvatordaki gerilime cevap verecek kadar yeri kalmamaktadır.⁶

Lensin yaşlanmayla birlikte ortaya çıkan presbiyopi ve lense bağlı diğer patolojileri de kapsayan “disfonksiyonel lens sendromu (DLS)” terimi son yıllarda tanımlanmıştır. Lensin yaşlanma aşamalarını sınıflandırmak için kriterler kullanılmaktadır. DLS'nun erken aşaması presbiyopinin başlangıcı ve artan yüksek sıralı aberasyonlar (YSA) ile karakterizedir. DLS'nun ikinci evresinde presbiyopi ilerler, kontrast duyarlılık azalır ve lens şeffaflığını yitirmeye başlar, görsel fonksiyon kötüleşir. Üçüncü evrede ise lens opaklaşması nedeniyle görme fonksiyonu artık günlük aktiviteler ile uyumlu değildir. Presbiyopiyi DLS bağlamında anlamak, doktorların hastanın semptomlarına, klinik muayene bulgularına ve ofis içi testlerle elde edilen objektif verilere dayalı olarak presbiyopi yönetimini bireyselleştirmesine olanak tanır.^{7,8}

Presbiyopinin tedavisinde halen en çok kullanılan yöntemler gözlük, kontakt lens, refraktif lazer cerrahisi, lens ve kornea cerrahisidir. Bu yöntemler bazı kişilerin presbiyopi ihtiyaçlarını karşılasa da bir kısmına göre yetersiz kalmaktadır. Zaten bu yaklaşımların çoğu uyumu eski haline getirmemekte, bifokal mercek kullanımı, monovizyon, psödoakomodasyon veya artırılmış odak derinliği gibi yöntemlere başvurmaktadır. Bu yöntemlerdeki kısıtlamalar presbiyopi tedavisinde farmakolojik ajanların kullanımına ilgiyi çekmiştir. Kullanım kolaylığı ve kolayca geri dönebilmeleri avantaj olarak değerlendirilmiştir.⁹ Daha çok emetrop ve düşük hipermetroplara yönelik tedavilerdir. Bu ajanlar, pupilla çapını azaltarak odak derinliğini (OD) artırmayı hedefleyenler ve lens sertliğini azaltarak uyum amplitüdünü artırmayı hedefleyenler olarak iki ana başlık altında toplanabilirler.

Farmakolojik Yaklaşımlar

Odak Derinliğini Artırmaya Yönelik Ajanlar

Emetrop bir gözde retina üzerinde odaklanan uzak bir nesnenin görüntüsünde OD'nin yakın ucu yakın noktaya karşılık gelecektir. Bu nedenle daha büyük bir OD, yakın noktanın diyoptrik verjansının arttığını (yani, yakın noktanın göze daha yakın hareket ettiğini) ve tatmin edici bir şekilde net görüşün elde edilebileceği nesne mesafelerinin aralığının arttığını gösterir. Geometrik optiğe göre, gözün OD pupilla çapıyla ters orantılı olarak değişir, bu nedenle emetropik bir gözde küçük pupillanın OD'ni artırması ve yakın görüşü iyileştirmesi beklenir.

Karbakol ve Brimonidine (Brimochol)

Karbakol, hem muskarinik hem de nikotinik reseptörleri doğrudan uyararak agonist etki yapan bir parasimpatikomimetiktir. Ayrıca karbamat yapısı ile kolinesteraz enzimini inhibe eder. Glokom tedavisinde kullanılan brimonidin ise selektif α_2 -reseptör agonistidir. Skotopik koşullarda miyozis oluşturur ve siliyer

kasın kasılmasını engeller.^{10,11} Bu özelliği ile kolinerjik etkiye bağlı baş ağrısı, miyopiye kayma, göz kızarıklığı gibi yan etkilerin şiddetini azaltır.¹²

Miyozis oluşturarak presbiyopinin etkisini azaltmak için bir parasempatomimetik ilaç (%2,25 karbakol) ile bir alfa agonisti (% 0,2 brimonidin) kombinasyonunun kullanımı ilk defa 2012 yılında Kaufman tarafından önerilmiştir. (<https://www.opthalmologytimes.com/view/addressing-presbyopia-pharmacologically>). 2015 yılında Abdelkader 48 emetrop, presbiyop kişi üzerinde prospektif, çift kör, randomize, plasebo kontrollü klinik çalışma gerçekleştirmiştir. Tüm katılımcıların baskın olmayan gözlerine, günde bir damla damlatılmıştır. Üç ay devam eden çalışmada düzeltilmemiş yakın görme keskinliğinde ilk saatte 4 sıra iken 10. saatte iki sıraya inen iyileşme tespit edilmiş, kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.¹³

2016 yılında Kaufmann ile birlikte yaptıkları çalışmada karbakol ve brimodini ayrı ayrı ve birlikte kullanımını denemişler, birlikte kullanımının sinerjist etkisi olduğunu kanıtlamışlardır.¹⁴ Visus Therapeutics sponsorluğunda bu kombinasyonun (Brimochol) faz çalışmaları devam etmektedir.¹⁵

Aseklidin ve Tropikamid (PRX -100)

Presbyopia Therapies, LLC (Coronado, CA) tarafından geliştirilen aseklidin (muskarinik) ve tropikamid (antimuskarinik) kombinasyonu olan Liquid Vision PRX-100 uyumu uyarmadan miyozis yapmayı amaçlamaktadır.

FDA faz 2 çalışmasındaki düzeltilmemiş yakın görme keskinliğinde en az üç satırlık, yedi saat süren etki süreci başarıyla karşılanmıştır.^{16,17}

CSF-1

Orasis Pharmaceuticals sponsorluğunda 2019 yılında FDA faz 2b aşamasını tamamlamış bu ilacın içeriği açıklanmamakla birlikte “yakın görmeyi iyileştiren, çok iyi bilinen ajanların kombinasyonu” olarak açıklanmaktadır. Yüz altmış altı hastada, günde iki kez damlatılan damlanın düzeltilmemiş yakın görme keskinliğini ≥ 3 sıra artırdığı bildirilmiştir.¹⁸

Pilokarpin (MicroLine)

Eyenovia'nın mikro doz pilokarpin içeren tescilli formülüdür. Pilokarpinin doza bağlı yan etkilerini önlemek, güvenli ve yeterli doz uygulayabilmek için Optejet adını verdikleri özel damlalık üretmişlerdir. Optejet ile geleneksel bir damlalığın ilaç hacminin yaklaşık 1/5'inde yüksek hassasiyetli mikro dozlama hedeflenmektedir. FDA faz 2 çalışmaları, mezopik ortamda hastaların ≥ 15 sıra kazanma hedeflerine ulaşarak tamamlanmış, VISION-1 faz 3 denemesine başlanmıştır.¹⁹

Fentolamin (Nyxol)

Non-selektif alpha adrenerjik antagonist olan fentolamin içeren Nyxol oftalmik solüsyon (Ocuphire Pharma), iris dilatör kasının inhibisyonu yoluyla pupilla çapını küçültücü etkisi vardır. Midriyazisi geri çevirmesi ve gece görüş problemlerine çözüm olması planlanan ilacın fotopik ve mezopik koşullarda pupilla çapını %20 azalttığı ve uygulamadan sonra en az 24 saat boyunca yakın görme keskinliğini bir satır iyileştirdiği tespit edilmiştir. Bundan yola çıkarak, akşamları uygulanan fentolamin ile gündüz uygulanan düşük doz, % 0,4 pilokarpin içeren bir kit planlanmıştır. Gündüz uygulanan pilokarpin sfinkter kasını aktive etmek gece uygulanan fentolamin ile iris dilatör kası dilatasyonu hedeflenmiştir. FDA faz 2 çalışması tamamlanmıştır.^{20,21}

Pilokarpin (Vuity)

%1,25 pilokarpin içeren Vuity (Allergan) FDA faz 3 çalışmasını tamamlamış tek ilaçtır. Çok merkezli, randomize, çift kör, plasebo kontrollü çalışmaya 40-55 yaş arası, -4,00 ile +1,00D arası ve $\leq \pm 2,00$ D astigmatı olan, düzeltilmiş uzak görme keskinliği 20/25, mezopik koşullarda yakın görme keskinliği J3-J10, mezopik pupilla çapı $< 8,0$ mm olan hastalar dahil edilmiştir. 375 hastada, günde bir kez, iki göze damlatılarak uzak görme keskinliğinde beş harften fazla kayıp olmadan düzeltilmemiş yakın görme keskinliğinde üç satır veya daha fazla kazanan hastaların yüzdesinin, 375 kişiden oluşan kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Aktif madde ile tedavi edilen hastalar arasında tedaviye bağlı olarak ortaya çıkan en yaygın yan etkiler konjonktival hiperemi, baş ağrısı, bulanık görme ve göz ağrısı olarak bildirilmiştir. (<https://news.abbvie.com/news/press-releases/allergan-an-abbvie-company-announces-positive-phase-3-topline-results-for-investigational-ag-190584-for-treatment-presbyopia.htm>)²²

Aynı firmanın pilokarpin ve bir dekonjestan olan **oksimetazolin** içeren ürün çalışması FDA faz 2 aşamasında devam etmektedir.²³

Pilokarpin, Fenilefrin, Polietilenglikol, Nepafenak, Feniramin ve Nafazolin kombinasyonu

Topikal olarak uygulanan bir farmakolojik bileşiğin iki taraflı kullanıldığı bir yaklaşım ile Renna ve ark. 2016'da 41 ila 55 yaşları arasında 14 presbiyopik hasta üzerinde prospektif bir pilot çalışma yayınlamışlardır.⁴ Çalışmada kullanılan damla patenti Vejerano'ya ait olan %0,247 pilokarpin, %0,78 fenilefrin, %0,09 polietilenglikol, %0,023 nepafenak, %0,034 feniramin ve %0,003 nafazolin birleşimidir. Bu kombinasyonun tercih edilmesinin sebebi, siliyer kasın kasılmasının uyarılması nedeniyle mezopik ortamlarda yakın, orta ve uzak görme performansının kötüleşmesini önlemektir. Pilokarpin uyumu uyarırken ve gözyaşı bezi salgısını da uyararak gözyaşı üretimini iyileştirebilir. Fenilefrin, nepafenak ve feniramin, pilokarpin tarafından indüklenen siliyer kas spazmını, vasküler konjesyon ve hiperemiyi önleyerek pupillanın aşırı küçülmesini önler. Naphazoline, pilokarpinin dilatör pupilla kası üzerindeki rahatlatıcı etkisini güçlendirerek ve yan etkilerini gidererek asetilkolin salınımını artırır ve norepinefrin salınımını azaltır. Polietilenglikolün yağlayıcı etkisi, bu bileşiklerin çoğunda tipik olarak yaşanan göz yanmasına karşı koruma sağlar ve göz damlası kullanımına uyumu artırır. Çalışmada beş saate kadar yakın görme keskinliğinde her bir gözde yaklaşık iki-üç satır iyileşme ve uzak görme keskinliğinde kayıp olmadığı gösterilmiştir. Hastaların damlayı kullanmaya devam etmek istedikleri ve yan etki görülmediği bildirilmiştir.²⁴ 2019 yılında aynı içerik FOV Tears adı altında 117 hastada denenmiş ve %92.3 hastada ortalama 1,8 sıra artış sağladığı saptanmıştır.²⁵

Pilokarpin ve Diklofenak

2012 yılında Benozzi ve ark. 1% pilokarpin ve 0,1% diklofenak birleşimini 100 hastanın iki gözünde, altı saatte bir, beş yıl boyunca kullanmışlar, tüm hastaların J1 gördüklerini, %1 hastanın gözde rahatsızlık hissi, %4 hastanın ise gözlük kullanmak için damla kullanımını bıraktığını bildirmişlerdir. Diklofenakin siklooksijenaz aktivitesini inhibe ederek, uveada anti-enflamatuar etki gösterdiğini, miyozisi, siliyer kas spazmını, pigment dispersiyonunu, arka sineşiyi yani parasempatik damla kullanımı ile oluşabilecek kronik enflamasyonu önlediğini yazmışlardır. Ayrıca saptadıkları yakın görmedeki artışın tamamen uyumun indüklenmesine bağlı olduğunu, küçük pupilla ile ilgili olmadığını savunmuşlardır.²⁶ Aynı nedenle FOV Tears ile birlikte sadece uyum amplitüdünü artırmaya yönelik ajanlar olarak gruplandırılabilirler.

Lens Sertliğini Azaltarak Uyum Amplitüdünü Artırmaya Yönelik Ajanlar

Yaşla birlikte uyumu sağlayan sistemin her bileşeninde değişiklikler meydana gelecektir. Kristalin lens yaşam boyunca sürekli olarak büyürken, aynı zamanda, içeriğinde değişiklikler meydana gelmeye başlar. Yeni epitel hücrelerinin eklenmesine bağlı aksiyel ve ekvatoryal kalınlıkta artış, lensin dışından içine ve kortikal bölgesinden nükleer bölgesine su difüzyonunun azalması, azalmış glutatyon içeriği ve askorbik asit yıkımı gözlenir.²⁷ Yapısındaki değişikliklerle en önemli özelliği olan esnekliği azalır. Presbiyopinin ana nedeni olan esneklik kaybı önlenemez ya da geri getirilebilirse tüm dünyayı ilgilendiren önemli bir görme sorunu çözülmüş olacaktır.

Lipoik asid kolin ester (EVO6, LACE, UNR844)

Yaşla birlikte lens proteinleri arasında oluşan disülfid bağları üzerinde etki etmektedir. Disülfidler protein çapraz bağlamasını artırır. EVO6 ile (Novartis) protein disülfidlerini azaltarak, çapraz bağlamaların azaltılması, lens elastikiyetinin artırılması ve uyumun iyileştirmesi hedeflenmektedir. Başarılı hayvan çalışmalarından sonra presbiyop hastalarda günde iki kez, üç ay boyunca plasebo kontrollü çalışma yapılmış, aktif damlayı kullananlarda düzeltilmemiş yakın görme keskinliği %53.1 artarken, kontrol grubunda artış %21,7 olarak tespit edilmiş ve damlalar kesildikten 5-7 ay sonra da aynı etkinin devam ettiği gözlenmiştir.³⁰

Pirenoksin

Ksantommatine benzeyen bir piridofenoksazin bileşiği olan pirenoksinin, senil kataraktlı hastalarda görme keskinliğinin azalmasını önlediği gösterilmiştir. Tsuneyoshi ve ark. sıçanlarda ve insanlarda pirenoksinin anti-presbiyopik aktivitesini çalışmış ve pirenoksin göz damlasının, sıçanlarda lens sertleşmesini önemli ölçüde baskıladığını bulmuşlardır.³¹ İnsanlarda, altı ay damla kullanımından sonra Nidek ARK-1s otorefraktörü (Nidek, Gamagori, Japonya) ile objektif uyumu ölçümlerinde kontrol grubunda azalma görülürken, damla damlatılan grupta hiç değişiklik olmadığı saptanmıştır.

Resveratrol, Enterococcus faecium WB2000, Lactobacillus pentosus TJ515,

Redoksle düzenlenen proteinler aracılığıyla kolaylaştırılan antioksidan tepki ve glutatyonun indirgenmiş formu, proteinin disülfid ile bağlanmasını önleme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, resveratrol ve Enterococcus faecium WB2000 kombinasyonu bir antioksidan görevi görebilir ve lensin elastikiyetini artırabilir. Nagashima ve ark. farelerde lensleri kuvvet uygulayan ölçme aleti ile baskı yaparak elastikiyetlerini ölçtüklerinde, oral resveratrol, Enterococcus faecium WB2000, Lactobacillus pentosus TJ515 kullanımının kısa ve uzun sürede lens elastikiyeti üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir.³²

Sonuç

Presbiyopinin farmakolojik tedavisi üzerine yapılan çalışmaların hemen hepsi emetrop ve düşük hipermetroplar için tasarlanmış çalışmalardır. Emetrop presbiyoplar için uyumun iyileştirme çabaları takdire değer ancak bu tedaviler lens ve/veya kornea cerrahisi geçirmiş kişilerde de kullanılabilir. Nitekim Alio daha önce kornea refraktif cerrahisi geçiren hastalarda FOV Tears uygulamış ve başarılı sonuçlar aldığını bildirmiştir.³³

Presbiyopinin farmakolojik tedavisi çok sayıda insanı ilgilendiren, non-invaziv olması, pratik olması, gözlüğe bağımlılıktan kurtarması gibi nedenlerle oldukça çekici bir tedavi yöntemidir. Henüz yeni ve çok sayıdaki ajan ve kombinasyonlar deneme aşamasındadır. Daha fazla sayıda denek sayısı ile birbirini destekleyen çalışmalar yapıldıkça hangi ajanın hangi durumda ve kime uygun olduğu konusunda daha güvenli hareket etmemiz mümkün olabilecektir.

İdeal olan presbiyopi geliştikten sonra tedavi etme yöntemine başvurmak değil, oluşmasını önlemek olurdu. Bu nedenle gelecekteki presbiyopi adaylarını azaltmak için lensin elastikiyetini korumaya yönelik tedavilere ağırlık verilmesi yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Duane A. Studies in monocular and binocular accommodation, with their clinical application. Trans Am Ophthalmol Soc. 1922;20:132-157.
2. Glasser A, Presbyopia, Editor(s): Darlene A. Dartt, Encyclopedia of the Eye, Academic Press, 2010, Pages 488-495
3. Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: effectiveness of correction strategies. Prog Retin Eye Res. 2019;68:124-143
4. Holden BA, Fricke TR, Ho SM, et al. Global vision impairment due to uncorrected presbyopia. Arch Ophthalmol. 2008;126:1731-1739.
5. Glasser A, Kaufman PL. The mechanism of accommodation in primates. Ophthalmology. 1999;106(5):863-872
6. Schachar RA. Equatorial lens growth predicts the age-related decline in accommodative amplitude that results in presbyopia and the increase in intraocular pressure that occurs with age. Int Ophthalmol Clin. 2008 Winter;48(1):1-8.
7. Alió JL, Schimchak P, Negri HP, Montés-Micó R. Crystalline lens optical dysfunction through aging. Ophthalmology. 2005;112(11):2022-2029.
8. Waring GO, Rocha KM. Characterization of the dysfunctional lens syndrome and a review of the literature. Curr Ophthalmol Rep. 2018;6:249-255
9. Montés-Micó R, Charman WN. Pharmacological Strategies for Presbyopia Correction. J Refract Surg. 2019 Dec 1;35(12):803-814.
10. Croft MA, Kaufman PL, Erickson-Lamy K, Polansky JR, Accommodation and ciliary muscle muscarinic receptors after echothiophate, IOVS, 1991;32:3288-97.
11. Karanfil FÇ, Turgut B. Update on presbyopia-correcting drops. European Ophthalmic Rev. 2017;11(02):99-102.
12. McDonald MB, Mychajlyszyn A, Mychajlyszyn D, Klyce SD. Advances in corneal surgical and pharmacological approaches to the treatment of presbyopia. Journal of Refractive Surgery. 2021 Jun 1;37(S1):S20-7
13. Abdelkader A. Improved presbyopic vision with miotics. Eye Contact Lens. 2015;41(5):323-327.
14. Abdelkader A, Kaufman HE. Clinical outcomes of combined versus separate carbachol and brimonidine drops in correcting presbyopia. Eye Vis (Lond). 2016;5;3:31.
15. Kaufman HE. Preparations and methods for ameliorating or reducing presbyopia. Patent number US 8455494 B2, filed September 6, 2012, and issued June 4, 2013
16. Clinical Trial Identifier: NCT02554396. Evaluation of the efficacy and safety of PRX-100 in the treatment of early to moderate presbyopia. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02554396>
17. Clinical Trial Identifier: NCT03201562. A single-center, double-masked evaluation of the efficacy and safety of PRX-100 in the treatment of early to moderate presbyopia. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT03201562>
18. U.S. National Library of Medicine. A multi-center, double-masked evaluation of the efficacy and safety of CSF-1 in the treatment of presbyopia. CT03885011. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT03885011>
19. ClinicalTrials.gov. Safety & efficacy of pilocarpine eye solutions for temporary improvement of near vision in presbyopic adults. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04657172>.
20. Ocuphire Pharma Nyxol® Eye Drops. Available from: <https://www.ocuphire.com/product-pipeline/nyxol>
21. ClinicalTrials.gov. Safety and efficacy of nyxol with pilocarpine eye drops in subjects with presbyopia. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04675151>
22. ClinicalTrials.gov. A Phase 3 Efficacy Study of AGN-190584 in Participants With Presbyopia. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03857542>.
23. ClinicalTrials.gov. A Safety, Efficacy and Pharmacokinetic Study of AGN-199201 and AGN-190584 in Patients With Presbyopia. Available from: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02780115>.
24. Renna A, Vejarano LF, De la Cruz E, Alió JL. Pharmacological treatment of presbyopia by novel binocularly instilled eye drops: a pilot study. Ophthalmol Ther. 2016;5(1):63-73.
25. Vargas V, Vejarano F, Alió JL. Near Vision Improvement with the Use of a New Topical Compound for Presbyopia Correction: A Prospective, Consecutive Interventional Non-Comparative Clinical Study. Ophthalmol Ther. 2019;8(1):31-39.

26. Benozzi G, Perez C, Leiro J, Facal S, Orman B. Presbyopia Treatment With Eye Drops: An Eight Year Retrospective Study. *Transl Vis Sci Technol.* 2020;9(7):25. Published 2020 Jun 23
27. Ghosh KS, Chauhan P. Crystallins and their complexes. In: Harris J, M-WJ, editors. *Subcellular biochemistry.* New York: Springer; 2019
28. Crawford KS, Garner WH, Burns W. Dioptin: a novel pharmaceutical formulation for restoration of accommodation in presbyopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55:3756.
29. Garner WH, Garner M, Crawford KS, Burns W. Dioptin eye drop to treat presbyopia: corneal penetration and ocular pharmacokinetics. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55:3766.
30. Stein JM, Robertson SM, Evans DG, et al. An observational follow-up study assessing the long-term effects of bilaterally dosed topical lipoic acid choline ester eye drops for the treatment of presbyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58:330.
31. Tsuneyoshi Y, Higuchi A, Negishi K, Tsubota K. Suppression of presbyopia progression with pirenexine eye drops: experiments on rats and non-blinded, randomized clinical trial of efficacy. *Sci Rep.* 2017;28;7:6819.
32. Nagashima H, Sasaki N, Amano S, Nakamura S, Hayano M, Tsubota K. Oral administration of resveratrol or lactic acid bacterium improves lens elasticity. *Sci Rep.* 2021 Jan 26;11(1):2174. doi: 10.1038/s41598-021-81748-w. PMID: 33500490; PMCID: PMC7838312.

PRESBİYOPİDE MONOVİZYON TEDAVİSİ

Dr. Emrullah TAŞINDI, Dr. Serdar ÖZATEŞ
Okan Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İstanbul

Giriş

Presbiyopi, gözün akomodasyon yeteneğinin azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan bir kırma kusurudur. Presbiyopi yaşa bağlıdır ve genellikle 40 - 45 yaş arasında bulgu vermeye başlar. Presbiyopik kırma kusuru + değerli mercekler ile düzeltilebileceği gibi bu konuda geliştirilmiş birçok cerrahi olan ve cerrahi olmayan yöntem de mevcuttur.

Monovizyon, yakın görme kusurunu düzeltmek için geliştirilmiş bir optik düzeltme dizaynıdır. Monovizyonun temel amacı hem uzakta hem de yakında net bir görüş sağlamaktır. Bu amaçla bir gözün optik düzeltilmesi uzağı net görecektir şekilde ayarlanırken diğer gözün optik düzeltilmesi yakını görecektir şekilde ayarlanır. Monovizyon ile yapılan optik düzeltme nöroadaptasyon mekanizmalarının da yardımıyla görsel fonksiyon artışı sunar. Monovizyon fikri ortaya çıktığından beri gözlük, kontakt lens ve refraktif cerrahi gibi birçok enstrüman ile monovizyon denenmiştir. Ayrıca uygulanan monovizyon teknikleri de hastaların ihtiyaçlarına göre farklılık göstermiştir. Geleneksel monovizyonda baskın olmayan gözde - 2.50 dioptri ve daha fazla refraksiyon değeri hedeflenirken, mini-monovizyon gibi modifiye yöntemlerde gözler arası refraksiyon farkı -0.75 ile -1.75 dioptri arası olarak hedeflenir. Mini-monovizyon gibi modifiye tekniklerle hastaların net gördüğü alan artırılırken kontrast duyarlılığı, derinlik algısı ve binoküler görme fonksiyonunun bozulmaması hedeflenir.

Hasta Seçimi

Presbiyopinin monovizyon ile düzeltilmesinde hastanın motivasyonu, beklentisi ve uyumu çok önemlidir. Monovizyon ile presbiyopi tedavisinin başarısının temelinde uygun hasta seçimi yatmaktadır. Hastanın yaşı, cinsiyeti, sistemik hastalıkları ve göz hastalıkları gibi kişisel faktörlerin yanında hastanın günlük yaşamdaki rutinleri ve mesleği gibi sosyal faktörler de dikkatlice değerlendirilmelidir. Derinlik algısı ve kontrast hassasiyeti gerektiren ya da binoküler tam görmenin gerekli olduğu meslek dallarında monovizyon uygun bir tercih olmayabilir. Monovizyon için cerrahi bir yöntem tercih edilecekse, cerrahi öncesinde hastanın kontakt lens ile monovizyonu deneyimlemesi hastanın tercihlerinde net olmasını kolaylaştırabilir.

Kontakt Lens ile Monovizyon

Kontakt lens ile monovizyonda baskın olan gözde refraktif düzeltme uzak görmenin en iyi olduğu refraksiyon değerine göre yapılır. Baskın olmayan gözde de yakın görmenin en iyi olduğu refraksiyon değerine göre refraktif düzeltme yapılır. Yakın görme eklentisi az olan presbiyop hastaların hem uzak hem de yakın görme keskinlikleri tatmin edicidir. Kontakt lens ile monovizyon yapılan hastaların anizometriye bağlı oluşan bulanıklık şikayetleri azdır.¹ Kontakt lens ile monovizyon sonrası hastaların uzak ve yakın görme performanslarından memnuniyeti %70 - %95 arasında bildirilmiştir.^{2,3} Kontakt lens kullanım hikayesi olan hastalar, kontakt lens ile monovizyona çok daha iyi uyum sağlayabilirler.

Korneal Cerrahi ile Monovizyon

Gelişen refraktif cerrahi teknolojisi ile monovizyon için yapılan cerrahi girişimler de çeşitlilik kazanmıştır. Cerrahi işlemlerin bir kısmı kornea kırıcılığı ve asferitesini değiştirerek yakın görme keskinliğini artırırken bir kısmı da net alan derinliğini artırarak yakın görme keskinliğini arttırmaktadır.

KAMRA (AcuFocus, Inc., Irvine, California, USA), korneal stroma içerisine yerleştirilen ve pinhole prensibi ile çalışan halka şeklinde bir korneal implanttır. Baskın olmayan göze implante edilerek monoküler yakın görme keskinliğinde artış elde edilir. Merkezindeki açıklık uzak görüşü engellemeden net alan derinliğini artırarak yakın görme keskinliğini artırır. Santral kornea kalınlığına ve kornea endoteline bir etkisinin olmamasının yanında istenildiği zaman implantın korneadan çıkarılabilmesi diğer bir avantajıdır. Benzer şekilde korneal stroma içerisine yerleştirilerek korneanın kırıcı gücünü arttıran korneal implantlar da tasarlanmış fakat çeşitli sebeplerle kullanımdan kaldırılmıştır.

Fotorefraktif keratektomi, laser in situ keratomileusis (LASIK) ve small incision lenticule extraction (SMILE) cerrahisi de monovizyon amacıyla kullanılmaktadır. Baskın gözün refraktif düzeltilmesi uzak görme için planlanırken, baskın olmayan gözün refraktif düzeltilmesi yakını net görecektir şekilde planlanır. Refraktif cerrahi ile indüklenen sferik aberasyon da monovizyon kalitesini arttırmak için kullanılmaktadır. Pozitif sferik aberasyon değerlerinin orta mesafede daha iyi bir görüş sağlarken negatif sferik aberasyon yakın görmeye daha iyi sonuçlar vermektedir.⁴ Modifiye edilmiş monovizyon tekniklerinde korneal sferik aberasyonun kontrolü ile net alan derinliği artırılarak yakın görme keskinliğine katkı sağlanabilir.^{4, 5} SMILE cerrahisinin korneal asferisite üzerindeki etkisinin az olması net alan derinliğinin daha az olmasına

ve yakın görme problemlerine sebep olabilir.⁶ LASİK ve SMILE cerrahisi ile monovizyon sonrası hasta memnuniyeti %92- %97'yi bulmaktadır.^{6, 7}

Presbiyond laser (Carl Zeiss Meditec GmbH) tekniği ile gözlerdeki sferik aberasyon değiştirilerek geleneksel monovizyon yöntemine göre daha geniş ve devamlı bir net alan derinliği sağlanabilir.⁸ Presbiyond laser tekniği ile her iki gözün de orta mesafe görme kalitesinde artış sonucunda hastalar daha iyi binoküler görmeye sahip olurlar.⁸ Presbiyond laser sonrası kontrast ve derinlik algısı kaybı konvansiyonel monovizyon tekniklerine göre daha azdır.⁸ Presbiyond laser ile hasta memnuniyeti %95'e varan oranlarda bildirilmiştir.⁸

Göz İçi Mercek İmplantasyonu ile Monovizyon

Presbiyopi, göz içi mercek implantasyonu ile düzeltilebildiği bilinen bir kırma kusurudur. Gelişen göz içi mercek teknolojisi sayesinde birden fazla odak noktasına sahip göz içi mercekler ile presbiyopi tedavisinde tatmin edici sonuçlar alınmaktadır. Ancak çok odaklı mercek kullanımının uygun olmadığı hasta grubunda presbiyopi tedavisinde monovizyon halen etkin ve tercih edilen bir yöntemdir. Göz içi merceğinin kırıcılık gücü baskın gözde emetrop olacak şekilde ve baskın olmayan gözde miyop olacak şekilde hesaplanır. Monovizyon için göz içi mercek hesaplamaları yapılırken korneal astigmat da göz önünde bulundurulmalı ve göz içi mercek seçimi de buna göre yapılmalıdır. Ayrıca net alan derinliği arttırılmış göz içi mercek seçimleri uzak ve yakın mesafede net görüşün yanında orta mesafe görüşe de katkı sunabilir.⁹ Göz içi mercek implantasyonu ile monovizyon yapılan hastalarda memnuniyet oranı %64-%94 arasında bulunmuştur.¹⁰

Monovizyonun Kısıtlılıkları

Monovizyon ile uzak ve yakın mesafede elde edilen başarı orta mesafede elde edilemeyebilir. Bu durum +2.0 diyoptri yakın eklenti değerine kadar tolere edilebilse bile artan eklenti ile orta mesafe netliği daha da bozulur. Ayrıca artan eklenti ile binoküler görme keskinliğinde azalma olur.¹¹ Monovizyonda yakın görme eklentisi arttıkça kontrast ve derinlik algısının kaybı da belirgin hale gelmektedir.¹² Monovizyon sonrası gözler arasındaki refraktif farklılıktan kaynaklanan hayalet görüntü oluşumu ve gece araç kullanmada zorluk da bildirilmiştir.¹³ Monovizyonun kısıtlılıklarına bağlı olarak hastaların mesleki faaliyetlerini yerine getirememesinin ya da kusurlu olarak yerine getirmesinin medikolegal sorunlara yol açabileceği unutulmamalıdır.

Sonuç

Monovizyon, presbiyopi tedavisinde hem cerrahi olan hem de cerrahi olmayan yöntemlerle uygulanan etkin bir tedavi şeklidir. Uygun hasta seçimi ve uygun monovizyon tekniğinin seçimi monovizyonda klinik başarının ve hasta memnuniyetinin temelini oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Johannsdottir KR, Stelmach L. Monovision: a review of the scientific literature. *Optom Vis Sci.* 2001;78: 646-651.
2. Durrie DS. The effect of different monovision contact lens powers on the visual function of emmetropic presbyopic patients. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2006;104: 366-401.
3. Zeri F, Naroo SA, Zoccolotti P, De Luca M. Pattern of reading eye movements during monovision contact lens wear in presbyopes. *Sci Rep.* 2018;8: 15574.
4. Zheleznyak L, Sabesan R, Oh J-S, MacRae S, Yoon G. Modified monovision with spherical aberration to improve presbyopic through-focus visual performance. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:3157-3165.
5. Courtin R, Saad A, Grise-Dulac A, Guilbert E, Gatineau D. Changes to Corneal Aberrations and Vision After Monovision in Patients With Hyperopia After Using a Customized Aspheric Ablation Profile to Increase Corneal Asphericity (Q-factor). *J Refract Surg.* 2016;32:734-741.
6. Luft N, Siedlecki J, Sekundo W, Wertheimer C, Kreutzer TC, Mayer WJ, Priglinger SG, Dirisamer M. Small incision lenticule extraction (SMILE) monovision for presbyopia correction. *Eur J Ophthalmol* 2018;28: 287-293.
7. Reilly CD, Lee WB, Alvarenga L, Caspar J, Garcia-Ferrer F, Mannis MJ. Surgical monovision and monovision reversal in LASIK. *Cornea* 2006;25:136-138.
8. Ganesh S, Brar S, Gautam M, Sriprakash K. Visual and refractive outcomes following laser blended vision using non-linear aspheric micro-monovision. *J Refract Surg.* 2020;36:300-307.
9. Sevik MO, Akkaya Turhan SToker E. Clinical outcomes with a low add multifocal and an extended depth of focus intraocular lenses both implanted with mini-monovision. *Eye.* 2021 Epub. DOI: 10.1038/s41433-021-01600-3.
10. Ito M, Shimizu K, Amano R, Handa T. Assessment of visual performance in pseudophakic monovision. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35:710-714.
11. Richdale K, Mitchell GLZadnik K. Comparison of multifocal and monovision soft contact lens corrections in patients with low-astigmatic presbyopia. *Optom Vis Sci.* 2006;83: 266-273.
12. Xiao J, Jiang CZhang M. Pseudophakic monovision is an important surgical approach to being spectacle-free. *Indian J Ophthalmol.* 2011;59:481-485.
13. Evans BJ. Monovision: a review. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007;27:417-439.

REFRAKTİF CERRAHİ ÖNCESİ HASTA SEÇİMİ VE HAZIRLIK

Dr. Leyla ASENSA

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

Giriş

Refraktif cerrahide uygun hasta seçimi ve cerrahi öncesi dikkatli bir hazırlık, başarılı bir sonuç için fazlasıyla önem taşımaktadır. Bunun için her adaya detaylı bir sistemik değerlendirme ve oküler muayene uygulanmalıdır. Bunun yanında çeşitli sistemik ve oküler hastalıklar açısından detaylı bir öz ve soy geçmiş alınmalı, refraksiyon stabilitesinin süresi, hastanın işi ve sosyal çevresinin özellikleri değerlendirilmelidir. Kaliteli bir kornea tomografisi preoperatif değerlendirme için gereklidir. Buna bakarak, korneanın nitelik ve nicelik bakımından korneal bir refraktif cerrahi için gerekli özellikleri taşıyıp taşımadığı belirlenir. Bu bölümde hastanın cerrahiye uygunluk açısından sahip olması gereken sistemik ve oküler özelliklerden bahsedilecek ve kornea tomografisi değerlendirilirken nelere dikkat edilmesi gerektiği üzerinde durulacaktır.

Refraktif Cerrahide Hasta Seçimi

Refraktif cerrahi, 18 yaş üzerinde ve refraksiyonu son 1-2 yıldır stabil seyreden hastalarda uygulanabilir. Hastanın refraksiyonu son bir yılda 0.50 diyoptri veya daha az değişim gösterdiyse, stabil olarak kabul edilir. Kırk yaşın üzerindeki hastalarda monovizyon seçeneği gündeme gelir ve hastalar bu konuda bilgilendirilmelidir. Uygunluk için değerlendirilecek ve kontakt lens kullanan hastaların sferik yumuşak kontakt lenslerini en az 1 hafta boyunca, torik yumuşak kontakt lenslerini 2 hafta boyunca ve sert gaz geçirgen kontakt lenslerini 3 hafta boyunca kullanmadan muayeneye gelmeleri önerilir. Farklı laser platformları farklı derecelerde düzeltme sınırlarına sahip olsa da genel olarak miyopide -10 diyoptri, hipermetropi ve astigmatizmada 4 diyoptriye kadar düzeltme yapılabilir.¹ Daha yüksek derecelerde düzeltme uygulandığında ektazi, haze ve refraktif sürprizlerin meydana gelme olasılığı artmaktadır.

Cerrahi öncesi hasta beklentilerinin değerlendirilmesi ve iyi yönlendirilmesi önem taşımaktadır. Gözlük veya kontakt lenslere göre daha iyi bir görüş beklentisi olan veya aşırı mükemmeliyetçi kişiliğe sahip adaylar refraktif cerrahi için uygun olmayabilir. Kırk ile elli yaş arasında, presbiyopinin başlamış olduğu hastalarda, cerrahi sonrası yakın gözlük ihtiyacı olacağı anlatılmalı ve uygun hastalarda monovizyon seçeneği hakkında bilgi verilmelidir. Monovizyon için kontakt lens denemesi ile hastaların fikir sahibi olması sağlanabilir.

Refraktif Cerrahi ve Sistemik Hastalıklar

Diyabet, otoimmün hastalıklar, kollajen vasküler hastalıklar, tiroid hastalığı, yara yeri iyileşmesi sorunları gibi sistemik hastalıklar ve gebelik, emzirme gibi durumlarda refraktif cerrahi kararı dikkatle değerlendirilmelidir.²

İyi kontrol edilemeyen diyabet, refraktif stabiliteyi etkileyebileceği gibi cerrahi sonrası yara iyileşmesi sorunları, persistan epitel defekti, nörotrofik keratit ve enfeksiyöz keratit riskini arttırabilir. Diyabet hastalığında eksik veya fazla düzeltme ile epitelyal içe yürüme gibi komplikasyonların sıklığında artış bildirilirken, iyi kontrol edilen diyabette komplikasyon oranlarının artmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur. Kan şekeri kontrolü iyi olmayan, HbA1c düzeyi 7.5'in üzerinde olan ve diyabetik retinopatisi veya kornea sensitivitesinde azalma olan hastalarda refraktif korneal cerrahiler önerilmemektedir.³

Otoimmün kollajen vasküler hastalıklar, Sjögren sendromu ve tiroid hastalığının göz tutulumunda cerrahi sonrası kornea erimesi, düzensiz iyileşme, oküler yüzey problemleri ve ciddi kuru göz meydana gelebilir. Bu nedenle, özellikle iyi kontrol edilemeyen hastalık varlığında refraktif cerrahiden kaçınılmalıdır. Bu hastalarda fotorefraktif keratektominin uygulanmaması konusunda fikir birliği olsa da, hafif ve iyi kontrol edilebilen otoimmün hastalıklarda Laser-Assisted in Situ Keratomileusis (LASIK) uygulanabileceğini savunan yayınlar da mevcuttur.⁴ Böyle bir durumda cerrahi kararı hasta bazında verilmelidir. Ciltte keloid oluşum hikayesi varlığında dikkatli olunması gerekse de komplikasyona yol açmadığını bildiren yayınlar mevcuttur. Bu nedenle kesin bir kontraendikasyon oluşturmaz ancak bu hastalarda Fotorefraktif Keratektomi (PRK) yerine LASIK daha çok tercih edilir.⁵

Gebelik ve emzirme döneminde meydana gelen hormonal değişiklikler nedeniyle refraksiyon stabil olmayabileceğinden, kornea eğiminde ve gözyaşı film tabakasında değişiklikler meydana gelebileceğinden, bu dönemde refraktif cerrahi uygulanması önerilmemektedir. Aynı zamanda topikal uygulanacak ilaçlara intrauterin maruziyeti önlemek açısından da refraktif cerrahiye ertelemek uygun olacaktır. Gebelik ve laktasyon döneminden sonra cerrahi için 6 ay kadar beklenmesi uygun olacaktır.^{1,5}

Son olarak, sistemik ilaç kullanımı preoperatif olarak mutlaka sorgulanmalıdır. İzotretinoin, antihistaminikler, sumatriptan ve amiodoron gibi birçok ilaç postoperatif yara iyileşmesi üzerine etki edebilir. İzotretinoin tedavisi sonrası en erken 6 ay sonra refraktif cerrahi planlanabilir.¹

Refraktif Cerrahi ve Oftalmik Hastalıklar

Bazı oküler hastalıklar veya geçirilmiş oküler cerrahiler refraktif cerrahi uygulanmasına engel oluşturabilir. Preoperatif kuru göz varlığı, postoperatif dönemde meydana gelebilecek kuru göz şikayetlerini arttırabileceği gibi preoperatif ölçümlerin güvenilirliğini düşürür. Kuru göz, tedaviye cevap veriyorsa ve altta yatan ciddi bir sistemik hastalığa ikincil değilse, uygun tedavi sonrası refraktif cerrahi uygulanabilir. Preoperatif olarak prezervansız suni gözyaşı, topikal siklosporin ve punktum tıkaçları uygulanması faydalı olacaktır. Geçirilmiş herpetik keratit hikayesi olan hastalarda reaktivasyon olasılığı mevcuttur. Ancak, en az 1 yıldır inaktif olan, oral ve topikal antiviral profilaksi ile laser LASİK uygulanan hastalarda reaktivasyonun nadir olduğu bildirilmiştir.⁶

Glokom, refraktif cerrahi hastalarında farklı problemleri beraberinde getirmektedir. Çok iyi kontrollü ve optik sinir hasarı olmayan seçilmiş hastalarda refraktif cerrahi uygulanabilse de glokom hastalarında eşlik eden oküler yüzey problemleri olması ve refraktif cerrahi sonrası kornea biyomekaniğindeki değişikliklerin glokom takibini güçleştirmesi nedeniyle dikkatli olunmalıdır. LASİK flep oluşum aşamasındaki geçici basınç artışı nedeniyle glokom hastalarında optik sinir hasarı meydana geldiğini bildiren vaka bildirimleri mevcut olduğundan, bu hastalarda yüzey ablasyon cerrahisi daha çok tercih edilir.⁷ Refraktif cerrahi sonrası kullanılacak topikal steroidlerin de göz içi basıncını arttırabileceği akılda tutulmalıdır.

Ön kornea distrofilerinde ekzimer laser uygulanması depozitlerin miktarını arttıracağından önerilmemektedir. Epitelyal bazal membran distrofisinde LASİK uygun olmasa da yüzey ablasyonu ile hem refraktif düzeltme hem de rekürren erozyonların sıklığının azaltılması sağlanabilir. Endotelyal distrofiler kornea kalınlığını ve yara iyileşme özelliklerini etkileyebileceğinden refraktif cerrahi için kontraendikedir.⁷ Korneanın ektatik hastalıkları refraktif cerrahi öncesi mutlaka dışlanmalıdır. Bu hastalar yüksek kırma kusuru ve optik düzeltmeye rağmen yetersiz görme keskinliği nedeniyle sıklıkla refraktif cerrahi kliniklerine başvurmaktadır. Postoperatif ektazi gelişimini önlemek açısından subklinik ektaziler dikkatli bir değerlendirme ile belirlenmeli ve bu hastalarda kişiye özel girişimler planlanmalıdır. Son olarak, katarakt başlangıcı, görmeyi etkileyen retina hastalığı, üveiti, latent kayması olan ve monoküler görme yetisine sahip olan hastalarda da refraktif cerrahiden kaçınılmalıdır.^{1,8} Tablo 1’de refraktif cerrahi için kesin ve relatif kontraendikasyonlar listelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Refraktif cerrahi için kesin ve relatif kontraendikasyonlar.

Kesin kontraendikasyonlar	Relatif kontraendikasyonlar
Stabil olmayan refraksiyon	Hafif kuru göz
Ağır kuru göz, nörotrofik keratit, ekspojur	Geçirilmiş herpes keratiti
Korneal ektazi, düzensiz astigmatizma	Korneal distrofi
Üveit, kontrolsüz glokom, katarakt	Otoimmün hastalıklar
Diyabetik retinopati, progresif retinal hastalıklar	Kontrollü diyabet
Gerçekçi olmayan hasta beklentileri	Keloid
Gerekli ablasyon için yetersiz kornea kalınlığı	Gebelik ve laktasyon
Yara iyileşmesini etkileyen sistemik ilaç kullanımı	İmmüsupresyon

Preoperatif Hazırlık

Tüm adaylar detaylı bir oftalmolojik muayene ve tanısal testlere tabi tutulmalıdır. Detaylı öz ve soy geçmiş alındıktan sonra düzeltilmemiş ve en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, manifest ve sikloplejik refraksiyon, tonometri, ön segment ve dilate fundus muayeneleri yapılmalıdır. Gözyaşı filmi ve pupil çapı değerlendirilmelidir. Gözyaşı filminin kalitesi; gözyaşı kırılma zamanı, yüzey boyanması, Schirmer testleri ile değerlendirilmelidir. Büyük pupil boyutunda cerrahi sonrası gece görüşünde parlama ve hale daha fazla olabileceğinden, topografi cihazları ile mezopik koşullar altında alınan değerlerin 6mm’nin üzerinde olmamasına dikkat edilmelidir. İyi kalitede bir korneal topografi/tomografi çekimi elde edilmeli ve korneanın nitelik ve nicelik bakımından refraktif cerrahi için uygun olup olmadığına karar verilmelidir. Kontakt lens kullanan hastalarda, tomografi çekiminden önce uygun sürede lens kullanımının bırakılmış olmasına dikkat edilmelidir. Kuru göz hastalarında uygun tedavi sonrası tomografi tekrarlanmalıdır.

Kornea topografisi incelenirken dikkat edilecek diğer bir nokta, refraktif cerrahi sonrası meydana gelecek eğim ve kalınlık değişiklikleridir. Miyopik düzeltmede, her 1D için düz K değerinde 0.80D'lik bir düzleştirme olacağı hesaplanarak, sonuç keratometrik değer 35D'in altına inmemesine dikkat edilmelidir. Hipermetropik düzeltmede ise her 1D için dik K değerinde 1.00D'lik dikleşme olacağı dikkate alınarak, hedef keratometrik değer 49D'nin altında kalması hedeflenmelidir.¹⁰

Uyulanacak ablasyon miktarı ve kornea kalınlığı dikkate alınarak rezidüel stromal yatak (RSB) kalınlığı hesaplanmalıdır. Lameller ablasyonda, optik zon çapına göre değişmekle birlikte, genel olarak -1D sferik düzeltmede 15 mikronluk bir doku ablasyonu meydana geleceği kabul edilebilir. Flep kalınlığı da hesaba katılarak, en az 300 mikron RSB bırakılması hedeflenmelidir. Yüzey ablasyonunda ise, postoperatif haze oluşumuna engel olmak için, en fazla 80-90 µm ablasyon derinliği önerilir. Epitel de dahil en az 400 µm RSB bırakılmalıdır.¹⁰ Bu hesaplamalara ek olarak Değişen Doku Yüzdesi (Percent Tissue Altered (PTA)) indeksi de, ameliyat sonrası ektazi riskini değerlendirmek için güvenilir yöntem bir yöntem olarak bilinmektedir. Flep kalınlığı, ablasyon derinliği ve merkezi kornea kalınlığı esas alınarak hesaplanır ve %40'ın üzerinde olması ektazi gelişimi ile ilişkilidir.¹¹

2008 yılında Randleman ve ark. tarafından topografik patern, rezidüel stromal yatak kalınlığı, yaş, merkezi kornea kalınlığı ve preoperatif refraksiyon parametrelerinden oluşan bir "Ektazi Risk Faktörü Puan Sistemi (Ectasia Risk Factor Score System)" oluşturulmuştur (Tablo 2). Buna göre; 2 ve daha az puan ektazi için düşük risk, 3 puan orta derece risk, 4 ve üzeri puan ise yüksek risk anlamına gelmektedir.¹² Yüksek riskli hastalarda refraktif cerrahi uygulanmamalıdır.

Tablo 2. Randleman ve ark.¹² tarafından oluşturulmuş olan "Ektazi Risk Faktörü Puan Sistemi (Ectasia Risk Factor Score System).
0-2 puan düşük risk; 3 puan orta risk; ≥ 4 puan yüksek risk; >10 puan kontraendike.

	4	3	2	1	0
Topografi Paterni	Forme fruste kc	Alt kadranda dikleşme	-	Anormal topografi	Normal
Rezidüel Stromal Yatak(µm)	<240	240-259	260-279	280-299	>300
Yaş	-	18-21	22-25	26-29	>30
Kornea kalınlığı (µm)	<450	451-480	481-510	-	>510
Manifest refraksiyon sferik eşdeğeri	>-14	-12 ile -14 arası	-10 ile -12 arası	-8 ile -10 arası	<-8

Uygun Cerrahi Yöntemin Seçilmesi

Hangi prosedürün hangi hasta için en uygun olacağı konusunda keskin sınırlar olmasa da cerrahın tecrübesi ışığında ve hastanın sistemik değerlendirme ve oftalmolojik muayenesi sonucunda her hasta için hangi yöntemin uygun olacağına karar verilmelidir.^{9,13} Farklı refraktif cerrahi prosedürlerin hangi durumlarda birbirine tercih edilebilecekleri Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Farklı refraktif cerrahi yöntemlerinin birbiri ile karşılaştırılması. (LASIK: Laser-Assisted in Situ Keratomileusis; PRK: Fotorefraktif Keratektomi; SMILE: Small Incision Lenticular Extraction)

LASIK	PRK	SMILE
Kısa süreli hasta rahatsızlığı, hızlı görsel iyileşme, minimum yara iyileşmesi.	Daha fazla rezidüel stromal doku korunur Flep ile ilişkili komplikasyonlar yok.	Hipermetropide kullanılamaz.
Hipermetropi ve astigmatizma düzeltilmesinde de güvenli ve etkili.	Uzun re-epitelizasyon süresi, subepitelyal bulanıklığın potansiyel gelişimi nedeniyle daha fazla rahatsızlık ve daha yavaş görme iyileşmesi.	Siklotorsiyon kompenzasyon sistemi yok. Yüksek astigmatta uygun değil.
Ağır kuru gözde yüzey ablasyonu veya SMILE tercih edilebilir.	Tahmini RSB kalınlığının 300 µm'dan az olması, merkezi kornea kalınlığının 500 µm'dan az olması durumunda LASIK yerine tercih edilir.	Özelleştirilmiş tedavi profili seçeneği yok. Yüksek sıralı aberasyonu olan gözlerde uygun değil.
Zayıf epitelyal yapışma, epitelyal bazal membran distrofisi veya tekrarlayan erozyon sendromunda yüzey ablasyonu. Mesleki ve sosyal aktiviteler nedeniyle kornea travması riski olan olgularda yüzey ablasyonu.	Mekanik mikrokeratom ve femtosaniye lazer için vakum halkası uygulamasını etkileyebilecek orbita, kapak veya oküler anatomik özelliklerin varlığında tercih edilir.	Periferik korneada daha fazla refraktif güç düzeltme etkinliği avantajı ile LASIK'e göre daha yüksek miyopisi (-12 D'ye kadar) olan hastalarda endike. Daha az kuru göz ve daha iyi kornea biyomekaniği.

Sonuç

Refraktif cerrahideki gelişmeler ve popülerliğindeki artış sonucunda, bu konuda bilgi sahibi olmak ve gözünün uygunluk durumunu öğrenmek isteyen hastalar ile tüm klinik pratiklerde sıklıkla karşılaşmaktadır. Bu hastaların eksiksiz değerlendirilmesi ve bilgilendirilebilmesi için preoperatif değerlendirme yöntemlerine aşina olunması bir gereklilik haline gelmiştir. Cerrahiye engel teşkil edecek sistemik ve oküler hastalıkların önceden bilinmesi ve cerrahiye uygun olmayan korneaların tomografi ile belirlenerek bu hastalarda farklı refraktif çözümlerin önerilmesi, üzücü komplikasyonların engellenmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Young JA, Kornmehl EW. Preoperative evaluation for refractive surgery. In: Yanoff M, Duker JS, Augsburger JJ, eds. *Ophthalmology*. 3rd ed. Edinburgh, Scotland: Mosby Elsevier; 2009:118-121.
2. Rubinfeld RS, Trattler WB, Talamo J, Majmudar P, Lindstrom RL. Screening of refractive surgery candidates for LASIK and PRK. *Cornea*. 2015;34(5):e13-e14.
3. Simpson RG, Moshirfar M, Edmonds JN, Christiansen SM. Laser in-situ keratomileusis in patients with diabetes mellitus: a review of the literature. *Clin Ophthalmol*. 2012;6:1665-1674.
4. Chen TY, Chu DS. Refractive surgery for the patient with autoimmune diseases. *Curr Opin Ophthalmol*. 2020;31(4):247-252.
5. Bower KS, Woreta F. Update on contraindications for laser-assisted in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Curr Opin Ophthalmol*. 2014;25(4):251-257.
6. de Rojas Silva V, Rodríguez-Conde R, Cobo Soriano R, Beltrán J, Ilovet F, Baviera J. Laser in situ keratomileusis in patients with a history of ocular herpes. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33(11):1855-9.
7. Kozobolis V, Konstantinidis A, Sideroudi H, Labiris G. The Effect of Corneal Refractive Surgery on Glaucoma. *J Ophthalmol*. 2017;2017:8914623.
8. Sutton G, Lawless M, Hodge C. Laser in situ keratomileusis in 2012: a review. *Clin Exp Optom*. 2014 Jan;97(1):18-29.
9. Sezgin Asena B. Refraktif cerrahide hasta değerlendirilmesi. Taşındı E, editör. *Refraktif Cerrahide Güncel Konular*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.13-21.
10. American Association of Ophthalmology. Photoablation: Techniques and Outcomes. *Basic and Clinical Science Course-Refractive Surgery*. San Francisco; p.65-91.
11. Ong HS, Farook M, Tan BBC, Williams GP, Santhiago MR, Mehta JS. Corneal ectasia risk and percentage tissue altered in myopic patients presenting for refractive surgery. *Clin Ophthalmol*. 2019;13:2003-15.
12. Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, et al. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology*. 2008;115:37-50.
13. Wilkinson JM, Cozine EW, Kahn AR. Refractive eye surgery: Helping patients make informed decisions about LASIK. *Am Fam Physician*. 2017;95(10):637-44.

KORNEA TOPOGRAFİSİ CİHAZLARINA GENEL BAKIŞ

Dr. Mehmet Cüneyt ÖZMEN, Dr. Betül Seher UYSAL
Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Giriş

Korneanın kırma gücünün ve kalınlığının doğru ve tekrarlanabilir ölçümü; kornea hastalıklarının tanı ve takibinde; ön segment cerrahilerinden önce değerlendirme aşamasında ve sonrasında takipte; özellikle refraktif cerrahi planlamasında önem taşımaktadır.¹ Korneanın topografik analizi Placido disk topografisi, tarayıcı kesit (scanning-slit) topografi, scheimpflug görüntüleme ve optik koherens tomografi (OKT) dahil olmak üzere çeşitli teknolojileri kullanan cihazlardan yararlanılmaktadır. Topografik verilerin alındığı cihazın çekim tekniklerinin ve kullandığı teknolojinin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi, çıktıların analizinin yapılması sırasında önem arz etmektedir. Bu bölümde, farklı teknolojilere sahip topografi cihazlarının çekim dinamiklerinden, avantajlarından ve dezavantajlarından bahsedilecektir. Güncel topografi ve tomografi cihazları, genel özellikleri ile **Tablo 1**'de verilmiştir.

Topografinin temelleri ve Placido topografi

Topografi kelime olarak topo (yer) ve grafi (yazım) kelimelerinden oluşmaktadır. Kornea topografisi, korneanın yüzeyinin şeklinin değerlendirilmesi ve sayısal hale getirilmesidir. Korneanın değerlendirilmesinin başlangıcı 17. yüzyıla uzanmaktadır. António Plácido da Costa tarafından taşınabilir bir cihazın kornea şeklini tanımlamak için kullanılabileceği 1830 yılında bildirilmiştir.^{2,3} Böylece korneanın topografik analizi sadece ön yüzey analizi ile başlamıştır. Bu cihaz günümüzde kullandığımız Placido temelli kornea topografi cihazlarının temelidir ve siyah beyaz halkalardan oluşmaktadır.

Günümüzde, topografi cihazlarının çoğu Placido disk ve videokeratoskopi ile bu görüntünün işlenmesi temeline dayanır. Placido halkalar birbirine yakın ise kornea yüzeyinin dik olduğu birbirinden uzak ise yüzeyin daha düz olduğu anlaşılır (**Şekil 1**). Bu durum matematiksel olarak renk kodların aktarılmasıyla bir topografik harita çıktısı oluşturulur (**Şekil 2**).

Modern cihazlarda Placido halkalar büyük bir kon içerisinde veya göz küresi büyüklüğüne yakın küçük bir kon içerisinde yansıtılmaktadır. Küçük kon cihazların çalışma mesafesi kısadır ve derin yerleşimli glob durumunda uygun görüntü alamayabilir. Ancak hastanın burnuna bağlı defektlerin gelişmemesi ve büyük kona göre daha fazla veri elde etmesi bir avantajdır (Örn: Keratron, **Şekil 3**). Büyük kona sahip topografi cihazları glob yerleşiminden etkilenmezken hastanın burnu nedeniyle Placido halkaların kornea üzerine düşmesi engellenebilir. Bunun önüne geçmenin yolu hastanın başının hafifçe çekim yapılacak gözün tersine döndürülmesidir.

Placido temelli topografi cihazları anında görüntü sağlasa da santralizasyon bozukluğuna bağlı eğri ışın hatası, kornea apeksinden veri alınamaması ve ani yükseklik değişikliği olan kornea bölgelerinde doğruluğu düşük veri elde edilmesi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır.⁴⁻⁷ Placido temelli topografi cihazları aberometri ile de kombine edilmiştir. Bu sayede topografi, wavefront harita ile ilişkilendirilerek korneanın aberasyonları gözün toplam aberasyonlarından çıkartılabilmektedir (OPD III, Nidek, Japonya, **Şekil 4**).

Placido disk dışı görüntülerin korneaya yansıtılması ile farklı teknolojiler ile de kornea yüzeyinin topografik görüntüleri elde edilebilmektedir. Korneaya noktasal bir ızgara yansıtılarak ölçümleri gerçekleştiren PAR-CTS ticari hale geçememiştir.⁸ Renkli LED yansıtılarak gerçekleştirilen kornea topografisi günümüzde Cassini (i-Optics, Hollanda) adıyla kullanılmaktadır. Astigmatik ölçümleri Pentacam (Oculus, Almanya, **Şekil 5**) ve Keratron (Optikon, İtalya, **Şekil 3**) ile benzer olsa da tekrarlanabilirliği daha düşük bulunmuştur.³ Topografi cihazları korneanın arka yüzeyi ve kalınlığı ile ilgili bilgi vermemektedirler. Oysa birçok ektatik kornea hastalığında erken dönemde değişiklikler korneanın arka yüzeyinde başlamaktadır.⁹ Yeni nesil cihazlar ile bu dezavantajlar büyük oranda ortadan kaldırılarak korneanın hem ön hem arka yüzeyinin değerlendirilmesi mümkün olmuştur.^{10,11} Kesitsel anatomiye de inceleyebilen cihazlar bu nedenle "tomografi" cihazları olarak tanımlanmaktadır.

Kornea tomografisi

Tomografi latince tomo (kesit) ve grafi (yazım) kelimelerinden oluşmaktadır. Kornea için geliştirilen tomografi cihazları korneanın kesitsel anatomisini değerlendirebilmektedir. Bu sayede tekrarlanabilir ve doğru bir şekilde korneanın hem ön hem de arka yüzeyi değerlendirilerek sayısal analiz yapılabilir. Tarayıcı kesit, Scheimpflug görüntüleme, OKT temelli teknolojiler içeren cihazlar ile kesitsel analiz yaparak korneanın topografik ve tomografik değerlendirmesi yapılabilir. Klasik bilgisayarlı tomografide

kullanılan X-ışınının aksine kornea tomografisi cihazlarında kullanılan ışınların dalga boyları dokulara zararlı değildir (**Tablo1**).

Bu cihazlar ön ve arka kornea yüzeyinin analizi ayrı ayrı yaparak, keratometri haritasının yanı sıra, korneanın yapısına en iyi uyan bir küreye göre ön ve arka yüzeyin yükseklik haritalarını ve korneanın kalınlık haritasını da çıkartabilmektedirler. Şematik olarak en iyi uyan küre ile yükseklik haritalarının nasıl oluşturulduğu Şekil 6’te görülmektedir. Scheimpflug ve OKT temelli iki farklı cihazdan alınan arka yükseklik harita görünüşleri Şekil 7’de izlenmektedir.

Tarayıcı kesit

Korneanın optik olarak kesitsel analizini yapan Orbscan (Bausch&Lomb, ABD) cihazı ilk defa 1995 yılında ticari olarak tanıtılmıştır.¹² Orbscan cihazı görünür dalga boyundaki ışığı 12,5 mm yükseklik ve 0,3 mm genişliğinde 40 adet tarayıcı kesit halinde kullanarak verileri elde etmektedir. Kesitlerin ön uçlarının hesaplanması ile dolaylı olarak kornea eğriliği sayısal hale getirilmektedir. Ancak horizontal taramada kesitlerin ortak noktası bulunmamaktadır. Özellikle ödemli kornealarda kalınlık haritaları ve arka yüzey değerlendirmesi Pentacam cihazı ile karşılaştırıldığında tekrarlanabilirlik düşüktür. Her ne kadar Orbscan cihazındaki bu dezavantajları azaltmak için Orbscan II sürümünde tarayıcı kesit teknolojisi Placido halkalar ile birleştirilse de, özellikle arka kornea analizinde gösterdiği düşük tekrarlanabilirlik devam etmektedir.¹³

Scheimpflug görüntüleme

Tarayıcı kesit sistemlerinin evrimi ile dijital Scheimpflug görüntüleme cihazları ortaya çıkmıştır. Bu cihazlarda rotasyonel bir veya daha fazla Scheimpflug kamera kullanılmaktadır ve optik aks üzerinde ışığın dağılımını değerlendirebilmektedirler. Bu cihazlar korneanın yanı sıra ön kamara ve lensin arka kapsülüne kadar olan bölgenin kesitsel anatomisini analiz edebilmektedirler.^{3,14,15}

Kornea tomografisinde, ön ve arka kornea yüzeylerin yüksekliğinin değerlendirilmesi ve korneanın kalınlık haritasının yapılandırılması ile korneanın ektatik hastalıkları daha özgül ve duyarlı olarak tanınabilmektedir.¹⁶

Arka yüzeyin de değerlendirilmesi ile topografi cihazlarından farklı olarak gerçek kornea gücünün hesaplanması mümkün olmaktadır. Merkezi kornea yüzeyinin gerçek ölçümleri yapılmakta ve analiz edilebilmektedir. Bu sayede katarakt cerrahisi öncesi göz içi lensi (GİL) gücü hesaplamaları daha duyarlı ve tekrarlanabilir yapılarak refraktif sonuçların daha doğru olması sağlanabilmektedir.¹⁷ Özellikle GİL hesaplamasında sapmalarla sık karşılaşılan korneal refraktif cerrahi geçirmiş gözlerde bu durum daha önemlidir.¹⁸

Scheimpflug cihazlar kullandıkları dalga boyu nedeniyle (470-475nm) kornea opasitelerinden ve ödemden etkilenmektedirler ve bu nedenle düzensiz sınırlı hiperreflektif görüntüler oluşabilmektedir.¹⁹ Keratokonus gibi ektatik ve yüksek aberasyonlu kornealarda da Scheimpflug görüntünün tekrarlanabilirliği düşmektedir.²⁰ Scheimpflug kamera kullanan cihazlar 25-50 radyal tarama elde etmek için 2 saniyeye ihtiyaç duymaktadır. Pentacam cihazında dahili bir ikinci kamera ile göz hareketleri takip edilmesine, Galilei (Ziemer, İsviçre) cihazında ikinci bir Scheimpflug kamera ile kontrol edilmesine rağmen görüntü elde edilirken geçen zaman, göz hareketleri nedeniyle artefakt gelişmesine neden olabilmektedir.^{21,22} Placido temelli cihazlarda görüntü oluşması ise anlıktır ve çekim sırasında göz hareketi nedeniyle bir artefakt gelişmemektedir. Bu nedenle birçok cihaz Scheimpflug kamera ile Placido sistemi entegre etmiştir (Örn: Sirius, **Şekil 8, Tablo 1**).

Optik koherens tomografi temelli cihazlar

Scheimpflug kameralı kornea tomografilerinin kısıtlamalarının giderilmesi için geliştirilen yeni kuşak kornea analizi, OKT teknolojisi barındırmaktadır. Kullandıkları dalga boyunun Scheimpflug kameralara göre daha uzun olması nedeniyle OKT temelli tomografi cihazları epitel düzensizliği olan, ödemli veya opak kornealarda daha doğru ve tekrarlanabilir çekimler ve analizler yapabilmektedir.^{3,23} Bununla birlikte çekim süreleri de Scheimpflug kameralara göre daha hızlıdır (0,34 sn) ve OKT temelli tomografi cihazlarında, çekim süresine bağlı artefaktlarla daha az karşılaşmaktadır.²¹

Scheimpflug temelli cihazlardan farklı olarak OKT temelli kornea tomografi cihazlarında aksiyel çözünürlük 3,6 µ’a kadar inebilmektedir (Şekil 9).^{1,24} Daha geniş açılı ve daha derine penetre olabilen “swept source” OKT cihazları, “spektral domain” cihazlara göre daha yeni geliştirilmiş olsa da aksiyel çözünürlükleri daha düşüktür (spektral domain OKT: 3,6-5 µ, swept source OKT: 10 µ).²⁵ Yüksek çözünürlüklü olmaları nedeniyle OKT temelli kornea tomografileri ile, korneanın epitel ve stroma tabakasını birbirinden ayrılarak tek başlarına analiz edilebilmektedir. Kornea epitel haritasındaki düzensizlikleri ve ektatik hastalıklardaki

değişimleri erken dönemde gösterebilmektedir (**Şekil 9**).²⁴ Arka yükseklikte artış olmasına rağmen ön yükseklikte değişim olmadığı durumlarda bu bölgedeki epitel incilmesi aşık keratokonusun saptanmasında yardımcı olabilmektedir.

Sonuç

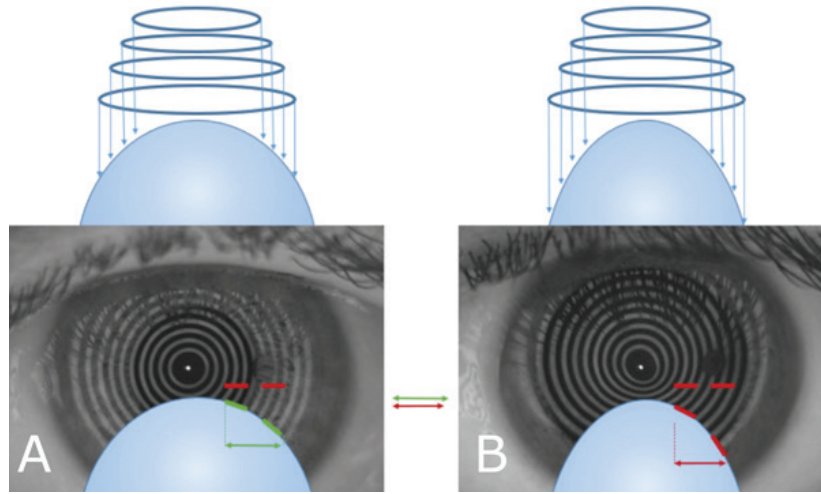
Kornea topografisi ve tomografisi, girişimsel olmayan ve kornea hakkında hem hastalık durumunda hem de refraktif cerrahi öncesinde ve takibinde çok kıymetli bilgiler veren tetkiklerdir. Bu bölümde kornea analizi için kullanılan cihazların genel özelliklerinden, avantaj ve dezavantajlarından bahsedildi. Görüldüğü gibi her cihazın avantajı olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Hekimlerin kullandıkları cihazın çekim dinamiklerini ve özelliklerini bilerek hasta hakkındaki analizlerini değerlendirmeleri önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

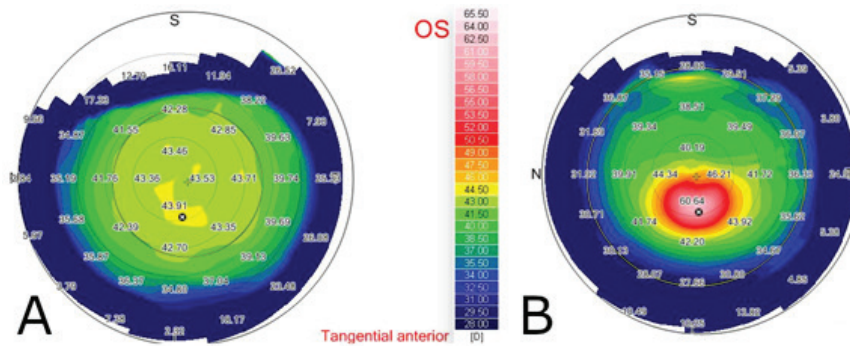
1. Simpson T, Fonn D. Optical coherence tomography of the anterior segment. *Ocul Surf.* 2008;6(3):117-127.
2. Placido A. Novo instrumento de exploracao da cornea. *Period D'Oftalmol Pract.* 1880;5:27-30.
3. Kanclerz P, Khoramnia R, Wang X. Current Developments in Corneal Topography and Tomography. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(8).
4. Klein SA. Axial curvature and the skew ray error in corneal topography. *Optom Vis Sci.* 1997;74(11):931-944.
5. Iskander DR, Davis BA, Collins MJ. The skew ray ambiguity in the analysis of videokeratographic data. *Optom Vis Sci.* 2007;84(5):435-442.
6. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Distribution and Repeatability of Corneal Astigmatism Measurements (Magnitude and Axis) Evaluated With Color Light Emitting Diode Reflection Topography. *Cornea.* 2015;34(8):937-944.
7. Klein SA. Corneal topography reconstruction algorithm that avoids the skew ray ambiguity and the skew ray error. *Optom Vis Sci.* 1997;74(11):945-962.
8. Belin MW, Litoff D, Strods SJ, Winn SS, Smith RS. The PAR Technology Corneal Topography System. *Refract Corneal Surg.* 1992;8(1):88-96.
9. Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea.* 2015;34(4):359-369.
10. Shetty R, Arora V, Jayadev C, et al. Repeatability and agreement of three Scheimpflug-based imaging systems for measuring anterior segment parameters in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(8):5263-5268.
11. Oliveira CM, Ribeiro C, Franco S. Corneal imaging with slit-scanning and Scheimpflug imaging techniques. *Clin Exp Optom.* 2011;94(1):33-42.
12. Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26(2):222-228.
13. de Jong T, Sheehan MT, Koopmans SA, Jansonius NM. Posterior corneal shape: Comparison of height data from 3 corneal topographers. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(4):518-524.
14. Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU. Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32(3):456-459.
15. Labuz G, Varadi D, Khoramnia R, Auffarth GU. Central and mid-peripheral corneal astigmatism in an elderly population: a retrospective analysis of Scheimpflug topography results. *Sci Rep.* 2021;11(1):7968.
16. Ambrosio R, Jr., Belin MW. Imaging of the cornea: topography vs tomography. *J Refract Surg.* 2010;26(11):847-849.
17. Fabian E, Wehner W. Prediction Accuracy of Total Keratometry Compared to Standard Keratometry Using Different Intraocular Lens Power Formulas. *J Refract Surg.* 2019;35(6):362-368.
18. Lawless M, Jiang JY, Hodge C, Sutton G, Roberts TV, Barrett G. Total keratometry in intraocular lens power calculations in eyes with previous laser refractive surgery. *Clin Exp Ophthalmol.* 2020;48(6):749-756.
19. Faria-Correia F, Ambrosio R. Clinical applications of the Scheimpflug principle in Ophthalmology. *Rev Bras Oftalmol.* 2016;75(2):160-165.
20. Hugger P, Kohnen T, La Rosa FA, Holladay JT, Koch DD. Comparison of changes in manifest refraction and corneal power after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol.* 2000;129(1):68-75.
21. Yun S, Tearney G, de Boer J, Iftimia N, Bouma B. High-speed optical frequency-domain imaging. *Opt Express.* 2003;11(22):2953-2963.
22. Martin R. Cornea and anterior eye assessment with placido-disc keratometry, slit scanning evaluation topography and scheimpflug imaging tomography. *Indian J Ophthalmol.* 2018;66(3):360-366.
23. McNabb RP, Farsiu S, Stinnett SS, Izatt JA, Kuo AN. Optical coherence tomography accurately measures corneal power change from laser refractive surgery. *Ophthalmology.* 2015;122(4):677-686.
24. Vega-Estrada A, Mimouni M, Espla E, Alio Del Barrio J, Alio JL. Corneal Epithelial Thickness Intrasubject Repeatability and its Relation With Visual Limitation in Keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2019;200:255-262.
25. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Comparison of high-resolution Scheimpflug and high-frequency ultrasound biomicroscopy to anterior-segment OCT corneal thickness measurements. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:2239-2247.

Tablo 1. Günümüzde yaygın olarak kullanılan kornea topografi ve tomografi cihazlarının temel özellikleri ve isimleri. (LED: light emitting diode, *cihazlar Placido diskin yanı sıra wavefront, Scheimpflug veya OKT teknolojisi de kullanılmaktadır. **cihazlar "swept source" teknolojisi kullanılmaktadır.)

Kullanılan Teknoloji	Detay	Cihaz
Placido disk	Büyük Kon	Antares (CSO) Atlas (Zeiss) KR-1W (Topcon) Keratograph 5M (Oculus) OPD III (Nidek)* Sirius (CSO)* MS-39 (CSO)* Galilei (Ziemer)*
Placido disk	Küçük Kon	E300 (Medmont) Keratron (Optikon)
Renkli LED	Speküler yansıma analizi	Cassini (i-Optics)
Tarayıcı kesit	Beyaz ışık	Orbscan II (Bausch&Lomb)
Scheimpflug	Mavi LED (470-475 nm)	Pentacam (Oculus) Scansys (Mediworks) Sirius (CSO)* Galilei (Ziemer)*
OKT	830-845 nm Spektral domain	MS-39 (CSO)* RTVue-100 (Optovue) Revo (Optopol)
OKT	1310 nm	Visante (Zeiss) Anterior (Heidelberg)** Casia (Tomey)**



Şekil 1. A. Placido halkalarının normal korneadaki görüntüsü. **B.** Placido halkalarının keratokonus hastalığı bulunan korneadaki görüntüsü. Normal korneadaki halkalar arasındaki mesafenin (yeşil ok) keratokonus hastasındaki halkalar arasındaki mesafeden (kırmızı ok) daha uzun olduğuna dikkat edin.



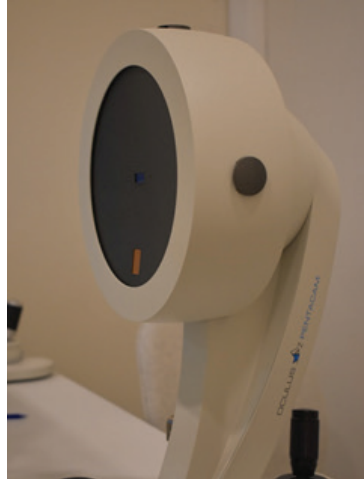
Şekil 2. A. Placido temelli topografi cihazının (Sirius) sağlıklı korneadaki güç haritası çıktısı. **B.** Placido temelli cihazın keratokonus hastasındaki görüntü çıktısı. Ortadaki renk skalasına dikkat edin. Skaladaki aralıkların keratometri değerleri ile uyumlu seçilmesi haritanın doğru değerlendirilmesi için önemlidir.



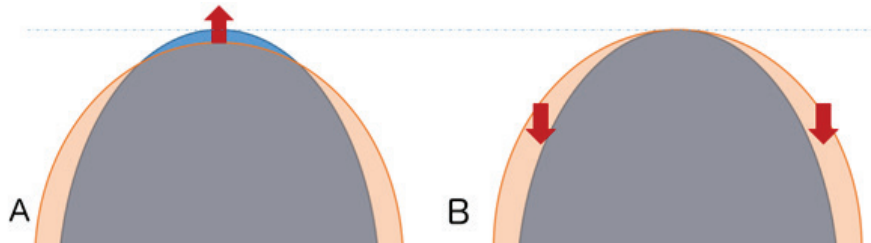
Şekil 3. Küçük kon Placido halka kullanan topografi cihazı (Keratron, Optikron).



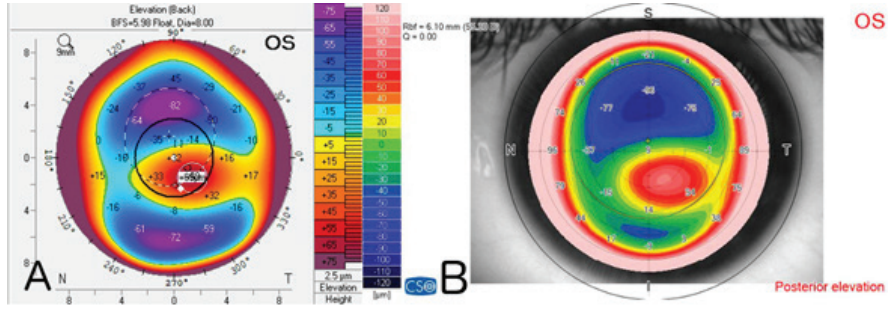
Şekil 4. Büyük kon Placido temelli topografi cihazları aberometri ile birleştirilerek korneanın aberasyonlarının gözün toplam aberasyonlarından ayrılmasını sağlayabilir ve tekrarlanabilir yakın ve uzak refraksiyon ölçümleri alabilir (OPD III, Nidek).



Şekil 5. Scheimpflug kamera prensibi ile çalışan Pentacam cihazı.



Şekil 6. Kornea yüzeyine (mavi) en iyi uyan bir küreye (turuncu) kıyaslanarak ön ve arka yükseklikler hesaplanarak korneanın bu küreden ne kadar yukarıda veya aşağıda olduğu, renk kodlu haritalar ile kullanıcıya sunulmaktadır. En iyi uyan kürenin matematiksel hesaplamasındaki farklılıklara bağlı olarak; **A**'da olduğu gibi küre korneadan daha düz ve dolaylı olarak daha alçakta ise kornea kürenin üzerinde bir yükseklik sergileyecektir ya da **B**'de olduğu gibi küre korneadan daha dik ve dolaylı olarak daha yukarıda ise korneanın yükseklik haritasındaki değerleri kürenin altında kalacaktır.



Şekil 7. Keratokonusu bulunan bir olgunun arka yükseklik haritasında en iyi uyan küreye kıyasla belirgin arka elevasyon görülmektedir. **A.** Pentacam cihazı çıktısı. **B.** MS-39 cihazı çıktısı.



Şekil 8. Scheimpflug kamera ile büyük kon Placido disk birleştirilerek hem yükseklik haritası hem de keratometri haritası tekrarlanabilir bir şekilde elde edilebilmektedir (Sirius, CSO).



Şekil 9. Büyük kon Placido disk ve OKT teknolojisini birleştiren cihazlar tekrarlanabilir keratometri haritalarının yanı sıra epitel haritalaması da yapabilmektedirler (MS-39, CSO).

KORNEA TOPOGRAFİSİ DEĞERLENDİRME

Dr. Pınar KÖSEKAHYA
Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara

Giriş

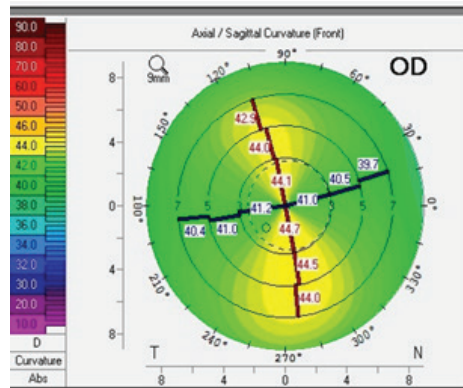
Refraktif cerrahi öncesi hasta değerlendirmesi ve seçiminde korneal topografik değerlendirme şarttır. Günümüzde çeşitli topografi cihazları olmasına karşın en sık kullanılan yöntemler plasido disk, tarayıcı slit ışık, Scheimpflug görüntüleme olarak sayılabilir. Kornea topografisi plasido disk temelli cihazların verdiği ön sagittal ve ön tanjansiyel eğrilik haritaları için kullanılan bir terimdir. Kornea tomografisi ise Scheimpflug temelli cihazların verdiği haritalar ve görüntüler için günümüzde kullanılan bir terimdir. Kornea tomografisi bahsedilen topografik haritalar yanında kornea pakimetri haritası, yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu ön kamara görüntüleri, ön ve arka korneal yüzeyin birden çok haritasını ve profilini içerir. Kornea tomografisi refraktif cerrahi için en önemli tarama testidir. Kornea tomografisi ektatik kornea hastalıklarının erken tanısı, korneal anomalilerin tespiti, refraktif cerrahi sonrası ektazi gelişebilme ihtimali, gözün refraktif cerrahiye uygun olup olmadığı, uygun ise hangi yöntemin en uygun olacağı, nasıl planlanacağı aşamalarında en önemli testtir.

Ana tomografik haritalar ve profiller

İlk değerlendirilmesi gereken kısım görüntü kalitesidir. 'QS' olarak ifade edilir. Değerlendirmeye alacağımız ölçümlerde bu alan beyaz, yazı 'OK' olmalıdır. 'Data gaps' 'Blink' yazıları olması; alanın sarı, kırmızı olması durumunda ölçümlerin tekrarlanması gerekir.

Ön sagittal eğrilik haritası

Resim 1'de sagittal planda ön yüzeyin eğrilik haritası görülmektedir. Bu haritanın sol tarafında hangi eğrilik değerlerinin hangi renklerle ifade edildiği görülür. İnsanların çoğunluğunda simetrik papyon şeklinde normal kornea görünümü vardır. Inferior veya superior yarıda dikleşme, yuvarlak, oval, düzensiz eğrilik alanları, asimetrik papyon gibi şekiller ise düzensiz kornealara işaret eder. Düzensiz astigmatizma görünümüne korneal cerrahi, travma, ektazi yanında korneal çarpıklık (warp) da neden olabilir.¹ Kontakt lens kullanan hastalarda tekrarlanan ölçümler yapılması, ölçümlerin birbiri ile uyumlu olması önemlidir. Haritanın şekli yanında merkezi 5 mm'lik alandaki superior (S) - inferior (İ) farkı 2.5, İ - S farkı 1.4 D'nin altında olması, aksları arasında < 21° fark olması subklinik keratokonusu dışlamak açısından önemlidir.²

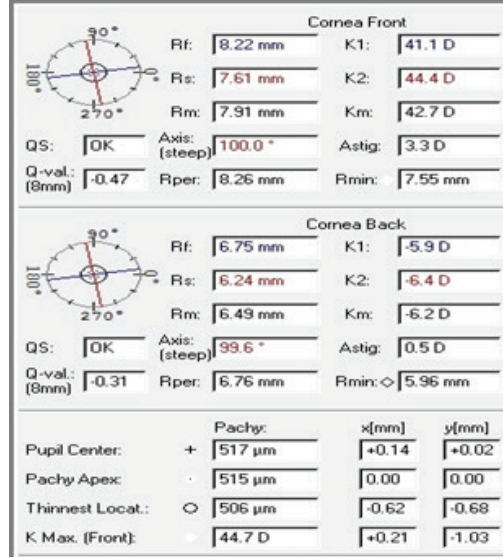


Resim 1. Ön sagittal eğrilik haritası

Kornea parametreleri

Kornea parametreleri Resim 2'de görülmektedir. Q değeri korneanın asferisitesini gösterir. Pozitif Q değerleri oblat, negatif Q değerleri prolat kornea şeklini ifade eder. Normal Q değeri -1,00 ile 0 arasındadır, ideal değeri -0,4'dür. Q değeri analizi preoperatif normal Q'yu sürdürmek, anormal Q'yu düzeltmek, bu sayede sferik aberasyondan kaçınmak açısından önemlidir.³ Miyopik ablasyonun Q değerini azalttığı, hipermetropik ablasyonun artırdığı bilinmelidir. Asferik profil kullanımı, anormal Q değeri olan gözlerde hedef Q ayarı yapılması önemlidir.⁴

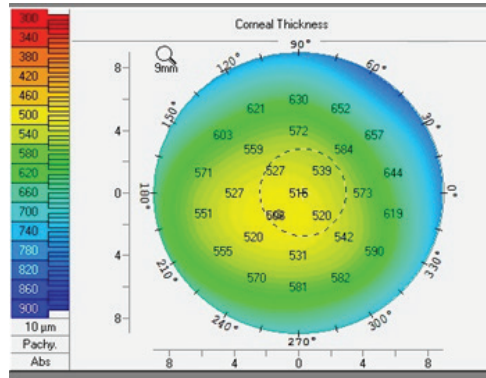
Keratometrik değerlerde santral 3 mm'de ön korneal yüzeyin; düz meridyende eğrilik gücü K1, dik meridyende eğrilik gücü K2, ortalama eğrilik gücü Km olarak ifade edilir. Tüm kornea ön yüzeyinin en yüksek eğrilik gücü Kmaks olarak ifade edilir. Normal K1 değeri 34 D'nin üzerindedir ve refraktif cerrahi sonrası da 34 D'nin üzerinde olmalıdır. Miyopik ablasyonda her 1 D düzeltmenin K1 değerini 0,75 D azalttığı bilinmelidir. K2 değeri refraktif cerrahi sonrası 47 D'nin altında olmalıdır. Hipermetropik ablasyonda her 1 D düzeltmenin K2 değerini 1,2 D artırdığı bilinmelidir.⁵ Km değeri lazer in situ keratomilözis cerrahisinde flep komplikasyonları gelişimi açısından önemlidir. Km değerinin 40 D'nin altında olması serbest flep; 46 D'nin üzerinde olması düğme deliği flep ile sonuçlanabilir.⁵ Normal Kmaks 47 D'nin altında ve Kmaks-K2 farkı 1 D'nin altında olmalıdır.⁶



Resim 2. Kornea parametreleri

Pakimetri haritası

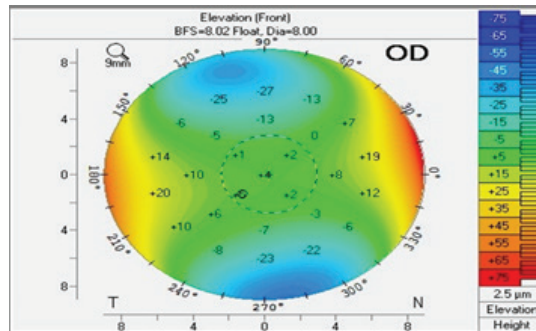
Pakimetrik değerler Resim 2'de alt kısımda görülmektedir. Kornea apeksi, pupil merkezi, en ince noktada kornea kalınlığı (EİKK) koordinat bilgileri ile birlikte verilir. EİKK 470 µm (mikrometre) ve üzeri olmalıdır. Pakimetri haritası ise 4 ana refraktif haritadan biridir (Resim 3). En ince bölgenin horizontal ve vertikal yönde yer değiştirmesi (keratokonusa en sık inferotemporal), inferiorda (pellucid marjinal dejenerasyon) veya tüm korneada (keratoglobus) yaygın incelleme olması anormal pakimetrik profiller olarak sayılabilir. Merkezi 5 mm'lik alanda (kesikli çizgi) vertikal S-I farkı < 30 µm olmalıdır.⁷



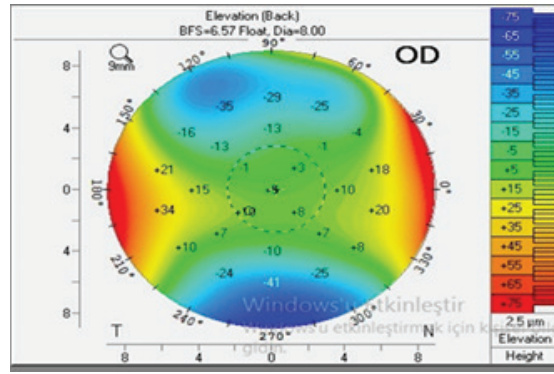
Resim 3. Pakimetri haritası

Yükseklik haritaları

Ön ve arka korneal yüzey yükseklik haritaları Resim 4 ve 5'te görülmektedir. Ön ve arka korneal yüzeyler ayrı ayrı bir referans yüzeyle eşleştirilir, bu yüzeyin üzerinde kalan alanlar artı, altında kalan alanlar eksi olarak ifade edilir. Referans yüzey en uygun sfer ya da en uygun torik elipsoid olabilir. İdeal çapı 8,0 mm ve ideal modu float modudur. Eğik kum saati, dil şeklinde uzantı, izole ada görünüşleri anormal şekillerdir. Ön elevasyon haritasında 10 µm, arka elevasyon haritasında 20 µm üzerindeki değerler ektazi şüphesi açısından önemlidir.⁸



Resim 4. Ön korneal yüzey eğrilik haritası



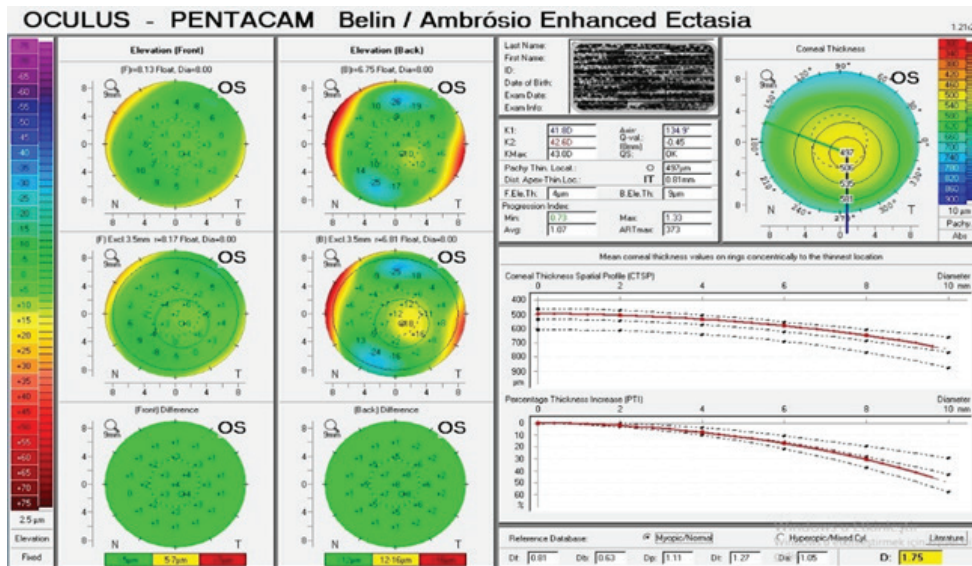
Resim 5. Arka korneal yüzey eğrilik haritası

Pupil çapı ve kappa açısı

Skotopik pupil çapı ölçülmeli, ablasyon optik zonu skotopik pupilden en az 0,5 mm daha geniş olmalıdır. Kappa açısı plaseo temelli topografilerde ölçülebilirken, Scheimpflug temelli cihazlarda pupil koordinatları değerlendirilerek tahmin edilir. Özellikle yüksek refraksiyon kusuru olan hastalarda görme eksenini kayması dikkate alınmalıdır.⁹ Pupil merkezi ile korneal verteks arasındaki mesafe 0,25 mm'nin altında veya 0,55 mm'nin üzerinde olduğunda merkezlemede pupil ofseti dikkate almak, koaksiyel korneal refleksi kullanmak önemlidir.¹⁰

Belin Ambrósio Geliştirilmiş Ektazi Yazılımı

Bu yazılım refraktif cerrahi öncesi hastaların ektatik hastalık açısından hızlı ve etkin taranması için geliştirilen hem elevasyon hem pakimetri verilerini birleştiren yazılımdır. Ön ve arka elevasyon haritaları, en ince nokta 4,0 mm'lik daire çıkarılarak tekrar oluşturulmuş ön ve arka fark haritaları, pakimetrik indisler ve kalınlık profillerini içerir (Resim 6). Ön fark haritasında 6, arka fark haritasında 8 µm'den fazla yükseklik görülmesi şüphelidir.¹¹ Apeks kornea kalınlığı ile EİKK farkı 10 µm (mikrometre) 'den az olmalı, uzaklıkları 1,52 mm'den az olmalıdır.¹¹ Ortalama ve maksimum pakimetrik progresyon indisi (PPlavg ve PPlmaks) 1,2 ve 1,35'in altında olmalıdır.¹² Kalınlık profilleri korneanın en ince noktasından periferine doğru kalınlık değişiminin grafiksel ifadesidir. Normal bir gözde kırmızı çizgi siyah noktalı eğrinin seyrini izlemeli ve %95 güvenilirlik aralığında olmalıdır. Keratokonusta izlenebilen hızlı eğim ve S şekli, Fuchs endotelial distrofide izlenebilen düz şekil ve pellusid marjinal dejenerasyonda izlenebilen yukarı eğim anormal profillerdir. Final D değeri 1,6'nın altında olmalıdır.¹³



Resim 6. Belin Ambrosio Geliştirilmiş Ektazi Yazılımı

Wavefront Analizi

Korneal tomografiler ile aberasyonlar da ölçülebilmektedir. Düşük sıralı aberasyonlar gözlük/kontakt lens ile düzeltilebilirken yüksek sıralı aberasyonlar düzeltilemezler. Yüksek sıralı aberasyonların en önemlileri koma, sferik aberasyon ve trefoil olarak sayılabilir. Tüm aberasyonların ve yüksek sıralı aberasyonların toplamının karekök ortalaması (RMS) refraktif cerrahide dikkate alınır (Resim 7). Ameliyat öncesi yüksek sıralı aberasyon RMS 0,3 ve altında ise wavefront optimize, 0,4 ve üzerinde ise wavefront rehberli refraktif cerrahi önerilir. Değer 0,3-0,4 arasında ise refraksiyona göre karar verilir.¹⁴

List	Pyramid	Normalized	Entire Wavefront Error:		Activated Aberrations:	
☐ Surface Elevation Cornea Front			Peak To Val (tot):	6 µm	Peak To Valley:	6 µm
☐ Surface Elevation Cornea Back			RMS (total):	0.875 µm	RMS:	0.875 µm
☐ Wavefront Aberration Cornea Front			RMS LOA:	0.822 µm		
☐ Wavefront Aberration Cornea Back			RMS HOA:	0.301 µm		
☒ Wavefront Aberration Cornea			Qs:	OK	Z 40 (Sph.Aber.):	0.106 µm

Resim 7. Düşük ve yüksek sıralı aberasyon toplamının karekök ortalaması

Sonuç

Refraktif cerrahi sırasında ve sonrasında beklenmedik komplikasyonlarla karşılaşma ihtimalini azaltmak için tomografik haritaların her biri ayrı ayrı önemlidir. Bahsedilen tüm haritalar ve tomografik parametrelerin refraktif cerrahiye uygunluğundan emin olunduktan sonra kalan stromal yatak kalınlığı tercihen en az 300 µm olacak şekilde hasta refraksiyonuna uygun optik zon ve ablasyon derinliği hesaplanarak cerrahiye geçilir.

KAYNAKLAR

1. American Academy of Ophthalmology Refraktif Cerrahi. Bölüm 1. Refraktif Cerrahi Bilimi. Çeviri editörü: Prof.Dr. Pınar Aydın O'Dwyer. Ankara, Güneş Tıp Kitabevi, 2010:8-14.
2. Rabinowitz YS. Videokeratographic indices to aid in screening for keratoconus. J Refract Surg. 1995 Sep-Oct;11(5):371-9.
3. Rahmania N, Salah I, Rampat R, Gatinel D. Clinical Effectiveness of Laser-Induced Increased Depth of Field for the Simultaneous Correction of Hyperopia and Presbyopia. J Refract Surg. 2021 Jan 1;37(1):16-24.
4. Gatinel D, Azar DT, Dumas L, Malet J. Effect of anterior corneal surface asphericity modification on fourth-order zernike spherical aberrations. J Refract Surg. 2014 Oct;30(10):708-15.
5. Sinjab MM. Bölüm 1. Topografi ve tomografi bilimi. Çeviri editörleri: Doç.Dr.Özge Saraç, Doç.Dr. Nurullah Çağıl. Refraktif cerrahiye başlamak için beş adım. Ankara, Dünya Tıp Kitabevi, 2016:3-48.
6. Faik Oruçoğlu. Keratokonuslu gözlerin Pentacam topografi ile değerlendirilmesi ve normal gözlerle karşılaştırılması. Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2012;21(3):137-44.
7. Khachikian SS, Belin MW, Ciolino JB. Intrasubject corneal thickness asymmetry. J Refract Surg. 2008 Jun;24(6):606-9.
8. Uçakhan ÖÖ, Cetinkor V, Özkan M, Kanpolat A. Evaluation of Scheimpflug imaging parameters in subclinical keratoconus, keratoconus, and normal eyes. J Cataract Refract Surg. 2011 Jun;37(6):1116-24.
9. Kosekahya P, Sarac O, Koc M, Caglayan M, Hondur G, Cagil N. Shifting of the Line of Sight in Tilted Disk Syndrome. Eye Contact Lens. 2018 Nov;44 Suppl 2:S33-S36.
10. Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ. Coaxially sighted corneal light reflex versus entrance pupil center centration of moderate to high hyperopic corneal ablations in eyes with small and large angle kappa. J Refract Surg. 2013 Aug;29(8):518-25.
11. Belin MW, Khachikian SS, Ambrósio Jr R, Salomão M. Keratoconus/ectasia detection with the oculus pentacam: Belin/Ambrósio enhanced ectasia display. Highlights Ophthalmol. 2007;35:5-12.
12. Koc M, Tekin K, Kiziltoprak H, Inanc M, Kosekahya P, Ozulken K, Durukan I. Topometric and Tomographic Evaluation of Subclinical Keratoconus. Ophthalmic Epidemiol. 2020 Aug;27(4):289-297.
13. Villavicencio OF, Gilani F, Henriquez MA, Izquierdo Jr L, Ambrósio Jr R, Belin MW. Independent population validation of the Belin/Ambrósio enhanced ectasia display: implications for keratoconus studies and screening. Int J Kerat Ect Cor Dis. 2014;3(1):1-8.
14. Stonecipher KG, Kezirian GM. Wavefront-optimized versus wavefront-guided LASIK for myopic astigmatism with the ALLEGRETTO WAVE: three-month results of a prospective FDA trial. J Refract Surg. 2008 Apr;24(4):S424-30.

MİKROKERATOMLAR

Dr. Faik ORUÇOĞLU
Biruni Üniversitesi, İstanbul

Giriş

LASIK cerrahisi mikrokeratomların gelişmesi ve hızlı görsel rehabilitasyonu sebebiyle, son 30 yıla yakındır yaygın kullanılan refraktif cerrahi yöntemlerinin başında gelmektedir. Mikrokeratomların tarihsel süreci, fonksiyonları, türleri, kullanım şekli ve bunlara bağlı oluşabilecek komplikasyonlar hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

Tarih

Mikrokeratom kullanılarak kornea dokusuna lamellar kesi uygulaması ilk olarak İspanya'da José Ignacio Barraquer tarafından 1950 yıllarında uygulanmıştır. Korneanın şekillendirilmesi anlamına gelen ve "keratomileusis" ismi verilen bu teknikte, mikrokeratom kullanarak elde edilen lamellar kornea dokusu likit nitrojenle dondurulmuş, torna yardımı ile lamellar doku inceltilmiş ve kendi yatağına sütüre edilmiştir.¹⁻⁴

1967'de Rusya'da Pureskin, tamamlanmamış ön kornea rezeksiyonu kavramını tanımlayarak ilk defa *hingeli* korneal flebi kullanmış oldu.⁵

Luis Ruiz 1980 yılında otomatize lamellar keratoplasti ve diğer tanımlama ile "In situ Keratomileusis" tekniğini geliştirdi. Bu teknikte, mikrokeratom ile oluşturulan korneal kapak sonrası yapılan ikinci mikrokeratom geçişi ile stromadan bir lentikül çıkarılmakta ve korneal kapak tekrar yerine sütüre edilmekte idi.⁶

1985 yılında Gholam Peyman, flep altı stromal lazer ablasyon tekniği ile kornea kurvatürünün değiştirilebileceğini önermiş ve 1989 yılında bu fikri patentleştirmiştir (Peyman GA, inventor. Method for modifying corneal curvature. US patent 4,840,175. June 20, 1989).

Ioannis G. Pallikaris daha önce geliştirilen fikirleri uygulamaya sokarak Laser In Situ Keratomileusis (LASIK) tekniğinin kabul görmesine ve yaygın kullanılmasına öncülük etmiştir.⁷ Böylece mikrokeratom kullanımlı *excimer* lazer tekniği 1990'lar itibarıyla refraktif cerrahinin gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Bunu, endüstrinin yatırımları ile mikrokeratomlardaki gelişmeler ve lazer keratomların (femtosaniye lazer) ortaya çıkması izledi. Imola Ratkay-Traub ve ark. 2003 yılında, femtosaniye lazer keratomileusis yönteminin, mekanik mikrokeratom kullanılarak yapılan LASIK cerrahisine alternatif olduğunu belirttiler.⁸

Mekanik Mikrokeratomlar

Mikrokeratomlar, korneada belirli bir çap ve derinlikte kesi yaparak korneal flep oluşturan cihazlardır. Korneal flep, epitel ve anterior stromadan oluşmakta ve kalınlığı kullanılan mikrokeratom başlığı ve kornea özelliklerine göre değişmektedir. Mikrokeratom cihazında yaşanan gelişmeler mikrokeratomların, flep oluşturma dışında, epitel soyulmasında (EpiLASIK), endotelial lamellar keratoplastilerde (DSAEK) de kendine kullanım alanı bulmasını sağlamıştır.

Mikrokeratomlar fonksiyonel olarak vakum altında otomatik ilerleme ile kesi oluşturup bir noktada durarak *hingeye* bağlı flep oluştururlar. Mekanik mikrokeratomlar konsol, vakum halkası, mikrokeratom başlığı, bıçak ve kalınlık plakası parçalarından oluşmaktadır.

Vakum Halkası

Globu vakum etkisi ile sabitler, mikrokeratom başlığının flep oluşturmaya olanak sağlar. Bu sırada göz içi basınç belirgin şekilde yükselir. Vakum halkası mikrokeratom başlığı ile bitişik veya ayrı olabilir. Vakum halkalarının farklı çapları olabilir ve nomograma göre halka seçimi yapılır. Flep çapı, kornea çapı veya keratometri değerine göre değişebilir. Genellikle, kornea çapı küçüldükçe ve kornea dikliği arttıkça flep çapı artar.

Mikrokeratom başlığı ve motoru

Başlıklar metal ve steril edilebilir veya tek kullanımlık olabilir. Metal başlıklarda bıçak yuvası mevcuttur. Hedeflenen flep kalınlığına göre farklı başlıklar bulunmaktadır. Ancak mikrokeratom başlığı üzerinde gösterilen kalınlık ile flep kalınlığı farklılık gösterebilir. Motor, bıçak titreşiminden ve başlığın hareketinden sorumludur.

Mikrokeratomlar kornea üzerinde yatay, rotasyonel veya pendüler hareketler ile korneal kesileri oluştururlar. LASIK cerrahisinin yayılması ile bir çok farklı marka adı altında mikrokeratom üretimleri gerçekleşmiş olsa da günümüzde bunlardan çok azı üretimine devam etmektedir. Eski jenerasyon mikrokroketamların yerine yeni jenerasyon mikrokeratomlar, yeni jenerasyon mikrokeratomların yerini ise femtosaniye lazer cihazlar alabilmektedir.

Aşağıda eskiden günümüze kullanılmakta olan bazı mikrokeratom markaları verilmiştir;

- ACS Chiron (Automated corneal shaper) ilk kullanıma giren mikrokeratomlardandır. (Chiron-Adatomed)
- LSK One (Moria SA)
- Cariazzo Barraquer (Moria SA)
- SKBM (Summit Krumeich-Barraquer microkeratome) (Alcon Surgical)
- Cariazzo-Pandular (Swind)
- MK 2000 (Nidek)
- Amadeus II Mikrokeratome (Ziemer)
- Rondo microkeratome (WaveLight AG)
- Hansatom mikrokeratom (Bausch & Lomb Surgical) bir dönem sıkça kullanılan mikrokeratom türü olmuştur. Rotasyonel hareketi ile flep oluşturan Hansatom'un 160/180/200 µm kalınlıklarında mikrokeratom başlığı bulunmaktadır. *Hinge* yönü süperiordadır.
- *Zyoptix XP* (Bausch & Lomb Surgical) 120,140 ve 160 µm kafa başlıkları ile serbest *hinge* pozisyonuna olanak sağlayan yeni jenerasyon mikrokeratomlardandır.
- *Moria M2 mikrokeratomu* (Moria SA) günümüzde en yaygın kullanılan mikrokeratomlardandır. Tek veya çok kullanımlık 90 ve 130 mikronluk kafalara sahiptir. Üç saniye kadar süren çok hızlı rotasyonel hareket ile kesi oluşturmaktadır. Cihaz yüksek titreşim hızına sahiptir ve mikrokeratom rotasyonu ve bıçak osilasyonunu gerçekleştiren 2 ayrı motora sahiptir. Vakum halkasının göze yerleştirilmesi yönüne bağlı olarak *hinge* pozisyonunu belirlemek mümkündür.
- *Moria One Use Plus SBK mikrokeratom* (Moria SA) son geliştirilen mikrokeratomlardandır. Yine iki motorlu sisteme sahiptir. Lineer hareket ile nazal *hinge* oluşturur. Başlıklar tek kullanımlıktır. Daha planar ve ince flepler oluşturmaktadır. 90 mikronluk başlıklar ile 100 ± 10 [80 – 120] mikronluk flepler oluşturulmaktadır.⁹

Mikrokeratomlar ile oluşturulan flep kalınlığı

Mekanik keratomlarla elde edilen flep kalınlıkları beklenenden önemli derecede farklı olabilmektedir. Yapılan araştırmada flep kalınlıklarında standart sapmanın 11-34 µm kadar geniş olduğu bildirilmiştir.¹⁰ Mekanik mikrokeratomlarda santral flebin periferiye göre daha ince olabileceği bilinmelidir.¹¹ Flep kalınlığı; keratomun türü ve kullanılan keratom başlığı, kornea kalınlığı ve kornea çapından etkilenmektedir. Aynı bıçak ikinci gözde kullanılırsa ilk göze göre daha ince bir flep oluşabilmektedir. Ayrıca ince kornealarda ve dik kornealarda daha ince bir flep oluşabilmektedir. Kalın kornealarda ve küçük halkalarda ise flep kalınlıkları beklenenden daha kalın oluşabilmektedir. (Faik Oruçoğlu vb. Tek kullanımlık Moria M2 90µ mikrokeratom kullanılarak elde edilen Kornea flep kalınlığı ve çapı. TOD 2007 Ulusal Kongresi)

Cerrahi aşama

Flep oluşturma ve lazer ablasyonu olmak üzere iki aşamadan oluşan, LASIK cerrahisinin ilk aşaması olan mikrokeratom kullanımı sırasında aşağıdakilere dikkat edilmesi gerekmektedir.

- » Mikrokeratomun oluşturduğu flep kalınlığı önceden hesaplanmalı ve intraoperatif pakimetri ile bu netleştirilmeli,
- » Keratom bıçağı mikroskop altında incelenmeli,
- » Bıçak osilasyonu test edilmeli,
- » Vakum test edilmeli,
- » Korneal işaretlenme yapılmalı,
- » Vakum halkasının pupile göre santralizasyonunu sağlanmalı,
- » Vakum halkasının temas alanı ıslak olmamalı
- » Mikrokeratomun, vakum halkasına tam ve doğru oturduğundan emin olunmalı,
- » Mikrokeratomu hareket ettirmeden önce, arada kirpik veya dreypin sıkışıp-sıkışmadığı kontrol edilmeli,
- » Küçük ve derin gözlerde yeterli protrüzyon sağlanmalı,
- » Vakumun yeterli düzeye yükseldiğini anlamak için hem basınç kontrolü yapılmalı, hem de hastaya görmesinin kararması sorulmalıdır.
- » Mikrokeratom çalıştırılmadan önce kornea yüzeyi ıslatılmalıdır.

Komplikasyon

Mikrokeratom kesisi sırasında oluşabilecek flep komplikasyonlarında cerrahi işleme devam edilmemeli ve ameliyat ertelenmelidir.

Flep yatak üzerinden kaymış ise, flep dikkatlice kornea işaretlemesi yönünde korneal yatağa oturtulmalı ve kontakt lens takılarak lazer ablasyon uygulanmadan işlem sonlandırılmalıdır. İşlemin üzerinden 1 ay geçtikten sonra daha kalın flep kesisi veya yüzey ablasyonu tercih edilerek işlem tekrarlanabilir.

Mikrokeratom kesisi sırasında aşağıdaki komplikasyonlar görülebilir;

- Epitel defekti
- Serbest flep
- *Buttonhole*
- Limbal kesi-Hemoraji
- İnkomplet flep
- Desantralize flep

Flep komplikasyonları aşağıdaki sebeplerden dolayı ortaya çıkabilir;

- Vakum kaybı
- Mikrokeratomun tıkanması (örtü, kirpik, spekulum)
- Yanlış montaj ve temizleme
- Bıçak keskinliği hasarı
- Motor/mikrokeratomun durması veya güç kaybı
- Elektrik güç kesintisi
- Göz anatomisi (dik veya düz kornea, küçük göz veya ince kornea)

Sonuç

Yeni nesil mikrokeratomlar güvenli cihazlar olmanın yanında, düşük standart sapmalı ince flep ve pürüzsüz stromal kesi oluşturma olanakları sunmaktadır.

Bununla birlikte, yüksek maliyete rağmen daha nadir flep komplikasyonları sağlama, ayarlanabilir düşük sapmalı flep kalınlığı ve boyutu seçme imkanları sebebiyle femtosaniye lazere doğru bir eğilim vardır.

KAYNAKLAR

1. Barraquer JI. Method of cutting lamellar grafts in frozen corneas. New orientations for refractive surgery. Arch Soc Am Ophthalmol. 1958;1:237.
2. Barraquer JI: Autokeratoplasty with levelins for the correction of myopia. (Keratomileusis). Technic and results] Ann Ocul (Paris). 1965;198:401-25.
3. Barraquer JI: Keratomileusis. Int Surg 1967;48(2):103-17.
4. Barraquer JI: Refractive keratoplasty: clinical results in 67 cases. Ann Ophthalmol. 1973;23(3):25.
5. Pureskin NP. The surgical treatment of myopia and astigmatism (review). Vestn Oftalmol. 1966;79(5):81-5
6. Ruiz LA, Rowsey JJ. In situ keratomileusis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1988;29(Suppl):392
7. Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Stathi EZ, Frenschick O, Georgiadis A. Laser in situ keratomileusis. Lasers Surg Med. 1990;10(5):463-8.
8. Ratkay-Traub I., Ferincz I.E., Juhasz T., Kurtz R.M., Krueger R.R. First clinical results with the femtosecond neodymium-glass laser in refractive surgery. J Refract Surg. 2003;19:94-103
9. Chen HJ, Xia YJ, Zhong YY, Song XL, Chen YG Anterior segment optical coherence tomography measurement of flap thickness after myopic LASIK using the Moria One UsePlus microkeratome. J Refract Surg. 2010;26(6):403-410.
10. Solomon KD, Donnenfeld E, Sandoval HP Al Sarraf O, Kasper TJ, Holzer MP, Slate EH, Vroman DT., Flap thickness accuracy: comparison of 6 microkeratome models. J Cataract Refract Surg. 2004;30(5):937-8
11. Zhang Y. Comparison of corneal flap morphology using AS-OCT in LASIK with the WaveLight FS200 femtosecond laser versus a mechanical microkeratome. J Refract Surg. 2013; 29:320-324.

REFRAKTİF CERRAHİDE GÜNCEL YÖNTEMLER VE CİHAZLARA GENEL BAKIŞ

Dr. Seher Betül UYSAL
Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları AD, Ankara

Refraktif cerrahinin en sık endikasyonu kontakt lens veya gözlük kullanımını bırakma isteğidir. Diğer nedenler ise; kontakt lens kullanımını zor veya tehlikeli hale getiren oküler veya tıbbi durumlar, yakın temaslı spor veya bazı mesleklerde gözlük kullanımının sakıncalı olması ve presbiyopik hastaların gözlüksüz yakını okuyabilme isteğidir. Ayrıca anizometropi veya gözlükle ilgili anizokoni varlığı da refraktif cerrahi endikasyonlarından biridir.¹

Refraktif cerrahi prosedürler, hastaların en az komplikasyon riski ile en iyi görsel kaliteye ulaşabilmesi için sürekli gelişmektedir. 1990'ların başında daha çok radyal keratotomi uygulanırken, daha sonra excimer lazer ile yapılan yüzey ablasyonları ve flepli ablasyon prosedürleri öne çıkmıştır. Daha yakın zamanda, küçük kesiden lentikül ekstraksiyonu (small incision lenticule extraction-SMILE) ve multifokal göz içi lenslerin implantasyonu artan bir popülerite kazanmıştır ve fakik göz içi lensler sayesinde daha yüksek derecelerde miyopi veya hipermetropinin tedavisi mümkün hale gelmiştir.

Miyopi, hipermetropi, astigmatizma ve presbiyopinin düzeltilmesi için refraktif cerrahi prosedürler ile gözün optik sistemi değiştirilerek emetropiye ulaşılması hedeflenmektedir. Bu cerrahi teknikler 2 gruba ayrılır: korneal refraktif ve lentiküler cerrahi prosedürler. Kornea, gözün kırma gücünün %60'ından sorumludur; eğrilikteki küçük değişiklikler, önemli refraktif değişikliklere neden olmaktadır.² Korneal refraktif prosedürler günümüzde uygulanan başlıca refraktif cerrahi türüdür ve kornea ön eğriliğini düzleştirerek veya arttırarak ametropinin düzeltilmesini sağlamaktadır. Lentiküler refraktif prosedürler ise multifokal, akomodatif, ayarlanabilir göz içi lens ve fakik göz içi lenslerin implantasyonu gibi intraoküler teknikleri içermektedir.

Korneal Refraktif Cerrahi

Korneal refraktif cerrahi yöntemler, kornea yüzeyini yeniden şekillendirmek için beş ana yönetime dayanır: lazerler, insizyonlar, kornea implantları, termal prosedürler ve lazer destekli olmayan lameller cerrahiler. Tüm prosedürler kornea stromasını etkileyerek kornea kurvatüründe değişikliklere neden olmaktadır.

İnsizyonel cerrahide, stromada kesiler yapılarak, kornea yüzey kurvatürü değişmekte ve korneanın kırma gücünde değişiklikler meydana gelmektedir. Kornea implantları da yine kornea stromasına yerleştirilerek kurvatürde değişime neden olmaktadır. Termal tekniklerde ise, kornea kontürünü değiştirmek için stromal kollajen mimarisinde fokal değişiklikler meydana gelmektedir. Termal yöntemler hipermetrop veya presbiyopinin düzeltilmesi ile sınırlıdır. Lazer destekli olmayan lameller cerrahide, korneayı yeniden şekillendirmek için donör doku eklenmekte veya korneanın stromasından doku çıkarılmaktadır. Bu yöntemlerin refraktif sonuçları çok ön görülebilir olmadığı ve zamanla refraktif sapma olduğu için günümüzde yaygın olarak tercih edilmemektedir. Günümüzde kullanılan ve sonuçları daha güvenilir ve kesin olan korneal refraktif cerrahiler esas olarak lazer destekli yöntemlerdir. Bu bölümde esas olarak excimer lazer ve femtosaniye lazer ile yapılan korneal refraktif cerrahilerden bahsedilecektir. Lazer destekli yapılan korneal refraktif cerrahiler 3 ana başlık altında toplanmaktadır: yüzey ablasyon yöntemleri, flepli cerrahi (lazer in situ keratomileusis-LASIK), lentiküler cerrahi (SMILE).

1. Yüzey Ablasyon Yöntemleri

193 nm argon florür (ArF) ışını olan excimer lazer, dünya çapında korneal refraktif cerrahlar için tercih edilen teknoloji haline gelmiştir. Lazerin önemli bir avantajı, kornea dokusunda mikron boyutunda darbelerle hassas bir şekilde ablasyon yapabilme yeteneğidir. Excimer lazerle ablate edilen yüzey, diğer cerrahi tekniklerle elde edilenden daha pürüzsüz olma potansiyeline sahiptir. 1983 yılında Trokel ve Srinivasan tarafından tanıtılmasından bu yana, excimer lazer prosedürü hızlı bir evrim geçirmiştir.³

Excimer lazer ile ilk uygulanan yöntem fotorefraktif keratektomi (PRK) yöntemidir. Diğer uygulanan yüzey ablasyon yöntemleri lazer yardımcı subepitelyal keratektomi (LASEK) ve epitelyal lazer in situ keratomileusis (epi-LASIK) yöntemleridir (4). 1990'ların sonlarına doğru flepli cerrahi olan LASIK yönteminin öne çıkmasıyla yüzey ablasyonlarının kullanımı giderek azalmıştır.⁵ PRK'da flep komplikasyon riskinin olmaması ve ektazi riskinin daha az olması nedeni ile daha az sıklıkta olsa da PRK hala tercih edilmektedir.⁶ Uzun dönem takipli çalışmalarda PRK'nın LASIK kadar güvenli ve etkili olduğu gösterilmiştir.⁷ PRK yönteminde epitel uzaklaştırıldıktan sonra fotoablasyon yapılmaktadır. Epitel uzaklaştırılması için 3 yöntem tanımlanmıştır: mekanik debridman, alkol uygulaması sonrası epitel debridmanı ve excimer lazer yardımcı epitel debridmanı (transepitelyal PRK). Kornea epitelinin ve stromasının tek bir basamakta

fotoablasyonunun yapıldığı transepitalyal PRK, geleneksel PRK'ya kıyasla daha kısa operasyon süresi, daha az postoperatif ağrı, daha hızlı yara iyileşmesi ve daha hızlı görsel iyileşme gibi avantajlara sahiptir.^{8,9} PRK'da tedavi edilmesi önerilen refraktif kusur dereceleri miyopi için <6 diyoptri (D), hipermetropi için <3 D ve astigmatizma için <4 D olarak kabul edilmektedir. Bu diyoptrilerin üzerine çıkıldığında korneal bulanıklık ve özellikle hipermetropi için refraktif sapma riski artabilmektedir. Yüksek miyop hastalarda (>6 D) PRK'dan 6-12 ay sonra, muhtemel stroma rejenerasyonu ve/veya ablasyon bölgesinin yeniden dikleşmesine neden olan epitel hiperplazisi nedeniyle refraktif düzeltmede gerileme (regresyon) olabilmektedir.¹⁰ Ayrıca 6 D'yi aşan PRK tedavisi sonrası subepitelyal bulanıklık nadiren meydana gelebilmekte ve görme keskinliği azalabilmektedir. Mitomisin C kullanımı ile postoperatif bulanıklık oluşma riski azaltılmıştır.¹¹

Diğer uygulanan yüzey ablasyon teknikleri LASEK ve epi-LASIK'tır. LASEK yönteminde lazer uygulamasından önce epitel, %15-20 etanol ile muamele edilmektedir. Böylece kornea epiteli ile alttaki Bowman tabakası arasındaki hemidesmozomal bağlar zayıflamaktadır. Kornea epiteli, yüzey ablasyonundan önce yüzeyden uzaklaştırılıp lazer uygulamasından sonra kornea yüzeyindeki orijinal konumuna tekrar yerleştirilmektedir.¹² Epi-LASIK yönteminde ise alkol uygulaması olmadan kornea epitelini mekanik olarak uzaklaştırmak için otomatik bir bıçak kullanılmaktadır. Histolojik çalışmalar Epi-LASIK'te LASEK'e kıyasla kornea epitel tabakasının daha iyi korunduğunu göstermektedir.¹³ Bu yöntemlerin PRK'ya göre avantajları, ameliyat sonrası rahatsızlığın azalması, kornea bulanıklığı riskinin azalması ve daha hızlı görsel iyileşmedir.

2. Lazer In Situ Keratomileusis

Lazer in situ keratomileusis (LASIK), hem hastalar hem de cerrahlar için tatmin edici sonuçları ve yüksek güvenilirliği ve öngörülebilirliği nedeniyle çoğu sferosilindirik ametropi vakasını düzeltmek için en yaygın kullanılan tekniktir.¹⁴ Yüzey ablasyon prosedürlerine göre başlıca avantajları arasında daha hızlı görsel iyileşme, daha az postoperatif rahatsızlık ve daha yüksek refraksiyon kusuru olan hastalarda postoperatif korneal skar veya bulanıklık riskinin azalması yer almaktadır. LASIK cerrahi prosedürü iki önemli adımdan oluşur: flep oluşturma ve lazer uygulaması.¹⁵

LASIK sırasında ilk olarak kornea flebi oluşturulup kaldırılır, stromal yatağa excimer lazer uygulanır ve flep eski konumuna yerleştirilir. Kornea flebi mikrokeratom veya femtosaniye lazer ile oluşturulabilmektedir. Mikrokeratomlar bir vakum cihazı ile globa fikse edilir ve keratom manuel veya otomatik bir mekanizma ile kesi yapar. Femtosaniye lazer 1053 nm dalga boyuna sahip katı hal lazeridir ve önceden ayarlanmış bir derinlik ve desenle kornea stromasında fotobozunma (fotodistrüpsiyon) ile kesi yapılmasını sağlamaktadır.¹⁶

LASIK'te tedavi edilmesi önerilen refraktif kusur dereceleri miyopi için <8 D, hipermetropi için <5 D ve astigmatizma için <6 D olarak kabul edilmektedir. Miyopi ve astigmatizma için uygulanan LASIK sonrası refraktif stabilizasyon hızlı olmaktadır. LASIK ile tedavi edilen düşük derecede hipermetropi olan hastalardan, daha yüksek miktarda hipermetropi (>5 D) olanlara göre daha öngörülebilir sonuçlar elde edilmektedir ve refraktif stabiliteye daha hızlı ulaşılmaktadır.^{17,18} Hipermetrop LASIK ile stabiliteye genellikle 3 ayda ulaşılabilir.³

Çoğu hastada, excimer lazer tedavisinde düşük sıralı aberasyonların (yani, gözlükle düzeltilebilir) düzeltilmesi hedeflenmektedir. Yani, kişiye özel ablasyon paternleri olan topografi kılavuzlu, wavefront optimize (Q kılavuzlu) ve wavefront kılavuzlu tedavilerden farklı olarak, geleneksel tedaviler için ablasyon profilleri, korneanın asferikliğini ve insan gözünün yüksek sıralı aberasyonlarını (YSA) hesaba katmamaktadır. Bazı hastalarda refraktif cerrahi öncesi görsel performansı etkileyebilecek aberasyonlar ve korneal düzensizlikler olabilir ve bu durum korneal refraktif cerrahi yaparken dikkate alınmalıdır.

Kişiselleştirilmiş (customized) kornea ablasyonları hem sferosilindirik hatayı hem de görme keskinliğini etkileyebilecek YSA'ları ve korneal düzensizlikleri düzeltmeyi hedeflemektedir. Bu özel lazerler, bir kişinin optik sisteminde görsel kalitede azalmaya katkıda bulunabilecek ek faktörleri ele aldıkları için geleneksel excimer lazerlere kıyasla daha iyi görme olanağı sunmaktadır.¹⁹ Kişiselleştirilmiş lazer tedavilerinin farklı alt tipleri mevcuttur. Topografi kılavuzlu tedavilerde korneal düzensizliklerin topografi ile saptanıp tedavinin topografiye göre planlanması ve korneal asferitenin oluşturulması esas alınmaktadır. Wavefront kılavuzlu tedavide korneadaki yüksek seviyeli aberasyonların wavefront aberometri ile belirlenerek ablasyon paternine yansıtılıp düzeltilmesi hedeflenmektedir. Wavefront optimize (Q kılavuzlu) tedavilerde ise sferosilindirik hatayı nötralize ederken kornea asferitesini fizyolojik bir seviyede tutmak hedeflenmektedir. Cerrahi olarak indüklenen kornea aberasyonları, kontrast duyarlılığının azalmasına ve kamaşma, haleler ve gece görüşü bozukluğu şikayetlerine katkıda bulunan bir faktör olarak belirtilmiştir.²⁰ Bu nedenle ablasyon profillerinde iyileştirme için wavefront optimize ablasyon profilleri geliştirilmiştir. Ameliyat edilen gözün spesifik kornea asferitesini ve/veya aberasyon profilini dikkate alan gerçek wavefront

kılavuzlu ablasyonlarla karıştırılmamalıdır.

3. Küçük Kesiden Lentikül Ekstraksiyonu (SMILE)

Küçük insizyonlu lentikül ekstraksiyonu (SMILE), 2-3 mm'lik bir insizyondan bütün olarak çıkarılan bir kornea stromal lentikülü oluşturmak için femtosaniye lazerin kullanıldığı bir refraktif prosedürdür. Presbiyopi ve hipermetropinin düzeltilmesi henüz gelişme aşamasındayken, astigmatı olan veya olmayan miyop hastalarda kırma kusurlarını düzeltmek için uygulanabilmektedir.

Refraktif sonuçların LASIK ile benzer olduğu gösterilmiştir.²¹ SMILE'in femtosaniye-LASIK'ten daha yüksek postoperatif kornea duyarlılığına ve daha az kuru göz semptomlarına neden olduğu gösterilmiştir. SMILE cerrahisi sonrası biyomekanik stabilitenin LASIK'e göre daha yüksek olması beklenmektedir ancak bazı çalışmalarda fark olmadığı gösterilmiş ve SMILE sonrası ektazi bildirilmiştir.²²

Fotoablasyon adı verilen bir işlemle kornea dokusunu çıkarmak için LASIK'te kullanılan excimer lazerin aksine, femtosaniye lazerin SMILE'de kornea lentikülü ve kesi oluşturmak için çalıştığı ilke, fotobozunma (fotodistrüpsiyon) adı verilen bir işlemidir. Fotobozunma plazma (serbest elektronlar ve iyonlar), karbondioksit, akustik şok dalgası, termal enerji ve kavitasyon kabarcığı oluşturarak küçük bir doku hacminin buharlaştırılmasını içermektedir.²³ SMILE için kullanılan lazer, bir odak noktasına enerji yayan neodim:itriyum alüminyum garnet (Nd:YAG) katı hal lazeridir. 1053 nm dalga boyuna sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), SMILE kullanarak miyopinin tedavisi için VisuMax femtosaniye lazerini (Carl Zeiss Meditec Inc.) onaylamıştır.²⁴ ABD'de FDA, -1 D ile -8 D arası miyopi ve -0,50 D'ye eşit veya daha düşük astigmatizma tedavisi için SMILE'i onaylamıştır.²⁵ ABD dışında, SMILE -5 D'ye kadar olan astigmatizma ile birlikte -10 D'ye kadar olan miyopiyi tedavi etmek için kullanılabilmektedir.²⁶

Presbiyopinin Düzeltilmesinde Korneal Refraktif Yöntemler

Yakın görme düzeltilmesi, presbiyopik yaş grubunda refraktif cerrahi planlanırken özellikle önemli bir husustur. Miyop hastalar, kırma kusurları tamamen düzeltilirse yakın görmede zorluk yaşayabilirler. Yetersiz düzeltilmiş miyoplar, idealden daha az uzak mesafe görüşü yaşayabilirler, ancak yakın mesafede net görme yeteneklerinin bir kısmını koruyabilirler. Presbiyopi için korneal refraktif prosedürler, bir gözde rezidü miyopi bırakmayı hedefleyen monovizyon, sferik aberasyonun değiştirilmesi ile odak derinliğinin artırılması ve halen geliştirilmekte olan multifokal kornea ablasyon yöntemlerini içermektedir.

1. Monovizyon

Monovizyon, baskın olmayan gözde genellikle -1 D ile -2 D olmak üzere hafif miyopi bırakılarak yakın görüşün iyileştirilmesidir. Diğer göz uzak görme için tamamen düzeltilmektedir. Monovizyon tedavileri miyoplara, hipermetroplara ve emetroplara uygulanabilmektedir. Miyopisi olan hastalarda, yakın gözde miyopinin tamamı tedavi edilmez. Hipermetroplarda ise, yakın gözün aşırı düzeltilmesi ile miyopi oluşturulması hedeflenmektedir.

Monovizyon tedavisini takiben hastaların adaptasyonu önemlidir. Monovizyon hastalarının düşük aydınlatma seviyelerinde ve iyi derinlik algısı gerektiren görevlerde daha kötü performans gösterdiği bildirilmiştir.^{27,28} Bununla birlikte, PRK ve LASIK ile monovizyon düzeltmesi yapılan hastalardan %88-96'sı görsel sonuçlardan tatmin olmuştur.^{29,30}

2. Sferik Aberasyonun Değiştirilmesi ile Odak Derinliğinin Arttırılması

Laser blended vision olarak adlandırılan Presbyond yöntemi, her iki gözün odak derinliğini arttırmak için kontrollü bir biçimde sferik aberasyonunun değiştirildiği ve baskın olmayan gözün 1,5 D miyop bırakıldığı LASIK işlemi ile birlikte gerçekleştirilen asferik monovizyon ablasyon tekniğidir.³¹

3. Multifokal Kornea Ablasyonu

Multifokal kornea ablasyonu, kornea içinde uzak veya yakın görmeyi sağlayan farklı optik bölgeler oluşturmak için excimer lazerin kullanıldığı bir işlemidir. Geleneksel LASIK'e dayanan bir multifokal kornea ablasyon prosedürü olan PresbyLASIK, yakın gözlük bağımlılığını azaltırken uzak mesafe için herhangi bir görsel kusuru düzeltebilen çok odaklı bir yüzey oluşturur. Bu multifokal kornea, retina üzerinde farklı mesafelerdeki eş zamanlı görüntülere neden olur ve hasta bir uzak mesafe hedefine bakarken, optik bölge(ler) tarafından uzak mesafe için oluşturulan görüntü odakta olacak ve yakın optik bölgeden/ bölgelerden geçen ışık bulanıklık yaratacaktır. Bu optik etki nedeniyle, postoperatif kamaşma, haleler, hayalet görüntüler ve monoküler diplopi gibi yan etkiler görülebilmektedir.³²⁻³⁴

PresbyLASİK'te iki patern mevcuttur: periferik presbyLASİK periferik bir eş merkezli yakın bölge oluştururken, merkezi presbyLASİK merkezi bir yakın bölge oluşturmaktadır.^{35,36} Hipermetropi olan presbiyopik hastalarda santral presbyLASİK ile yüksek öngörülebilirlik, stabilite, güvenlik ve iyi görsel sonuçlar elde edilmiştir.^{37,38} PresbyLASİK, mikro-monovizyon ile kombine edildiğinde daha iyi ara mesafe görme keskinliği elde edilmiştir.³⁹

4. Hibrit Yöntemler

Hibrit teknikler, bu yaklaşımların faydalarını birleştirmekte ve dezavantajlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Supracor ve PresbyMAX'ta uzak gözde azaltılmış multifokalite, yakın gözde ise tam multifokalite ve monovizyon kombine edilmektedir. Supracor, simetrik veya asimetrik uzak mesafesi düzeltilmesi ile yakın görüş için +2 D'lik 3 mm hiperpozitif alan oluşturan, aberasyon açısından optimize edilmiş bir algoritmadır. PresbyMAX, yakın görme düzeltilmesi için +0,75 D ile +2,50 D arasında bir merkezi hiperpozitif alana sahip, uzak mesafe düzeltme alanıyla çevrili bir multifokal kornea yüzeyi oluşturmaktadır.³⁵ Intracor yönteminde ise, farklı derinliklerde birkaç eş merkezli intrastromal halka oluşturmak için femtosaniye lazer kullanılarak baskın olmayan gözün merkezi korneası dikleştirilir ve düşük derece hipermetrop, emetropik ve düşük derece miyop gözlerde kullanılmaktadır.⁴⁰

PresbyMAX'ın yüksek öngörülebilirlik ve düşük geri dönüş oranı ile iyi bir yakın ve uzak görme sağladığı raporlanmıştır.³⁹ Buna karşılık, presbyLASİK, Presbyond ve Supracor yöntemlerinde, yeniden tedavi oranlarının yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca presbyLASİK sonrası genellikle kuru göz veya YSA'ların indüklenmesinden dolayı uzak görme keskinliğinde en az 2 satır kayıp olduğu gösterilmiştir. Intracor sonrası düzeltilmiş uzak görme keskinliğinde iki veya daha fazla satırda kayıp olduğu ve bazı olgularda kornea ektazisi geliştiği bildirilmiştir.⁴¹

KAYNAKLAR

1. Khan-Lim D, Craig JP, McGhee CN. Defining the content of patient questionnaires: reasons for seeking laser in situ keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:788-794.
2. Swinger CA, Barraquer JL. Keratophakia and keratomileusis-clinical results. *Ophthalmology.* 1981;88:709-715.
3. Trokel SL, Srinivasan R, Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. *Am J Ophthalmol.* 1983;96:710-715.
4. Taneri S, Weisberg m, Azar DT. Surface ablation techniques. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37:392-408.
5. Duffey RJ, Leaming D. US trends in refractive surgery: 2003 ISRS/AAO survey. *J Refract Surg.* 2005;21:87-91.
6. Moisseiev E, Sela T, Minkev L, Varssano D. Increased preference of surface ablation over laser in situ keratomileusis between 2008-2011 is correlated to risk of ectasia. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:93-98.
7. O'Brart DP, Shalchi Z, McDonald RJ, Patel P, Archer TJ, Marshall J. Twenty-year follow-up of a randomized prospective clinical trial of excimer laser photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol.* 2014;158:651-663.
8. Fadlallah A, Fahed D, Khalil K, Dunia I, menassa J, El Rami H, et al. Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37:1852-7.
9. Antonios R, Abdul Fattah m, Arba mosquera S, Abiad BH, Sleiman K, Awwad ST. Single-step transepithelial versus alcohol-assisted photorefractive keratectomy in the treatment of high myopia: a comparative evaluation over 12 months. *Br J Ophthalmol.* 2017;101:1106-12.
10. Thompson KP. Photorefractive keratectomy. *Ophthalmol Clin North Am.* 1992;5:745-751.
11. Vigo L, Scandola E, Carones F. Scraping and mitomycin C to treat haze and regression after photorefractive keratectomy for myopia. *J Refract Surg.* 2003;19:449-454.
12. Lee JB, Seong GJ, Lee JH, et al. Comparison of laser epithelial keratomileusis and photorefractive keratectomy for low to moderate myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:565-570.
13. Pallikaris IG, Naoumidis II, Kalyvianaki MI, et al. Epi-LASIK: comparative histological evaluation of mechanical and alcohol-assisted epithelial separation. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:1496-1501.
14. Wilson SE. Use of lasers for vision correction of nearsightedness and farsightedness. *N Engl J Med.* 2004;351:470-475.
15. Carr JD, Stulting RD, Thompson KP, et al. Laser in situ keratomileusis: surgical technique. *Ophthalmol Clin North Am.* 2001;14:285-294.
16. Kezirian GM, Stonecipher KG. Comparison of the intralase femtosecond laser and mechanical keratomes for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:804-811.
17. Cobo-Soriano R, Llovet F, Gonzalez-Lopez F, et al. Factors that influence outcomes of hyperopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2002;28:1530-1538.
18. Esquenazi S. Five-year follow-up of laser in situ keratomileusis for hyperopia using the Technolas Keracor 117c excimer laser. *J Refract Surg.* 2004;20:356-363.
19. Buscemi P, Fujieda M, Bains HS. Clinical outcomes using the navex platform. *Ophthalmol Clin North Am.* 2004;17:183-189.
20. Holladay JT, Dudeja DR, Chang J. Functional vision and corneal changes after laser in situ keratomileusis determined by corneal sensitivity, glare testing, and corneal topography. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:663-669.
21. Zhang Y, Shen Q, Jia Y, Zhou D, Zhou J. Clinical outcomes of SMILE and FS-LASIK used to treat myopia: a meta-analysis. *J Refract Surg.* 2016;32:256-265.
22. Goupillou P, Boutillier G, Naguszewski D, Muraine M. Long-term follow-up of bilateral ectasia after laser-assisted Small-Incision Lenticule Extraction (SMILE) with known risk factors. *Eur J Ophthalmol.* 2022 Mar 2:11206721221085397. doi: 10.1177/11206721221085397. Epub ahead of print.
23. Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2002;13:246-249.
24. FDA News Release. FDA approves VisuMax Femtosecond Laser to surgically treat nearsightedness. 2016. <https://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm520560.htm>.
25. Carl Zeiss Meditec, ESCRS. FDA approves femtosecond laser for SMILE. American Academy of Ophthalmology. 2016. <https://www.aao.org/headline/fda-approves-femtosecond-laser-smile>.
26. Mehta JS Will SMILE overtake LASIK? Cover Focus. CRSTEurope. 2015.
27. Johannsdottir KR, Stelmach LB. Monovision: a review of the scientific literature. *Optom Vis Sci.* 2001;78:646-651.
28. Jain S, Ou R, Azar DT. Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmology.* 2001;108:1430-

- 1433.
29. Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:1449-1455.
30. Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. *J Refract Surg.* 2004;20:325-328.
31. Reinstein Dz, Carp GI, Archer TJ, et al. LASIK for presbyopia correction in emmetropic patients using aspheric ablation profiles and a micro-monovision protocol with the Carl zeiss Meditec MEL 80 and visuMax. *J Refract Surg.* 2012;28:531-9.
32. Ryan A, O'Keefe M. Corneal approach to hyperopic presbyopia treatment: six-month outcomes of a new multifocal excimer laser in situ keratomileusis procedure. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1226-1233.
33. Cosar CB, Sener AB. Supracor hyperopia and presbyopia correction: 6-month results. *Eur J Ophthalmol.* 2014;24:325-329.
34. Uthoff D, Pölzl M, Hepper D, Holland D. A new method of cornea modulation with excimer laser for simultaneous correction of presbyopia and ametropia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012;250:1649-1661.
35. Vargas-Fragoso V, Alió JL. Corneal compensation of presbyopia: PresbyLASIK: an updated review. *Eye and Vision.* 2017;4:11.
36. Luger MHA, Ewering T, Arba Mosquera S. 1-year experience in presbyopia correction with bi-aspheric multifocal central presbyLASIK. *Cornea.* 2013;32:644-652.
37. Illueca C, Alió JL, Mas D, et al. Pseudoaccommodation and visual acuity with technovision presbyLASIK and a theoretical simulated array multifocal intraocular lens. *J Refract Surg.* 2008;24:344-349.
38. Alió JL, Amparo F, Ortiz D, Moreno L. Corneal multifocality with excimer laser for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol.* 2009;20:264-271.
39. Mosquera SA, Alió JL. Presbyopic correction on the cornea. *Eye and Vision.* 2014;1:5.
40. Aristeidou A. The evolution of corneal and refractive surgery with the femtosecond laser. *Eye and Vision.* 2015;2:12.
41. Taneri S, Oehler S. Keratectasia after treating presbyopia with intracor followed by supracor enhancement. *J Refract Surg.* 2013;29:573-576.

YÜZEY ABLASYONLARI (PRK- PTK- LASEK- EPİLASİK, TRANSEPİTELYAL PRK)

Dr. Ali SİPAHİER
Bayrampaşa Göz Hastanesi, İstanbul

Fotoablasyon, 193 nm AR florid Excimer Laser yardımıyla kornea kurvaturunu değiştirerek refraktif kusurları düzeltten bir yöntemdir. İlk kez 1989 yılında Mc Donald¹ tarafından uygulanan ve 1996 yılında FDA onayı alan bu tedavi, tam sayı bilinmemekle birlikte bugüne kadar 100 milyonu aşkın kişiye uygulanmıştır. Fotoablasyon temel olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Epiteli kaldırıp Bowman tabakasının üzerine yapılan uygulamaya yüzey ablasyonu adı verilmekte; daha yaygın kullanılan ve kalınlığı 90-150 mikron arasında bir fleb kaldırılarak ön stromaya yapılan uygulamaya ise Laser-Assisted in Situ Keratomileusis (LASİK) denmektedir.

Güncel FDA verilerine göre günümüzde yüzey ablasyonu ile 12 diyoptriye (D) kadar miyopi, 4 D'ye kadar astigmat ve 5 D'ye kadar hipermetropi tedavi edilebilmektedir.² Aynı durum benzer endikasyonlarda LASİK için de geçerlidir.

Hangi yöntemin tercih edilmesi doğrudur? Her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. LASİK'le kıyaslandığında yüzey ablasyonda post operatuvar (postop) ağrı daha fazla ve rehabilitasyon süreci uzun, bunun dışında regresyon ve haze daha sık görülmektedir. Öte yandan refraktif cerrahinin en korkutucu komplikasyonları olan fleb komplikasyonları yüzey ablasyonda yoktur, ektazi riski daha azdır ve literatürde tartışmalı olmakla birlikte kuru göz daha az görülmektedir.³

Fotoablasyon endikasyonu olan gözlerde özellikle yüzey ablasyonunun seçilmesi gereken durumların başında ince kornea gelmektedir. Bunun dışında epitel bazal membran distrofisinde ve diğer rekürren korneal erozyonların varlığında, vakum halkasını yerleştirmenin sorun olabileceği derin gözler ya da küçük palpebral fissürlerde, fleb kaldırmanın riskli olduğu LASİK sonrası tekrarlayan cerrahilerde yani re-operasyonlarda (re-op) ve penetran keratoplasti sonrası düzeltmelerde LASİK flebinin sorun oluşturabileceği meslek gruplarında (pilot, sporcu gibi) ve eğer mikrokeratom kullanılıyorsa çok düz ya da dik kornealarda yüzey ablasyonunun tercih edilmesi gereklidir.

Kontrendikasyonlara bakıldığında korneanın 450 µm' den ince olduğu durumlarda ve aktif bağ dokusu hastalıklarında yüzey tedavisi önerilmemektedir. Bunların dışında ektazi varlığında ve riskli olgularda, kontrolsüz diyabette, katarakt, ileri düzey glokom, şiddetli kuru göz, blefarit ve alerji varlığında, interstisyel ya da nörotropik keratitte, hamilelik ve süt verme dönemlerinde tüm fotoablasyon yöntemleri kontrendikedir.⁴

Yüzey ablasyonu, kornea epitelini kaldırarak (PRK, Transepitelyal PRK) ya da kaldırılan epiteli koruyarak (Epilasik , LASEK) gerçekleştirilebilir.

Fotorefraktif Keratektomi (PRK): Yüzey ablasyonda ilk tarif edilen, epitelin künt uçlu bir spatülle ya da rotatuar fırça yardımıyla soyulması tekniğidir. Bowman tabakasına zarar verme ve ablasyon zonunda epitel kümeleri kalma ihtimali nedeniyle bugün artık çok tercih edilmemektedir.

Transepitelyal PRK (T-PRK): Epitelin Excimer laserin PTK moduyla kaldırılması tekniğidir. Genelde 9 mm' lik zonda 50 µm' lik ablasyon yapılır, ikinci aşamada ise refraksiyon kusuru düzeltilir .Klasik PTK modunda periferdeki yansımalar dikkate alınmadığından refraktif hatalar oluşabilmektedir.

Tek Aşamalı Transepitelyal PRK: Günümüzün popüler yüzey tedavi yöntemi olan tek aşamalı transepitelyal PRK'da epitel kaldırma ve ablasyon işlemleri birlikte gerçekleştirilir. "No touch" tedavisi olarak da bilinen bu uygulama iki excimer laser firması tarafından yapılabilmektedir. Korneaya temas olmadan yapılabilmesi ve refraktif kusura özgü epitel defekti oluşturulduğundan iyileşme süresinin kısa olması gibi avantajları vardır.⁵

- Schwind Amaris (Smart Surf): Önce refraktif komponent düzeltilir, sonrasında santral alanda 55 µm, periferde 65 µm'lik ablasyon ilave edilir.
- Alcon Wavelight (Streamlight): Epitel kalınlığı ayarlanabilir (+/- 5 µm) ve periferdeki yansımalar hesaba katılarak tüm optik zonda eşit ablasyon yapılır; sonrasında refraktif komponent düzeltilir.

LASEK (Laser Epitelial Keratomilosis): 1996 yılında Camellin tarafından tarif edilmiştir. 8 mm'lik bir rezervuar içinde uygulanan, keratositlere toksik olmadığı gösterilmiş % 20'lik alkol yardımıyla (20-30 saniye) epitel kaldırılır ve ablasyon sonrası yerine kapatılır. LASEK'te epitelin bir bariyer görevi görerek postoperatif ağrıyı ve regresyon ile subepitelyal haze oluşumuna sebep olan doku iyileşme cevabını

azaltması ön görülmüştür.⁶

EPİLASİK (Epipolis Laser Keratomilosis): 2003 yılında Pallikaris tarafından geliştirilen tekniktir. Epitel epikeratom yardımıyla kaldırılır ve ablasyon sonrası yerine kapatılır. Postop epitelin canlılığını devam ettireceği varsayımıyla geliştirilmiş, ancak yapılan birçok çalışmada LASEK 'ten farklı olmadığı gösterilmiştir. Ayrıca bu teknikte %3 oranında stromal kesi oluşabilmektedir.⁷

Yüzey ablasyon komplikasyonları postop ağrı, korneal haze, regresyon, kuru göz, ektazi, enfeksiyon, iyileşmeyen epitel defekti, halo, desantralize ablasyon, santral adacık olarak özetlenebilir. Postop ağrı, haze ve regresyon, LASİK tedavisinin yüzey tedavisine göre daha çok tercih edilmesinin en önemli nedenleridir.

Postop ağrı re-epitelizasyon süreci boyunca görülebilir. Ablasyon sonrası soğuk BSS ile irrigasyon, bandaj kontakt lens (KL) ve topikal nonsteroid anti-enflamatuvar (NSAİ) kullanımı, oral analjezik ve triptan kullanımı ağrıyı azaltmak için alınabilecek önlemlerdir.⁸

Haze, erken (1 hafta- 3 ay) ya da geç (4 -12 ay) başlangıçlı olabilir. Keratosit aktivasyonu ve farklılaşması sonrası ön stromada anormal glikozaminoglikan ve non- lameller kollajen birikimi sonucu oluşur. Yüksek ablasyonlarda görölme sıklığı yüksektir. Önlem için operasyon sırasında (perop) Mitomisin C (MMC) kullanımı, postop C vitamini, topikal steroid kullanımı ve en az 6 ay ultraviyole (UV) blokajı önerilmektedir.⁹ Tedavide uzun süreli steroid kullanımı (2 - 3 ayda azaltılarak kesilmeli) kronik olgularda topikal MMC kullanımı ve PTK ile kombine MMC kullanımı önerilmektedir.¹⁰

Mitomisin C, DNA sentezini inhibe ederek hücre proliferasyonunu azaltan alkilleyici bir ajandır. Genelde 60-90 µm ve üzeri ablasyonlarda tercih edilir. %0.02'lik konsantrasyonda 12 - 60 saniye boyunca uygulanır. Perop ya da postop kullanılabilir. 2015 yılında Amerikan Akademi özellikle yüksek ablasyonlarda MMC kullanımını öneren bir rapor yayınlamıştır.¹¹

Regresyon yüksek ablasyon, küçük optik zon, düz kornea ve UV maruziyetinde daha sık görülür. Reoperasyon için en az 6 ay, haze varlığında ise 1 yıl beklemek önerilir.¹²

30 yılı aşkın bir süredir uygulanan yüzey ablasyon tedavisinin üzerine literatürde birçok meta-analiz yayınlanmıştır.¹³⁻¹⁸ Bu çalışmaların sonuçlarına göre:

Etkinlik, güvenilirlik ve öngörülebilirlik açısından PRK, t-PRK, LASEK, epi-LASIK arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Bu durum haze için de geçerlidir. Haze skorlamasında en iyi sonuçlar epi Lasik ve T-PRK' da elde edilmiştir. Postop ağrı en çok Epilasikte görülmüş; T-PRK epitelin en hızlı iyileştiği ve ağrının en az olduğu teknik olarak saptanmıştır. Kuru göz LASEK' te ve özellikle MMC kullanılan olgularda daha fazla bulunmuştur. Epitel kalınlığının T-PRK sonuçlarına etkisi incelendiğinde miyopik ablasyonda ince kornealarda hafif hipermetropik kayma, kalın kornealarda hafif miyopik kayma görülmüş; yine kalın kornealarda astigmatik düzeltmenin yetersiz olabileceği vurgulanmıştır.¹⁹ Femtolasik ve yüzey ablasyon kıyaslandığında sonuçlar her ne kadar benzerlik gösterse de femtolasik' in sonuçları daha ön görülebilir bulunmuş, bu durum özellikle hipermetropik ve astigmatik yüzey ablasyonunda regresyonun daha fazla görölmesine bağlanmış, buna karşı yüzey ablasyon grubunda daha az yüksek sıralı aberasyon indüklendiği tesbit edilmiştir.²⁰

Fototerapötik Keratektomi (PTK): 193 nm Excimer laser fotoablasyonla yüzeyel korneal lezyonların giderilmesi ya da azaltılması amaçlı kullanılan yöntemdir. 1995 yılında FDA onayı alan PTK ile ön stromanın %10-20' lik kısmında yer alan patolojilerin giderilmesi hedeflenir.²¹ Başlıca endikasyonları rekürren kornea erozyonları, yüzeyel kornea opasiteleri, kornea dejenerasyonları, keratitler, keratokonus ve refraktif cerrahi komplikasyonlarıdır. Korneal nöropati, şiddetli kuru göz ve kapak disfonksiyonu PTK'nın iyileşme sürecini uzatabilir ve ablasyon sonrası herpes reaktivasyonu görülebilir. Kontrolsüz diyabet ve kollajen vasküler hastalıklar ise relatif kontrendikasyonları oluşturmaktadır. PTK öncesi özellikle ön segment optik koherens tomografi (OKT) ile lezyonun boyutları ve derinliğinin hesaplanması gerekir. Ektazi riskinden kaçınmak için ablasyon sonrası en az 350-400 µm kornea kalınlığı önerilir.²² İrregüler yüzeylerin fotoablasyonla daha iyi düzeltilebilmesi için sodyum hyaluronat, metil sellüloz, %0.1 dextran gibi maskeleyici ajanlar kullanılabilir. Buradaki amaç laser atışlarının derindeki alanlara gelmesini engelleyerek sadece çıkıntılı alanları ablate etmek, böylece daha düzgün bir korneal yüzey oluşturmaktır. Bu uygulamanın PTK sonrası refraktif kaymaları da azalttığı bildirilmektedir.²³ Özellikle refraktif cerrahi sonrası oluşan yüzey düzensizlikleri ve subepitelial haze tedavisinde PTK'nın MMC ile kombine edilmesi, rekürrensi azaltır. Önerilen MMC dozu 0.02 mg ve uygulama süresi 30-120 saniyedir.²⁴

Komplikasyonlar

Refraktif kusur gelişimi: Kullanılan Excimer laser cihazına göre değişiklik gösterir (Visx hipermetrop-Allegretto miyopik shift). Geniş spot, geçiş zonu kullanımı ve maskeleyici ajanlar refraktif kusur miktarını azaltabilir.

Rekürrens: Özellikle korneal dejenerasyon ve distrofilerde uygulanan PTK sonrası sık görülür. Tedavinin tekrarı gerekebilir.

Korneal haze ve opasite: Özellikle derin ablasyonlarda görülebilir.

Ektazi: Refraktif cerrahi sonrası olgularda dikkatli olunması gerekir.

Sonuç olarak PTK, ön korneal patolojilerin tedavisinde başarı ile uygulanan bir yöntemdir.

Tedavinin başarısı için lezyonun derinliğinin ve genişliğinin doğru lokalizasyonu önemlidir.

KAYNAKLAR

- McDonald MB, Frantz JM, Klyce SD, Salmeron B, Beuerman RW, Munnerlyn CR, Clapham TN, Koons SJ, Kaufman HE. One-year refractive results of central photorefractive keratectomy for myopia in the nonhuman primate cornea. *Arch Ophthalmol*. 1990;108(1):40-47.
- El Bahrawy M, Alio JL. Excimer laser 6(th) generation: state of the art and refractive surgical outcomes. *Eye Vis (Lond)*. 2015; 2:6.
- Tomas-Juan J, Larranaga AM-G, Hanneken L. Corneal Regeneration After Photorefractive Keratectomy: A Review. *J Optom*. 2015; 8(3):149-169.
- Bower KS, Woreta F. Update on contraindications for laser-assisted in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Curr Opin Ophthalmol*. 2014;25(4):251-257.
- Fadlallah A, Fahed D, Khalil K, Dunia I, Menassa J, El Rami H, Chlela E, Fahed S. Transepithelial photorefractive keratectomy: clinical results. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(10):1852-1857.
- Taneri S, Zieske JD, Azar DT. Evolution, techniques, clinical outcomes, and pathophysiology of LASEK: review of the literature. *Surv Ophthalmol*. 2004 ;49(6):576-602.
- Pallikaris IG, Katsanevaki VJ, Kalyvianaki MI, Naoumudi II. Advances in subepithelial excimer refractive surgery techniques: Epi-LASIK. *Curr Opin Ophthalmol*. 2003;14(4):207-12.
- Gamulescu MA, May A, Lohmann CP, Gabel VP Sumatriptan: a potent drug for management of corneal lesion pain. *J Cataract Refract Surg*. 2005; 31(6): 1255-1256.
- Kaiserman I, Sadi N, Mimouni M, Sela T, Munzer G, Levartovsky S. Corneal Breakthrough Haze After Photorefractive Keratectomy With Mitomycin C: Incidence and Risk Factors. *Cornea*. 2017;36(8):961-966.
- Shalaby A, Kaye GB, Gimbel HV. Mitomycin C in photorefractive keratectomy. *J Refract Surg*. 2009 ;25(1 Suppl):S93-97.
- Majmudar PA, Schallhorn SC, Cason JB, Donaldson KE, Kymionis GD, Shtein RM, Verity SM, Farjo AA. Mitomycin-C in corneal surface excimer laser ablation techniques: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2015; 122(6):1085-1095.
- Stein R. Photorefractive keratectomy. *Int Ophthalmol Clin*. 2000 ;40(3):35-56.
- Wen D, Tu R, Flitcroft I, Wang Q, Huang Y, Song B, Yu A, Hu L, Zhao Y, Bao F, Yu Y, Lian H, Hoffart L, Kramm RL, Skiadaresi E, O'Brart D, Pallikaris I, Marshall J, McAlinden C, Huang J. Corneal Surface Ablation Laser Refractive Surgery for the Correction of Myopia: A Network Meta-analysis. *J Refract Surg*. 2018;34(11):726-735.
- Wen D, McAlinden C, Flitcroft I, Tu R, Wang Q, Alió J, Marshall J, Huang Y, Song B, Hu L, Zhao Y, Zhu S, Gao R, Bao F, Yu A, Yu Y, Lian H, Huang J. Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis. *Am J Ophthalmol*. 2017;178:65-78.
- Rajan MS, Jaycock P, O'Brart D, Nystrom HH, Marshall J. A long-term study of photorefractive keratectomy; 12-year follow-up. *Ophthalmology*. 2004;111 (10):1813-24.
- Alio JL, Soria FA, Abbouda A, Peña-García P. Fifteen years follow-up of photorefractive keratectomy up to 10 D of myopia: outcomes and analysis of the refractive regression. *Br J Ophthalmol*. 2016 ;100(5):626-632.
- Zhao LQ, Wei RL, Cheng JW, Li Y, Cai JP, Ma XY. Meta-analysis: clinical outcomes of laser-assisted subepithelial keratectomy and photorefractive keratectomy in myopia. *Ophthalmology*. 2010 ;117(10):1912-22.
- Sabau A, Daas L, Behkit A, Wagenpfeil S, Langenbucher A, Ardjomand N, Flockerzi E, Seitz B. Efficacy, safety, and predictability of transepithelial photorefractive keratectomy: meta-analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2021;47(5):634-640.
- Jun I, Kang DSY, Arba-Mosquera S, Kim EK, Seo KY, Kim TI. Clinical Outcomes of Transepithelial Photorefractive Keratectomy According to Epithelial Thickness. *J Refract Surg*. 2018;34(8):533-540.
- Wen D, McAlinden C, Flitcroft I, Tu R, Wang Q, Alió J, Marshall J, Huang Y, Song B, Hu L, Zhao Y, Zhu S, Gao R, Bao F, Yu A, Yu Y, Lian H, Huang J. Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis. *Am J Ophthalmol*. 2017;178:65-78.
- Deshmukh R, Reddy JC, Rapuano CJ, Vaddavalli PK. Phototherapeutic keratectomy: Indications, methods and decision making. *Indian J Ophthalmol*. 2020;68(12):2856-2866.
- Wirbelauer C, Scholz C, Häberle H, Laqua H, Pham DT. Corneal optical coherence tomography before and after phototherapeutic keratectomy for recurrent epithelial erosions. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1629-1633.
- Dogru M, Katakami C, Yamanaka A. Refractive changes after excimer laser phototherapeutic keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:686-692.
- Porges Y, Ben-Haim O, Hirsh A, Levinger S. Phototherapeutic keratectomy with mitomycin C for corneal haze following photorefractive keratectomy for myopia. *J Refract Surg* 2003;19:40-43.

MEKANİK KERATOM VE FEMTOSANIYE LASER İLE LASİK

Dr. Altan Atakan ÖZCAN

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Adana

Laser in situ keratomileusis (LASİK), korneada stromayı da içine alan bir flep oluşturulduktan sonra excimer lazer aracılı fotoablasyon uygulanması ile refraktif kusurun giderilmesine yönelik gerçekleştirilen cerrahi işlemdir. Flep oluşturulması ise bu teknik ilk tanımlandığında, başlangıçta mekanik keratomlar ile gerçekleştirilirken, femtosaniye lazer teknolojisinin gelişimiyle lazer yardımıyla oluşturulan kesi sayesinde lazerle flep oluşturulması mümkün olmuştur.

Femtosaniye lazer, dalgaboyu 1053 nm olan bir infrared lazer çeşididir. Bu lazerler, kornea gibi optik transparan bir dokuda fotodisrupsiyon ve fotoiyonizasyon oluşturarak çalışırlar. Uygulanmaları sonrasında hızlı bir şekilde genişleyen serbest elektronlar ve iyonize moleküller oluşur. Fotodisrupsiyon oluşturmaya rağmen atım süresi femtosaniye düzeyinde olduğu için, atım süresi daha yüksek olan ve oftalmoloji pratiğinde sıklıkla kullanılan Nd:Yag lazere kıyasla çevresine verdiği hasar oldukça düşüktür. Bu sayede güvenli bir kesi sağlamakta ve korneal cerrahide güvenle kullanılabilir. ¹

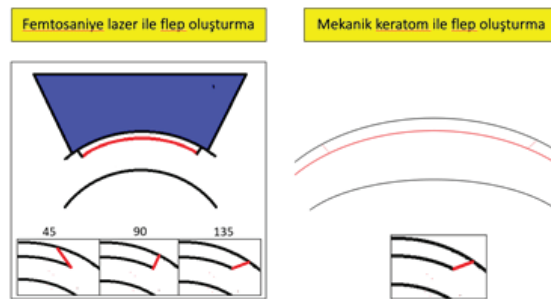
Femtosaniye teknolojisini kullanan ancak hız, spot büyüklüğü ve üretebildiği maksimum spot enerjisi açısından farklılık gösteren çeşitli lazer cihazları piyasada bulunmaktadır (Ziemer FemtoLDV, Zeiss Visumax, Alcon FS200, AMO Intralase iFS-150, Technolas F520 gibi). Spot küçüldükçe plazma oluşumu için gereken enerji azalmaktadır. Bunun paralelinde yeni nesil femtosaniye lazer cihazlarında etkin ve düşük enerji kullanımı sayesinde minimal inflamatuvar yanıt oluşmaktadır. ¹

Femtosaniye lazer cihazlarındaki çeşitliliğe benzer şekilde farklı başlıklar veya suction halkaları ile farklı derinlik ve çapta flep oluşumuna olanak sağlayan çeşitli mekanik keratomlar da piyasada bulunmaktadır.

Mekanik keratom ve femtosaniye lazerin flep oluşturulmasında kullanımını etkinlik, öngörülebilirlik ve güvenilirlik yönünden karşılaştırabiliriz. Etkinlik açısından ise ilk olarak görsel ve refraktif sonuçların karşılaştırılmasında yapılan metaanalizler, postoperatif refraktif sferik eşdeğer, silindir ve hedef refraksiyon açısından iki yaklaşım arasında fark olmadığını göstermiştir. ^{2,3} Ancak diğer yandan yüksek sıralı aberasyon açısından femtosaniye lazerin daha üstün olduğu gösterilmiştir. Öngörülebilirlik açısından ise femtosaniye lazer ile $\pm 10 \mu\text{m}$ yanılma payı ile flep oluşturulurken mekanik keratomda $\pm 50 \mu\text{m}$ düzeylerine ulaşan bir yanılma payı söz konusudur. Bu da mekanik keratomun düşük bir öngörülebilirliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Mekanik keratom ile yapılan kesilerde yalnızca menisküs şeklinde kenar morfolojisi oluşturulabilirken, femtosaniye lazer ile yapılan kesilerde kenar kesi morfolojisinin varyasyonları da uygulanabilmektedir.

Flep kesisi sonrasında stromal yüzeyin düzgünlüğü açısından iki teknik benzer sonuçlar sağlamaktadır. Ancak flep kalınlığının öngörülebilirliğinin mekanik keratomda düşük olması Percentage Tissue Altered (PTA) olarak anılan ve ektazi açısından daha güvenli değer olan %40'ın altındaki değişen doku yüzdesi de dikkate alındığında $50 \mu\text{m}$ 'ye kadar ulaşabilen yanılma payıyla güvenilir aralığın dışına çıkılması riskini ortaya çıkarabilme potansiyeline sahiptir. PTA değeri stromal ablasyon miktarı ile flep kalınlığının toplamının santral kornea kalınlığına oranı ile hesaplanmaktadır.



Resim 1. Femtosaniye lazer ile farklı kenar morfolojileri oluşturulabilirken mekanik keratomla tek tip kenar morfolojisi mümkündür.

Güvenirlik açısından ise iki teknik flep komplikasyonları açısından karşılaştırılabilir. Kuru göz gelişimi ve korneal duyarlılıkta azalma mekanik keratom yapılanlarda daha sık olarak gözlenmektedir. Flep dislokasyonu, serbest flep, inkomplet flep, button hole oluşumu, epitelyal içe yürüme ve düzensiz kesi riski de mekanik keratomda daha yüksektir. ⁴ Diğer yandan ise mekanik keratomda femtosaniye lazere kıyasla

işlem sırasında göz içi basınç değerleri femtosaniye lazer yapılanların yaklaşık 2 katına ulaşabilmektedir.⁵ Ancak yapılan çalışmalarda peripapiller retinal sinir lifi tabakasına uzun dönemde anlamlı bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir.⁶ Eski dönemde femtosaniye lazer ile mekanik keratoma kıyasla diffüz lamellar keratit riski daha yüksek iken yeni cihazlarda etkin enerji kullanımıyla birlikte bu aradaki fark ortadan kalkmıştır. Femtosaniye lazerde limbal damarlardan hemoraji riski de daha düşüktür. Mekanik keratomun aksine suction kayıplarında doğrudan tekrar uygulama daha kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Mekanik keratom ile femtosaniye lazerden daha hızlı flep oluşturulmaktadır.

Özetleyecek olursak, mekanik keratomlar maliyet açısından ve skarlı kornealarda daha güvenli kullanım sağlamaları sebebiyle tercih edilebilir olsalar da günümüz teknolojisiyle LASİK cerrahisinde flep kaldırılmasında üstün flep morfolojisi, öngörülebilir ve güvenli flep oluşumu sayesinde femtosaniye lazer kullanımı altın standarttır. Ayrıca gelişen teknolojiyle daha düşük enerjili fakat daha hızlı uygulama şansı sunan femtosaniye lazer cihazlarının geliştirilmesiyle daha da güvenilir cerrahi şansı sunulabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Chen S, Feng Y, Stojanovic A, et al. IntraLase femtosecond laser vs mechanical microkeratomes in LASIK for myopia: a systematic review and metaanalysis. *J Refract Surg* 2012; 28:15-24. 15.
2. Zhang ZH, Jin HY, Suo Y, et al. Femtosecond laser versus mechanical microkeratome laser in situ keratomileusis for myopia: Metaanalysis of randomized controlled trials. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:2151-2159.
3. Medeiros FW, Stapleton WM, Hammel J, et al. Wavefront analysis comparison of LASIK outcomes with the femtosecond laser and mechanical microkeratomes. *J Refract Surg* 2007; 23:880-887.
4. Zhang Y, Chen YG, Xia YJ. Comparison of corneal flap morphology using AS-OCT in LASIK with the WaveLight FS200 femtosecond laser versus a mechanical microkeratome. *J Refract Surg*. 2013 May;29(5):320-4.
5. Chaurasia SS, Luengo Gimeno F, Tan K, Yu S, Tan DT, Beuerman RW, Mehta JS. In vivo real-time intraocular pressure variations during LASIK flap creation. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Sep;51(9):4641-5.
6. Hosny M, Zaki RM, Ahmed RA, Khalil N, Mostafa HM. Changes in retinal nerve fiber layer thickness following mechanical microkeratome-assisted versus femtosecond laser-assisted LASIK. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:1919-22.

WAVEFRONT (KARTAL GÖRME)- EKSİMER LASER TEKNOLOJİLERİ VE ABERASYONLAR

Dr. Koray BUDAK
Özel Budak Göz Hastalıkları Merkezi, Ankara

- **Görme Kalitesi**

Herhangi bir metrik sistemle tam olarak ortaya koymak mümkün değil.

Birçok faktör etki eder:

- Anatomi :
 - Kornea yüzeyi, eğimi
 - Optik alanların saydamlığı
 - Axial uzunluk
- Optik özellikler :
- Fonksiyon :
 - Çözünürlük
 - Kontrast tespiti

Bütün bunların sonucu kişni algısına özeldir. Kötü bir görme kalitesi her kişiyi aynı derecede etkilemez

- **Görme Kalitesi Ölçümü**

PSF : Işık Dağıtma Fakörü

- Noktasal bir ışık kaynağının retinada oluşturduğu görüntüdür.
- Pupil bağımlıdır
 - Pupil büyüdükçe WF aberasyonlar direkt görüntüyü etkiler.
- Görsel şikayetler hakkında objektif fikir verir
 - Aberasyonlar
 - Difraksiyon ile belirlenir
- Strehl oranı: PSF numerik değeridir. Optik sistemin PSF tepe noktasının, difraksiyon limitli aynı optik sistem PSF tepe noktasına oranıdır
 - Difraksiyon limitli gözde 0.8 üzeri
 - Sadece HOA olan standart gözde 0.05' in altındadır

MTF: Modülasyon transfer faktör

- Faz transfer faktör (PTF): PSF asimetrisinden kaynaklanan faz kaymasını gösterir.
- Modülasyon transfer faktör (MTF) Optik sistemin objenin ayrıntılarını (kontrastını) transfer etme kabiliyetini gösterir.
- OTF (Optik transfer faktör) = MTF+PTF (Optik sistemin tam tanımını yapar)

- *Snellen -ETDRS kartları görme kalitesini ölçmede yetersiz kalır*
 - *Aberasyonlar*
 - *Oküler Saçılma (Scatter)*
 - *Kontrast Hassasiyeti görme kalitesinde rol oynar*

• **Kartal Görme**

- Normal düzeyde bir görmeyi refraktif cerrahi mükemmel seviyeye çıkarmak mümkün mü? Şu andaki teknoloji ile mümkün gözüküyor.
 - a) Anatomik limit
 - Retinal Limit: 20/8-20/10
 - Pupil çapı: Difraksiyon (3 mm optimum)
 - Starburst (Yıldız Tozu)
 - i. Normal her fakik hastada var. Lens fibrillerinden kaynaklanır
 - b) Diğer faktörler: Refraktif cerrahi ile tam düzeltmek mümkün değil.
 - Oküler Scatter: Saçılma
 1. Işığın göz içinde yansıma, kırılma ve difraksiyon nedeni ile yer değiştirmesi
 2. Gözyaşı bozulması, kornea-lens-vitreus opasiteleri nedenli
 3. Bulanma, parlama (Glare), fotofobi ye neden olur
 - Aberasyonlar
 - Monokromatik Aberasyonlar
 - Düşük düzey (DDA)
 - Yüksek düzey (YDA)
 - Kromatik Aberasyonlar

• **Aberasyonlar**

- Wavefront (WF) Hatası: Işığın refraktif bir düzlemde ideal sapmasından farkını belirtir
- Birimi RMS (Root mean square aberation) olarak adlandırılır, mikron ile gösterilir. Ölçülen zernike bozukluklarının karelerinin toplamının kareköküdür.
- Normal insan gözü yüksek düzey aberasyonu (YDA): 0.2- 0.4 μ
- (+)/(-) SA arasında fark gözetmez
- Aynı hizada (angular frequency) 2 derece aralıklı Zernike Şekilleri görüntü kalitesini düzeltir
- Saçılmayı ölçemez (Scattering)
 - Aberrometrenin içindeki lens array saçılmanın etkisini örter
 - Saçılmanın bariz olduğu sistemde görmeyi olduğundan iyi değerlendirir

• **Aberometreler**

Çıkan Işığın Ölçenler

- Hartmann-Shack: Retinadan saçılan ışığın idealden sapmasını ölçer
 - Visx Wavescan
 - iDesign Advanced Wavescan (1250 nokta; yüksek çözünürlük)

- Alcon LADARwave
- B&L Zywave (75 nokta; düşük çözünürlük)
- Alcon InnovEyes

Giren Işığı Ölçenler

- Tscherning: Retinada oluşan görüntüdeki sapma ve gölgeleri ölçer
 - Wavelight Allegro Analyzer
- iTrace: Laser ray tracing aberometre: Retinada odaklanan laser ışınlarının sapmasını ölçer

Infrared Dinamik Skiascope

- Slit Scanning Skiascope: Nidek OPD scan
- **Aberasyonların hesaplanmasından kullanılan matematik teknikler**
 - Zernike
 - Fourier
- Seçilen matematiksel yöntem aynı tip aberometrilere bile YDA'ları farklı hesaplayabilir
- Düşük seviyeli aberasyonlarda aberometreler arası fark görülebilir
- Aberometreler Excimer laser eşlikli: Mix yaparak karşılaştırma olanağı yok
- 8. sıra üzerini Zernike bozukluklarını teknolojik olarak düzeltmek zor
- **ZERNİKE ŞEKİLLERİ: Karmaşık wavefront haritası basit zernike polinomlarının toplamıdır**
 - **Düşük Düzey Aberasyonlar**
 - Tüm aberasyonların %80-90'nını oluştururlar
 - Gözlük, standart laser refraktif cerrahi, GİL, Yumuşak KL ile düzeltilebilir.
 - Defocus (2. Derece Zernike): Miyopi-Hipermetropi
 - Görüntü ciddi olarak tüm ayrıntıları ile bulanıktır
 - Astigmatizma (2.Derece Zernike)
 - Görüntü dağınık, özellikle astigmat aksı yönünde kayma vardır
 - Defocus'tan daha iyi ancak birlikte ise kötüleşen görüntü
 - **Yüksek Düzeydeki Aberasyonlar**
 - Tüm optik defektlerin %10-20
 - Gözlük - Konvansiyonel laser ile düzeltilemez
 - Refraktif cerrahi sonrasında görmeyi en çok etkileyen aberasyonlar; coma, sferik aberasyon, sekonder astigmatizmadır.
 - Coma (3. Derece Zernike)
 - Bulanma cisimden genellikle bir yöne doğru uzayan kuyruk şeklindedir
 - Hasta tüm kartı okuyabilir ancak hayalet görüntü ve monoküler diplopi nedeni ile kaliteden mutsuzdur
 - Sferik Aberasyon (SA) (4. derece Zernike)
 - Görüntüde radial ve simetrik yayılma
 - Her harfin çevresinde hale görünümü
 - Görme keskinliği iyidir ama kamaşma, ışık saçılımı gibi semptomlar var

- Özellikle gece görme bozukluğu yapar
- Sekonder Astigmatizma (4. derece Zernike)
 - Harfleri seçebilir ama diplopi başta olmak üzere ciddi şikayetleri vardır
 - Hale, kamaşma, gece görme bozukluğu yapar
 - Genellikle post-operatif, özellikle astigmatizma tedavisi ile çıkar
- Yüksek Düzeydeki Aberasyonlar Görsel Semptomlar
 - Hayalet görüntü: Coma
 - Işık halkası (Hale): Sferik Aberasyon
 - Kamaşma: Trefoil, İkincil Astigmatizma
 - Çift görme: Coma
 - Bulanma: Sferik Aberasyon
 - Puslu, mat görme: Kombinasyon
- Ortalama Aberasyon (6 mm pupil)
 - Ortalama Yüksek Düzey Aberasyon: **$0.23 \pm 0.11 \mu\text{m}$**
 - Coma: $0.14 \pm 0.08 \mu\text{m}$
 - Trefoil: $0.10 \pm 0.07 \mu\text{m}$
 - Sferik Aberasyon: $0.09 \pm 0.07 \mu\text{m}$
 - Ortalama aberasyon pupil çapı küçüldükçe azalır
- **Refraktif cerrahi sonrası görme kalitesi**
 - HOA refraktif cerrahi sonrası artar
 - Düzeltme derecesi arttıkça bu artış daha fazla olur
 - HOA değişimi optik kalite parametreleri ile minimal koraledir.
 - Odak derinliği artar ancak HOA ile korale değil.
 - Eksimer laser sonrası optik kalitede (MTF, PSF) azalma olur.
 - Bu azalma pre-op iyi görme kalitesine sahip olanlarda fazladır.
 - Pre-op kötü görme kalitesine sahip olanlarda post-op düzelme görülebilir.
 - Standart Tedavi Sorun:
 - Periferik enerji yansıması (%8)
 - Biomekanik etki:
 - Miyopi (%7)
 - Hipermetropi (%25)
 - Sonuç olarak optik zon küçülür, SA artar
- **Kişiyeye Özel Tedaviler**
 - Prolat tedaviler (Temel): SA oluşumunu azaltır
 - Keratometri kontrollü

- Asferite kontrollü
- Total Wavefront Eşlikli: Tüm YDA tedavisi
- Korneal Topografi Eşlikli: Korneal YDA tedavisi
 - Topografi eşlikli
 - Korneal wavefront eşlikli
- Topografi + WF Kombine: InnovEyes: Tüm YDA tedavisi
- **Keratometri Konrollü (WF Optimize-OATZ)**
 - Amaç indüklenen sferik aberasyonları engellemek
 - Korneanın prolat yapıdan oblat yapıya geçişini azaltır
 - Korneal eğim periferde laser atımlarının korneaya açılı gelmesine neden olur
 - Periferik laser spot ovalizasyonu birim alana düşen enerjiyi eşik değer olan 45 mJ/cm² altına düşürür
 - Periferik enerji yansıması buna katkı yapar
 - Max %80 enerji kaybı olur
 - -5.00 D'ye kadar etkin, daha yüksek düzeltmelerde standart tedaviye göre daha az SA indükler
- **Asferite Kontrollü (Custom Q)**
 - Keratometri kontrollü ablasyon planını bir adım öteye taşımak için geliştirilmiş.
 - Keratometri kontrollü tedavilere göre SA oluşumuna daha etkin
 - Asferisite odaklıdır
- Q ve K Kontrollü Tedaviler -5.0 D'ye kadar Q kontrolünde etkindir
- **Wavefront Eşlikli Tedaviler**
 - Gözün total WF hatasını düzeltmeyi hedefler
 - Tüm optik sistem
 - Göz yaşı, ön kornea, korneal stroma, arka korneal yüzey, lens, vitreus, retina dikkate alınır
 - Amaç aberasyonsuz ideal görmeye yaklaşmaktır.
 - Primer tedavide önerilir.
 - Yüksek aberasyonlu gözlerde doğru WF ölçüm almak zor
 - Gözün ortalama HOA: 0.23 μ (6 mm OZ). Wavefront tedaviler 0.3-0.4 μ üzeri HOA olan gözlerde önerilir. Bunun nedeni gözün total wavefront hatasını eğer korneadaki bir ablasyon ile düzeltmek istersek; yeni ablasyon ışığı wavefront hatasının ölçüldüğü doğrultudan, korneadaki ablasyon sonrası ortaya yeni kırıcılık nedeni ile başka bir doğrultuya sapmasına sebep olur. Yani pratik olarak ölçülen hatanın tam düzeltilmesi imkanı yoktur. Bu yüzden wavefront tedaviler düşük wavefront hatasının olduğu gözlerde wavefront hatasının yükselmesine sebep olabilirler.
 - Bununla birlikte wavefront tedavilerdeki diğer sıkıntılar:
 - Ölçüm belli bir zamanda, ışık şiddetinde ve pupil çapında statik bir ölçüm ancak göz dinamik bir optik sistem; ışık şiddeti, akomodasyon, zaman içindeki değişikliklerden etkilenir. Yani objektif ölçüm almak zor.
 - Yara iyileşmesi ve flep oluşturmak yeni WF hatalarına yol açabilir veya hassasiyeti düşürebilir.

- Kromatik aberasyonlar: Değişik dalga boyları ayrı noktalarda odaklama yapar. Refraksiyon, boyut, pozisyon hataları olur. Hafif monokromatik aberasyon, kromatik aberasyona hassasiyeti önler

- **Topografi Eşlikli Ablasyonlar**

- Kornea gözün primer refraktif yapısıdır. Korneal aberasyonların düzeltilmesi tüm optik sistemde dramatik bir düzelmeye neden olur.
- Pupil çapı kısıtlayıcı olmadığı için periferi de kapsayan daha geniş bir alanda ölçüm ve tedavi şansı vardır
- Özellikle doğru bir WF ölçümünün alınmasını engelleyecek kornea düzensizlik ve skar olan olgularda WF eşlikli tedavilere üstündür.
- Ancak kornea sonrasındaki aberasyonları dikkate almaması bazen düzgün bir korneaya rağmen yetersiz refraktif sonuçlara neden olabilir

- **Topografi ve Wavefront Kombine Tedaviler (InnovEyes)**

- Tüm basit ve gelişmiş korneal refraktif cerrahi ablasyon profillerinin planlanmasında 1911 de geliştirilmiş Gullstrand Göz modelini kullanır. Ancak bu model göz içindeki çoklu kırıcı ortamları dikkate almaz. Bu yeni geliştirilmeye çalışılan tedavi biçiminde wavefront, tomografi (Ön kamara, kornea ön arka yüzeyi, kornea kalınlığı lens pozisyonu), biometri ile aksiyel uzunluk otorefraktometre ile objektif refraksiyon alınıp, literatürdeki lensin şekli, retina eğimi, refraktif indisler kombine edilerek, veriler göz modeline işlenir. Wavefront bulgularına göre oküler yüzeylerin yerleri optimize edilir. Göz modeli son halini alınca ön kornea istenilen hedef wavefronta göre modifiye edilir. Orijinal ve optimize edilen yüzey arasındaki fark ablasyon profilini belirler. Laser puls atım yeri ablasyon etkinliği ve yara iyileşmesi, biyomekanik hesaba katılır.
- Bu sayede klasik wavefront tedavisindeki engeller ve başarısızlık nedenleri ekarte edilerek mükemmel görmeye en yakın sonuçlar edilmesi amaçlanmaktadır.

Sonuç

Eksimer laser refraktif cerrahisinde geçen 25 yıl sürecinde gerek alet teknolojisi, gerek ablasyon planlaması açısından önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bugün için hastaların özellikle gece görmesinde geçmişte yaşanan sıkıntılar büyük ölçüde engellenmiştir. Kartal gözü olarak magazinsel deyim ile adlandırılan süper görmeyi hedeflemek açısından hala anatomik ve teknolojik engeller olmakla birlikte bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

LASIK VE SMILE CERRAHİSİNDE SINIRLAR

Dr. Volkan HÜRMERİÇ
Dünyagöz Hastanesi, Ankara

Giriş

Günümüzde refraktif cerrahi teknikleri korneal ve intraoküler teknikler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Korneal refraktif teknikler arasında fotoablasyon, femtosaniye lazer yardımcı lentikül çıkartılması, insizyonel teknikler ve korneal inlay uygulamaları bulunmaktadır. İntraoküler teknikler arasında iris kıskacı ve arka kamaraya uygulanan fakik göz içi lensleri, şeffaf lens değişimi, pseudofak hastalara uygulanan add on teknikler sayılabilir. Korneal ve intraoküler lens uygulamalarının birlikte kullanılmasına ise bioptics adı verilmektedir. Refraktif cerrahi yöntemleri arasında korneaya uygulanan femtosaniye lazer yardımcı wavefront-guided fotoablasyon altın standart olarak kabul edilse de femtosaniye yardımcı lentikül çıkartılması bu durumu değiştirme potansiyeli taşımaktadır.

Korneal Refraktif Cerrahi Teknikleri

Keratorefraktif cerrahi korneanın şeklini değiştirerek refraktif kusurların düzeltilmesini amaçlamaktadır. İlk olarak yüzey tedavileri refraktif kusurları düzeltmek için uygulanmaya başlanmıştır.¹ PRK, LASEK, Transepitelial-PRK gibi yüzey tedavilerin refraktif sonuçları LASIK'e benzerdir ancak iyileşme süresi konforsuz ve uzun olup uzun dönemde regresyon ihtimali daha fazladır.^{2,3} Hastaların günlük yaşantılarına doğal olarak çabuk dönmek istemeleri refraktif cerrahide LASIK'i ön plana çıkarmıştır. İki binli yılların başında femtosaniye lazerlerin kullanıma girmesi ile mikrokeratomların oluşturabildiği flep komplikasyonları riski en aza indirilmiştir.⁴ Daha ince ve daha küçük çaplı flepler ektazi riskini ve kuru göz ihtimalini azaltmıştır.⁵ Bu gelişmeler femtosaniye lazer yardımcı LASIK'in insanlarda en çok uygulanan cerrahi tedavi olmasını sağlamıştır. LASIK sonrası hastaların %98'inde +/- 1,0 D arasında sonuç elde edilebilmekte ve memnuniyet %99'a ulaşabilmektedir.⁶ Bunlarla birlikte hastalarda gece şikayetleri, kuru göz, düzensiz astigmatizma, ektazi gibi riskler hala bulunmaktadır.⁷

Femtosaniye lazer yardımıyla lentikül çıkartılması ilk olarak Carl Zeiss Meditec tarafından geliştirilmiştir. LASIK cerrahisine göre en önemli avantajları göz kuruluğu şikayetlerinin daha hızlı düzelmesi ve operasyon sonrası sferik aberrasyonların daha iyi kontrol edilmesidir.^{8,9} Tedavinin optik çapı excimer lazer ablasyonuna göre daha geniş ayarlanabildiği için SMILE'da postoperatif sferik aberrasyonlar daha düşük olacaktır. SMILE tedavisi daha kısa operasyon süresi, tedavi sonrasında daha az ağrı hissi oluşturması nedeniyle LASIK'e göre çok daha konforlu bir operasyondur. SMILE biyomekanik olarak kornea yapısına LASIK'e göre çok daha az etkide bulunur.¹⁰

Relex SMILE'in dezavantajları ise tedavi sırasında vakum kaybının LASIK'e göre daha önemli bir sorun olması, pupil santralizasyonu ve torsiyon kontrolünün olmaması, lentikül çıkartılmasındaki zorluklar ve revizyon gerektiğinde excimer lazer kullanılması sayılabilir.^{11,12}

LASIK ve SMILE tekniklerinin sınırları

LASIK ve SMILE tekniklerinde yapılan vaka değerlendirme her iki yöntem içinde aynıdır. Her iki teknikte de refraktif kusurun düzeltilip düzeltilmeyeceği, oküler ve sistemik sağlık durumu ve hastaya özel risk faktörünün bulunup bulunmadığı benzer şekilde değerlendirilir. Keratorefraktif cerrahinin kontrendike olduğu oküler durumlar arasında stabil olmayan refraksiyon, keratokonuslu gözler, orta ağır seviyede kuru göz sendromu, lattice distrofisi, glokom, aktif viral hastalıklar, aktif üveitler, retinal yırtıklar ve dekolman sayılabilir. Sistemik kontrendikasyonlar arasında gebelik, diabetes mellitus, kontrol dışı romatolojik hastalıklar, düşük IQ seviyesi, kişilik bozuklukları, beklentisi aşırı yüksek hastalar bulunmaktadır. LASIK uygulanamayan bir hastaya SMILE'da uygulanamayacağı unutulmamalıdır.

Hafif seviyede kuru göz bulunan olgular, temas sporuyla uğraşan kişilerde SMILE tekniği avantajlıdır. Aşırı derecede gözlerini sıkı uyumsuz hastalarda daha yüksek vakum uygulanması sebebiyle Lasik cerrahisi SMILE yerine tercih edilebilir. SMILE uygulanamayan olgularda temporal menteşe ile flep hazırlanması LASIK vakalarının travmaya karşı duyarlılığını azaltacaktır.

LASIK ve SMILE'da cerrahi öncesi hazırlık ve planlama

Her iki teknikte de cerrahi öncesi hazırlık dönemi benzerdir. Manifest ve sikloplejik refraksiyon ile en iyi uzak görmeyi sağlayan en düşük değerler mutlaka alınmalıdır. Astigmatizmayı SMILE gibi iris registry kullanmayan bir sistemde düzeltmek için doğru aksın ve büyüklüğünün tespiti önemlidir. Bunu sağlamak için tashih sırasında çapraz silindir testi gibi teknikler kullanılmalıdır. Bütün refraktif cerrahi ameliyalarından

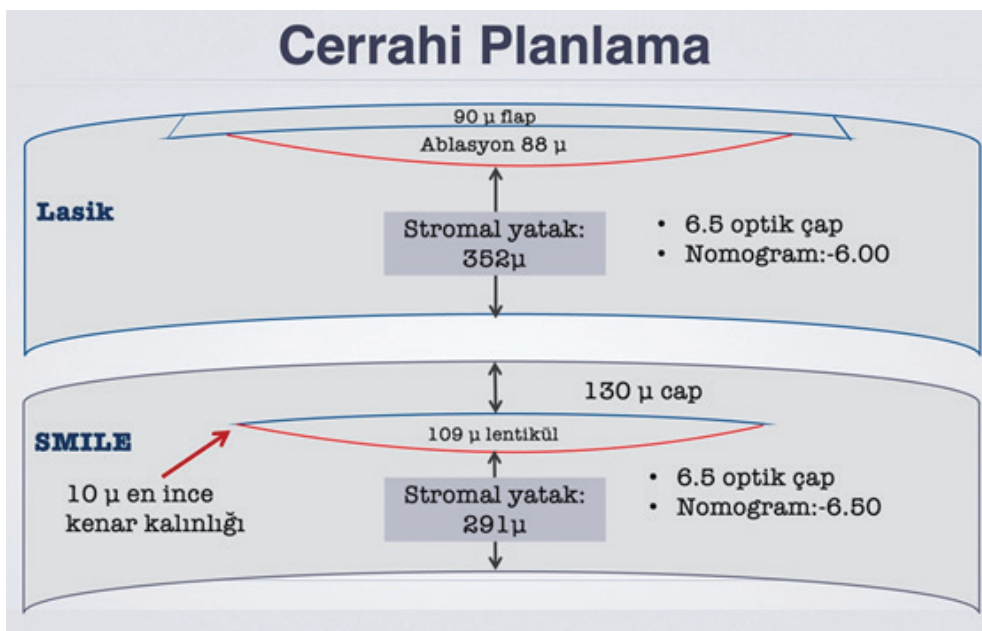
önce hastayı en az iki farklı gün tashih etmek en doğru sonucun alınması için önemlidir. Göz içi basınç ölçümü, biyomikroskopi, pupillometri, dilate fundus muayenesi yapılmalıdır. Kornea topografisi ve tomografisinde iki göz birlikte değerlendirilmelidir.¹³ Operasyon sırasında femtosaniye lazer ara yüzünün doğru konumlandırılabilmesi için limbustan limbusa mesafe (white to white) ve kappa değerleri kontrol edilmelidir. Hastanın orbita yapısının incelenmesi docking aşamasında karşılaşılabilecek zorlukları ön görmek açısından önemlidir.

LASIK'de 8,4-9,2 mm çapında bir flep oluşturulur. Flep kalınlığı 90 mikrona (μ) kadar inceltilebilir. Daha kalın flep kullanımı cerrahın tercihinin görevidir. LASIK'te etkilenmemiş stromal yatak kalınlığı (Flep kalınlığı ile ablasyon miktarı toplamının pakimetriden çıkartılması) 300 μ altına indirilmemektedir. Kornea pakimetrisinin %40'dan fazlasının LASIK tedavisinde değiştirilmemesi ektazi riskini azaltmak açısından önemlidir. Optik çap miyop hastalarda 6-6,5 mm arasında hipermetrop hastalarda ise 7 mm olarak kullanılır.

SMILE cerrahisinde tedavi edilmemiş subepitelial anterior stroma bölümüne İngilizcede "cap" adı verilmektedir. Cap kalınlığı 100-140 μ arasında tercih edilebilir. 140 μ 'dan daha kalın cap kullanılması durumunda ise nomogram uygulamak gerekir. Lentikülün en ince yan kenar kalınlığı 10 μ ve üzerinde tercih edilmelidir. Daha ince bir değer kullanılması lentikülün yırtılmasına yol açabilir. Yan kenar kalınlığı refraksiyonu etkilemese de korneaya en az etki oluşturmak için 20 μ 'dan kalın yan kenar kullanmanın cerrahi ve tıbbi bir gereği yoktur. SMILE'da etkilenmemiş stromal yatak kalınlığı üretici firma tarafından 250 μ olarak önerilmektedir. Bunun nedeni flep oluşturulmadığı için cap dokusunda bulunan stroma kalınlığının etkilenmemiş stroma olarak kabul edilmesidir. Resim-1 SMILE uygulandıktan sonra postoperatif dönemde kornea pakimetrisinin 400 μ altına inmemesini öneririm. Tedavinin optik çapı 5,5-8 mm arasında tercih edilebilir. SMILE'da 6,2 mm'den daha küçük optik çap regresyon riskini artırır. 6,5 ile 7 mm arasındaki optik çap değerleri sferik aberrasyon seviyesini en az etkileyen ideal değerleridir.

-6,00 Dioptri (D) refraktif kusuru olan bir kişide LASIK ve SMILE planlaması farklı yapılr. Bu farkların anlaşılması cerrahi limitlerin tespitinde önemlidir. LASIK'de ablasyon miktarı 6,5 mm optik zon'da 88 μ 'dur. 530 μ pakimetrisi olan bir korneada 90 μ flep'le uygulanan LASIK cerrahisi 352 μ etkilenmemiş stromal yatak bırakır. LASIK'de genel kabul edilmiş en ince pakimetri limiti 490 μ olduğu için örnek olarak seçilen bu vakada LASIK rahatlıkla uygulanabilir. Resim-1

-6,00 D düzeltme için SMILE uygulanırken standart ayarlar cap kalınlığı 130 μ , optik zon 6,5 mm, en ince yan kenar 10 μ olarak seçilir. Nomograma göre -6,50 D sisteme girilmesi gerektiğinden lentikül kalınlığı bu olguda 115 μ olacaktır. 530 μ pakimetri, 50 μ epitel kalınlığı olan bir korneada etkilenmemiş kornea kalınlığı lentikül posteriorundaki 291 μ residuel stromal yatak ile cap stromasının toplanmasıyla 370 μ olarak hesaplanır. Resim-1



Resim-1

-6,00 D refraktif kusuru, kornea pakimetrisi 530 mikron (μ) olan bir olguda LASİK ve SMILE cerrahisi planlaması:

LASİK: 90 μ flep, 6 mm optik ϕ ap, -6,00 Dioptri (D) wavefront optimize excimer lazer düzeltme ile ablasyon miktarı 88 μ planlanmıştır. LASİK sonrası etkilenmeyen arka stroma kalınlığı 352 μ olarak hesaplanmıştır [Pakimetri - (ablasyon kalınlığı + flep kalınlığı)]. Toplam değiştirilen doku miktarı [(Flep kalınlığı+ablasyon derinliği)/Pakimetri] yüzde 33 olarak hesaplanmıştır.

SMILE: 130 μ cap, 6,5 mm optik ϕ ap, -6,50 D düzeltme (nomograma göre), en ince kenar kalınlığı 10 μ ile lentikül kalınlığı 109 μ planlanmıştır. Posterior korneada değiştirilmeyen stromal yatak kalınlığı 291 μ 'dur. 50 mikron epitel kalınlığı bulunan hastada cap stroması 80 mikrondur. SMILE sonrası etkilenmeyen stroma kalınlığı (posterior değiştirilmeyen stromal yatak + cap stroması) 371 μ olarak hesaplanmıştır.

Refraktif sınırlar

LASİK cerrahisi sferik refraktif kusurları +6,00 D ile -9,00 D arasında, silindirik refraktif kusurları -5,00 D'e kadar düzeltebilmektedir. SMILE cerrahisi ise hipermetrop ve miks astigmatizmayı düzeltememektedir. SMILE sferik kusurları -0,50 -9,00 D arasında silindirik kusurları ise -4,00 D'e kadar düzeltebilmektedir. SMILE tedavisinin aldığı CE belgesindeki limitler nedeniyle bütün tedavilerde -0,50 sferik düzeltme uygulanması gerekmektedir. Bu durum presbiyopi çağındaki hastalarda dezavantaj oluşturmaktadır. Bu yıl içerisinde kullanıma giren Visumax 800 sisteminin uyguladığı SMILE Pro tedavisi hipermetropi ve miks astigmatizma tedavisi uygulayabilmektedir. Bu yöntemin sonuçlarını değerlendirmek açısından yeni çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Excimer lazer ablasyonu odanın ısı ve nem durumundan etkilenmektedir. Hastanın yaşı ve silindirik kusuruna bağlı olarak değişen nomogram kullanımına gerek duyulmaktadır. SMILE tedavisinde ise çevresel etkenlerin ve yaştan etkisi çok az olup nomogram ihtiyacı çok daha basit düzeydedir. SMILE'da en iyi sonucun alınması için lazer sisteminin enerji seviyesinin en ideal hale getirilmesi ve docking aşamasında dikkatli olunması büyük önem taşır.^{14,15}

LASİK ve SMILE sonuçları karşılaştırıldığında refraktif sonuçların benzer seviyede olduğu görülmektedir.¹⁶⁻¹⁸ Bütün refraktif cerrahi işlemlerinde astigmatik düzeltmenin doğru aksa yapılmaması refraktif sonuçları olumsuz etkilemektedir. 4 derecelik sapma tedavinin %14, 8 derecelik sapma tedavinin %25 seviyesinde daha az etkili olmasına yol açmaktadır.¹⁹ 1,5 D'den yüksek astigmatizmada tedavi öncesinde korneanın işaretlenmesi SMILE sonuçlarını daha başarılı olmasını sağlar.²⁰ 1,5 D'den daha düşük astigmatizmada korneanın işaretlenmesine SMILE 'da gerek bulunmamaktadır. Bununla birlikte 3,00 D'den yüksek astigmatizmada iris registry kullanan excimer lazer ablasyon manuel işaretlemekten daha iyi sonuç verecektir. Bunda en önemli sebep hastanın tedavi sırasında uyumsuzluğu ve orbita yapısının docking aşamasında oluşturduğu zorluklardır. Yeni geliştirilen lentikül ekstraksiyon sistemleri (Visumax 800, FemtoLDV Z8, ATOS) hem santralizasyonu hem de torsiyon kontrolünü yazılımsal olarak yapabildiği için lentikül ekstraksiyonun yüksek astigmatlarda bulunan dezavantajını ortadan kaldıracaktır.

Sonuç

LASİK ve SMILE tedavilerinin her ikisi de mükemmel refraktif sonuçlar sağlamaktadır. SMILE cerrahisi daha konforlu olması, göz kuruluğu bulgularının daha çabuk iyileşmesi, kornea biyomekaniğini daha az etkilemesi ve LASİK'e benzer refraktif sonuçları nedeniyle en çok tercih edilen korneal lazer yöntemi haline gelmektedir. Torsiyon kontrolü ve santralizasyonun yazılım ile entegrasyonu lentikül ekstraksiyonunun halen başarılı olan refraktif sonuçlarını daha ileriye götürecektir. Önümüzdeki yıllarda excimer lazer kullanımının sadece tedavi amaçlı topografi guided tedavi, yüzey ablasyonları ve revizyonlar ile sınırlanacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Amm M, Wetzel W, Winter M, Uthoff D, Duncker GI. Histopathological comparison of photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis in rabbits. *J Refract Surg.* 1996;12:758-66.
2. Na KS, Chung SH, Kim JK, Jang EJ, Lee NR, Joo CK. Comparison of LASIK and surface ablation by using propensity score analysis: a multicenter study in Korea. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53:7116-21.
3. Taneri S, Weisberg M, Azar DT. Surface ablation techniques. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:392-408.
4. Santhiago MR, Kara-Junior N, Waring GOt. Microkeratome versus femtosecond flaps: accuracy and complications. *Curr Opin Ophthalmol.* 2014;25:270-4.
5. Sandoval HP, Donnenfeld ED, Kohnen T, Lindstrom RL, Potvin R, Tremblay DM. Modern laser in situ keratomileusis outcomes. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42:1224-34.
6. Zhao LQ, Wei RL, Cheng JW, Li Y, Cai JP, Ma XY. Meta- analysis: clinical outcomes of laser-assisted subepithelial keratectomy and photorefractive keratectomy in myopia. *Ophthalmology.* 2010;117:1912-22
7. Shetty R, Kumar NR, Khamar P, et al. Bilaterally Asymmetric Corneal Ectasia Following SMILE With Asymmetrically Reduced Stromal Molecular Markers. *J Refract Surg* 2019;35:6-14.
8. Sekundo W, Gertner J, Bertelmann T, Solomatin I. One-year refractive results, contrast sensitivity, high-order aberrations and complications after myopic small-incision lenticule extraction (ReLEx SMILE). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2014;252:837-43.
9. Moshirfar M, McCaughey MV, Reinstei DZ, Shah R, Santiago- Caban L, Fenzl CR. Small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:652-65.
10. Reinstei DZ, Archer TJ, Randleman JB. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK, and small incision lenticule extraction. *J Refract Surg.* 2013;29:454-60.
11. Reinstei DZ, Archer TJ, Vida RS, Carp GI. Suction stability management in SMILE: development of a decision tree for managing eye movements and suction loss. *J Refract Surg.* 2018;34:809-16.
12. Reinstei DZ, Carp GI, Archer TJ, Vida RS. Outcomes of retreatment by LASIK After SMILE. *J Refract Surg.* 2018;34:578-88.
13. Hürmeriç V. Korneal görüntüleme yöntemleri. *Refraktif Cerrahide Güncel Konular.* 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.22-30.
14. Li L, Schallhorn JM, Ma J, Cui T, Wang Y. Energy setting and visual outcomes in SMILE: a retrospective Cohort Study. *J Refract Surg.* 2018;34:11-6.
15. Hurmeric V. Patient Selection, Surgical Tips, and Clinical Results in ReLex SMILE. *Glo-Kat* 2021; 16: 63-73.
16. Sekundo W, Kunert K, Russmann C, et al. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. *JCRS* 2008, 34:1513-20.
17. Blum M, Lauer AS, Kunert KS, et al. 10-Year Results of Small Incision Lenticule Extraction. *J Refract Surg* 2019;35:618-23.
18. Ağca A, Çakır İ, Tülü Aygün B, et al. Visual and Refractive Outcomes of Small-Incision Lenticule Extraction in High Myopia: 5-Year Results. *Journal of Ophthalmology* 2018;2018:5893126.
19. Stevens JD. Astigmatic Excimer Laser Treatment: Theoretical Effects of Axis Misalignment. *European Journal of Implant and Refractive Surgery* 1994;6:310-318.
20. Chen P, Ye Y, Yu N, et al. Correction of Astigmatism with SMILE With Axis Alignment: 6-Month Results From 622 Eyes. *J Refract Surg* 2019;35:138-145.

PRESBYOND LASER BLENDED VISION

Dr. Alper AĞCA¹, Dr. Bülent KÖSE²

¹ Dünya Göz Hastanesi, İstanbul

² Aritmi Osmangazi Hastanesi, Bursa

Giriş

Presbiyopinin cerrahi tedavisi için günümüzde çeşitli cerrahi yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin her birinin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır ve hiçbirisi akomodasyon kaybından kaynaklanan fonksiyon kaybını tam olarak yerine koyamamaktadır. Ancak çoğu hastada hastayı tatmin eden ve hayat kalitesini yükselten sonuçlar almak mümkündür. Yine de presbiyopiye yönelik tüm refraktif cerrahi girişimlerde öngörülebilirlik hala önemli bir sorundur.

Presbiyopinin tedavisine yönelik en eski uygulamalardan birisi monovizyondur. Bu uygulamada hastanın bir gözü uzağı diğeri yakını görebilecek hale getirilir. Kişi uzağa bakarken uzağı gören, yakına bakarken de yakını gören gözü sayesinde görsel ihtiyaçlarını karşılayabilir ancak çoğu mesafede sadece bir gözden gelen görüntü net olduğu için baktığı cismi aslında monoküler olarak görmektedir. Eğer kişinin baktığı mesafeyi bulanık gören gözünden gelen görüntü nöral mekanizmalarla bastırılabilirse sonuç oldukça tatmin edici olabilmektedir.

Monovizyon farmakolojik olarak (örn: pilokarpin damla), kontakt lens ile, ya da cerrahi olarak (kalıcı biçimde) sağlanabilir. Cerrahi olarak monovizyon sağlamanın bir yolu da korneal refraktif cerrahidir.¹⁻³ Presbyond Laser Blended Vision (Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya), CRS-Master (Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) veya Refractive Workplace (Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) tedavi planlama platformlarında bir seçenek olarak bulunan, sadece MEL 90 Excimer lazer platformu (Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) ile korneaya uygulanabilen ve monovizyonu esas alan presbiyopi tedavisine yönelik bir kornea cerrahisi yöntemidir.⁴⁻⁶

Presbyond Laser Blended Vision

Presbyond cerrahisi hipermetropik miyopik ve/veya astigmatik refraktif kusuru bulunan ya da emetrop olan hastalara uygulanabilmektedir. Refraktif hedef olarak bir gözde emetropi diğeri gözde ise -1.50 D miyopi (ancak -0.75 ila -2.50 D arasında değişen seçenekler de vardır) seçilmektedir. Gerek bu platformun üreticisi olan ZEISS firması gerekse bazı yazarlar indüklenen miyopi miktarının eski klasik monovizyon uygulamalarına kıyasla daha az olmasından hareketle ve uygulanan ablasyon profilinin uzak görmeyi -1.50 miyopiye kıyasla daha az etkilediği iddiasıyla uygulamayı monovizyon değil mikro-monovizyon olarak adlandırmayı tercih etmektedirler.⁴⁻⁶ Ayrıca yine uygulanan ablasyon profili nedeniyle, gerek emetrop olan gözde gerekse miyop hale getirilen gözde odak alanının 1.50 D kadar arttığı öne sürülmektedir. Odak alanındaki bu artış nedeniyle klasik monovizyona göre uzağa ayarlanmış göz için orta ve yakın mesafede, yakına ayarlanmış göz için de orta ve uzak mesafede bulanıklık oluştuğu, böylece iki göz arasındaki netlik farkının azaldığı, bu sayede nöral mekanizmaların devreye girerek iki görüntüyü birleştirip binoküler olarak her bir gözün tek tek gördüğünden daha iyi bir görme keskinliği oluşturduğu iddia edilmektedir. Artmış odak alanı sayesinde her iki gözle de karşılaştırılabilir/benzer netlikte görülebildiği iddia edilen ara mesafe firma tarafından blend zone olarak adlandırılmaktadır.

Kısacası bu yöntemde lazer ablasyonu ile bir göz miyop bir göz emetrop hale getirilir fakat kullanılan ablasyon profilinin (diğer excimer lazer uygulamalarından farklı olarak) her iki gözde de odak alanı arttırdığı iddia edilmektedir. Artmış odak alanının da hem binoküler görmenin klasik monovizyona göre daha iyi olmasını sağladığı hem de monovizyonun tolere edilebilirliğini %95 lerin üzerine çıkardığı iddia edilmektedir.⁴⁻⁶

Presbyond da kullanılan ablasyon profili odak alanını arttırmak için sferik aberasyonu kullanmaktadır. sferik aberasyonun görme kalitesini düşürürken odak alanını arttırdığı literatürde zaten daha önce ortaya konmuştur. Öte yandan lazer uygulanmamış gözlerde zaten sferik aberasyon vardır ve miyopik lazer tedavileri sferik aberasyonu arttırırken hipermetropik lazer tedavileri de negatif sferik aberasyon yaratmaktadır. Ayrıca, pupil çapı genişledikçe de devreye giren periferik korneanın etkisi ile sferik aberasyon miktarı artmaktadır. Özellikle loş ortamlar gibi pupillanın genişlediği durumlarda bu etki iyice belirginleşip görme problemlerine ve disfotopsiye sebep olabilmektedir. Sferik aberasyonun görme keskinliğini düşürücü ve görme kalitesini bozucu etkisi nedeniyle ablasyon profilleri sferik aberasyon yaratmamaya odaklansa da pratikte yine de lazer tedavilerinden sonra sferik aberasyon bir miktar artmaktadır.⁷ Presbyondun lazer ablasyonu stratejisi ise hiç sferik aberasyon yaratmamaya çalışmak (ama ister istemez yine de bir miktar yaratmak) yerine uzak görmeyi bozmayacak kadar artışa izin vermek

üzerine kuruludur. Böylece görme kalitesini etkilemeden odak alanını arttırma hedefini gütmektedir.⁴⁻⁶

Sonuç

Hastanın pupilla çapı, her pupilla çapı için farklı bir sferik aberasyonu olacak olması, düzeltilecek refraktif kusura göre indüklenen sferik aberasyon miktarının farklı olacak olması, istenen ablasyonun korneaya ne kadar hassas bir şekilde işlenebilecek olduğu, her hasta için farklı olan ve her pupil çapında değişen ameliyat öncesi sferik aberasyonun izin verilen sferik aberasyon ile nasıl bir kombinasyon oluşturacağı ve regresyon ile bunların nasıl ve ne kadar değişeceği gibi konular istenilen etkinin elde edilmesini sınırlandırabilme potansiyeline sahiptir. Her ne kadar Presbyond'da hastanın yaşı ve ameliyat öncesi sferik aberasyonun dikkate alındığı belirtilse de bunun nasıl yapıldığı açık değildir. Öte yandan izin verilen sferik aberasyon miktarının zaten düşük olması ve bir miktar sferik aberasyonun da zaten tolere edilebilir olması herşeye rağmen bu cerrahi yöntemi standart bir lazer refraktif cerrahi veya monovizyon uygulamasına benzer şekilde güvenli hale getirmektedir.

Fakat, güvenli bir yöntem olsa da bu yöntemin modern bir excimer lazer platformu ile yapılacak aynı miktarda bir monovizyon uygulamasından daha iyi klinik sonuç verdiğine dair kontrollü bir çalışma olmadığından klasik monovizyona kıyasla gerçekten daha üstün olduğuna dair kesin bir yargıda bulunmak mümkün değildir.

KAYNAKLAR

1. Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27:1449-1455.
2. Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. *J Refract Surg.* 2004;20:325-328.
3. Wright KW, Guemes A, Kapadia MS, Wilson SE. Binocular function and patient satisfaction after monovision induced by myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:177-182.
4. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for Myopic Astigmatism and Presbyopia Using Non-Linear Aspheric Micro-Monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 Platform. *J Refract Surg.* 2011;27:23-37.
5. Reinstein DZ, Couch DG, Archer TJ. LASIK for Hyperopic Astigmatism and Presbyopia Using Micro-monovision With the Carl Zeiss Meditec MEL80. *J Refract Surg.* 2009;25:37-58.
6. Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M. LASIK for the correction of presbyopia in emmetropic patients using aspheric ablation profiles and a micro-monovision protocol with the Carl Zeiss Meditec MEL80 and VisuMax. *J Refract Surg.* 2012;28:531-541.
7. Reinstein DZ, Archer TJ, Couch D, Schroeder E, Wottke M. A new night vision disturbances parameter and contrast sensitivity as indicators of success in wavefront-guided enhancement. *J Refract Surg.* 2005 Sep-Oct;21(5):S535-40. doi: 10.3928/1081-597X-20050901-23. PMID: 16209457.

TOPOGRAFI-REHBERLİ KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TEDAVİLER

Dr. Hanefi ÇAKIR¹, Dr. Fehim ESEN²

¹ Atlas Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

² İstanbul Medeniyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

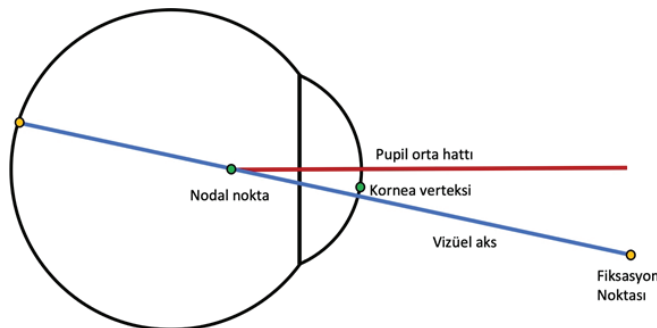
Giriş

Standart tedavilerde excimer lazer ile kırma kusurlarının düzeltilmesi için her göze aynı kırma kusurunun düzeltilmesi için aynı noktalardan ve eşit güçlerde lazer enerjisi uygulanır. Halbuki her hastanın korneasının kırıcılık haritaları farklıdır ve ideal olan uygulanan tedavinin bu bireysel farklılıklara göre dizayn edilmesidir. Kırma kusurlarının düzeltilmesine ilave olarak kişiselleştirilmiş tedavilerde korneanın wavefront aberasyonların veya topografik analizlerde tespit edilen düzensizliklerinin düzeltilmesi için kişiye özel ablasyon profilleri tasarlanmaktadır. Wavefront rehberli kişiselleştirilmiş tedavilerde kişinin wavefront aberasyon ile wavefront refraksiyon değerleri hesaplanır ve kırma kusurları düzeltilirken bunları da düzeltmeye yönelik bir kornea ablasyon profili uygulanır. Topografi rehberli tedavilerde ise kornea topografisinde korneanın her bir noktadaki kırıcılık ile yükseklik değerleri topografi cihazı yardımı ile kaydedilir ve refraksiyon kusuru düzeltilirken kornea yüzeyini düzenli hale getirecek şekilde kişinin ihtiyaçlarına göre tasarlanmış bir ablasyon profiline göre tedavi verilir. Yeni geliştirilen modern Excimer cihazları arasında hem topografi hem de Wavefront analizlerini aynı anda değerlendirerek her ikisinin sonuçlarına göre optimal ablasyon profilleri dizayn edenler de mevcuttur.

Topografi rehberli tedaviler önceleri sadece düzensiz korneaları olan hastaların sorunlarını gidermek amacı ile geliştirilmiş olsalar da güncel yayınlarda herhangi bir kornea patolojisi olmayan hastalarda da bu tedavi yaklaşımlarının standart tedavilerden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmektedirler.¹ Tamamen sağlıklı olan gözlerde uygulanan refraktif cerrahilerde de topografi rehberli tedavi uygulandığında görme keskinliğinin 20/15'in üzerinde değerlere ulaşma oranının arttığı gösterilmiştir.² Bu nedenle yukarıda bahsettiğimiz hastaların topografileri ve wavefront haritalarını dikkate alarak kişiselleştirilmiş tedavi uygulamaları yaygınlaşıp maliyetleri düştükçe ileride tüm hastalar için kişiye özel ablasyon profillerinin oluşturulması yaygınlaşacaktır. Bu bölümde sizlere topografi rehberli tedavilerin özelliklerini, uygulama çeşitlerini, bu tedavileri uygulayabilen platformları, tedavi basamaklarını ve hangi olguların bu tedaviler için ideal olduklarını açıklamaya çalışacağız.

Neden topografi rehberli tedaviler tercih edilmektedir?

Topografi rehberli tedavilerin öncelikli geliştirilme amacı anormal kornealara (daha önce desantralize ablasyon yapılmış vakalar, keratokonus, PMD, postLASIK ektazi, gibi) çözüm üretebilmek olmuştur. Ancak sağlıklı kornealarda da astigmatizma paterninin standart olmayıp bazı hastalarda ince kase, bazılarında kalın kase, bazılarında ise merkezi olmayan kase şeklinde topografik görünümlere neden olacak şekilde oldukça farklılık göstermektedir. Birbirinden oldukça farklı topografik özellikleri olan bu astigmatizmlerin tamamının aynı genişlikteki bölgeye uygulanacak bir ablasyon ile tedavi edilmesi ideal değildir. Bu nedenle hastanın topografisinin bilinerek buna göre plan yapılması postoperatif görme kazanımını arttırmaktadır. Vizüel aksın kornea apeksine olan yakınlığı pupil merkezine olan yakınlığına göre oldukça daha fazladır (Şekil 1). Topografi rehberli tedavi kornea apeksini merkez alarak tedavi uygularken, standart tedavide pupil orta hattı tedavi merkezi olarak alınmaktadır. O nedenle kappa açısı yüksek olan hastalarda topografi rehberli uygulanması standart tedaviye göre hastanın çok daha fazla memnun kalmasına neden olacaktır. Topografi rehberli tedavi esnasında uygulanan ablasyon etrafında daha yumuşak geçiş bölgeleri bulunur ve bu da optik olarak hastaya avantaj sağlamaktadır.



Şekil 1. Kappa açısı. Kornea verteksinin vizüel aksa pupil orta hattına kıyasla daha yakın olduğu görülmektedir.

Akomodasyon gibi birçok kişisel faktör Wavefront ölçümlerinin güvenilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Buna karşılık kornea topografi cihazları birçok hekimin yorumlamaya aşina olduğu ve oldukça stabil

sonuçlar veren bir çıktı verirler. Topografi rehberli tedavide veri işleme mekanizmalarının doğrudan hekim denetiminde yapılması ise bir diğer avantaj oluşturmaktadır.

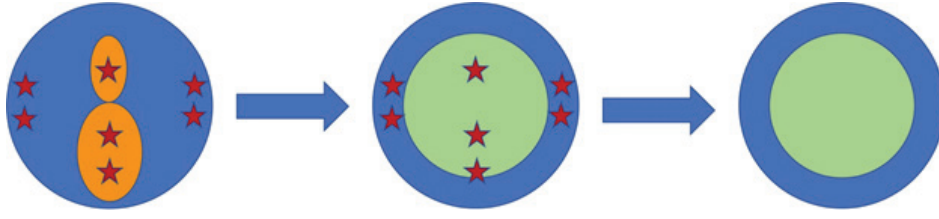
a) Topografi rehberli tedavi için kullanılacak görüntüleme yöntemleri ve platformlar

Topografi temelli tedavilerde iki farklı görüntüleme teknolojilerinden yararlanılmaktadır; placido tabanlı görüntülemeler ve Scheimpflug tabanlı görüntülemeler. Birçok cihazın birlikte çalıştığı topografi sistemleri placido tabanlı görüntülemelerden faydalanmaktadır. Placido tabanlı görüntülemelerin avantajı bu yöntemin merkezi 3-6mm arasındaki bölgede daha iyi sonuç vermesidir. Bu nedenle periferik korneada düzensizlik bulunduğu durumlarda ve merkezi korneanın saydam olmadığı olgularda placido tabanlı görüntülemeler daha doğru ve güvenilir sonuç vermektedir. Scheimpflug tabanlı görüntülemelerde ise merkezi 5mm'lik bölgede daha iyi sonuç elde edilmektedir. Ayrıca korneanın yükseklik verilerinin de cihaz üzerinde ek işlem gerektirmeksizin lazer cihazına aktarılması mümkün olmaktadır. Birçok modern görüntüleme sistemi ve cihaz; hem placido hem de Scheimpflug görüntülerini aynı anda alabilmektedir. Böyle olgularda lazer yazılımı korneayı normalleştirmek için en uygun küre konseptini kullanır. Kornea topografisi rehber alınarak yapılacak bu tedavi için kornea topografisi çekiminin ideal koşullarda yapılması önemlidir. Kornea topografisi çekilirken dikkat edilmesi gereken konular Tablo 1'de gösterilmiştir.³

Tablo 1. Kornea Topografisi çekiminde dikkat edilmesi gereken konular
- Oküler yüzey, kornea biyomekaniği ve refraksiyon kusuru en az 3 ay stabil olmalıdır
- Topografiler pupil çapından ve akomodasyondan etkilenmediğinden nispeten statiktir
- Güvenilir olmalı, kalibrasyonu yapılmış olmalıdır
- Korneanın maksimum alanını değerlendirmelidir (minimum %75)
- Çekimde fiksasyon ışığına bakıldığından emin olunmalıdır
- Aberasyon bulguları internal optik kaynaklı olmamalıdır
- Optik pakimetri, ultrasonik yöntemle teyit edilmelidir
- Mümkünse birkaç farklı cihazdan farklı zamanlarda 4-5 çekim alınmalıdır
- Topografi çekimini deneyimli teknisyen yapmalıdır

b) Topografi rehberli tedavi algoritmaları

Topografi rehberli tedavilerin Wavefront rehberli tedavilere kıyasla en önemli avantajlarından birisi de daha az doku kaybına neden olmalarıdır. Wavefront tabanlı tedavilerde kornea yüzeyindeki tüm tümsekler planlanan taban seviyesine kadar yapılarak tıraşlanır ve ardından düzenli hale getirilen bölge üzerine planlanan sferik tedavi uygulanır. Wavefront rehberli tedavi bu nedenle oldukça fazla doku kaybına neden olur. Topografi rehberli tedavilerde korneanın tümsek olan bölgelerinin tepelerine (miyop tedavisindeki düzleştirici etkiye benzer), çukur olan bölgelerin ise kenarlarına (hipermetrop tedavisindeki dikleştirici etkiye benzer) eş zamanlı tedavi uygulanır (Şekil 2). Bu işlem ile eş zamanlı olarak uygulanan çok küçük miyopik ve hipermetropik ablasyonlardan oluşan, karmaşık bir tedavi algoritması uygulanmış olur. Bu yöntem sayesinde topografi rehberli tedavilerde kornea apeksine uygulanan ablasyon miktarı oldukça düşüktür. Kornea apeksi, keratokonus hastalarında korneanın en ince ve biyomekanik olarak en zayıf kısmıdır. Bu nedenle tedavi esnasında bu bölgede mümkün olduğunca doku kaybının en düşük seviyede olması istenir. Korneayı 10 katlı bir bina olarak düşünürsek, Wavefront tedavisi ilk olarak bu 10 katı zemin seviyesine indirmek için tüm dokuyu çıkarır. Ancak topografi rehberli tedavide ise öncelikle korneanın dik kısmını 6. Kata kadar indirir ve ardından zemin katı 5-6 kat seviyesine çıkarmak için dikleştirme uygular. Topografi rehberli tedavilerin uygulanması kornea apeksinin lüzumundan daha fazla zayıflatılmasını engeller.⁴



Şekil 2. Topografi rehberli ablasyon algoritması. Topografi rehberli ablasyon esnasında öncelikle korneanın dik olduğu bölgelere tedavi uygulanmakta ve bu bölgeler kısmen düzleştirilmektedir (miyopik ablasyon benzeri). Bu bölgelere bitişik olan düz kornea bölgelerinin periferlerine atış yapılarak bu bölgelerin dikleşmeleri sağlanmaktadır (hipermetropik ablasyon benzeri). Birçok lokal miyopik ve hipermetropik ablasyonlardan oluşan topografi rehberli tedaviler, tümsek olan bölgenin düz olan bölge düzeyine kadar indirildiği Wavefront rehberli tedavilere kıyasla daha az doku kaybına neden olmaktadır.⁴

Phorcides yazılımı

Phorcides yazılımı Dr. Lobanoff tarafından geliştirilen yeni bir ablasyon profili tasarlama yazılımıdır. Phorcides yazılımında tedavi planlanırken hastanın placido kornea topografisi (Wavelight Topolyzer Vario), korneanın anterior ve posterior yüzeylerinin topografisi (Pentacam) ve manifest refraksiyon bilgisi kullanılarak, bir ağırlıklı ortalama analizi yapılır. Bu yazılımı elde ettiği verileri refraktif vektörler olarak derlemektedir; kornea yüzeyindeki her yükselti için bir vektör, ön kornea astigmatizması için bir vektör, arka kornea astigmatizması için bir vektör ve varsa herhangi bir dahili lentiküler astigmatizma için bir vektör oluşturur. Bu karmaşık verileri kullanarak biz dizi geliştirilmiş algoritma ile vektöryal analiz yapmakta ve elde edilen sonuç ile hastanın excimer lazer ablasyon profili otomatik olarak belirlenmektedir. Bu değerlerin başarılı sonuç verebilmesi için topografi ölçümlerinin ve manifest refraksiyon değerinin çok iyi olarak kaydedilmiş olması gereklidir. Bu yazılım ilk defa arka korneal astigmatizma ve dahili (lentiküler) astigmatizma değerlerini hesaba katarak refraktif cerrahi planlaması yapılabilmesini mümkün kılmıştır. Yine diğer yöntemlerden farklı olarak bu yazılım sayesinde topografik düzensizlikleri korneadan kaldırmanın etkisi matematiksel bir model ile hesaplanabilmektedir. Bu yazılım cerrahın öznel karar verme ihtiyacını ortadan kaldıracak şekilde manifest astigmatizma ile topografideki astigmatizma arasındaki dengeyi kendisi hesaplayarak tedaviye daha objektif ve hesaplanabilir bir yaklaşım katmıştır.⁵ Mevcut Phorcides yazılımı öncelikle normal gözlerde astigmatizma tedavisini optimize etmek için geliştirilmiş olup, bu gözlerde oldukça iyi sonuçlar bildirilmiştir.⁶ Keratokonus veya PostLASİK ektazi gibi hastalıkların tedavisini iyileştirmek için araştırmalar devam etmektedir.⁵

Topografi ile entegre ablasyon

iDesign 2.0 Refractive Studio cihazı wavefront aberometre, wavefront refraksiyon, kornea topografisi, keratometri ve pupillometri ölçümlerini aynı anda almaktadır. Bir önceki versiyonunda topografi bilgisi sadece Excimer lazer ışınlarının kornea yüzeyine ulaştıkları andaki kosinüs etkisine göre şiddetlerinin optimize edilmesi için kullanılmaktaydı. Yeni versiyonda ise hem topografi rehberliği hem de wavefront rehberliği aynı anda kullanılarak iki kişiselleştirilmiş tedavi eş zamanlı olarak uygulanmaktadır.⁵ Bu tedavinin 20/20 üzerinde görme keskinliğine ulaşan hasta oranını arttırdığı bildirilmekte olup, bu yöntemin standart wavefront rehberli ablasyon ile karşılaştırmalı çalışması henüz yayınlanmamıştır.⁵

Topografi rehberli tedaviler hangi hastalar için uygundur?

Topografi rehberli tedaviler öncelikle postrefraktif cerrahi problemler gelişen hastaların (desantralize ablasyon, küçük optik zon, under/over korreksiyon, flep problemleri) tedavi edilmesi için kullanıma girmiştir. Bu tedaviler pupil genişliğine bağlı ışık rahatsızlığı, halo, glare ve gece görme problemi olan hastaların şikayetlerinin engellenmesi veya rahatlatılması için de faydalı olmaktadır.⁷⁻¹⁰ Bunların haricinde düzensiz astigmati olan hastaların tedavisinde özellikle korneal skar, penetran keratoplasti sonrası astigmatizma, derin ön lamellar keratoplasti sonrası astigmatizma veya radyal keratotomi sonrası düzensiz astigmatizması gelişen olguların tedavileri için de topografi rehberli tedavilerden faydalanılmaktadır.¹¹⁻¹² Topografi rehberli tedavilerin klinik sonuçları hakkında bilgilerimiz geliştikçe topografi rehberli tedavilerin kullanım endikasyonları da buna göre genişlemektedir. Kappa açıları yüksek olan olguların (özellikle hipermetroplar) tedavisinde de faydalı olmaktadır. Korneanın ektatik hastalıklarında; keratokonus, pellusid marjinal dejenerasyon, PostLASİK ektazi gibi tabloların neden olduğu optik sorunların çözülmesi için topografi rehberli tedaviler uygulanmaktadır.¹³

Topografi rehberli tedaviler en iyi başarıyı 5D ve altındaki astigmatizmalarda göstermekteyken, 10D ve altındaki korneal astigmatizması olan hastalarda da başarı ile uygulanabilmektedir. 10D'lik bir astigmatizma

için dik eksen 5D düzleştirilip düz eksen de 5D dikleştirilerek başarılı bir sonuç elde edilebilir. Ancak 10D üzerindeki astigmatizmalar için her bir eksen de 5D üzerinde ablasyon gerekeceği için bu tedavilerin artık uygulanabilir olmamaktadır.

c) Keratokonusu topografi rehberli tedaviler

Kanellopoulos ve ark. tarafından korneal çapraz bağlama tedavisi uygulanmış keratokonuslu gözler üzerinde ilk defa topografi rehberli fotoreaktif keratotomi (PRK) tedavisinin uygulandığı bildirildi ve bu sonuçların 30 ay süre ile stabil olduğu yayınlandı (14,15). Bu yayının ardından birçok araştırmacı keratokonus hastalarında da topografi rehberli PRK ve kollajen çapraz bağlama tedavilerini birlikte uygulamaya başlamış ve olumlu sonuçlar gözlenmiştir. İlk çalışmalarda korneal çapraz bağlama tedavisi yapılmış gözlerle topografi rehberli PRK tedavisi yapılmış olmasına karşılık, artık birçok araştırmacı topografi rehberli PRK tedavisi ile korneal çapraz bağlama tedavisini eş zamanlı uygulamayı tercih etmektedir.^{13,16,17} Eş zamanlı tedavide korneal çapraz bağlama tedavisi ile güçlendirilen dokunun ablate edilmesi engellenmekte, PRK ile Bowman tabakası açıldığı için riboflavinin doku içerisine penetrasyonu daha iyi olmakta ve çapraz bağlama tedavisi ile uyarılan keratosit apoptozu nedeni ile korneal haze gelişimi daha az olmaktadır.^{18,19}

Topografi rehberli PRK tedavisinin uygulanabilmesi için minimum kornea kalınlığının en az 450µm olması gerekmektedir, ki bu durumda postoperatif kornea kalınlığı 400µm, rezidüel stromal yatak kalınlığı ise 350µm olacaktır. Keratokonus hastalarında ablasyon miktarının da 50µm'u geçmemesi gerektiği önerilmektedir. Burada amacımız kırma kusurunu düzeltmekten ziyade kornea yüzeyini düzenli hale getirmek olduğu için; bu hastalarda lüzüm halinde ablasyon miktarını azaltmak amacı ile optik zon 5.5mm olarak seçilmesi de mümkündür. Rutin PRK tedavisinden sonra haze oranlarını azaltmak için bir çok klinisyen mitomisin c kullanmaktadır. Bu hastalarda eş zamanlı yapılan korneal kollajen çapraz bağlama tedavisi nedeniyle keratosit apoptozu tetiklenmekte ve dolayısı ile haze oranı azalmaktadır. Bu nedenle birçok araştırmacı bu keratokonus tedavisinde mitomisin c kullanmamayı tercih etmektedir.²⁰

Diğer kornea patolojilerinde topografi rehberli tedaviler

Keratokonus dışında topografi rehberli PRK ile kombine kollajen çapraz bağlama tedavisi pellusid marjinal dejenerasyon ve postLASIK ektazi hastalarında da başarıyla uygulanmaktadır. Kişiyi özel topografik nötralizasyon teknikleri kullanılarak yüksek aberasyonlu korneaların; refraktif cerrahi sonrası desantralize ablasyon, asimetrik astigmatizma, postradial keratotomi, travma sonrası ve postkeratoplasti astigmatizma tedavisi mümkündür.²⁰⁻²²

Sonuç

Görme kalitemizi azaltan aberasyonların büyük çoğunluğu korneamızdan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle korneamızdaki bireysel farklılıklara dikkat edilerek, kornea kırıcılığımızı daha düzenli hale getirmeyi amaçlayan topografi rehberli kişiselleştirilmiş tedaviler ile çok iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu tedaviler özellikle kornealarında patolojik irregüler astigmatizması olan hastaların tedavileri için üretilmiş olsalar da, güncel uygulamalar sağlıklı kişilerde ve topografi rehberli tedavi yapıldığında sonuç görme keskinliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu tedavilerin en önemli dezavantajı henüz hala birçok kullanıcı için yüksek fiyatların engelleyici olabilmesidir. Bu nedenle ilerleyen dönemde bu cihazların fiyat olarak daha uygun hale girmeleri ve yaygınlıklarının artmaları ile topografi rehberli tedavilerin artacağı ön görülebilir.

KAYNAKLAR

1. Hu PC, Li L, Wu XH et al. Visual differences in topography-guided versus wavefront-optimized LASIK in the treatment of myopia: a Meta-analysis. *Int J Ophthalmol.* 2021;14(10):1602-1609.
2. Cheng SM, Tu RX, Li X, Zhang JS, Tian Z, Zha ZW, Ruan KW, Yu AY. Topography-Guided Versus Wavefront-Optimized LASIK for Myopia With and Without Astigmatism: A Meta-analysis. *J Refract Surg.* 2021;37(10):707-714.
3. Hardten DR, Chittcharus A, Lindstrom RL. Long term analysis of LASIK for the correction of refractive errors after penetrating keratoplasty. *Cornea.* 2004;23(5):479-89.
4. Kent C. Topography-guided ablation: pros and cons. *Review of ophthalmology.* 2012;19(7):20-31.
5. Kent C. Topography-guided ablation: state of the art. *Review of ophthalmology.* 2020;27(2):22-32.
6. Stulting RD, Lobanoff M, Mann PM 2nd, et al. Clinical and Refractive Outcomes after Topography-guided Refractive Surgery Planned Using Phorides Surgery Planning Software. *J Cataract Refract Surg.* 2022 Feb 10. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000910. Epub ahead of print. PMID: 35171146.
7. Knorz MC, Jendritza B. Topographically-guided laser in situ keratomileusis to treat corneal irregularities. *Ophthalmology* 2000;107:1138-43.
8. Kymionis GD, Panagopoulou SI, Aslanides IM, Plainis S, Astyrakakis N, Pallikaris IG. 8) Topographically supported customized ablation for the management of decentered laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2004;137:806-11.
9. Alio JL, Belda JL, Osman AAS, Shalaby AMM. Topography guided laser in situ keratomileusis (TOPOLINK) to correct irregular astigmatism after previous refractive surgery. *J Refract Surg* 2003;19:516-27.
10. Chen X, Stojanovic A, Zhou W, Utheim TP, Stojanovic F, Wang Q. Transepithelial, topography-guided ablation in the treatment of visual disturbances in LASIK flap or interface complications. *J Refract Surg* 2012;28:120-6.
11. Mularoni A, Laffi GL, Bassein L, Tassinari G. Two-step LASIK with topography-guided ablation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty. *J Refract Surg* 2006;22:67-74.
12. Lin DTC, Holland SR, Rocha KM, Krueger RR. Method for optimizing topography-guided ablation of highly aberrated eyes with the ALLEGRETTO WAVE excimer laser. *J Refract Surg* 2008;24:S439-45.
13. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Management of corneal ectasia after LASIK with combined, same-day, topography-guided partial transepithelial PRK and collagen cross-linking: The Athens Protocol. *J Refract Surg* 2011;27:323-31.
14. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: A temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea* 2007;26:891-5.
15. Krueger RR, Kanellopoulos AJ. Stability of simultaneous topography-guided photorefractive keratectomy and riboflavin/ UVA cross-linking for progressive keratoconus: Case reports. *J Refract Surg* 2010;26:S827-32.
16. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Keratoconus management: Long-term stability of topography-guided normalization combined with high-fluence CXL stabilization (the Athens Protocol). *J Refract Surg* 2014;30:88-93.
17. Tuwairqi WS, Sinjab MM. Safety and efficacy of simultaneous corneal collagen cross-linking with topography-guided PRK in managing low-grade keratoconus: 1-year follow-up. *J Refract Surg* 2012;28:341-5.
18. Kanellopoulos AJ. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided PRK for treatment of keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:S812-8.
19. Kymionis GD, Kontadakis GA, Kounis GA, Portaliou DM, Karavitaki AE, Magarakis M, et al. Simultaneous topography-guided PRK followed by corneal collagen cross-linking for keratoconus. *J Refract Surg* 2009;25:S807-11.
20. Ramamurthy S, Soundarya B, Sachdev GS. Topography-guided treatment in regular and irregular corneas. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):2699-2704.
21. Kymionis GD, Grentzelos MA, Plaka AD, Tsoulfarnas KI, Kankariya VP, Shehadeh MM, et al. Simultaneous conventional photorefractive keratectomy and corneal collagen cross-linking for pellucid marginal corneal degeneration. *J Refract Surg* 2014;30:272-6.
22. Lin DT, Holland S, Tan JC, Moloney G. Clinical results of topography based customized ablations in highly aberrated eyes and keratoconus or ectasia with cross linking. *J Refract Surg* 2012;28:S841-8

REFRAKTİF GİRİŞİMLERDE ÇAPRAZ BAĞLAMININ YERİ VAR MI?

Dr. Özge SARAÇ

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara Şehir Hastanesi, Ankara

Giriş

1980'li yıllarda ektatik kornealarda biyomekanik gücün azalmasının tespit edilmesiyle birlikte bu gözlerde korneanın biyomekanik gücünü arttırmaya yönelik yöntemler araştırılmaya başlandı.¹ 1997 yılında Spoerl² ve arkadaşları tarafından korneanın biyomekanik gücünün ultraviyole A (UVA) ve riboflavin ile arttırılabileceği ve bu tedavi yönteminin ektazi tedavisinde kullanılabileceği deneysel bir çalışma ile tespit edildi. 2003 yılında ise Dresden üniversitesinden Wollensak³ ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada UVA ve riboflavin ile uygulanan korneal kollajen çapraz bağlama yönteminin keratokonus tedavisinde oldukça etkili olduğunu, %70 hastada ektazide regresyon ve %65 hastada ise görme seviyesinde artış sağladığını gözlemledi. Bu araştırmalardan sonra da çapraz bağlama tedavisi keratokonus, keratoglobus, pellusid marjinal dejenerasyon (PMD) ve post-LASIK ektazi gibi korneal ektatik hastalıkların tedavisinde hızla klinik oftalmoloji pratiğimize girdi ve korneal ektazi tedavisinde altın standart tedavi yöntemi olarak kabul edildi.

UVA ve riboflavin ile uygulanan korneal kollajen çapraz bağlama tedavisi korneanın biyomekanik gücünü yaklaşık %329 oranında arttıran bir fotokimyasal çapraz bağlama reaksiyonudur.^{2,3} Günümüzde ektatik kornealarda progresyonu durdurabilen ve bir miktar regresyon sağlayabilen tek tedavi seçeneğidir. Ektazi tedavisinde etkinliği ve güvenilirliği artık kanıtlanmış olan çapraz bağlama tedavisinin refraktif girişimlerde de farklı amaçlarla tek başına veya ekzimer lazer ile kombine olarak kullanımı söz konusudur. Çapraz bağlama tedavisinin refraktif cerrahide en yaygın kullanım alanı ektatik kornealarda ekzimer lazer ile refraktif düzeltme sağlanırken iyatrojenik ektazi gelişimini önlemek ve kornea biyomekaniğini desteklemek amacına yöneliktir. Keratokonus veya PMD gibi ektatik kornealarda ekzimer lazer refraktif cerrahi uygulamaları ancak çapraz bağlama tedavisinin koruyucu şemsiyesi altında ve uygun gözlere yapılabilmektedir. Yine ektatik olmayan ama ektazi veya regresyon gelişim riski yüksek olan kornealarda da LASIK veya SMILE cerrahileri ile kombine olarak LASIK Xtra veya SMILE Xtra adıyla uygulanabilmektedir.^{4,5} Refraktif cerrahi sonrası gelişebilen post-LASIK ektazi veya diğer bir adıyla iyatrojenik ektazide tedavi amaçlı çapraz bağlama kullanımı da oldukça kabul görmüştür.⁶ Bir diğer kullanım alanı ise ekzimer lazer kullanmadan sadece çapraz bağlama tedavisi ile yapılan refraktif düzeltme cerrahileridir.⁷ Aşağıda çapraz bağlama tedavisinin refraktif cerrahideki kullanım alanları 4 ana başlık altında detaylı olarak anlatılacaktır.

1-Ektatik kornealarda destekleyici amaçlı uygulama

Ektatik kornealarda destekleyici amaçlı çapraz bağlama uygulaması daha çok yüzeysel ablasyon yöntemleri olan fotorefraktif keratektomi (PRK) veya fototerapotik keratektomi (PTK) cerrahileri ile kombine şekilde olmaktadır. Literatürde ilk olarak 2007 yılında PRK ve çapraz bağlama uygulanan ve bir yılın sonunda görme keskinliği 20/20 olan ve ektazisinde ilerleme gözlenmeyen bir keratokonus olgusu raporlanmıştır.⁸ Sonraki yıllarda ise çapraz bağlama ile kombine PRK yöntemleri uygun ektatik kornealarda uygulanmaya başlanmıştır. Çapraz bağlama ile kombine edilen PRK klasik PRK şeklinde olabileceği gibi sıklıkla topografi kılavuzlu olarak yapılmaktadır ve Athens protokolü ismini almaktadır.⁹ Buradaki amaç mekanik gücü 3 kat arttırılan bir korneada sınırlı bir doku ablasyonu ile biyomekanik bir sorun yaratmadan korneanın şeklini düzeltmek ve daha simetrik bir kornea elde etmektir. Amaç hiçbir zaman refraktif düzeltme değildir ve bu husus hastaya çok iyi anlatılmalıdır. Topografi kılavuzlu PRK'da çapraz bağlama işlemi ile PRK aynı seansta yapılabileceği gibi, farklı seanslarda da yapılabilir. Farklı seanslarda yapılacaksa öncelikli olarak çapraz bağlamanın yapılması daha uygun olacaktır. Her iki yöntemin de kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Topografi kılavuzlu PRK yönteminde preoperatif topografik haritalardan edinilen bilgiler ekzimer lazer sistemine aktarılır ve topografik haritaya göre lazer ablasyon paterni oluşur.

Bilindiği gibi çapraz bağlama tedavisi sırasında etkili bir çapraz bağlama reaksiyonu için kornea epiteli mekanik olarak debride edilmektedir. Epitelin sabit bir derinlikte ekzimer lazer ile ablasyonu, koni bölgesinde epitelin daha ince olması nedeniyle bu bölgede stromadan da bir miktar ablasyon yapılmasını sağlamakta ve yine çapraz bağlama öncesi daha düzenli bir kornea elde edilmektedir. PTK ile kombine çapraz bağlama yönteminde uygulanabilecek birçok protokol bulunmakla birlikte en yaygın olarak kullanılanı Cretan protokolüdür.¹⁰ Cretan protokolünde çapraz bağlama öncesi transeptilyal olarak 6.5 mm çaplı sabit 50 µm derinliğinde bir ablasyon yapılmaktadır. Epitel daha sonra 8.5-9.0 mm ye kadar mekanik olarak debride edilmekte ve korneaya çapraz bağlama uygulanmaktadır.

2- Ektatik olmayan kornealarda destekleyici amaçlı uygulama

Ektatik olmayan kornealarda destekleyici amaçlı çapraz bağlama yöntemlerini uygulamadaki amaç çapraz bağlama ile korneanın biyomekanik gücünü arttırmak, iyatrojenik ektazi gelişimini ve refraksiyondaki regresyonu önlemektir.

Bu amaçla en sık uygulanan yöntem LASIK Xtra'dır. LASIK Xtra aynı seansta hızlandırılmış çapraz bağlama ve LASIK cerrahisinin birlikte uygulanmasıdır. LASIK için uygun hastalardan yüksek miyopik (>-8.0 D) veya hipermetropik olanlar bu yöntem için tercih edilebilir.⁴ En önemli amacı post-LASIK ektaziyi önlemektir. Elde edilecek refraksiyonda stabilizasyon sağlaması da diğer bir kazanımdır. Yalnız vurgulamakta yarar vardır ki, LASIK Xtra ektazi riski olan hastada ektazi gelişimini önlemek için yapılacak bir yöntem değildir ve kornea klinik ve topografik olarak normal sınırlarda olmalıdır.

LASIK Xtra'da çapraz bağlama işlemi LASIK işleminden hemen sonra uygulanır. Flep kaldırılıp ekzimer lazer uygulandıktan sonra stromal yatağa 45-120 saniye arası %0.22 riboflavin uygulanıp stromal yatak irriye edilir ve flep tekrar kapatılır. Flep komplikasyonlarını önlemek amacıyla flebe riboflavin temasından kaçınılmalıdır.⁴ Flep kapatıldıktan sonra flep üzerinden 45-90 sn arası, 1.8 ile 5.4 J/cm² arası ortalama total UVA enerjisi 2.7 J/cm² gibi olacak şekilde hızlandırılmış çapraz bağlama işlemi yapılır. Bu yöntemde riboflavin konsantrasyonu, uygulama zamanı ve UVA enerji miktarı henüz standardize edilmemiştir. LASIK nomogramında veya postoperatif tedavi protokolünde değişiklik yapmaya gerek yoktur. LASIK Xtra işleminin sonuçları açısından literatürde hala sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.^{4,11} Bu çalışmalara göre de LASIK Xtra'nın LASIK sonrası 1-3 yıl arası ektazi ve regresyon gelişim riskini düşürdüğü ve güvenilir bir işlem olduğu sonucuna varılmıştır.^{4,11} Unutmamak gerekir ki LASIK Xtra keratokonus tedavisi değildir, keratokonuslu gözlere veya ektazi riski olan gözlere uygulanmamalıdır.

SMILE Xtra yöntemi, ektazi gelişme şüphesi olan kornealarda uygulanabilecek destekleyici amaçlı çapraz bağlama yöntemlerinden biridir.⁵ SMILE cerrahisi flepli bir cerrahi olmaması, korneadaki stromal lentikülün 2-5 mm gibi küçük bir insizyondan çıkartılması ve bu işlem sonrası korneanın ön kısmındaki kollajen liflerinin korunması gibi nedenlerle kornea biyomekaniğini LASIK'e göre daha az etkileyen bir cerrahi yöntemdir. Buna rağmen SMILE sonrası da ektazi gelişen olgular literatürde raporlanmıştır.¹² SMILE Xtra, ektazi gelişme riski olan gözlere uygulanabilen bir yöntemdir. SMILE Xtra'da stromal lentikül çıkartıldıktan sonra intrastromal cebe 60-90 sn %0.25 riboflavin uygulanır ve irriye edilir. Devamında total enerji dozu 2.7-3.4 J/cm² olacak şekilde hızlandırılmış UVA uygulanır. SMILE Xtra'da LASIK Xtra'da olduğu gibi riboflavin konsantrasyonu, uygulama zamanı ve UVA enerji miktarı henüz standardize edilmemiştir ve yayınlanan çalışmalarda farklılıklar göstermektedir. Smile Xtra, LASIK Xtra'ya göre daha yeni bir yöntemdir ve uzun dönem etkinlik ve güvenilirlik çalışmaları kısıtlı sayıda mevcuttur.⁵ Yapılan çalışmalarda bu yöntem ile bir sene sonunda hastalarda iyi bir refraktif ve topografik stabilizasyon sağlandığı rapor edilmiştir.⁵

3- Post-LASIK ektazi tedavisinde çapraz bağlama uygulaması

Post-LASIK ektazi veya iyatrojenik ektazi, sıklıkla LASIK cerrahisi olmak üzere refraktif cerrahi işlemlerinden sonra %0.033 oranında görülebilen bir korneal ektatik hastalıktır.¹³ Klinik tablo, keratokonusa benzer bir korneal incelme, dikleşme, ilerleyici miyopi, irregüler astigmatizma ve görme kaybıyla karakterizedir.⁶ Refraktif cerrahi işlemlerinin en çok korkulan komplikasyonudur. Refraktif cerrahiden bir hafta sonra görülebildiği gibi yıllar sonra da ortaya çıkabilmektedir. Preoperatif ince kornea kalınlığı, ince rezidüel stromal yatak, genç hasta, yüksek miyopik refraksiyon gibi risk faktörlerinin varlığında görülebileceği gibi risk faktörü olmayan hastalarda da gözlenebilir.^{6,13}

Post-LASIK ektazi tedavisinde çapraz bağlama tedavisinin önemli bir yeri vardır. Çapraz bağlama uygulamaları keratokonus hastalarına uygulanan çapraz bağlama tedavileriyle benzer protokollerdir. Post-LASIK ektazi hastalarında çapraz bağlama tedavisi ile hastalığın progresyonunu durdurmak ve hatta bir miktar parsiyel regresyon sağlamak amaçlanmaktadır. Çapraz bağlama tedavisinin bu hastalarda ektazi progresyonunu durdurmada etkinliği %72 civarındadır ve keratokonustaki etkinliğinden biraz daha düşüktür.⁶ Yine de uygun iyatrojenik ektatik kornealarda ilk tercih edilecek tedavi seçeneği olmalıdır.

4-Refraktif amaçlı çapraz bağlama uygulaması

Geleneksel refraktif cerrahi yöntemleri korneada doku kaybına yol açan, korneada biyomekanik olarak zayıflamaya neden olan invaziv yöntemlerdir. Çapraz bağlamanın refraktif amaçlı kullanımı geleneksel refraktif cerrahi yöntemlerinin bu dezavantajlarını taşımaması ve postoperatif ektazi riskini de minimize etmesi nedeniyle refraktif cerrahi adına umut verici bir gelişmedir. Çapraz bağlama işleminin korneanın bazı alanlarına lokalize olarak uygulanması korneanın belli alanlarında düzleşme veya dikleşmeye neden olarak miyopik veya hipermetropik düzeltme sağlayabilir ve bu yöntem fotorefraktif intrastromal çapraz bağlama (PiXL) olarak adlandırılır.⁷ PiXL, düşük düzeyde miyopik veya hipermetropik refraksiyonu olan

hastalarda geleneksel refraktif cerrahi yöntemlerine alternatif olarak veya refraktif cerrahi sonrası kalan rezidü refraksiyon kusurlarının tedavisinde kullanılabilir. Presbiyopi tedavisinde de denenmektedir.

PiXL tedavisinde mozaik sistem olarak adlandırılan ve programlanabilen bir UVA enerji paterni kullanılır.¹⁴ Böylece çapraz bağlama tedavisi korneaya ve refraktif hataya göre bireyselleştirilmiş olur. Çapraz bağlama işlemi miyopide kornea merkezine uygulanırken, hipermetropide kornea periferine halka şeklinde uygulanır.

Klasik çapraz bağlama uygulamasında olduğu gibi, epi-off veya epi-on (transepitelyal) olmak üzere iki tür PiXL tedavisi mevcuttur.¹⁵ Epi-off PiXL tedavisinde gelişebilecek komplikasyonlar sıklıkla epitel debridmanına bağlı olacağı için klasik çapraz bağlama tedavisi ile benzer komplikasyonlar gözlenebilir. Epi-on PiXL tedavisinde de epitel debridmanına bağlı gelişebilecek komplikasyonlar elimine edilirken elde edilecek refraksiyonun stabilitesi daha düşük olmaktadır. Eksternal oksijen kullanımı tedavinin etkinliğini arttırmaktadır.¹⁶ Literatürde PiXL tedavisi ile ilgili az sayıda çalışma mevcuttur.^{7,14-16} Bu çalışmalarda PiXL ile düşük dereceli miyopik veya hipermetropik gözlerde etkili ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. PiXL tedavisi, oldukça umut vaat eden fakat geliştirilmeye ihtiyacı olan bir refraktif cerrahi yöntemidir.

Sonuç

Sonuç olarak, çapraz bağlamanın refraktif cerrahide hem destekleyici hem de tedavi amaçlı kullanımı son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Çapraz bağlamanın refraktif cerrahiye bağlı ektazi gelişimini önleyici veya gelişmiş ektaziye tedavi edici etkisi refraktif amaçlı kullanımının bir hayli önündedir. İlerleyen yıllarda refraktif amaçlı çapraz bağlama kullanımının da gelişip yaygınlaşması, cerrahi sonrası gelişebilecek ektazinin ve regresyonun önüne geçebilecek ve refraktif cerrahlara ve hastalara daha güvenli refraktif cerrahi seçenekleri sunacaktır.

KAYNAKLAR

1. Andreassen TT, Simonsen AH, Oxlund H. Biomechanical properties of keratoconus and normal corneas. *Exp Eye Res.* 1980;31:435-441.
2. Spoerl E, Huhle M, Seiler T. Induction of cross-links in corneal tissue. *Exp Eye Res.* 1998;66:97-103.
3. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2003;135:620-627.
4. Seiler TG, Fischinger I, Koller T, Derhartunian V, Seiler T. Superficial corneal crosslinking during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:2165-2170.
5. Ganesh S, Brar S. Clinical outcomes of small incision lenticule extraction with accelerated cross-linking (relex SMILE XTRA) in patients with thin corneas and borderline topography. *J Ophthalmol.* 2015;2015:263412.
6. Chanbour W, El Zein L, Younes MA, Issa M, Warhekar P, Chelala E, Jarade E. Corneal cross-linking for keratoconus and post-LASIK ectasia and failure rate: a 3 years follow-up study. *Cureus.* 2021;13:e19552.
7. Näslund S, Fredriksson A, Alm A, Rehnman JB, Behndig A. Treatment effect with 2 photorefractive intrastromal cross-linking protocols in low-grade myopia through 24-month follow-up. *Acta Ophthalmol.* 2021;99:519-526.
8. Kanellopoulos AJ, Binder PS. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea.* 2007;26:891-895.
9. Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Keratoconus management: long-term stability of topography-guided normalization combined with high-fluence CXL stabilization (the Athens Protocol). *J Refract Surg.* 2014;30:88-93.
10. Kymionis GD, Grentzelos MA, Kankariya VP, Liakopoulos DA, Karavitaki AE, Portaliou DM, Tsoulnaras KI, Pallikaris IG. Long-term results of combined transepithelial phototherapeutic keratectomy and corneal collagen crosslinking for keratoconus: Cretan protocol. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:1439-1445.
11. Lim L, Lim EWL, Rosman M, Koh JCW, Htoon HM. Three-year outcomes of simultaneous accelerated corneal crosslinking and femto-LASIK for the treatment of high myopia in Asian eyes. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:2865-2872.
12. Brar S, Roopashree CR, Ganesh S. Incidence of ectasia after SMILE from a high-volume refractive surgery center in india. *J Refract Surg.* 2021;37:800-808.
13. Bohac M, Koncarevic M, Pasalic A, et al. Incidence and clinical characteristics of post LASIK ectasia: a review of over 30,000 LASIK cases. *Semin Ophthalmol.* 2018;33:869-877.
14. Fredriksson A, Näslund S, Behndig A. A prospective evaluation of photorefractive intrastromal cross-linking for the treatment of low-grade myopia. *Acta Ophthalmol.* 2020;98:201-206.
15. Lim WK, Soh ZD, Choi HKY, Theng JTS. Epithelium-on photorefractive intrastromal cross-linking (PiXL) for reduction of low myopia. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:1205-1211.
16. Näslund S, Rehnman JB, Fredriksson A, Behndig A. Comparison of two annular photorefractive intrastromal cross-linking protocols in high oxygen for low-grade myopia through 24-month follow-up. *Acta Ophthalmol.* 2021. doi: 10.1111/aos.15035.

KORNEAL REFRAKTİF CERRAHİNİN PEROPERATİF KOMPLİKASYONLARI

Dr. Necip KARA, Dr. Gazi Bekir ÖZÇAKMAKCI
Gaziantep Üniversitesi, Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Gaziantep

Giriş

Günümüzde en sık uygulanan korneal refraktif cerrahi prosedürler, küçük kesiden lentikül çıkarılması (SMILE), lazer destekli stromal in situ keratomileusis (LASİK) ve yüzey ablasyon tedavileridir. Refraktif cerrahi prosedürler sırasında görülen peroperatif komplikasyonların sıklığı, cerrahın hangi yöntemi daha çok kullandığına, uygulayıcının tecrübesine ve kullandığı cihazın teknolojisine göre değişebilmektedir.

SMILE

SMILE cerrahisi Visumax cihazı ile femtosaniye lazer kullanılarak yapılan bir işlemdir. Peroperatif komplikasyonları femtosaniye lazer öncesi, femtosaniye lazer uygulaması sırasında ve femtolazer saniye sonrası olarak 3 aşamada sınıflamak mümkündür.

A) Femtosaniye-lazer öncesi görülen peroperatif komplikasyonlar

Refraktif kusurun yanlış tespiti: Hastanın refraktif durumunun doğru tespiti postoperatif dönemde başarı sağlamanın olmazsa olmazlarından. Yanlış değerlendirmelerde eksik ya da fazla düzeltme ile sonuçlanabilir.

Astigmatik aksın düzensiz işaretlenmesi: SMILE yönteminde siklotorsiyondan sakınmak için manuel ayarlama gerekmektedir. Ameliyat öncesi işaretleme yapılır ve dockingden sonra femtolazeri uygulamadan önce kon döndürülerek astigmatik aks ayarlanır. Astigmatik aksın yanlış işaretlenmesi siklotorsiyon miktarına bağlı olarak astigmatik değerlerde eksik düzeltmeyle sonuçlanabilir.

Uygun olmayan ameliyathane ortamı: Ameliyathane ortamında belirli koşullar sağlanmalıdır. Sıcaklık: 18-24 °C arasında, nem %50'nin altında olmalı, fan ve klimala varsa hava akışı tedavi alanı dışında kalmalıdır.

Hasta anksiyetesi: Lazer öncesi hastanın heyecanı ve anksiyetesi işleme mâni olabilir. Hastayla konuşarak veya gerekirse anksiyolitik ilaç verilerek sakinleşmesi sağlanmalıdır. Hasta ameliyata gelirken göz makyajı yapmamalıdır; eğer yapmışsa göz makyajı temizlenmelidir.

B) Femtosaniye lazer uygulaması sırasında

SMILE yönteminde femtosaniye lazer uygulaması şu sıra ile gerçekleşir: Docking ve vakum uygulaması, taban (alt) kesisi, kenar kesisi, tavan (üst) kesisi ve yan kesi oluşturulması.

Docking ve Vakum kaybı:

Vakum kaybı için risk faktörleri ¹

Sağ göz

İlk göz ve erkek hasta

Dar kapak aralığı ve kapak sıkma

Küçük korneal çap

Geniş kap çapı

Yüksek astigmatik değer: Kornea ve kon şekli arasında uyumsuzluğa neden olur

Tecrübe eksikliği

Vakum kaybı; kesilere başlamadan önce, lentiküler arka yüzey (taban) kesisi, lentiküler kenar kesisi, lentikül ön yüzey (tavan) kesisi (en sık) ve yan kesi sırasında gelişebilir.

Vakum kaybının yönetimi: Lentikül taban kesisi sırasında oluşan bir vakum kaybında eğer %10'dan daha az bir kesi aşamasındaysa tekrar docking ve kesiler en baştan yapılmalı.² %10'dan daha fazla kesiye ulaşılmışsa smile yerine tekrar docking ile femto-lasik için flap oluşturulabilir veya yüzey ablasyonu uygulanabilir.² Lentiküler kenar kesisi sırasında oluşan vakum kaybında; tekrar docking ile 2. aşamadan başlayarak smile kesileri yapılabilir, femto-lasik için flep hazırlanabilir veya daha sonra yüzey ablasyonu yapılabilir.² En sık vakum kaybının görüldüğü lentikül tavan kesisi sırasında vakum kaybıyla karşılaşılırsa tekrar docking ile smile kesileri yapılabilir, ya da femto-Lasik yöntemine dönülebilir. Daha sonraki günlerde yüzey ablasyonu da tercih edilebilir.² Yan kesi sırasında oluşan vakum kaybında da docking ile yan kesi yapılabilir.²

İstenmeyen göz hareketleri

İstenmeyen göz hareketleri en sık hastanın gözünü kapatma isteğiyle oluşan Bell refleksiyle oluşur ve gözü yukarı doğru hareket eder.³ Bazı hastalar fiksasyon ışığını arama mücadelesine girer. Anksiyete ve yetersiz vakumda istenmeyen göz hareketlerinin oluşmasına neden olur.³ Göz hareketleri vakum kaybı oluşmasına neden olabilmektedir.

Opak hava tabakası (OBL)

Lentikül oluşturma sırasında gaz kabarcıkları dağılmayıp ve ara yüzeyde birikimiyle oluşur. En sık bilinen risk faktörleri kalın kornea, ince lentikül, yüksek korneal biyomekanik parametreler, dik korneal kurvatür ve yüksek ya da düşük enerjinin kullanılmasıdır.⁴ Kalın kap kalınlığı riski azaltmaktadır.⁴⁻⁶ OBL görüntüyü bozarak lentikül diseksiyonunu zorlaştırabilir ancak sonuç görme üzerine etkisi yoktur.

Siyah noktalar (Black spots)

Kon ile kornea arasındaki teması engelleyen su damlacığı, mebiomian sekresyon veya konjonktival mukus materyallerinin girmesi nedeniyle olur.⁷⁻⁸ Ayrışmamış bölgelerin göstergesi olan bu görüntü lentikül diseksiyonunu zorlaştırır.⁸ Geniş siyah nokta varlığında veya pupiller aksa ulaşan siyah noktalarda lentikül yırtılması vb birçok komplikasyona yol açabileceğinden prosedürün durdurulması önerilmektedir.⁹

İnsizyonel ve subkonjonktival kanama

Subkonjonktival kanama vakum basıncı ile oluşan travma etkisidir. Visumax cihazı periferik korneal vakum yaptığı için subkonjonktival kanama riski düşüktür. İnsizyonel kanamalar periferik damarlanma veya pannus varlığında lazer spotlarının yaptığı hasar nedeniyleyle.⁵

C) Femtosaniye laser uygulaması sonrasında

1. Lentikül diseksiyon komplikasyonları

Lentikül diseksiyonu şu aşamalarla yapılmalıdır; yan kesiden tavan kısmın tespiti, yan kesiden taban kısmın tespiti, tavan diseksiyonu, taban diseksiyonu lentikülün çıkarılması ve zorunlu olmamakla birlikte ara yüzey yıkama.

Zor lentikül diseksiyonu: OBL veya siyah nokta gibi femtolazer komplikasyonları ve keratoplastili olgular zor diseksiyon için adaydır.¹⁰

Lentikülün öncre taban kısmının diseksiyonu: Smile cerrahisi sırasında lentikül oluşturulduktan sonra diseksiyon öncelikle tavan yani ön yüzeyden başlanılmalıdır, eğer önce taban kısmı diseke edilirse lentikül bir bütün halde kap'e yapışır ve tavan kısmın diseksiyonu zorlaşır.

Lentikülün bütünüyle çıkarılamaması: Lentikül tek bir parça halinde bütünüyle çıkarılamayabilmektedir. Bu vakalarda post-op topografik irregülerite ve astigmatizmaya neden olur.¹¹ Kalan lentikül parçasının tespitinde ön segment OCT den de faydalanılabilmektedir.¹² Kalan lentikül dokusu eksize edilmelidir.

2. İnsizyonel komplikasyonlar

Özellikle üst kesi diseksiyonu sırasında oluşmaktadır.¹³ Kap perforasyonu ile sonuçlanabilir.¹³ Özellikle 2 mm'den küçük insizyonlarda kenar yırtığı riski artmaktadır.¹³ Bu hastalarda kontakt lens kullanılması iyileştirmeyi arttırabilir.¹³ Sonuç görmeyi etkilemez.¹³

3. Epitel defekti

Genellikle lentikül diseksiyonu sırasında insizyon alanına yakın korneada görülür. Kontakt lens takılması hasta konforunu arttırabilir.²

LASİK

Peroperatif LASİK komplikasyonlarının sınıflandırılması

Peroperatif LASİK komplikasyonları; flep komplikasyonları, ekzimer lazer komplikasyonları ve diğer komplikasyonlar olmak üzere üç sınıftır.

1. Flep komplikasyonları

Flep komplikasyonlarını genel komplikasyonlar (hem mikrokeratom hem de femtolazer saniye kullanımında görülebilenler) ve femtolazere özgü komplikasyonlar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

- a. Genel komplikasyonlar
 - Vakum kaybı
 - Desantralize flep,
 - İnkomplet flep
 - Flap yırtığı
 - Buttonhole flep
 - Serbest flep
 - İnce flep
 - Korneal perforasyon
- b. Femtolazere özgü komplikasyonlar
 - OBL
 - Dikey gaz açılımı
 - Ön kamarada gaz kabarcığı

2. Ekzimer laser komplikasyonları

- Santral adacık
- Desantralize ablasyon

3. Diğer komplikasyonlar

- Epitel defekti
- Limbal hemoraji
- Ara yüzeyde debris

1. Flep komplikasyonları

a. Genel komplikasyonlar

Vakum kaybı: Flep komplikasyonları genellikle vakum kaybıyla nedeniyle oluşmaktadır. %0.06 ile %4.4 sıklık bildirilen çalışmalar mevcuttur.¹⁴ Risk faktörleri arasında; dar palbepral aralık, çukur göz, düz kornea (<42D), uygun olmayan göz veya kafa duruşu, uygun olmayan vakum ring uygulaması, düşük vakum basıncı ve ani göz hareketi bulunmaktadır.¹⁵ Operasyon öncesi risk faktörleri için önlem alınmalıdır. Kirpikler cerrahi alandan uzaklaştırmak gerekir. Yeterli vakum basıncı sağlanmalıdır. Mikrokeratom-Lasik de vakum kaybında alarm sesi duyulur ve işlem durdurulur. Eğer flep amaçlanan optik zondan daha büyük ise ablasyon yapılır. Eğer ablasyon zonunda kalırsa işlem sonlandırılır ve yeni tedavi planlanır. Tercihen 3 ay sonra yüzey ablasyon tedavisi tercih edilmektedir.¹⁶ Femto-Lasik de periferik asimetrik gözyaşı menisküsü görülmesi vakum kaybının ilk işaretidir ve lazer atışı durur. Ayak lazer pedalından hemen çekilmelidir. Önceki flebin üzerinde ikinci bir docking girişimi yapılabilir. Eğer yan kesiden önce vakum kaybı olursa, ikinci yan kesi yani flep çapı 0,5 mm daha küçük olmalıdır. 1 ile 3 ay sonra PRK yöntemi de tercih edilebilir.¹⁶

Desantralize flep: Yanlış yerleştirilmiş vakum halkası nedeniyle oluşmaktadır. Desantralize flebi önlemek için yanlış yerleştirilmiş vakum halkası varsa düzeltilmelidir.¹⁷ Tekrarlayan başarısız vakum denemeleri olmuşsa 5-10 dk bekleyip tekrar denenmelidir.¹⁷ Beklenmeyen görme değerleri elde edilebilir. Ablasyonun en periferi ile flep kenarı arası 1mm den az ise işlem durdurulup, 3 ay sonra işlem tekrarlanır.¹⁷

İnkomplet/parsiyel flep: %0.3 ile %3.6 sıklık arasında ve özellikle mikrokeratom lasik de görülmektedir.¹⁸ Vakum kaybı, mikrokeratom arızası ve mekanik blok problemleri (drape, kirpik, gevşek epitelyum, kristalize tuz) risk faktörleridir.¹⁸

Flep yırtığı: Femto-lasikde flep kaldırma sırasında meydana gelmektedir. Nadir olarak gerçekleşen flep yırtığında risk faktörleri; korneal pannuslu olgularda geniş çap flep, tekrar yapılan lasik uygulaması ve korneal skardır. Korneal pannus varlığında flep çapı küçültülür ve flep diseksiyonu dikkatli yapılır.¹⁹ Flep yırtığı hinge de olursa serbest flep ile sonuçlanır.²⁰ Küçük periferik flep yırtıklarında, flep uzak bir noktadan diseke edilir.²⁰ Eğer görsel aksta olursa tedavi durdurulur ve belli bir zaman sonra yüzey ablasyon tedavisi uygulanır.²⁰

Button hole flep: İnsidans mikrokeratom-LASİK ile %0.3-2.6 arasındayken Femto LASİK de %0.0001'dir. Risk faktörleri arasında: dik kornea (>48D), vakum kaybı, geniş flep, ikinci göz, mikrokeratom kullanımı, femtosaniye lazer sırasında gelişebilen dikey gaz kaçığıdır.²¹ İşlemi durdurup 3 ay sonra yüzey ablasyon tedavisi yapılabilir.²¹ Eğer daha kalın ve daha geniş bir flep yapılarak tedaviye devam edilirse buttonhole

flep irregüler astigmatizm ve epitelyal ingrowth ile sonuçlanabilir.²²

Serbest flep: %0.01-1.8 sıklıkla görülmektedir. Risk faktörleri: arızalı ya da eski mikrokeratom, düz kornea (<42D), çukur göz, desantralize vakum ringi, yetersiz vakum, küçük hinge, hinge avulsiyonu.²³ Flep intakt ve stromal yatak yeterli büyüklükte ise ablasyon yapılır ve flep tekrar yerleştirilir.²⁴ 10.0 sütün atılarak kayma ya da dislokasyonu engellenir.²⁴ İyice kurulur. 2-3 saat sonra muayene edilir. İşlem öncesi işaretlemeler doğru yerleşimi kolaylaştırır. Bu da olası postoperatif astigmatı önler. Eğer flep kaybolursa, işlem durdurulur.²⁵ Korneal yüzey epitelizeasyon ve haze ile iyileşir.²⁵ Postop hipermetropik kayma olur.²⁵ Kontakt lens, yüzey ablasyonu ya da donör flep ile rekonstruksiyon yapılabilir.

İnce flep: Bowman zarından ya da üstünden yapılan fleplerdir (< 60 µm).²⁶ Risk faktörleri serbest flep ile benzerlik gösterir. Düzenli ince flep durumunda işleme devam edilir.²⁷ Yeterli stromal yatağın olmadığı irregüler fleplerde işlem durdurulur ve 3 ay sonra daha derinden yeni tedavi denir.²⁷

Korneal perforasyon: En çok korkulan ancak nadir gerçekleşen bir komplikasyondur. Özellikle eski keratom kullanılan olgularda flep oluşumu sırasında görülür. Rezidüel stromal yatağın yanlış hesaplanması ya da korneal dehidrasyondan dolayı aşırı ablasyon neden olabilir.²⁸ Eğer flep oluşumu sırasında oluşursa vakum hemen durdurulur.²⁸ Küçük perforasyonlarda flep repoze edilir ve kontakt lens takılır.²⁸ Geniş perforasyonlarda cerrahi onarım gerekir.²

b. Femtolasere özgü komplikasyonlar

Opak gaz tabakası (OBL): Akustik şok dalgası sırasında oluşan gaz kabarcıklarının lazer kesi düzleminin ön ve arkasına yayılması ile oluşur. İnsidansı %5-72.6 arasındadır. Erken OBL, lazer atışları sırasında oluşur ve yoğundur.²⁹ Geç OBL, lazer atışlarından sonra görülür ve yumuşaktır.²⁹ Risk faktörleri; kalın kornea, küçük flep çapı, sert docking, yüksek korneal biyomekanik parametreler, dik korneal kurvatür ve çok yüksek ya da düşük lazer enerjisi.³⁰ Genellikle flep yapışıklıklarına yol açar, flep yırtıkları oluşabilir. Özellikle pupil takip sistemlerini engelleyeceğinden ekzimer lazer işlemine geçmeden 15-45 dakika beklemek gerekir. Önlemek için; gaz kaçış kanalları: docking i %100 değilde %70-80 civarında yapmak, kenar kesisini stromal kesi ile yapmak ve optimum enerji seviyesini kullanmak.³¹

Ön kamerada gaz kabarcıkları: Gaz kabarcığı, episklara, schlem kanalı ve trabeküler ağdan ön kameraya girer.³² Etken geniş flep ve küçük kornea risk faktörleridir. Pupil tracking sistemini engeller o yüzden kabarcıkların kaybolması için beklenmelidir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında işlem ertelenebilir (saatler süren çekilme) veya manual takip yapılabilir.³³

Dikey gaz açılması: Femtolazer plazma etkisi yaratarak horizontal olarak yayılır. Korneal skar varlığında ya da bowman tabakası anomalilerinde gaz vertikal olarak stroma ya da epitele doğru direncin az olduğu kısma doğru yönelir.²⁹ Bu durum inkomplete diseksiyon ve buttonhole gibi durumlara neden olur.²⁹ Refraktif etki yapması beklenilmez.³⁴ Eğer santraldeyse buton hole gibi yönetilebilir.³⁴ Flep kaldırılmamalıdır.

2. Ekzimer laser komplikasyonları

Santral adacık: Keskin sınırlı ablasyon yapılmamış, 1-3 D üzerinde diklik ve 1-3 mm'nin üzerinde genişlikte alandır. İnsidansı, %5.7-11 arasında değişiklik gösterir.²⁹ Risk faktörleri: geniş lazer ışığı paterni, düzensiz korneal hidrasyon, stromal alanda debris varlığına bağlı irregüler ekzimer lazer ablasyon.²⁹ Ameliyat sonrası halo, glare, hayalet imajlar, monoküler diplopi, irregüler astigmatizmaya bağlı görme keskinliği, kontrast sensitivitede azalmaya neden olabilmektedir.²⁹ Tanısı korneal topografide da optik zonda soğuk renk (mavi) zeminde sıcak renk (kırmızı) nokta olarak görülür.²⁹ %25-80 oranında spontan regresyon görülür.²⁹ Tekrar tedavi için sabırla beklemek gerek. Wavefront guided LASİK planlanabilir.²⁹ Sonuçlar tahmin edilemez. Sert kontakt lens kullanılabilir.²⁹ Profilaksiste slit ya da flaying spot lazer atışı, stromal yüzeyin kurulması, ablasyon öncesi debris varlığının kontrolü önemlidir.

Desantralize ablasyon: Ablasyon zonunun pupil üzerinde olması esansiyeldir. 0.3 mm nin üzerindeki kaymalarda görsel sonuçlar hayal kırıklığı yapabilir.²⁹ Operasyon sonrası korneal astigmatizma; az görme, glare, halo, monoküler diplopiye neden olabilir.²⁹ Korneal topografide bir tarafı düz diğer tarafı dik korneal biçim asimetrisi görülür.²⁹ Nedenleri; kötü fiksasyon, ani istemsiz oküler ya da kafa hareketleri ve cerrahi hata.²⁹ Flepin stromal tarafında lazer atışı da irregüler astigmatizmaya neden olabilir.²⁹ Tedavisinde sert kontakt lens, miotikler, desantralize prk, wavefront ya da topografi guided LASİK denenebilir.³⁵ Önlemek için eye-tracking ve ameliyahanede loş ışık kullanımı, santral fiksasyon açısından hastayla konuşulması önemlidir.³⁵

3. Diğer komplikasyonlar

Epitel defekti: 0.06%-14% sıklıkla görülür.²⁹⁻³⁶ Risk faktörleri: Epitel-bazal membran distrofisi, ileri yaş, sık anestezi damla kullanımı, hipermetropi, iatrojenik travma ve mikrokeratom kullanımıdır.²⁹ Operasyon öncesi gevşek hasarlı epitel üzerinde femto kesisi yapılırsa düzensiz lamel oluşumu, dikey gaz açılımına neden olabilir.²⁹ Santral hasarda epitelyal flebin alınması faydalıdır. Epitel defekti stromal ödem ve flep yapışma problemine neden olabilir. Diffüz lameller keratit ve epitelyal ingrowth riski artar.²⁹ Epitel defekti oluştuğunda koruyucu içermeyen suni göz yaş damlaları ve kontakt lens kullanımı ile iyileşme beklenmelidir.

Subkonjonktival kanama: Vakum halkası nedenlidir. Visumax'da nadir çünkü korneal vakum yapar. 3-4 hf da geçer ancak estetik problem oluşturmaktadır.¹⁴ Önlemek için operasyon öncesi fenilefrin veya brimonidin kullanılabilir.³⁷

Limbal kanama: Risk faktörleri geniş flep, hipermetropi, pannus varlığıdır.³⁸ Limbal kanama durumunda sponge ile bası, topikal epinefrin, operasyon sonrası flep altı iyi temizlenmelidir.³⁸ Yara iyileşmesinde gecikme ve diffüz lameller keratite neden olabilir.³⁹ Superior kanama operasyon sonrası dönemde devam edip flep altına yayılabilir. Masif kanama rezorbe olmaz mutlaka yıkanmalıdır.³⁹

Flep altı yabancı cisim: Genelde sorun oluşturmaz. Yabancı cisimler genellikle inertrdir. Drap kullanımı, laminer akım, hepa filtre, eldivenden talk, fiber, mikrokeratomdan metalik partikül, mebiomian bez sekresyonu, kirpik nedeniyle oluşabilmektedir. Çoğu debris, biyolojik olarak parçalanır ve enflamasyon yapmaz bu nedenle izlenebilir. Fakat vizüal aksta ise ya da inflamasyona neden olmuşsa flep kaldırılır ve ara yüzey yıkanır. Operasyon öncesi ve sonrası titiz irrigasyon yapılmalıdır. Kirpik ve mg sekresyonlarını oküler yüzeyden uzak tutulmalı, pudrasız eldiven, parçalanmayan sponçlar, fibroselüler halka kullanılmalıdır.

Yüzey Ablasyon Tedavileri

En sık yapılan yüzey ablasyon tedavisi fotorefraktif keratektomidir (PRK). Diğerleri ise LASEK ve epi-LASİK'dir.

1. Epitel komplikasyonları
PRK da inkomplet epitelyal debritleman görülebilmektedir.
Epi-LASİK te epitel flep bıçağı epitel yerine stromayı kesebilir.
Lasekte, alkol kaçağı, kötü epitelyal flep ya da serbest epitelyal flep görülebilir.
2. Ekzimer lazer komplikasyonları
Santral adacık ve desantralize ablasyon görülebilir. LASİK te görülenlere benzer şekilde yönetilir.⁴¹

KAYNAKLAR

1. Huang TZ, Shen L, Yu XN, Jin HY. Risk factors and incidence of suction loss during small incision lenticule extraction (SMILE) in 8493 eyes. *BMC Ophthalmol.* 2020;20:412.
2. Titiyal JS, Kaur M, Shaikh F, Gagrani M, Brar AS, Rath A. Small incision lenticule extraction (SMILE) techniques: patient selection and perspectives. *Clin Ophthalmol.* 2018;12:1685-1699.
3. Liu M, Wang J, Zhong W, Wang D, Zhou Y, Liu Q. Impact of suction loss during small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg.* 2016;32:686-692.
4. Son G, Lee J, Jang C, Choi KY, Cho BJ, Lim TH. Possible risk factors and clinical effects of opaque bubble layer in small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg.* 2017;33:24-29.
5. Wang Y, Ma J, Zhang J, et al. Incidence and management of intraoperative complications during small-incision lenticule extraction in 3004 cases. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43:796-802.
6. Li L, Schallhorn JM, Ma J, Zhang L, Dou R, Wang Y. Risk factors for opaque bubble layer in small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg.* 2017;33:759-764.
7. Ramirez-Miranda A, Ramirez-Luquin T, Navas A, Graue-Hernandez EO. Refractive lenticule extraction complications Cornea. 2015;34 Suppl 10:S65-S67.
8. Titiyal JS, Kaur M, Rath A, Falera R, Chaniyara M, Sharma N. Learning curve of small incision lenticule extraction: challenges and complications. *Cornea.* 2017;36:1377-1382.
9. Hamed AM, Heikal MA, Soliman TT, Daifalla A, Said-Ahmed KE. SMILE intraoperative complications: incidence and management. *Int J Ophthalmol.* 2019;12:280-283.
10. Jacob S, Nariani A, Figus M, Agarwal A, Agarwal A. White ring sign for uneventful lenticule separation in small-incision lenticule extraction. *J Refract Surg.* 2016;42:1251-1254.
11. Ivarsen A, Asp S, Hjortdal J. Safety and complications of more than 1500 small-incision lenticule extraction procedures. *Ophthalmology.* 2014;121:822-828.
12. Urkude J, Titiyal JS, Sharma N. Intraoperative Optical Coherence Tomography-Guided Management of Cap-Lenticule Adhesion During SMILE. *J Refract Surg.* 2017;33(11):783-786.
13. Krueger RR, Meister CS. A review of small incision lenticule extraction complications. *Curr Opin Ophthalmol.* 2018;29:292-298.
14. Rosman M, Hall RC, Chan C, et al. Comparison of efficacy and safety of laser in situ keratomileusis using 2 femtosecond laser platforms in contralateral eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1066-1073.
15. Ang M, Mehta JS, Rosman M, et al. Visual outcomes comparison of 2 femtosecond laser platforms for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1647-1652.
16. Syed ZA, Melki SA. Successful femtosecond LASIK flap creation despite multiple suction losses. *Digit J Ophthalmol.* 2014;20:7-9.
17. Stulting RD, Carr JD, Thompson KP, Waring GO 3rd, Wiley WM, Walker JG. Complications of laser in situ keratomileusis for the correction of myopia. *Ophthalmology.* 1999;106:13-20.
18. Tse SM, Farley ND, Tomasko KR, Amin SR. Intraoperative LASIK complications. *Int Ophthalmol Clin.* 2016;56(2):47-57.
19. Pietilä J, Huhtala A, Jääskeläinen M, Jylli J, Mäkinen P, Uusitalo H. LASIK flap creation with the Ziemer femtosecond laser in 787 consecutive eyes. *J Refract Surg.* 2010;26:7-16.
20. Choi CJ, Melki SA. Loose anchoring suture to secure a free flap after laser in situ keratomileusis. *J Cataract and Refract Surg.* 2012;38:1127-1129.
21. Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Al-Obeidan S. Incidence, management, and visual outcomes of buttonholed laser in situ keratomileusis flaps. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35:839-845.
22. Harissi-Dagher M, Todani A, Melki SA. Laser in situ keratomileusis buttonhole: classification and management algorithm. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34:1892-1899.
23. Skuta GL, Cantor LB, Weiss JS, et al. Basic and clinical science course, section 13: refractive surgery. *Am Acad Ophthalmol.* 2012;13:104.
24. Gimbel HV, Penno EE, van Westenbrugge JA, Ferenowicz M, Furlong MT. Incidence and management of intraoperative and early postoperative complications in 1000 consecutive laser in situ keratomileusis cases. *Ophthalmology.* 1998;105:1839-1848.
25. Lin RT, Maloney RK. Flap complications associated with lamellar refractive surgery. *Am J Ophthalmol.* 1999;127:129-136.
26. Hafezi F, Seiler T. Persistent subepithelial haze in thin-flap LASIK. *J Refract Surg.* 2010;26:222-225.
27. Rocha KM, Kagan R, Smith SD, Krueger RR. Thresholds for interface haze formation after thin-flap femtosecond laser in situ keratomileusis for myopia. *Am J Ophthalmol.* 2009;147:966-972.e1.
28. Joo CK, Kim TG. Corneal perforation during laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25:1165-1167.
29. Moshirfar M, Gardiner JP, Schliesser JA, et al. Laser in situ keratomileusis flap complications using mechanical microkeratome versus femtosecond laser: retrospective comparison. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:1925-1933.
30. Utine CA, Altunsoy M, Basar D. Visante anterior segment OCT in a patient with gas bubbles in the anterior chamber after femtosecond laser corneal flap formation. *Int Ophthalmol.* 2010;30:81-84.
31. Ribeiro GC, Krueger RR. Management of bilateral gas-bubble breakthrough during femtosecond LASIK in the presence of anterior basement membrane dystrophy. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40:1736-1739.
32. Soong HK, de Melo Franco R. Anterior chamber gas bubbles during femtosecond laser flap creation in LASIK: video evidence of entry via trabecular meshwork. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:2184-2185.
33. Rush SW, Cofoid P, Rush RB. Incidence and outcomes of anterior chamber gas bubble during femtosecond flap creation for laser-assisted in situ keratomileusis. *Journal of Ophthalmology.* 2015;Article ID 542127.
34. Srinivasan S, Herzig S. Sub-epithelial gas breakthrough during femtosecond laser flap creation for LASIK. *Br J Ophthalmol.* 2007;91:1373.
35. Tham VM, Maloney RK. Microkeratome complications of laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology.* 2000;107:920-924.
36. Kezirian GM, Stonecipher KG. Comparison of the IntraLase femtosecond laser and mechanical keratomes for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:804-811.
37. Feder R, Rapuano C. *The Lasik Handbook: a Case-Based Approach.* Philadelphia; Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
38. Vajpayee RB, Balasubramanya R, Rani A, Sharma N, Titiyal JS, Pandey RM. Visual performance after interface haemorrhage during laser in situ keratomileusis. *Br J Ophthalmol.* 2003;87:717-719.
39. Au J, Krueger RR. Interface blood as a new indication for flap lift after LASIK using the WaveLight FS200 femtosecond laser. *J Refract Surg.* 2014;30:858-860.
40. Shah DN, Melki S. Complications of femtosecond-assisted laser in-situ keratomileusis flaps. *Semin Ophthalmol.* 2014;29:363-375.
41. Perez-Straziota C, Randleman JB. Femtosecond-assisted LASIK: complications and management. *Int Ophthalmol Clin.* 2016;56:59-66.

KORNEAL REFRAKTİF CERRAHİ KOMPLİKASYONLARI: POSTOPERATİF KOMPLİKASYONLAR

Dr. Banu COŞAR

Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul

Bu bölümde LASIK (laser-assisted in situ keratomileusis), PRK (photorefractive keratectomy) ve SMILE (small incision lenticule extraction) sonrası komplikasyonların “rezidü refraksiyon” ve “retina komplikasyonları” dışında kalanları ele alınacaktır. Rezidü refraksiyon ve retina komplikasyonları sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

LASIK Postoperatif Komplikasyonları

LASIK’in erken dönem ve geç dönem postoperatif komplikasyonları Tablo 1’de gösterilmiştir (Tablo 1)¹.

Erken Dönem LASIK Postoperatif Komplikasyonları

Flep Dislokasyonu

İnsidansı %0.012 ile %2.5 arasında değişir. Vakaların çoğu ilk 1 hafta içinde gözlerini sıkmak, kırparken kısmak veya gözleri ovalamak gibi minör travma sonucu izlenir. Diğer risk faktörleri arasında kuru göz, m-LASIK, nazal menteşeli flep, geniş çaplı/ince flep ve hipermetropik düzeltme yer alır.

Hastalar ani görme bulanıklığı ve eşlik edebilen ağrı ile başvurur. Tedavi; flebin kaldırılması, eğer stromal yatakta epitel varsa debridmanı, interfazın irigasyonu ve flebin yerine oturtulması ile yapılır. Göze bandaj kontakt lens takılır, bazı vakalarda flebin tam hizalanması için sütürasyon gerekebilir. Eğer erken dönemde tedavi yapılırsa, görmede tam düzelme sağlanır. DLK, epitel içe büyümesi ve interfazda puslanma gibi komplikasyonlar gelişebilir.

Flep Kırışıklığı

İnsidansı %0.03 ile %3.5 arasında değişir. LASIK sonrası ilk birkaç günde izlenir. Flep kırışıklıkları 2’ye ayrılır:

1. Mikro-kırışıklık: Flep içindeki düzensizliklere mikro-kırışıklık adı verilir.
2. Makro-kırışıklık: Tam kat flep katlantılarına makro-kırışıklık adı verilir.

Kırışıklıklar görme aksını tutarsa irregüler astigmatizma ve optik aberrasyonlara yol açabilir.

Risk faktörleri arasında yüksek kırma kusuru, flep kontraktürü, flep kuruması, repozisyon sırasında flebin iyi hizalanmaması ve cerrahi sırasında flebin aşırı manipülasyonu yer alır.

Tedavi; biyomikroskopta ıslak bir sponç ile flebin hafifçe sıvazlanması ile yapılabileceği gibi flebin kaldırılması ve tekrar kapatılması da gerekebilir. Geç başvuran olgularda; çöküntülerdeki epitel hiperplazisi, sabitlenmiş katlantılara yol açar. O takdirde kornea epitelinin debridmanı ve flebin kaldırılarak yeniden oturtulması gerekir. Erken dönemde başvuran olgularda görsel sonuçlar iyidir.

Kuru Göz

Erken postoperatif dönemde vakaların %90’ından fazlasında kuru göz izlenir ancak semptomlar çoğunlukla geçicidir. Kuru gözün nedenleri arasında; preoperatif kuru göz varlığı, emme sırasında perilibal goblet hücre hasarı, flep oluşturulması sırasında sub-bazal sinir pleksusu ile stromal sinir hasarı ve postoperatif inflamasyon yer alır. Üç-altı ay içinde kornea sensitivitesinde ve kuru göz hastalığında iyileşme izlenir ancak korneal reinervasyon 2-5 yıl kadar sürer.

Tedavide 3-6 ay suni göz yaşı damlası, topikal siklosporin ve geçici punktum tıkaçı kullanılır.

Santral Toksik Keratopati (STK)

STK, olguların %0.2-0.77’sinde izlenen nadir bir komplikasyondur. STK’nın patogenezi tam olarak ortaya çıkarılamamıştır ancak meibomian bez salgısı, işaretleme kalemi ve eldiven pudrası tetikleyici faktörler olarak bildirilmiştir. Hastalar gözde ağrı, kızarma, fotofobi, kamaşma ve hale şikayetleri ile 2-6. günler arasında başvurur. Klinik muayenede, merkezi kornea opasitesi ve hipermetropik kayma (3-6 D) izlenir. Kornea incelmiştir ve 1 hafta boyunca bu incelme giderek artar; 2-3 ay boyunca stabil kalır ve sonrasında

3-18 ay süren iyileşme fazı başlar. İyileşme fazında hipermetropi azalır (1-3 D), kornea kalınlığı artar. Hipermetropik kaymanın nedeninin; non-inflamatuar stromal keratosit apoptozisi ve stromanın enzimatik lizisi olduğu öne sürülmektedir. Ayırıcı tanıda difüz lameller keratit (DLK) ve mikrobiyal keratit yer alır.

Olguların çoğunda spontan regresyon olur. STK non-inflamatuar bir durumdur, dolayısıyla tedavide steroidler endike değildir. Tam tersine steroid kullanımı iyileşme sürecini engeller.

Difüz Lameller Keratit (DLK)

DLK, olguların %0.13 ile 18.9'unda izlenen ve LASIK interfazını tutan non-infeksiyöz inflamatuvar bir durumdur. Risk faktörleri arasında eldiven pudrası, işaretleme kalemi, eski mikrokeratom bıçağı, küçük emme halkası, yüksek femtosaniye lazer enerjisi, geniş-çaplı flep, aletlerin üzerindeki kimyasal ve bakteriyel toksinler ve meibomian bez salgıları yer almaktadır. DLK cerrahiden 24-48 saat sonra interfazda periferik granüler hücrelerle kendisini belli eder ve periferden santrale doğru ilerler. İnterfazdaki görünümü nedeniyle geçmişte “Sahara'nın kumları” olarak adlandırılmıştır. Linebarger ve ark.², DLK evrelerini Tablo 2'deki gibi evrelemişlerdir.

Evre 1 ve 2 DLK, yoğun topikal steroid ile tedavi edilir. Evre 1 ve 2 DLK, 24-48 saat sonrası kontrol edilmelidir; evre 3'e ilerleme olursa vaktinde müdahale önemlidir. Evre 3'te tedavi, flebin kaldırılması ve interfazın irrigasyonu ile gerçekleştirilir. Bu arada yoğun topikal steroid tedavisine de devam edilmelidir. Evre 4'e ilerlemiş DLK'da irigasyon fayda sağlamaz ve stromal erime nedeniyle önerilmez.

Ayırıcı tanıda mikrobiyal keratit ve STK yer alır.

Basıncın İndüklediği Stromal Keratit (BİSK)

BİSK; “basıncın indüklediği interfaz keratiti”, “interfaz sıvı sendromu” ve “basıncın indüklediği stromal keratopati” olarak da isimlendirilmektedir. Genellikle DLK ile karıştırılır ancak DLK'dan farklı olarak cerrahiden >1 hafta sonra yüksek basınçla kendisini gösterir ve steroidlere cevap vermez. Anti-glokomatöz damlalara iyi cevap verir, interfazda inflamatuvar hücreler yoktur.

Hastalar, görme azlığı ve ağrı ile başvurur. Hafif olgularda interfazda puslanma izlenir, şiddetli olgularda interfazda sıvı yarıkları vardır. Sıvı toplanmasının nedeninin; steroid cevabına ikincil yüksek göz içi basıncı olduğu düşünülmektedir. Göziçi basıncı ölçümü için dinamik kontur tonometri ve tonopen ile periferik korneadan ölçüm alınması tercih edilmelidir. Tedavide antiglokomatöz damlalar ve steroidlerin kesilmesi yer almaktadır.

İnterfaz Puslanması

LASIK sonrası interfaz puslanması nadiren izlenir. Flebin çok ince yapılması (<90 mikron) ve genç yaş, bildirilen risk faktörleridir. Erken fazda topikal steroidlere iyi cevap alınır.

Mikrobik Keratit

Mikrobik keratit, %0.005 ile %0.034 oranında görülen nadir ve görmeyi tehdit eden bir komplikasyondur. Başlangıç zamanına göre erken (<2 hafta) ve geç (2 hafta-3 ay) olarak sınıflanır. Erken enfeksiyonlarda başta Stafilokok olmak üzere bakteriler, geç enfeksiyonlarda ise atipik mikobakteri, Nokardia ve mantarlar sorumludur. Risk faktörleri arasında kuru göz hastalığı, blefarit, bağışıklık yetmezliği, cerrahi aletlerin kontaminasyonu, intraoperatif epitel defekti, kontakt lens kullanımı, tekrar tedavi ve travma yer almaktadır. Hastalar görme azlığı, fotofobi, kızarıklık ve ağrı ile başvurur. Klinik muayenede, interfazla sınırlı fokal infiltrat izlenir ancak daha sonra infiltrat flebe ve stromaya yayılır. Ayırıcı tanıda DLK ve STK yer alır.

Tedavide flebin kaldırılması, yatağın kazınması ve antibiyotikle yıkanması (erken dönemde vankomisin, geç dönemde amikasin) yer alır. Rutin boyama ve kültürlerin dışında, mikobakteri ve nokardia için Ziehl-Neelsen boyaması ve Lowenstein-Jensen medyumunu kullanılmalıdır. Erken başlangıçlı enfeksiyonlar için topikal dördüncü kuşak florokinolon ve %5 vankomisin kullanılır. Geç başlangıçlı enfeksiyonlar için ise %2 amikasin ve %5 vankomisin veya topikal klaritromisin ve 4. kuşak florokinolon uygulanır. Ayrıca oral doksisisiklin (100 mg, 2x1) stromal kollajenolizi azaltmak için kullanılır, steroidler kesilir. Kültür ve duyarlılık raporları alındıktan sonra tedavi gözden geçirilmelidir. Şiddetli keratitte hem tanısal hem de tedavi amaçlı flep amputasyonu gereklidir.

Geçici Işık Sensitivitesi Sendromu (GISS)

GISS, femtoLASİK'e özgü bir komplikasyondur. Olguların %1.1 ile %1.3'ünde görülür. Hastalar postoperatif 4-6 hafta arasında, inflamasyon bulguları olmaksızın ışık hassasiyeti şikayeti ile başvurur. Görme düzeyleri iyidir. Tedavide topikal steroidler kullanılır. Topikal siklosporin de fayda sağlar.

GISS gelişmesini önlemek için, lazer parametrelerini (%20-30 oranında) düşürmek ve postoperatif dönemde steroid tedavisini artırmak önerilir.

Geç Dönem LASİK Postoperatif Komplikasyonları**Epitel İçe Büyümesi**

Epitel içe büyümesi, ilk kez LASİK olan olguların %0-3.9'unda ve LASİK revizyonlarının %10-20'sinde görülür. Çoğunlukla ilk 4 hafta içerisinde gelişir ancak 10 yıl sonra bile izlenebilir. Patogenez, ameliyat sırasında epitel hücrelerinin interfaza implantasyonu veya sonraki dönemlerde flep kenarından epitel migrasyonunu içerir. Risk faktörleri arasında epitelyal bazal membran distrofisi (EBMD) veya tekrarlayan epitel erozyon sendromu (REES), hipermetropi, yüksek ablasyon derinliği, m-LASİK, küçük optik zon, yeniden tedavi, flep kıvrılması/ dislokasyonu yer alır. İntraoperatif aletlerin hatalı kullanımı, periferden arayüze ulaşan sıvı ve epitel defekti; riski artırır. Probst ve Machat³, epitel içe büyümesinin tedavisine rehberlik etmesi için bir derecelendirme sistemi önermişlerdir (Tablo 3).

Arayüzde epitel incileri, fibrotik sınır çizgisi varlığı ve flep erimesi; epitel içe büyümesinin bulgularıdır. Hastalar erken dönemde yabancı cisim hissi ve kamaşma, daha sonraki dönemlerde ise görme azalması ile başvururlar.

Birinci derece epitel içe büyümesi için sadece gözlem yeterlidir. 2.-4. derece epitel içe büyümesinin tedavisinde, flep kaldırılır ve ara yüzeyin mekanik debridmanı yapılır. İnterfaza %0.02 mitomisin-C uygulanması, flep kenarına fibrin yapıştırıcı aplikasyonu, bandaj kontakt lens takılması ve flebin dikilmesi; nüks riskini azaltır. Nüks, vakaların üçte birinde gelişebilmektedir. Son yıllarda, tedavi için düşük enerjili (0,6 mJ) Nd-YAG lazer de kullanılabilmektedir.

Kornea Ektazisi

Post-LASİK kornea ektazisi vakaların %0.033-0.6'sında görülen ciddi bir komplikasyondur. Risk faktörleri arasında genç yaş, yüksek miyopi, ince kornea, düşük rezidüel stromal yatak kalınlığı, anormal kornea topografisi, forme-fruste keratokonus, gebelik, oküler alerji ve göz ovalama yer alır. Bir hafta sonra izlenebileceği gibi, yıllar sonra da gelişebilir. Hastalarda görmede azalma, ilerleyici miyopi ve astigmatizma izlenir.

Tedavisi için çapraz bağlama uygulanır. Görme rehabilitasyonu; gözlükler, rijid gaz geçirgen kontakt lensler veya kornea içi halka ile sağlanır. İleri vakalarda DALK (derin anterior lameller keratoplasti) gerekebilir.

PRK Postoperatif Komplikasyonları

PRK postoperatif komplikasyonları Tablo 4'de gösterilmiştir⁴.

Kornea Puslanması (Haze)

Kornea puslanması (haze) gelişimi olasılığı, PRK tedavisinin sınırlamalarından birisidir ve önemli bir geç dönem komplikasyonudur. İki tip puslanma vardır:

1. Tip 1 puslanma: Cerrahiden 1-3 ay sonra gelişir ve 1 yıl sonra düzelir.
2. Tip 2 puslanma: Geç başlangıçlı puslanma olarak tanımlanan tip 2 puslanma; 3 aydan sonra gelişir ve 3 yıldan fazla sürer.

Puslanma oluşumunda yer alan faktörler şunlardır: Yüksek dereceli miyopiyi tedavi etmek için gereken yüksek ablasyon derinliği, epitel bazal membran bütünlüğü ve kornea yara iyileşme sürecinin bir parçası olarak anormal ekstraselüler matriks birikimi. Stromal yüzey düzensizlikleri bazal membranda kalıcı defektler bırakır ve miyofibroblast proliferasyonunda rol alan TGF- β geçişini kolaylaştırır. Epitel bazal membranı düzeldiğinde; TGF- β seviyeleri azalır, IL-1 miyofibroblast apoptozisine neden olur ve kornea saydamlığını tekrar kazanır. Bu süreç haftalar-aylar sürebilir.

Yüksek miyopi veya astigmatizma, otoimmün durumlar, yaş ve UV ışınlarına fazla maruziyet; puslanma oluşumuna yol açan risk faktörleridir. Bu nedenle operasyon sonrası ilk 1 yıl UV filtreli gözlük takmak önerilebilir.

Topikal steroidler ilk 3 ay puslanma oluşumunu önleyebilir ancak yüksek miyop gözler dışında geç-dönem puslanmayı önlemede etkin değildir.

Refraktif cerrahi sonrası mitomisin-C (MMC) kullanımı, keratosit aktivasyonu-proliferasyonunu ve miyofibroblast farklılaşmasını bloke ederek yara iyileşme sürecini modüle eder. Ancak intraoperatif MMC kullanımı endotel hücre kaybı ve refraktif sonuçlarda değişkenlik ile ilişkilidir. MMC kullanılmasına rağmen puslanma gelişebilir.

Kornea puslanma seviyeleri aşağıda tanımlanmıştır:

Seviye 0: Saydam kornea

Seviye 1: Biyomikroskopta zorlukla farkedilebilen hafif puslanma

Seviye 2: Biyomikroskopta kolayca farkedilebilen retiküler puslanma

Seviye 3: Fokal konfluent ve klinik olarak belirgin puslanma

Seviye 4: İrisin görülmesini zorlaştıran seviyede konfluent ve difüz puslanma

Seviye 5: İrisin görülmesini engelleyen kornea opasitesi

Seviye 0-2 puslanma, topikal steroidler ve topikal NSAID ilaçlarla tedavi edilir. Seviye 2-4 haze, mekanik epitel debridmanı ile tedavi edilebilir. Bu işlemin başarısı puslanmanın morfolojisi ve hastanın bireysel yara iyileşme cevabına bağlıdır. MMC aplikasyonu ile manuel debridman da yapılabilir. PTK (fototerapötik keratektomi) de uygulanabilir. Bu tedavide de MMC tekrar puslanma gelişimini önlemek için uygulanabilir. Kornea opasiteleri, kornea nakli gerektirebilir.

Kornea Ektazisi

1997 ile 2005 yılları arasındaki ektazi olgularını inceleyen bir çalışmada, ektazi olgularının %96'sının LASİK sonrası, %4'ünün ise PRK sonrası geliştiği bildirilmiştir. Özellikle refraktif cerrahi sonrası düzeltme planlanacaksa; refraktif cerrahi sonrası ektazinin dışlanması çok önemlidir çünkü özellikle erken dönemde kornea topografisinde sadece küçük değişiklikler olabilir ve bunlar regresyonla karıştırılabilir.

Kuru Göz

Schirmer test ölçümleri, LASİK sonrası daha düşüktür. Her 2 teknik de kornea invazyonunu bozar ve oküler yüzeyde inflamasyon yaratır. Kuru göz semptomları PRK sonrası 3 ay kadar, LASİK sonrası ise 6 ay kadar sürer. İn vivo konfokal mikroskopi çalışmaları, normal sinir dansitesi rejenerasyonunun PRK sonrası LASİK'e kıyasla daha hızlı olabildiğini göstermiştir ancak her 2 işlemten sonra nihai kornea sensitivitesi normale dönmektedir.

SMILE Postoperatif Komplikasyonları

SMILE postoperatif komplikasyonları Tablo 5'de gösterilmiştir⁵.

Kuru Göz

Kuru göz, LASİK sonrası erken dönemde (1. hafta) en sık rastlanan (%95) komplikasyondur. SMILE sonrası erken dönemde ise daha az (%56) görülür. SMILE olanlarda, belirtiler 3 ay sonra ameliyat öncesi seviyesine döner. LASİK sonrası 3. ayda ise değerler düşük kalmaya devam eder. Bunun nedeni olarak, SMILE tekniğinde daha küçük insizyon olması, superior insizyon ve sinir pleksusuna daha az hasar verilmesi sayılmaktadır. SMILE işlemi sırasında emme halkasının perilimbal konjonktiva ile temas alanının azalması, goblet hücrelerinde ve müsin üretiminde daha az hasara neden olabilir. SMILE, LASİK'e göre kornea epitel hücrelerinde daha az hasara neden olarak daha az inflamatuvar yanıt ile hızlı bir iyileşme sağlar.

Difüz Lameller Keratit (DLK)

SMILE sonrası DLK insidansı %1.6'dır. SMILE sonrası DLK'nın LASİK'ten daha az görülmesinin nedeni, SMILE sırasında daha yüksek atım frekansı ve daha düşük atım enerjisi kullanılmasıdır. LASİK sırasında excimer lazer, inflamasyonu daha fazla uyarır. İnce lentikül ve limbusa yakın olan daha geniş lentikül çapı; limbal damarlardan inflamatuvar hücrelerin difüzyonunu kolaylaştırarak DLK gelişimiyle ilişkilidir.

bulunmuştur. Kep kalınlığı ve insizyon boyutu, artmış DLK insidansına yol açmamıştır.

İnfeksiyöz Keratit

Risk faktörleri LASIK'te olduğu gibi kuru göz, blefarit, bağışıklık yetmezliği, cerrahi enstrümanların kontaminasyonu, intraoperatif epitel defekti, kontakt lens kullanımı, revizyon cerrahisi ve travmadır. Geniş bir seride, kornea infiltratı insidansı %0.39 olarak bulunmuştur.

Tedavide interfazın povidon-iyot ve antibiyotik solüsyonu ile irigasyonu gereklidir. Topikal ve gerekli görülürse sistemik antibiyotik tedavileri uygulanır.

Kornea Ektazisi

Anterior kornea stroması fizyolojik olarak daha güçlüdür ve SMILE sırasında değiştirilmeden kalır çünkü çıkarılan lentikül LASIK'te olduğundan daha derindedir. Bunun da "teorik olarak" korneada daha iyi bir biyomekanik bütünlük sağladığı düşünülmektedir. Ancak daha uzun dönem sonuçların ortaya konarak, bu teorik beklentinin desteklenmesi gerekmektedir.

Geçici Işık Sensitivitesi Sendromu (GISS)

GISS özellikle femtosaniye lazer ile ilişkili bir komplikasyondur. Etyolojisi tam bilinmese de femtosaniye lazer sırasında oluşan gaz baloncuklarının, sitokinlerin ve hücrel artıkların siliyer cismi irite edecek şekilde laterale kaymasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Basıncın İndüklediği Stromal Keratit

Oluşma mekanizması ve tedavisi LASIK sonrası oluşan basıncın indüklediği stromal keratit ile aynıdır.

Epitel İçe Büyümesi

LASIK'te çepeçevre flep kanarlarından epitelin içe yürüme riski varken, SMILE'da sadece insizyon yerinden epitel içe yürümesi söz konusudur. O nedenle SMILE'da epitel içe büyümesi riski çok daha azdır. Tedavisi, LASIK sonrası epitel içe büyümesi tedavisi ile aynıdır.

İnterfaz Sıvı Sendromu / Değişken Ektazi

Nadir bir komplikasyondur. İnterfazda sıvı toplanması korneada değişken bir dikleşmeye yol açar. Tedavisi topikal hipertonic salındır.

İnterfazda Debris / Yabancı Cisim

İnsidansı; 6373 göz içeren geniş bir seride %0.30 olarak bildirilmiştir. Debris; eldiven pudrası, mikrocerrahi sponç lifleri, aletlerin metalik parçaları, meibomian bez salgısı ve kirpik olabilir. Bu debrislerin büyük çoğunluğu biyoparçalanabilir ve inflamasyon yaratmaz. Dolayısıyla sadece takip edilebilir. Ancak, görme aksını tutarsa veya inflamasyon yaratırsa interfazın irige edilmesi gerekir. İnterfaz debrisinin komplikasyonları arasında DLK ve astigmatizma yer alır.

Punktat Epitelyal Erozyonlar (PEE)

Geniş bir seride, PEE insidansı %0.39 olarak bulunmuştur. Göz kuruluğu ile ilişkilidir.

Bowman Zarında Mikrodistsorsiyonlar

OCT ile tespit edilmişlerdir. İlk gün inferior kadranda daha sık görülürler ancak uzun dönemde korneanın her bölgesinde eşit oranda görülebilirler. LASIK sonrası görülme sıklığı daha düşüktür. Lentikül kalınlığı veya refraktif kusur düzeltilmesi ile ilişkilidirler. Görme keskinliği üzerinde uzun dönem etkileri yoktur. -6 diyoptri üzerindeki düzeltmelerde görülme oranı %65 iken, -3 ile -6 diyoptri arası düzeltmelerde görülme oranı %30.8'dir. Intraoperatif kep repozisyonlanması, mikrodistsorsiyonları azaltır.

Endotelyal Etkiler

SMILE'in diseksiyon planı endotele daha yakındır. Ayrıca SMILE sırasında oluşturulan emme süresi, LASIK'tekinin 2 katıdır. O nedenle SMILE sonrası endotel hasarının oluşabileceği düşünülmüştür ancak kısa ve uzun dönemde endotel hücreleri üzerinde yöntemler arası bir etki farkı bulunmamıştır.

Değişmiş Kornea Biyomekaniği

ORA (“Ocular Response Analyzer”) ile yapılan çalışmalar, erken dönemde LASIK’in CH (korneal histerezis) ve CRF’yi (korneal rezistans faktörü) daha çok düşürdüğünü göstermiştir. Bazı çalışmalar ise LASIK ile SMILE arasında fark olmadığını bildirmiştir.

Corvis ST ile yapılan çalışmalar ise, LASIK ile SMILE arasında biyomekanik cevapta fark olmadığını göstermiştir. Bir çalışmada ise A1 (birinci aplanasyon), A2 (ikinci aplanasyon) ve en yüksek konkavite süresinin (HC), LASIK’te daha çok azaldığı bulunmuştur. Bir diğer çalışmada ise sadece HC süresinin LASIK sonrası daha fazla azaldığı bulunmuştur.

Ekstensiyometri ile yapılan bir çalışma ise, düşük miyoplarda LASIK’in daha az güç azalması yarattığını göstermiştir. Yüksek miyoplarda ise LASIK ve SMILE arasında fark bulunmamıştır. Bunun nedeni; aynı oranda refraktif düzeltme sağlamak için SMILE’da LASIK’e kıyasla daha fazla doku çıkarılması gereksinimidir.

Tablo 1. LASIK Postoperatif Komplikasyonları

Erken Dönem:	
1.	Flep ile ilişkili:
a.	Flep dislokasyonu
b.	Flep kırışıklığı
2.	İnterfaz ile ilişkili:
a.	Difüz lameller keratit (DLK)
b.	Santral toksik keratopati (STK)
c.	Basıncın indüklediği stromal keratit
d.	Mikrobik keratit
e.	İnterfazda puslanma
3.	Diğer:
a.	Rezidüel kırma kusuru (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
b.	Kuru göz
c.	Yüksek dereceli aberrasyonlar (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
d.	Azalmış kontrast duyarlılık (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
e.	Geçici ışık sensitivitesi sendromu
Geç Dönem:	
1.	Regresyon (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
2.	Epitel içe büyümesi
3.	Kornea ektazisi
4.	Arka segment komplikasyonları (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
5.	Düzeltilmiş uzak görme keskinliği azalması (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)

Tablo 2. Difüz lameller keratit evrelemesi

Evre 1: İnterfazda periferde beyaz granüler hücreler
Evre 2: Hem merkezde, hem periferde beyaz granüler hücreler
Evre 3: Merkezde toplanmış yoğun beyaz kümelenmiş hücreler, perifer açılmaya başlamış
Evre 4: Ciddi lameller keratit, stromal erime, santral lamellada sıvı birikimi, üstteki epitelde büller

Tablo 3. Epitel içe büyüme derecelendirmesi

Evre 1: 1-2 hücre kalınlığında ince epitel büyümesi ve büyümenin ilerlediği tarafta beyaz demarkasyon hattı. Biyomikroskopta görülmesi zordur.
Evre 2: Daha kalın büyüme, epitelyal yuva içinde ayrı hücreler, demarkasyon hattı yok. Flep kenarı yuvarlanmış veya gri görünümde olabilir.
Evre 3: Birçok hücre kalınlığında, opak içe büyüme, demarkasyon hattı yok. Flep kenarı kalınlaşmış, yuvarlanmış beyazımsı-gri görünümde. Flep kenarında periferik konfluent puslanma.
Evre 4: Görme aksına ilerleyen epitel hücrelerinin agresif büyümesi. Flep erimesi izlenebilir.

Tablo 4. PRK postoperatif komplikasyonları

1.	Az/fazla düzeltme ve regresyon (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
2.	Kornea puslanması (“haze”)
3.	Kornea ektazisi
4.	Diğer:
a.	Desantralize tedavi (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
b.	Küçük optik zon (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
c.	Aberrasyonlar (<i>diğer bölümde anlatılacak</i>)
d.	Kuru göz

Tablo 5. SMILE postoperatif komplikasyonları

1.	Kuru göz
2.	Difüz lameller keratit
3.	İnfeksiyöz keratit
4.	Kornea ektazisi
5.	Geçici ışık sensitivitesi sendromu
6.	Basıncın indüklediği stromal keratit
7.	Epitel içe büyümesi
8.	Diğer:
	a. İnterfaz sıvı sendromu/değişken ektazi
	b. İnterfazda debris/yabancı cisim
	c. Puntat epitel erozyon
	d. Bowman zarı mikro distorsiyonu
	e. Endotel etkileri
	f. Kornea biyomekaniği
9.	Görme ile ilgili komplikasyonlar:
	a. Refraktif kusur (diğer bölümde anlatılacak)
	b. Yüksek dereceli aberrasyonlar (diğer bölümde anlatılacak)
	c. Kontrast duyarlılık (diğer bölümde anlatılacak)
	d. Regresyon (diğer bölümde anlatılacak)

KAYNAKLAR

1. Sahay P, Bafna RK, Reddy JC, Vajpayee RB, Sharma N. Complications of laser-assisted in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69(7):1658-69.
2. Linebarger EJ, Hardten DR, Lindstrom RL. Diffuse lamellar keratitis: Diagnosis and management. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26(7):1072-7.
3. Ting DSJ, Srinivasan S, Danjoux JP. Epithelial ingrowth following laser in situ keratomileusis (LASIK). Prevalence, risk factors, management and visual outcomes. *BMJ Open Ophthalmol* 2018; 29;3(1):e000133.
4. Spadea L, Giovannetti. Main complications of photorefractive keratectomy and their management. *Clin Ophthalmol* 2019; 27(13):2305-15.
5. Asif MI, Bafna RK, Mehta JS, et al. Complications of small incision lenticule extraction. *Indian J Ophthalmol* 2020; 68(12) :2711-22.

REZİDÜ REFRAKSİYON- MUTSUZ HASTAYA YAKLAŞIM

Dr. Bengü EKİNCİ KÖKTEKİR

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

Giriş

Lazer refraksiyon cerrahisi toplumda yaygın olarak rastlanan refraksiyon kusurları için en sık kullanılan cerrahi tedavidir. Ekzimer lazer ve femtosaniye lazer cihazlarındaki gelişmelerle birlikte günümüzde bu cerrahiler miyopi, astigmatizma ve sınırlı da olsa hipermetropi tedavisinde güvenle uygulanmaktadır. Ne var ki bu cerrahilerdeki tüm gelişmiş teknolojilere rağmen halen mutsuz hastalara rastlanabilmektedir.

Kornea refraksiyon cerrahisi sonrasında hastaların mutsuz olma sebepleri arasında en sık görülenler;

- Rezidü refraksiyon
 - Az düzeltme
 - Fazla düzeltme
 - İrregüler astigmatizma
- Regresyon
- Kuru göz
- Görme kalitesini bozan sebepler
 - Glare
 - Gece görüş sorunları olarak sıralanabilir. ¹

Rezidü Refraksiyon

Lazer refraksiyon cerrahileri arasında en sık uygulanan Fotorefraktif Keratotomi (PRK) ve Lazer in situ keratomileusis (LASIK) yöntemleri ile %95 oranında hedeflenen refraktif düzeltmelere ulaşıldığı bildirilmektedir.²⁻³ Ancak, farklı sebeplerle bazı hastalarda fazla ya da eksik düzeltmeler görülebilmektedir.

Ekzimer lazer sonrası rezidü sferik hata nedenleri arasında;

- İnsan kaynaklı hatalar
- Lazer cihazından kaynaklı hatalar
- Ortam kaynaklı hatalar
- Hasta kaynaklı hatalar sayılabilir.⁴

Rezidü refraksiyon nedenleri arasında insan kaynaklı hatalar ilk sırada yer almaktadır.

Hasta verilerinin lazer cihazına yanlış girilmesi ya da hasta dosyalarını karışması olasılıkları nedeniyle bağlantılı cihazlar kullanılması ve otomatize veri aktarımı bu hataları azaltmak için uygulanabilecek bir önlem olarak sayılabilir.

Cerrahi öncesi iyi bir refraksiyon muayenesi yapmak şarttır. Sadece sikloplejik muayene ile alınan verilerin gözetilmesi genç miyop hastalarda az düzeltmeyle, genç hipermetrop hastalarda ise fazla düzeltmeyle sonuçlanabilmektedir. Cerrah manifest ve sikloplejik değerler arasında kendi nomogramını oluşturarak ve deneyimleri sonucu bir ara değere karar vermelidir.

Lense bağlı miyopik kayma; nükleer skleroz, kontrolsüz hiperglisemi ya da yakın aktiviteye bağlı olarak ortaya çıkan miyopiden kaynaklanabilir, cerrahiden önce mutlaka kontrol edilmelidir.

Lazer cihazının kalibrasyon hatası olması, enerji dağılımının homojenitesinin azalması cerrahi sonucu etkileyebilir.

Cerrahi uygulanan ortamın ısısı, nemi optimal koşullarda tutulmalıdır.

Ekzimer lazer cerrahisi esnasında, flep aşamasından sonra fazla beklenmesi, aşırı kurulanması; stromanın görece kurumasına ve lazer ablasyon etkisinin artmasına böylece de aşırı düzeltmeye sebep olabilmektedir. Tersine aşırı ıslak bir stroma varlığı ya da ortam neminin yüksek olması lazer enerjisinin ablasyon etkisinin azalmasına yol açmakta ve eksik düzeltmeyle sonuçlanabilmektedir.

Hasta kaynaklı rezidü refraksiyon ise kornea yara iyileşmesi ile ilişkilendirilmektedir. PRK'da cerrahi sonrası epitel hiperplazisi ve stromanın yeniden modellenmesi-kalınlaşması regresyona yol açabilmekte, bunu ve haze gelişimini önlemek için uygulanan Mitomisin C (MMC) ise keratosit cevabını azaltarak fazla düzeltmeye sebep olabilmektedir. LASIK'te ise cerrahi sonrası epitel hiperplazisi regresyona sebep olabilmektedir.

Regresyon

PRK, LASIK ve Küçük insizyonlu lentikül cerrahisi (SMILE) sonrasında görülebilen regresyonun sebebi tam olarak belirlenemese de öne sürülen bazı teoriler mevcuttur.^{5,6} Regresyon, preoperatif dönemdeki orijinal kırma kusurunun geri gelmesi anlamına gelmektedir. LASIK sonrası genellikle 3-6 ay arasında, PRK sonrası ise 3 yıla kadar görülebilmektedir.⁷

Regresyon;

- Postoperatif epitel hiperplazisi
- Flep kalınlığında azalma
- Postoperatif dönemde stromanın yeniden modellenmesi
- Lenste nükleer skleroz gelişimi
- Postoperatif presbiyopi gelişimi
- Vitreus kavitesinde uzama
- İleri yaş
- Kuru göz varlığı
- Astigmat varlığı
- Ablasyon zonunun küçük olmasıyla ilişkilendirilmektedir.

LASIK sonrası regresyon miyopik düzeltmelere göre, hipermetropik düzeltmelerden sonra daha sık görülmektedir. Ancak hem miyopide hem de hipermetropide preoperatif refraksiyon kusuru ne kadar fazlaysa, regresyon riski de o kadar fazladır.⁶

Erken dönemdeki ektazi, regresyonu taklit eden bulgular verebilir. Düşük korneal yatak kalınlığı, anormal preoperatif topografi bulguları, genç yaş ve yüksek miyopi ektazi için risk faktörleridir. İleri refraktif düzeltmeye karar vermeden ektazi ayırıcı tanısı dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.⁵

LASIK sonrası regresyon tedavisinde medikal ve cerrahi seçenekler literatürde bildirilmiştir. Medikal tedavi seçenekleri arasında ilk sırada kronik kuru göz varsa tedavisi ve göz içi basıncını düşürmek için uygulanan topikal ilaçlardır.⁵

Regresyon sonrası güçlendirme cerrahisi için en az 3 ay beklemek gerekir. Tedavi seçenekleri arasında,

- Flep re-lift
- Yüzey ablasyonu
- Re-cut
- Side-cut
- Mini flep
- Flep arka yüzey ablasyonu
- Kondüktif keratoplasti
- Arkuat keratotomi sıralanabilir.

LASIK sonrası en sık uygulanan yöntem flebin tekrar kaldırılmasıdır. Ancak ne kadar uzun süre geçmişse cerrahi o kadar zorlaşır ve komplikasyon görülme sıklığı artar; Femtosaniye lazer ile oluşturulmuş fleplerde bu süre 6-8 ay olarak bildirilmekte, mikrokeratomla oluşturulmuş fleplerde ise en geç 3 yıl içinde bu yöntemle güçlendirme tedavisinin yapılması önerilmektedir. Bu sürelerden daha geç yapılan flep kaldırma girişimlerinde, işlem zorlaşacağı için; epitel içe yürümesi, difüz lameller keratit, enfeksiyon ve flep erimesi gibi pek çok komplikasyon riski de artmaktadır. Özellikle epitel içe yürümesi %30'a varan oranlarda bildirilmiş ve intraoperatif epitel defekti, epitel bazal membran distrofisi, flep instabilitesi, hipermetrop LASIK tedavisi, kötü cerrahi teknik, tekrarlayan kornea erozyonları varlığında sıklıkla görülebilmektedir.⁵

Korneal yatağın yetersiz olduğu hastalarda güçlendirme tedavisinde yüzey ablasyonu daha uygun bir seçenek olarak görülmektedir. Özellikle yüksek sıralı aberasyonların varlığında, Wavefront yardımcı PRK iyi sonuçlar vermektedir. İrregüler astigmatizma varlığında ise, topografi yardımcı PRK ya da Kornea Çapraz Bağlama tedavisi etkin tedavi yöntemleridir.

SMILE cerrahisi sonrasında rezidü refraksiyon varlığında yeniden tedavi gerekirse, güçlendirme tedavisinde;

- Transepitelyal PRK
- Topografi rehberli PRK
- LASIK
- Re-SMILE yöntemlerinden herhangi biri seçilebilir.

Özellikle kalan korneal yatak ince ise re-SMILE ya da LASIK cerrahilerinden kaçınılmalıdır. Tüm refraktif cerrahilerde olduğu gibi SMILE sonrası da epitel kalınlığı değişebildiğinden PRK da her zaman istenilen

sonucu vermeyebilir. Özellikle irregüler astigmat varlığında, Topografi rehberli PRK yapmak daha uygun olacaktır.⁸

Görme Kalitesini Bozan Sebepler

Lazer refraktif cerrahi sonrası görme keskinliğinde istenen sonuçlara ulaşılsa dahi düşük görme kalitesi hastayı memnun etmeyebilir. Görme kalitesini bozan sebeplerin başında gece görüş problemleri; dolayısıyla glare, halo, ışık saçılmaları ve kontrast duyarlılık azalması gelmektedir.⁹⁻¹²

Görme kalitesinin azalmasındaki etken lazer cerrahisi sonrasında yüksek sıralı aberasyonların artışıdır. Günümüzde kullanılan “flying-spot” lazer platformları bu aberasyonların oluşumunu bir miktar azaltmış olsa da tamamen ortadan kaldırmamıştır.

Kornea normal koşullarda prolate bir yüzeye sahiptir ve merkezdeki diklik periferde doğru azalmaktadır böylece asferik bir yüzey oluşur. Lazer refraksiyon cerrahisi sonrasında miyopi düzeltmesiyle oblat, hipermetropi düzeltmesi sonucu da normalden daha prolat bir yüzeye sahip olur. Asferisitedeki bu değişim aberasyonların artmasına yol açar; görme kalitesinin bozulması ve kontrast duyarlılıkta azalmaya sonuçlanır.¹³

Lazer refraksiyon cerrahisi sonrası en fazla sferik aberasyon değişimi gözlenir.^{9,14} Sferik aberasyon, LASIK sonrasında miyopik düzeltmelerde pozitif yönde, hipermetrop düzeltmelerde de negatif yönde bir artış gösterir. Gece görüş problemleri, glare, halo ve starburst oluşumları sferik aberasyon (SA) değişimlerinden kaynaklanır.

Desantralize bir ablasyon yapıldıysa coma aberasyonu daha belirgin olarak ortaya çıkar. Desantralize ablasyon da SA'ya benzer şekilde glare, halo, starburst ve irregüler astigmatizmaya sebep olur.

Sferik aberasyon ve coma aberasyon değişimleri yapılan düzeltme miktarıyla paralellik gösterir.

Yeni teknoloji lazerlerde göz takip sistemleri bu aberasyonları azalmış olsa dahi cerrahi sırasında, görsel problemlerle karşılaşmamak için hastanın uyumu ve iyi bir fiksasyon şarttır.

Gece görüş problemleri

Glare (kamaşma) : Işık kaynağına bakmakta zorlanma ve cisimlerin kenar keskinliğinin bozulması anlamına gelir.

Halo (halka): Işıklı cisimlerin etrafında sisli bir halka görülmesi anlamına gelir, genellikle sokak lambaları ve araba farlarında görülür.

Starburst: Işık kaynağından radyal saçılmalar olarak görülür.

Ghosting (gölgelenme): Monoküler bakılsa dahi ojenin çift görülmesi anlamına gelir.

Starburst ve gölgeli görüntüler sadece refraktif cerrahi sonrasında görülürken; glare ve haloya cerrahi geçirmemiş, gözlük ya da kontakt lens kullanan miyop hastalarda da rastlanır.

Bu şikayetlere ek olarak lazer refraksiyon cerrahisi geçirmiş hastalarda özellikle ışıklı ortamlardan loş ya da karanlık ortama geçişle bir kontrast azalması da olabilmektedir.¹⁵

Tüm bu gece görüş problemleri;

- Yara iyileşmesi süreci
- Pupil büyüklüğü
- Yapılan düzeltme miktarı
- Ablasyon genişliği ve profili
- Ablasyon kalitesi
- Flep kalitesi
- Hastanın kortikal adaptasyonu ile ilişkilidir.

Gece görüş problemleri için risk faktörleri

1. Preoperatif miyopi düzeyinin 5D'den fazla olması
2. Preoperatif kontrast duyarlılığın düşük olması
3. İleri yaş
4. Preoperatif kornea kurvatürünün normalden daha düz olması
5. 6 mm'den küçük optik zon
6. Postoperatif rezidü kusurun 0,5 D'den fazla olması
7. Postoperatif rezidü astigmatizma olarak bildirilmiştir.¹¹⁻¹²

Gece görüş problemleri olan bir hastada ilk yaklaşım gözlemdir; bu şikayetlerin pek çoğu postoperatif 6. aydan itibaren rahatsız etmeyecek kadar azalır ve kortikal adaptasyon gerçekleşir. Ancak hastaların az bir kısmında Wavefront rehberli ya da Topografi rehberli güçlendirme tedavisine gerek olabilir.

Lazer refraksiyon cerrahisi geçirecek hastanın preoperatif olarak ayrıntılı göz muayenesi yapılması çok önemlidir. Gerçeklikten uzak beklentisi olan ve uyum kapasitesi düşük hastalarda sonuçlar tatmin edici olmayabilir, bu nedenle cerrahi öncesi hastanın motivasyonu artırılmalı ve cerrahi sonrası bu gibi olası görsel sorunlarla ilgili olarak ayrıntılı bilgi verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Jonker SMR, Tahzib NG, Nuijts NMMA. Predicting The Unhappy Patient and Patient Expectations. In: Alio JL, Azar DT, eds. *Management of Complications in Refractive Surgery*. (2nd ed). Switzerland; Springer International Publishing AG; 2018:413-418.
2. Kim T, del Barrio JLA, Wilkins M, Cochener B, Ang M. Refractive surgery. *Lancet*. 2019;393:2085-2098.
3. Moshirfar M, Villarreal A, Thomson AC, West WB Jr, McCabe SE, Quinonez Zanabria E, Graham DB, Ronquillo YC, Hoopes PC Sr. PRK Enhancement for residual refractive error after primary PRK: a retrospective study. *Ophthalmol Ther*. 2021;10:175-185.
4. Chayet AS, Torres LF, Lopez J. Refractive Miscalculation with Refractive Surprise: Sphere. In: Alio JL, Azar DT, eds. *Management of Complications in Refractive Surgery*. (2nd ed). Switzerland; Springer International Publishing AG; 2018:141-144.
5. Yan MK, Chang JS, Chan TC. Refractive regression after laser in situ keratomileusis. *Clin Exp Ophthalmol*. 2018;46:934-944.
6. Moshirfar M, Jehangir N, Fenzl CR, McCaughey M. LASIK enhancement: clinical and surgical management. *J Refract Surg*. 2017;33:116-127.
7. Moshirfar M, Desautels JD, Walker BD. Mechanisms of optical regression following corneal laser refractives: epithelial and stromal responses. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2018;7:1-9.
8. Moshirfar M, Shah T, Masud M, Linn SH, Ronquillo Y, Hoopes PC. Surgical options for retreatment after small-incision lenticule extraction: Advantages and disadvantages. *J Cataract Refract Surg* 2018;44:1384-1389.
9. Katsanevaki VJ, Fragoso VV, Alio JL. Causes of Higher-order Aberrations Induction in Excimer Laser Surgery. In: Alio JL, Azar DT, eds. *Management of Complications in Refractive Surgery*. (2nd ed). Switzerland; Springer International Publishing AG; 2018:155-162.
10. Bidgoli S, Alio JL. Night Vision Disturbances Following Refractive Surgery: Causes, Prevention, and Treatment. In: Alio JL, Azar DT, eds. *Management of Complications in Refractive Surgery*. (2nd ed). Switzerland; Springer International Publishing AG; 2018:163-174.
11. Bailey MD, Mitchell GL, Dhaliwal DK, Wachler BSB, Zadnik K. Patient satisfaction and visual symptoms after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology*. 2003;110:1371-8.
12. Pop M, Payette Y. Risk factors for night vision complaints after LASIK for myopia. *Ophthalmology*. 2004;111:3-10.
13. Yoon G, Macrae S, Williams DR, Cox IG. Causes of spherical aberration induced by laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:127-135.
14. Hersh PS, Fry K, Blaker JW. Spherical aberration after laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Clinical results and theoretical models of etiology*. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:2096-104.
15. Bidgoli S, Alio JL. Night Vision Disturbances Following Refractive Surgery: Causes, Prevention, and Treatment. In: Alio JL, Azar DT, eds. *Management of Complications in Refractive Surgery*. (2nd ed). Switzerland; Springer International Publishing AG; 2018:163-174.

RETİNAL KOMPLİKASYONLAR

Dr. A. Hakan DURUKAN
SBÜ Gülhane Tıp Fakültesi, Göz Hast. Anabilim Dalı, Ankara

Giriş

Refraktif cerrahiler, keratorefraktif, lense bağlı veya ikisinin kombinasyonu girişimler olarak sınıflandırılabilirler.¹ Laser in situ keratomileusis (LASIK) ve excimer lazer fotorefraktif keratektomi (PRK) en sık uygulanan keratorefraktif girişimlerdir. Günümüzde korneal refraktif cerrahiye olan ilgi ve uygulama sıklığı oldukça artmıştır. Korneal refraktif cerrahi, sıklıkla gözlük veya kontakt lens gibi refraksiyon kusurunu düzelterken diğer yöntemlerle görmesi çok iyi olan gözlere uygulanan elektif bir cerrahidir. Korneaya ait anatomik ve refraktif komplikasyonlar cerrahi sonrası problemlerin çoğunluğunu oluştursa da olumsuz görsel sonuçlar için en tehlikelisi retinal komplikasyonlardır.² Dolayısıyla görmeyi tehdit edebilecek, özellikle retina kaynaklı komplikasyonlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Korneal refraktif cerrahinin retina komplikasyonları nadir olmakla birlikte, her türlü refraktif cerrahi girişim sonrası bildirilmiştir. Bu komplikasyonların çoğu, daha yüksek retina patolojisi riski olan miyop gözlerde bildirilmektedir. Retinal komplikasyon insidansının refraktif cerrahi olmayan karşılaştırılabilir bir miyop popülasyondakinden farklı olup olmadığı bilinmemektedir.³ Keratorefraktif girişimlerden sonra kısa bir zaman aralığında retinal patolojilerin ortaya çıkması, girişimle ilişki yönünden kuvvetli bir delil kabul edilmektedir.⁴

Refraktif kornea cerrahisi sonrası izlenen retinal komplikasyonlar:¹

1. Regmatojen retina dekolmanı,
2. Koroidal neovaskülarizasyonu (KNV),
3. Maküler hemoraji,
4. Laquer crack (laker çatlağı),
5. Maküler hol,
6. Kistoid maküler ödem (KMÖ)

Yukarda sayılan komplikasyonların çoğu miyopik LASIK veya PRK cerrahisi sonrası izlenir. Hiperopik LASIK sonrası da çok nadir izlenen komplikasyonlar vardır. Bunlar; santral seröz retinopati (SSR), uveal effüzyon sendromu, Valsalva retinopatisi, koroidal enfarktör.

Regmatojen Retina Dekolmanı

Korneal refraktif cerrahi sonrası gelişen retina dekolmanlarının çoğu miyopik LASIK sonrası gözlenir. 2002 ve 2006 yıllarına ait iki büyük olgu serisinde LASIK sonrası kümülatif regmatojen retina dekolmanı (RRD) insidansı 10.000'de 8 olarak tespit edilmiştir.^{5,6} Faghihi ve ark.'nın⁶ araştırmasında 59424 gözün 49'unda (kümülatif insidans %0.082, yıllık insidans %0.032) cerrahi sonrası ortalama 27.3 ayda RRD gelişmiştir. Bu gözlerdeki ortalama preoperatif refraktif kusur -8.6 diyoptri (D) olarak tespit edilmiştir. Erkek cinsiyet, ileri yaş ve yüksek preoperatif miyopi LASIK sonrası RRD insidansı ile anlamlı olarak ilişkili bulunmuştur. Arevalo ve ark.'nın⁵ çalışmalarında 38823 gözün 33'de (%0.08) cerrahi sonrası ortalama 16.3 ayda RRD gelişmiştir. RRD gelişen gözlerde LASIK öncesi ortalama -8.75 D miyopi tespit edilmiştir. LASIK sonrası 10 yıl takipler yapılmış olgulardan oluşan bir çalışmada, 11594 gözün 22'sinde (%0.19) RRD gelişmiştir.⁷ Bu çalışmaların hiçbirisi, cerrahi geçirmemiş eşleştirilmiş bir miyop göz grubuyla karşılaştırma içermemektedir.

PRK sonrası da retina dekolmanı bildirilmiştir. 5936 miyop gözün PRK ile opere edildiği bir çalışmada 5 gözde (%0.08) ortalama 21 ayda retina dekolmanı gelişmiştir.⁸ 9239 gözden oluşan bir başka seride 9 gözde ortalama 53.6 ayda (%0.15) retina dekolmanı gözlenmiştir.

KNV, Maküler Hemoraji ve Laker Çatlakları

Patolojik miyopinin görmeyi tehdit eden en önemli komplikasyonlarından biri miyopik KNV'dir. KNV prevalansı patolojik miyopi olana gözlerde %5.2 ile %11.3 arasındadır ve olguların yaklaşık %15'inde bilateraldir.⁹ Laker çatlakları ve Fuchs spotları miyopik makulopatinin diğer önemli bulgularıdır. Laker çatlaklarının retina pigment epiteli-Bruch membranı-koryokapillaris kompleksindeki iyileşmiş çatlakları temsil ettiği düşünülmektedir.¹ Maküler hemorajiler KNV yokluğunda da izlenebilir.¹⁰ Genellikle laker çatlaklarıyla aynı anda bulunurlar veya lake çatlağı oluşumunun öncüsü olabilirler. Miyopik makulopatinin bu bulgularının tümü, yüksek miyopi tedavisi için LASIK ve PRK sonrası tanımlanmıştır. Düşük miyopi nedeniyle LASIK sonrası veya hipermetropik LASIK sonrası çok az sayıda KNV oluşumu vakası bildirilmiştir.¹¹

PRK ile tedavi edilen 5936 gözün sadece 1'nde (%0.02) cerrahiden 26 ay sonra KNV geliştiği bildirilmiştir.⁸ Loewenstein ve ark.¹² -13.00 ile -20.00 D arası miyopisi olan 4 gözde miyopik PRK sonrası 1 ile 5 ay arasında makuler hemoraji geliştiğini gözlemlemişlerdir. Bu 4 gözün 3'ünde KNV tespit edilmemiştir.

LASIK sonrası 3009 gözün değerlendirildiği geniş bir seride ortalama 13 ayda 10 gözde (%0.33) KNV gelişmiştir.¹³ Miyopik LASIK sonrası az sayıda yeni laker çatlağı oluşumu olgusu da cerrahiden 4 gün sonrası gibi kısa bir süre içinde bildirilmiştir.¹⁴

Hipermetropik LASIK sonrası KNV gelişimi oldukça nadirdir. 139 gözün takip edildiği bir çalışmada tek bir olguda (%0.07) KNV geliştiği bildirilmiştir.¹⁵

Makuler Hol

Yüksek miyop (-14 ile -31 D arası) asemptomatik 383 gözün değerlendirildiği çalışmada 24 gözde (%6.26) makuler hol tespit edilmiştir.¹⁶ Arevalo ve ark.¹⁷ bilateral miyopik LASIK sonrası 19 gözde makuler hol geliştiğini bildirmişlerdir. Bu olguların %60'ı LASIK sonrası 6 ay içinde ortaya çıkmıştır.

Diğer Retinal Patolojiler

Diğer retinal bulguların, refraktif cerrahi sonrası bildirilen tesadüfi olaylar olabileceği düşünülmektedir.¹ Miyopik PRK'dan 6 ay sonra gelişen bilateral idiyopatik KMÖ bildirilmiştir.¹⁸ Postop. nadir olarak bildirilen diğer komplikasyonlar arasında retinal ven tıkanıklıkları da mevcuttur.¹⁹

Retinal Komplikasyonların Patogenezi

Korneal refraktif cerrahi sonrası gelişen retinal komplikasyonlarla ilgili olarak muhtemel bazı mekanizmalar ileri sürülmektedir.²⁰

Biyomekanik Değişiklikler

LASIK sırasında korneal flep oluşturulması için globu stabilize etmek amacıyla uygulanan emme halkası göz içi basıncında (GİB) 60 mmHg ve üzeri bir artışa neden olabilmektedir. Korneal flebin kesilmesi sırasında GİB daha da artmaktadır. Hem uygulamanın hem de emme halkasının gevşetilmesinin sırasıyla ön arka ve ekvatoryal akslar boyunca glop boyutlarını değiştirdiği düşünülmektedir. Bu ani değişikliklerin arka kutup ve vitre tabanında mekanik olarak vitreoretinal traksiyon oluşturduğuna inanılmaktadır.²⁰ Yüksek miyop gözlerde LASIK sonrası %10 PVD insidansı göstermişlerdir.²¹

Excimer Lazer Şok Dalgaları

LASIK veya PRK sonrası bazen bilateral olarak ortaya çıkan çok sayıda dev yırtık ve retina dekolmanı olguları literatürde mevcuttur.¹ Excimer lazer şok dalgalarının, özellikle vitreoretinal patolojiye yatkın miyop gözlerde, arka segment yapılarında iyatrojenik bir stres nedeni olabileceği düşünülmüştür. Bazıları, şok dalgalarının, miyop makuladaki kırılğan submakuler damarlarda değişikliklere yol açabileceğini öne sürmüştür.³

Retinal KomplİKasyonlardan Korunma

Refraktif cerrahi planlanan hastalarda preoperatif değerlendirmede dilate fundus muayenesi büyük önem taşımaktadır. Hastalar, özellikle makuler olmak üzere mevcut retinal patolojiler ve periferik retinal lezyonlar yönünden değerlendirilmelidir. Yüksek miyop hastalarda skleral depresyonla beraber indirekt oftalmoskopi ile muayene önerilir. Vitreoretinal traksiyonun ve önceden var olan hastalık süreçlerinin hızlanması olasılığı göz önüne alındığında, mevcut makula hastalığının LASIK için göreceli bir kontrendikasyon olarak görülmesi gerektiği öne sürülmektedir.²⁰ Örnek olarak, önceden laker çatlaqları veya KNV'si olan miyop hastalar, laker çatlağının uzaması, makuler hemoraji, KNV oluşumu veya ilerlemesi açısından yüksek risk altında olabilir.

Akut semptomatik retina yırtıkları, planlanan refraktif cerrahi ne olursa olsun tedavi edilmelidir. Asemptomatik lezyonlara proflaktik tedavi uygulanmasıyla ilgili literatürde yetersiz kanıt mevcuttur.

Refraktif cerrahi uygulanacak hastalar çoğunlukla cerrahi ile gözlerinde miyopinin oluşturduğu anatomik değişikliklerin de düzeleceğini sanmaktadırlar. Hastalara refraktif cerrahinin retina dekolmanı veya miyopik makulopati riskini ortadan kaldırmadığı veya azaltmadığı konusunda bilgi verilmelidir.

Refraktif cerrahiden sonra, özellikle preoperatif olarak retina lezyonları kayıt altına alınmış hastalarda ve görme keskinliğinin beklenenin altında olduğu durumlarda daha da erken bir zamanda ameliyat sonrası dilate fundus muayenesi önerilir.

Refraktif cerrah tarafından ister preoperatif, ister postoperatif olarak maküler veya retinal patolojiler tespit edilen hastalar uygun tedavileri almaları için vitreoretinal cerrahi birimlerine refere edilmelidir.

Sonuç

Refraktif cerrahi sonrası retinal komplikasyonlara sık rastlanmamaktadır. Retina komplikasyonlarını açıklamak için potansiyel mekanizmalar ileri sürülmesine rağmen, keratorefraktif cerrahi ile retinal komplikasyonlar arasında doğrudan bir nedensel ilişki kurulmamıştır.^{1,20} Son olarak, refraktif cerrahlar retina komplikasyonlarını tanıma ve uygun şekilde yönetme yönünde bilgili olmalıdırlar.

KAYNAKLAR

1. Lee DY, Sayegh RR, Ahmad BU, Gupta PC. Retinal Complications After Refractive Surgery. *Int Ophthalmol Clin*. 2016;56(2):141-52.
2. Melki SA, Azar DT. LASIK complications: etiology, management, and prevention. *Surv Ophthalmol*. 2001;46:95-116.
3. Loewenstein A, Goldstein M, Lazar M. Retinal pathology occurring after excimer laser surgery or phakic intraocular lens implantation: evaluation of possible relationship. *Surv Ophthalmol*. 2002;47:125-135.
4. Reviglio VE, Kuo IC, Gramajo L, et al. Acute rhegmatogenous retinal detachment immediately following laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:536-539.
5. Arevalo JF, Ramirez E, Suarez E, et al. Retinal detachment in myopic eyes after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg*. 2002;18:708-714.
6. Faghihi H, Jalali KH, Amini A, et al. Rhegmatogenous retinal detachment after LASIK for myopia. *J Refract Surg*. 2006;22:448-452.
7. Arevalo JF, Lasave AF, Torres F, et al. Rhegmatogenous retinal detachment after LASIK for myopia of up to -10 diopters: 10 years of follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2012;250:963-970.
8. Ruiz-Moreno JM, Artola A, Alio JL. Retinal detachment in myopic eyes after photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:340-344.
9. Wong TY, Ferreira A, Hughes R, et al. Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: an evidence-based systematic review. *Am J Ophthalmol*. 2014;157:9-25.
10. Avila MP, Weiter JJ, Jalkh AE, et al. Natural history of choroidal neovascularization in degenerative myopia. *Ophthalmology*. 1984;91:1573-1581.
11. Pinto RV, Smiddy WE, Culbertson W. Choroidal neovascularization following laser in situ keratomileusis. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2004;35:63-66.
12. Loewenstein A, Lipshitz I, Varssano D, et al. Macular hemorrhage after excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23:808-810.
13. Ruiz-Moreno JM, Pe'rez-Santonja JJ, Alio JL. Choroidal neovascularization in myopic eyes after laser-assisted in situ keratomileusis. *Retina*. 2001;21:115-120.
14. Ruiz-Moreno JM, Montero J, Alio JL. Lacquer crack formation after LASIK. *Ophthalmology*. 2003;110:1669-1671.
15. Jin GJ, Lyle WA, Merkley KH. Laser in situ keratomileusis for primary hyperopia. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:776-784.
16. Coppe AM, Ripandelli G, Parisi V, et al. Prevalence of asymptomatic macular holes in highly myopic eyes. *Ophthalmology*. 2005;112:2103-2109.
17. Arevalo JF, Mendoza AJ, Velez-Vazquez W, et al. Full-thickness macular hole after LASIK for the correction of myopia. *Ophthalmology*. 2005;112:1207-1212.
18. Janknecht P, Soriano JM, Hansen LL. Cystoid macular oedema after excimer laser photorefractive keratectomy. *Br J Ophthalmol*. 1993;77:681.
19. Smith BT, Park CH, Fekrat S. Hemi-retinal vein occlusion following LASIK. *Ann Ophthalmol*. 2006;38:139-140.
20. Mirshahi A, Baatz H. Posterior segment complications of laser in situ keratomileusis (LASIK). *Surv Ophthalmol*. 2009;54:433-440.
21. Luna JD, Artal MN, Reviglio VE, et al. Vitreoretinal alterations following laser in situ keratomileusis: clinical and experimental studies. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2001;239:416-423.

FAKİK GÖZ İÇİ LENSLERİ

Dr. Dilek DURSUN ALTINÖRS

Başkent Üniversitesi, Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Giriş

Fakik göz içi lensleri, doğal mercekle korunarak, gözün ön veya arka kamarasına, refraktif düzeltme amacı ile yerleştirilen göz içi lenslerdir. Sıklıkla lazer refraktif cerrahi uygulanamayan yüksek miyop gözlerde tercih edilmektedir.

Fakik göz içi lensler (GİL) üç grupta incelenebilir:

1. Ön kamara açılı destekli fakik göz içi lensler;
2. Ön kamara iris fiksasyonlu fakik göz içi lensler;
3. Arka kamara fakik göz içi lensler.

Fakik göz içi lenslerin en önemli avantajları gözün akomodasyon yeteneğinin korunması, korneal refraktif cerrahiye göre sferik aberasyon ve koma gibi optik aberasyonların daha az görülmesi ve geri dönüştürülebilir bir cerrahi olmasıdır. En önemli komplikasyonları ise, endoftalmi riski, iris ve pupil deformasyonu, endotel hasarı, katarakt gelişimi ve sekonder glokom olarak sayılabilir. Bu bölümde farklı fakik göz içi lens çeşitlerinin özellikleri, kullanım alanları ve komplikasyonları üzerinde durulacaktır.

1. Ön Kamara Açılı Destekli Fakik Göz İçi Lensler

İlk olarak 1953 yılında Strampelli tarafından, miyopik refraksiyon kusurunun düzeltilmesi için açılı destekli sert ön kamara lensi kullanılmıştır. Refraktif sonuçları yüz güldürücü olsa da endotel kaybı gibi kornea komplikasyonları, iris köküne bası nedeniyle meydana gelen inflamasyon ve pupil deformasyonu nedeniyle kullanımları bırakılmıştır.¹ İlerleyen zamanlarda farklı materyal ve optik tasarımlarda üretilen ön kamara açılı destekli fakik göz içi lenslerde komplikasyon oranları daha düşük oranda olsa da benzer komplikasyonlar meydana geldiğinden, günümüzde kullanımdan kalkmışlardır.²

2. Ön Kamara İris Fiksasyonlu Fakik Göz İçi Lensler

Günümüzde fakik ön kamara lensi olarak sadece iris kısaçlı lensler kullanılmaktadır. İris kısaçlı lensler Ophtec firması tarafından üretilir ve Artilens olarak adlandırılmıştır.³ Firmaya ait iris fiksasyonlu ön kamara lenslerinin modelleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Optiği polimetilmetakrilat (PMMA) yapıdaki lensine Artisan, optiği silikon yapıdaki katlanabilir lensine Artiflex adı verilmiştir. Johnson & Johnson Vision firması Amerika kıtasında Artisan lensini Verisyse, Artiflex lensini ise Veriflex ismiyle pazarlamaktadır.⁴ Artisan/Verisyse lensi erişkinlerde -5 ile -23D arasındaki miyopi ve 7.5D’ye kadar astigmatizmayı düzeltebilir. Hipermetropide ise 12D’ye kadar düzeltme mümkündür. Katlanabilir yapıdaki Artiflex/Veriflex lens ise -14.5 dioptriye kadar miyopiyi düzeltebilirken torik versiyonu ile -5D’ye kadar astigmatizma düzeltebilir. İmplant edilecek lensin gücü firmanın ‘Articalc’ adındaki online lens gücü hesaplama programı ile belirlenmektedir (<https://www.ophtec.com/about-artilens/articalc-lens-calculation>). Artisan lensi daha geniş kesi gerektirdiğinden, daha çok afaki tedavisinde veya Artiflex’in düzeltebileceğinden daha yüksek refraktif kusurlarda tercih edilmektedir.

Bu lenslerin implante edilebilmesi için hastanın ön kamara derinliği en az 3.0 mm, iridokorneal açısı ise 35 derece veya üzerinde olmalıdır. Endotel hücre sayısı hasta 25 yaşın altında ise 3000, 25-30 yaş aralığında ise 2500, 30 yaş üstünde ise 2000 hücre/mm²den fazla olmalıdır.⁴ Optiğin her iki tarafında ortasında boşluğu bulunan loop haptikleri mevcuttur. Bunlara iris kısaçlanarak (enklavasyon), lens ön kamarada stabilize edilmekte ve irisin hemen önünde durmaktadır (Resim 1).

İmplantasyon öncesi pilokarpin damla ile myozis sağlanmalıdır. Artisan için modeline göre; 5.5 veya 6.5 mm, Artiflex için ise 3.2 mm saydam korneal kesi yapılmalıdır. Viskoelastik enjeksiyonu ile ön kamara oluşturulduktan sonra Artiflex lens için kartuşlu enjektörünü kullanılarak, veya Artisan lens için özel bir lens forsepsi (Resim 1) kullanılarak, lens ön kamaraya verilir. Sonrasında lens, ön kamarada horizontal aksa veya astigmat aksına çevrilir. Nazal ve temporalden açılacak iki adet parasentez girişinden sinski hook ile ön kamaraya girilerek, nazal ve temporalde kalan kısaçlara iris dokusu enklave edilir. Bu sırada lens forsepsi ile lens optiği sabit tutulurken diğer elle irisin kısaçlanması gerçekleştirilir. İris dokusu kısaçlara

yerleştirilirken iris hasarı veya kanama meydana gelebilir. Gereğinden fazla iris dokusu kısaçlanırsa pupilde ovalleşme meydana gelebilir. Pupil bloğunu önlemek için periferik iridektomi yapılmalıdır.

Postoperatif dönemde progresif endotel hücre kaybı açısından dikkatli olunmalıdır. Takipte yılda bir endotel hücre sayımı yapılması ve %25 veya üzeri endotel hücre kaybı meydana gelmesi durumunda veya endotel hücre sayısının 1500 hücre/mm²'nin altına düşmesi durumunda lens çıkarılmalıdır.⁵ Yakın zamanda yayınlanmış bir çalışmaya göre, 55 yaşında kornea sağlığını korumaya devam edebilen ve katarakt cerrahisini kaldırabilecek bir endotel sayısının sağlanabilmesi için Artiflex implante edilecek bir hastanın 45, 35 ve 25 yaşlarında preoperatif endotel hücre sayısının sırası ile en az 1806, 2112, ve 2418 hücre/mm² düzeyinde olması gerekmektedir.⁶

Glare ve halo gibi optik fenomenler özellikle 5mm çapında optiğe sahip olan fakik GİL'lerde veya lens desantralizasyonu olan olgularda görülebilir. Lens üzerinde pigment birikimi, üveit, sekonder glokom ve retina dekolmanı bildirilmiş diğer komplikasyonlardır.⁷

3. Arka Kamara Fakik Göz İçi Lensler

İris kısaçlı lenslerde görülen komplikasyonlar ve endotel hücre takibi gerekliliği nedeniyle, günümüzde en sık tercih edilen fakik lensler, fakik arka kamara göz içi lensleridir. Bunlar, siliyer sulkusa implante edilen plate haptikli lenslerdir. En sık kullanılanı Staar Surgical Firmasına ait Visian ICL (implantable collamer lens)'dir. Daha yeni olan ve kullanımı gittikçe artan diğer bir arka kamara fakik GİL ise Biotech firmasının ürettiği Eyecryl fakik lensidir.

Visian ICL, kollajen ve kopolimerlerden oluşan, hafif, hidrofilik ve biyouyumluluğu yüksek bir materyale sahiptir. Dikdörtgen yapıdadır ve plate haptikleri mevcuttur (Resim 2). Miyoplarda kullanılan V4c (EVO) ve V5 (EVO+) modellerinde bulunan 360 mikronluk delikleri (Aquaport®) sayesinde aköz hümör dolaşımı sağlanır ve iridotomi gerekliliği ortadan kalkar. Günümüzde hipermetroplarda halen lensin eski modeli olan V4b kullanılmakta ve bu lensin Aquaportu olmadığından, kullanılabilmesi için iridotomi uygulanması gerekmektedir. Hipermetropik Visian ICL (V4b), sferik ve silindirik toplamı +10.0 D'ye kadar üretilir. Torik üst sınır ise +6.0 D dir.

Miyopik visian ICL'ler günümüzde EVO ve EVO+ olarak adlandırılmaktadır. EVO+ modelinde fotopik fenomenlerin azaltılması amacı ile lensin optik çapı arttırılmıştır. Lensin EVO modeli -0.5 ile -18.0 D arasında miyopiyi düzeltebilirken, EVO+ modeli ile -0.5 ile -13.5 D arasında miyopi düzeltilebilmektedir. Her ikisinde de silindirik üst sınır +6.0 D'dir. Ultraviyole emici kromoforlara sahiptir. Lens gücü ve boyutunun hesaplanması için firmanın online hesaplama sistemi kullanılmaktadır (<https://evo-ocos.staarag.ch/live/>). Her iki tip lens için 12.1mm, 12.6mm, 13.2mm ve 13.7mm olmak üzere 4 çapta üretim mevcuttur. Lens çapı hesabı, fakik lensin kristalin lense olan uzaklığı olan 'Vault' miktarının ayarlanması için önem taşımaktadır. Düşük çaplı lenslerde vault düşük olacağından kristalin lense temas sonucu katarakt gelişim riski ve lens stabilizasyonunda problem ortaya çıkarken, geniş çaplı ve yüksek vault sağlayan lenslerde ise bombe duruşa bağlı açı kapanması riski ortaya çıkmaktadır.⁴ Lens çapı hesabında preoperatif 'sulcus to sulcus' veya 'white-to-white' ölçümü önem taşımaktadır. Yapılan bir meta analizde vault hesabında her iki ölçüm metodunun birbirine benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir.⁸ Bu lenslerde en sık çıkarılma nedeni, uygun olmayan vault olarak bildirilmiştir. Vault ölçümleri ön segment optik koherens tomografi (OCT) ile alınabilmektedir. OCT ölçümlerinde ideal vault 250 ile 1000 µm aralığındadır.

Bu lensler ile katarakt gelişimi ve klinik anlamlı endotel kaybı bildirilmemiştir.⁸ En önemli komplikasyon erken evrede göz içi basıncı (GİB) artışıdır. Fakik arka kamara lensi ameliyatından 2-3 saat sonra göz muayenesi ve GİB ölçümü yapılmalıdır. Vault yüksekliğine bağlı pupil bloğu gelişimi veya Aquaport içinde viskoelastik madde retansiyonu nedeniyle GİB artışı meydana gelmiş olabilir. Bu durumda erken evrede lensin çıkarılması, iridotomi açılması veya viskoelastik temizliği uygulanması gerekebilmektedir.⁹ Bu girişimler ihmal edilirse, fiks dilate pupilla ile karakterize olan Urrets Zavalía sendromu gelişebilir.

En önemli intraoperatif komplikasyonlar arasında lens haptiklerinin kırılması ve lensin ters yüzünün açılması yer alır. Lens kartuşa yerleştirilirken haptik hasarı olmaması için özen gösterilmelidir. Lens doğru oryantasyonda yerleştirildiğinde; delikli haptik, distalde sağda, proximalde ise solda olmalıdır. Lens manipülasyonu sırasında optik alana siniski hook ile hasar verilmesinden kaçınılmalıdır.

Biotech firmasının Eyecryl fakik arka kamara lensi, hidrofilik akrilik materyalden üretilmiştir. Bunun dışında yapısı, implantasyonu ve komplikasyon oranları Visian ICL ile benzerdir. Materyali gereği haptikleri daha az kırılındır. Sferik olarak -3.0 ile -23.0 D, silindirik olarak da + 0.5 ile +5.0 D aralığında üretilir. Optik çap 4,65 mm ile 5,50 mm aralığındadır. Bu lens, 12.0mm, 12.5mm ve 13.0 ve 13.5mm mm olarak dört ayrı çapta üretilmektedir. Diyoptri ve boyut hesaplamaları yine firmanın online hesaplayıcısı (<https://www.biotechcalculators.com/>) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu lensin cerrahi özellikleri, görsel sonuçları, komplikasyonları ve takibi Visian ICL ile benzerdir. Bu lensin uygulandığı hastalarda iyi görsel sonuçlar ile

birlikte iki yıllık takipte patolojik endotel hücre kaybı görülmemiştir.¹⁰

Sonuç

Fakik göz içi lensler, lazer refraktif cerrahi için uygun olmayan yüksek dereceli refraksiyon kusurlarında veya düzensiz ve ince kornealarda yüz güldürücü sonuçlar sağlamaktadır. Doğal lensin akomodasyon yeteneğinin korunması ve geri dönüşümlü bir cerrahi olması en önemli avantajlarıdır. Preoperatif değerlendirmede tüm ölçümler dikkatle değerlendirilmeli ve lens özelliklerinin belirlenmesi için üretici firmaların hesaplayıcıları kullanılmalıdır. İris kıskacı ön kamara lenslerinde endotel hücre sayısı takibi önem taşırken, fakik arka kamara lenslerinde GİL'in doğal lense uzaklığını belirten 'vault' ölçümü önem taşımaktadır. Katarakt, sekonder glokom, kronik ön kamara inflamasyonu, pigment birikimi ve retinal komplikasyonlar açısından tüm hastalar dikkatle takip edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Guell JL, Morral M, Kook D, Kohnen T. Phakic intraocular lenses part 1: Historical overview, current models, selection criteria, and surgical techniques. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1976-93
2. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Saelens IEY, Bauer NJC, Nuijts RMMA. Phakic intraocular lenses: An overview. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):2779-2796.
3. Kohnen T, Kook D, Morral M, Guell JL. Phakic intraocular lenses-part 2: results and complications. *J Cataract Refract surg.* 2010;36:2168-94.
4. Talu H. Fakik göz içi lensleri. Taşındı E, editör. *Refraktif Cerrahide Güncel Konular. 1. Baskı.* Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021. p.105-11.
5. MacRae S, Holladay JT, Hilmantel G, Calogero D, Masket S, Stark W, et al. Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Recommendations for Specular Microscopy for Phakic Intraocular Lenses. *Ophthalmology.* 2017;124(1):141-2.
6. Marta A, Leite J, Abreu AC, Monteiro S, Pinto C. Long-term results in patients with iris-fixated foldable phakic intraocular lens for myopia and astigmatism [published online ahead of print, 2022 Feb 11]. *J Cataract Refract Surg.*
7. Dick HB, Budo C, malecaze F, et al. Foldable Artiflex phakic intraocular lens for the correction of myopia: two-year follow-up results of a prospective European multicenter study. *Ophthalmology.* 2009;116:671-7.
8. Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:1059-1077.
9. Montés-Micó R, Ruiz-Mesa R, Rodríguez-Prats JL, Tañá-Rivero P. Posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with a central port: a review. *Acta Ophthalmol.* 2021;99(3):e288-e301.
10. Urdem U, Agca A. Refractive Results and Endothelial Cell Density After Eyecryl Phakic Intraocular Lens Implantation. *Beyoglu Eye J.* 2019;4(1):17-22.

Tablo 1: İris kıskaçlı ön kamara lensi modelleri

Artisan miyopi Model 206	Tek parça PMMA, 5mm optik/8.5 mm total çap Diyoptri aralığı: -1.0 D ile -23.5 D arası (0.5D aralıklarla)
Artisan miyopi Model 204	Tek parça PMMA, 6 mm optik/8.5 mm total çap Diyoptri aralığı: -1.0 D ile -15.5 D arası (0.5D aralıklarla)
Artisan hipermetropi	Tek parça PMMA, Hipermetropik düzeltme Diyoptri aralığı: +1.0 D ile +12.0 D arası (0.5D aralıklarla)
Artisan torik	Tek parça PMMA, tüm miyopik ve hipermetropik sferik artisan modellerine silindirik güç eklenebilir
Artisan afaki	Komplike katarakt olgularında yedek lens olarak bulundurulabilir.
Artiflex torik	Küçük insizyondan implante edilebilen katlanabilir model Miyopik ve silindirik düzeltme Silindirik diyoptri aralığı: -1.0 ile -5.0 arası Sferik diyoptri aralığı: -1.0 D ile -13.5 D arası (0.5D aralıklarla)
Artiflex miyopi	Küçük insizyondan implante edilebilen katlanabilir model Miyopik düzeltme Diyoptri aralığı: -2.0 D ile -14.5 D arası (0.5D aralıklarla)

**Resim 1:** Ön kamara iris kıskaçlı Artisan lensi ve lens tutma forsepsi.**Resim 2.** Visian fakik arka kamara lensi EVO+ modeli.

REFRAKTİF LENS DEĞİŞİMİ

Dr. Tamer TAKMAZ
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Şehir SUAM, Ankara

Giriş

Refraktif lens değişimi (RLD) henüz katarakt gelişmemiş bir gözde yüksek ametropi, anizokoni veya presbiyopi düzeltmek amacıyla yapılan lensektomi ve göz içi lens (GİL) implantasyonudur.

Saydam lens ekstraksiyonu ilk kez 1890' da Fukala tarafından yüksek miyopisi olan bir hastaya uygulanmıştır.^{1,2} Uygulanan ilk hastalar afak bırakılmış ve bu hastalarda yüksek oranda retina dekolmanı (RD) ve koroid kanaması gelişmiştir. Ancak zaman içerisinde, katarakt cerrahisi, GİL, biyometri cihazları ve formüllerindeki teknolojik gelişmeler, deneyimli cerrah sayısındaki artış ve azalmış komplikasyon oranları sayesinde RLD cerrahisi sonuçları oldukça tatmin edici olmuştur ve yapılan ameliyat sayısı da her geçen gün artmaktadır.²⁻⁶

Refraktif lens değişimi için; refraktif lens cerrahisi, refraktif lensektomi, GİL refraktif cerrahisi, saydam lensektomi, saydam lens ekstraksiyonu, saydam lens değişimi, doğal lens değişimi ve "PREsbiopic Lens EXchange" (PRELEX) gibi terminolojiler de kullanılmaktadır.

Refraktif lens değişiminin başarılı olması, cerrahinin güvenilir olması, etkin olması, sonuçlarının zaman içerisinde değişmemesi, hasta memnuniyetinin yüksek olması, alternatif yöntemlerden üstün olması ve komplikasyon riskinin az olması ile ilişkilidir.

Refraktif Lens Değişimi Tercih Nedenleri

En önemli nedenlerinden biri görme kalitesinde artış sağlanmasıdır. Uygulanabilecek diyoptri aralığı geniştir. RLD ile aberasyonlar azaltılabilir, aynı anda presbiyopi de düzeltilebilir. Korneaya cerrahi uygulanmadığı için kornea dokusu ve prolata yapısı korunur. Stabil bir cerrahidir ve etkisi zamanla değişmez, pupilladan bağımsız olarak uygulanabilir (bazı multifokal lensler hariç). Uygulama alanı alternatif cerrahilere göre daha geniş olup kuru göz, ince kornea, keratakonus, glokom, üveit, iris kolobomu vb. hastalarda uygulanabilir.⁷ Birlikte ilave cerrahiler yapılabilir. Hastada katarakt gelişmeyeceği için bu durumdan da korunmuş olur.

Refraktif Lens Değişimi Hasta Profili

Esas olarak 3 hasta grubuna uygulanabilir;

1. Refraktif kusuru olanlar
 - Yüksek hipermetropi; + 4.00 D üzerinde
 - Yüksek miyopi; - 6.00 D üzerinde
 - Anizometropi
2. Presbiyopisi olanlar (Presbiyopik lens değişimi - PRELEX)
 - 40-60 yaş aralığı (diğer uygulamalar yapılamazsa)
 - 60 yaş üzerinde presbiyopik olgular
3. Refraktif kusur + presbiyopi

Kimlere Yapılmamalı?

Aşağıda belirtilen durumlarda RLD yapılmamalıdır.

- Tek gözlü hastalar
- Ön segment patolojileri olanlar
- Gelişim anomalileri bulunanlar
- Makulopati, optik nöropati, retina distrofisi vb. sorunları olanlar
- Senil makula dejenerasyonu ve diyabetik retinopati bulguları olanlar
- Oküler inflamatuvar hastalıkları olanlar
- Dekolman cerrahisi geçirmiş gözler
- Diğer gözünde veya 1. derece yakınlarında dekolman öyküsü olanlar
- Psikolojik sorunları olanlar

Miyopik Gözlerde RLD

Miyopi toplumda yaklaşık % 25 sıklıkta görülür. RLD genellikle yüksek miyopisi (% 2) olan gözlerde uygulanmaktadır. Hastanın gözünde refraksiyonun sferik eşdeğeri ≥ -6.0 diyoptri (D) ve aksiyel uzunluk ≥ 26.5 mm ise yüksek miyopi olarak sınıflandırılır. Patolojik (dejeneratif) miyopi % 0.5 sıklıkta izlenir ve bu gözlerde spesifik arka segment patolojileri mevcuttur, RLD yapılmamalıdır.⁸

Avantajları: Görme keskinliği artışı ve kalın gözlükten kurtulmaktır.

Dezavantajları: Akomodasyon kaybı olur, GİL gücü hesaplaması zordur, intraoperatif wavefront, aberometri gerekebilir, cerrahi sırasında derin ön kamara, iris-lens diaframı hareketliliği sorun yaratabilir, kapsüller fimozis, arka kapsül opasifikasyonu (PCO) daha sık görülür ve RD riski mevcuttur.²

Kontrendike olduğu durumlar: Genel kontrendikasyon durumlara ilave olarak periferik retina dejenerasyonları olan (Lattice vb.), posterior stafilmom izlenen, koryoretinal atrofisi bulunan ve posterior vitreus dekolmanı olmayan hastalarda yapılmamalıdır.⁷

Hipermetropik Gözlerde RLD

Yüksek hipermetropi; +5.0 D ve üzerinde refraksiyonu olanlar gözler şeklinde tanımlanmaktadır. Hipermetroplarda anatomik sınıflama da önemlidir. Normal ön segmenti (%83) olan gözlerde cerrahi sırasında ve sonrasında ilave sorun yaşanmaz. Ancak kısa, küçük ön segment yapıları (%17) olan hipermetroplarda hem intraoperatif hem de postoperatif ciddi sorunlar gelişebilir.^{4,5}

Hastalar tercihen 45 yaş üzerinde olmalıdır, ancak daha gençlerde özel durumlarda da yapılabilir. Gözlük veya kontakt lens intoleransı varlığında düşünülmelidir. Lazerle tedaviye veya fakik GİL gibi yöntemlere uygun olmamalıdır.⁷ Diğer yöntemlerin uygun olmadığı glokom, kornea patolojileri, dik kornea, dar ön kamara ve lens patolojileri gibi sorunların varlığında düşünülmelidir.²

Avantajları: Kalın gözlükten kurtulma, görme keskinliği artışı, yakın ve ara mesafe görmeyi sağlanabilmesi ve aç kapanması glokomu riskinin azalmasıdır.

Dezavantajları: Geri dönüşümsüz olması, akomodasyon kaybı, GİL gücü hesaplamada yüksek hata oranı, intraoperatif wavefront, aberometri gerekebilmesi ve katarakt cerrahisi komplikasyonlarıdır. Çok kısa gözlerde ve özellikle küçük ön segment yapısı olan gözlerde, koroid konjesyonu olan ve sklerası kalın gözlerde (nanofthalmus) ciddi komplikasyonlar gelişebileceği akılda tutulmalıdır.

Presbiyopik Lens Değişimi (PRELEX)

Emetrop ya da ametroplarda uzak ve yakın gözlüksüz görme keskinliğini sağlamak amacıyla, genellikle 45-65 yaşındaki hastalara uygulanan cerrahidir. 4 prosedür bir arada yapılmaktadır; uzak görme ve yakın görme sağlanır, ilerideki olası katarakt cerrahisi elimine edilir ve stabil GİL optiği sağlanır, doğal lens gibi yapısı zamanla değişmez.^{2,9,10}

Disfonksiyonel lens sendromu (DLS): Yaşla birlikte lenste görülen değişiklikleri içeren bir spektrumla karakterize durumdur ve PRELEX için önemli bir antitedir. Disfonksiyonel lens sendromu presbiyopi, lens opasifikasyonu, azalmış retinal imaj kalitesi ve yüksek sıralı aberasyonları içerir.^{7,11}

DLS 3 evrede sınıflandırılır;

Evre 1. Akomodasyon olmaması ve presbiyopi varlığı. Hastada çok iyi imaj kalitesi vardır ve lens saydamdır. Hastada eğer belirgin hipermetropi yoksa korneal tabanlı prosedürler tercih edilebilir.

Evre 2. Kortikal ve/veya nükleer lens opasiteleri. Lenste erken gelişen opasifikasyonlar imaj kalitesini azaltır, yüksek sıralı aberasyonlar gelişir.

Evre 3. Lenste opasite artışı, katarakt gelişimi ve belirgin aberasyon artışı (Sferik aberasyon ve/veya koma aberasyonu). Hastanın günlük aktivitelerini gerçekleştirmesi etkilenir.

Evre 2 ve 3' te lens tabanlı prosedürler en uygun sonucu vermektedir.

Görme keskinliği, kalitesi değişik yöntemlerle değerlendirilebilir. **iTrace** (Tracey Technologies) bunlardan biri olup "ray-tracing technology" ile gözde internal aberasyonları kantitatif olarak değerlendirir ve "**disfonksiyonel lens indeksini (DLI)**" belirler.⁷ Objektif olarak lens opasitesini derecelendirir ve korneaya

bağlı görsel aberasyonlardan ayrımını sağlar, sorunun kaynağını anlamamıza yardımcı olur. DLI ölçeği 0 - 10 arasında değişir, 10 DLI değeri aberasyonların da olmadığı kristal temizliğinde lense gösterir. 5' in altındaki DLI değeri belirgin katarakt olduğunu ifade eder. DLI ile modülasyon transfer faktörü (MTF) ve Strehl oranı arasında pozitif korelasyon, internal yüksek sıralı aberasyon (HOA) ile negatif korelasyon bulunmaktadır.⁷ DLI ile saydam bir lense olan ancak DLS semptomları olan hastalar daha objektif olarak belirlenebilir.

Presbiyopik lens değişimi için uygun hastalar: Sağlıklı gözleri olan, gözlük kullanmak istemeyen ve bu konuda motive olmuş, her iki göze implant planlanan ve RLD için herhangi bir kontrendike durumu olmayan hastalara uygulanabilir. Geçmişte korneal lazer cerrahisi geçirenlere de yapılabilir.⁹

Hasta beklentisi ve değerlendirilmesi: PRELEX cerrahisi için aşağıdaki durumlar çok doğru değerlendirilmelidir. Hastanın yaşı, mesleği, kişiliği (rahat mı, mükemmeliyetçi mi?), yaşam biçimi, hobileri, alışkanlıkları, aktif, gece araç kullanımı varlığı, uzak, yakın, ara mesafede görme için beklentiler, gözlüksüz kalma isteği, sorunun tek veya iki gözde mi olduğu, katarakt olup olmadığı, refraktif cerrahi öyküsü, lokal veya sistemik hastalık varlığı, disfotopsi şikayetlerini tolere edip edemeyeceği ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır.

Presbiyopik lens değişimi için uygun olmayan hastalar: Yüksek görme beklentisi olan, aşırı titiz, çok iyi yakın görme ve mezopik görme beklentisi / ihtiyacı olan, geceleri parıldama ve halo şikayeti olan, gözlükten memnun olan, bir gözde monofokal GİL' i olan, cerrahi garanti isteyen, cerrahi komplikasyon riski olan ve gözünde makulopati, glokom gibi hastalıkları olan hastalara bu cerrahiye uygulamamak gerekir.

Hangi Hastaya Hangi Refraktif Cerrahi?

Refraktif cerrahi (RC) olmak isteyen bir hastanın hangi RC' ye uygun olduğuna yönlendiren çeşitli algoritmalar mevcuttur.⁷

Değerlendirmeye hasta yaşı ile başlanabilir.

40 yaşın altındaki hastalarda korneal bazlı RC yöntemlerinin uygun olup olmadığı değerlendirilir. Eğer kornea uygunsa LASİK, PRK veya SMILE cerrahilerinden biri tercih edilir. Eğer kornea lazer RC' ye uygun değilse ön kamara derinliğine bakılır ve fakik GİL için diğer kontrendikasyonlar değerlendirilir, engel bir durum yoksa fakik GİL planlanabilir. Her ikisine de uygun değilse RLD için ayrıca değerlendirilir.

Hasta 40 yaş üzerindeyse DLS ve DLI' ye bakılarak devam edilebilir. Eğer hastada DLI normalse kornea bazlı presbiyopik cerrahi veya fakik GİL uygulanır. Eğer DLI etkilenmişse RLD planlanır ve hastanın ihtiyaçlarına ve gözün durumuna göre multifokal GİL veya monofokal GİL + monovizyon yöntemi tercih edilir.

Çeşitli algoritmalar vardır ve bütün algoritmalar ve değerlendirmelerde hastanın durumu, cerrahin bu tekniklerdeki deneyimi ve elde ettiği sonuçlar çok önemlidir. Her cerrah değerlendirme sonucuna göre, küçük farklılıklarla bu yöntemlerden birine yönelir.

RLD Planlanan Olgularda Preoperatif Muayene

RLD planlanan hastalarda elimizdeki tüm imkanları kullanmamız gereklidir. İyi bir görme muayenesinin ardından biyomikroskopi, otokeratorefraktometre, kornea topografisi, speküler mikroskopi, optik biyometri / immersiyon, OCT, B-scan USG veya UBM gibi tanı yöntemlerinden, gerektiğinde tümüyle yararlanılmalıdır. Her RLD hastasında ve özellikle de PRELEX olgularında kuru göz olup olmadığı, oküler yüzey, beyazdan beyaza (WTW) ölçümü, alfa açısı, kappa açısı, asferite, wavefront analizi, astigmatizma, pakimetre, kornea hastalıkları, endotel değerlendirilmesi, zonül durumu ve fundus, makula değerlendirmesi gerçekleştirilmelidir.

İlave olarak hastanın refraktif durumu ve yapısına göre, başka değerlendirmeleri de yapmak gereklidir.

Hipermetroplarda preoperatif değerlendirme: Nanoftalmusun ayırıcı tanısının yapılması çok önemlidir. Aksiyel uzunluk 20.5 mm altında ve refraksiyon 8.0 D üzerinde ise hasta nanoftalmus yönünden daha ayrıntılı muayene edilmelidir. Hastalarda hipermetropinin değeri, ön kamara darlığı, açının durumu ve GİB değerlendirilmelidir. Pupilla boyutu, sineşi olup olmaması tanı ve tedavinin yönlendirilmesinde önemlidir. Kornea endoteli hipermetroplarda bozuk olabilir, ayrıca koroid efüzyonu olup olmadığı ve sklera kalınlığının ne kadar olduğu tedavinin planlanmasında önemli yer almaktadır.

Miyoplarda preoperatif değerlendirme: Hastalarda potansiyel görme keskinliği test edilmelidir. Miyopinin tek taraflı mı, bilateral mi olduğu tedavide yönlendiricidir. Büyük gözlerde zonül problemleri olabilir, preoperatif olarak, mutlaka dilate gözde bakılmalıdır. Miyop hastalarda cerrahi sonrası en önemli komplikasyon retina dekolmanı olduğundan, fundus muayenesi çok önemlidir.¹² Periferik retina dejenerasyonu, vitreus dejenerasyonu ve makula değişiklikleri olup olmadığı ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir.

Biyometri

RLD yapılacak hastalarda yerleştirilecek GİL' in çok doğru hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca, RLD yapılacak hipermetrop ve miyop hastalarda, ölçümle ilgili ilave zorluklar bulunmaktadır.¹³

Hipermetroplarda GİL gücü hesaplaması: Kısa aksiyel uzunluğu (AU) olan gözlerde 1 mm yanlış ölçüm 4.0 - 5.0 D hataya neden olabilir. Hipermetroplarda ayrıca dar ön kamara, dik kornea, GİL ve retina arası mesafenin daha az olması ve efektif lens pozisyonu (ELP) hesap hatası ciddi sapmalara yol açabilir. Postoperatif ön kamara derinliği (ÖKD) hesabına bağlı 0.25 D hata, AU 20 mm iken 0.5 D ve AU 30 mm iken 0.1 D hata olarak görülür. Bu gözlerde optik biyometriye ilave olarak immersiyon biyometrisi yapılabilir.

Miyoplarda GİL gücü hesaplaması: Miyoplarda, yüksek AU' da ve özellikle stafilom varlığında AU ölçüm zorluğu olmaktadır ve ayrıca bazı geleneksel GİL formülleri de ekstrem AU' da sorunludur. Miyoplarda eski nesil formüller kullanıldığında, Wang-Koch AU ayarlaması, optimizasyonu ile postoperatif hipermetropi sürprizleri daha az görülür.

Ancak günümüzde optik biyometri ölçümleri ve yeni nesil 3, 4 ve 5. jenerasyon formülleri ile hem hipermetrop hem de miyoplarda, kısa ve uzun AU olan gözlerde daha doğru sonuçlar elde edilmektedir.¹⁴ Barrett, Olsen, Hill-RBF, Holladay 2, Kane gibi formüller daha fazla parametre ve yapay zeka kullanarak daha doğru hesaplamalar yapabilmektedir.¹⁴

Kullanılacak Göz İçi Lensler

Hipermetrop, miyop ve PRELEX planlanan RLD hastalarında hastanın ve gözün özelliğine göre monofokal, EDOF, özellikli monofokal, multifokal, akomodatif veya light adjustable lensler tercih edilebilir.^{3-5,7,15,16} Korneal astigmatizma varlığında torik GİL' ler de kullanılabilir.

Refraktif Lens Değişiminde Cerrahi

Aslında yapılan cerrahi, rutin bir fakoemulsifikasyon ve GİL implantasyonudur. Ancak lensin saydam ve yumuşak olmasına, kısa ya da uzun gözlerde cerrahi yapılmasına ait zorluklar bulunmaktadır. En önemli konu kusursuz ve komplikasyonsuz bir ameliyat yapılması zorunluluğudur. Bu nedenle anestezi tipi, kesiler, kapsüloreksis, çok iyi korteks temizliği, arka kapsülün çok iyi temizlenmesi ve viskoelastik maddenin tamamen temizlenmesi çok önemlidir.²

Yumuşak, saydam lens cerrahisinde özellikler: Fako cerrahisinde genellikle kataraktı olan, sert lenslerde ameliyat yapılmaktadır. Ancak RLD yapılacak lensler genellikle yumuşaktır ve her ne kadar kolay olduğu düşünülse de, bu gözlerde tecrübesiz ellerde ciddi komplikasyonlar oluşabilir. Yumuşak lens genellikle aspirasyonla alınır. Vakum ile nukleusun tutulması zordur, sıklıkla emme (Suction) kaybı olur ve yarıcı (Chopper) ile nukleus kırılmaz, peynir gibi kesilir. Eğer aspirasyona kontrolsüz devam edilirse lens bir kase gibi oyulur, plate şeklinde kalır ve fako tipi kontrolsüz hareketle yumuşak lensi kolayca aşarak arka kapsül rüptürü (AKR) yapabilir. Bu nedenle yumuşak lenslerde çok iyi hidrodiseksiyon yapılmalıdır. İyi hidrodiseke edilmiş ve yeterli boyutta (4.5-5mm) kapsüloreksisi olan bir lens kolayca aspire edilebilir. Bu lenslerde düşük parametre ayarları ile fako yapılmalıdır. Fako enerjisi; % 0-20, vakum; 150-200 mmHg ve AFR; 22-25 ml/min olarak ayarlanabilir. Bu değerler birçok cihazdaki standart epinukleus moduna yakın değerlerdir, bu nedenle direkt epinukleus modu ile de fako yapılabilir. Korteks temizliğine ekstra zaman ayrılmalıdır. Bimanuel irrigasyon aspirasyon daha iyi temizlik sağlar. RLD yapılan hastalarda arka kapsül opasifikasyonu (AKO) daha erken ve sık görülebilir; bu nedenle lens epitel hücre temizliği iyi yapılmalıdır, posterior plak varsa özenle temizlenmelidir (Polishing yapılmalıdır) eğer tam temizlenemiyorsa posterior kapsüloreksis yapılabilir.

Miyopide cerrahi teknik: Miyoplarda, büyük ve uzun globun orbitayı doldurması, skleranın incilmesi ve iğne penetrasyonuna daha az direnç olması nedeniyle retrobulber / peribulber anestezi sırasında glob perforasyonu riski bulunmaktadır. Saydam kornea kesisi boyutu çok iyi ayarlanmalıdır. Kısa korneal kesi postoperatif sorunlara ve uzun tünel kesi de ameliyat sırasında, derin ön kamara varlığında manipülasyonlar sırasında korneada kırışıklıklar yaparak görsel sorunlara yol açabilir. Bazı durumlarda,

tercihe göre limbal veya skleral kesi tercih edilebilir. Artmış AU, derin ÖK, artmış vitreus dejenerasyonu ve zonüllerde gevşeklik intraoperatif sorunlara yol açar. İrrigasyon sırasında ÖK derinliği artar ve bu durum ağrıya neden olabilir, nukleusun öne arkaya hareketliliği artar, komplikasyon riski artar ve AKR olarak nukleusun vitreusa düşmesi ile sonuçlanabilir. İrrigasyon şişe yüksekliğini düşürerek ve aşırı viskoelastikten kaçınılarak bu durumun önüne geçilebilir. Lens iris diyafram retropulsiyon sendromu (LIDRS) (Reverse pupiller blok) miyoplarda sık görülür. Fako sırasında irrigasyon olduğu anda ön kamarada derinleşme, iris retropulsiyonu ve pupillada genişleme ile karakterizedir. LIDRS yönetiminde şişe yüksekliği düşürülmesi, vakumun azaltılması, iris ve kapsülün mekanik olarak ayrılması önemlidir. İris retraktörü ile veya herhangi bir cerrahi aletle iris kapsülden ayrılarak havaya kaldırıldığında LIDRS gelişmez veya gelişen LIDRS' da kolayca düzelebilir.¹⁷

Hipermetropide cerrahi teknik: Hipermetroplarda küçük ve düz kornea, dar ve kalabalık ön kamara, lensin anterior lokalizasyonu, kısa AU, yüksek vitreus basıncı ve yüksek D' de, kalın GİL sorunlara yol açabilmektedir.¹⁸ Lokal bloklar vorteks ven konjesyonunu arttırabilir. Eğer göz içi basıncı (GİB) 25 mmHg üzerinde ise antiglokomatöz damlalar, % 20 Mannitol veya Honan balonu yardımıyla GİB düşürülebilir. Bazen sınırlı PPV veya sklerotomi, sklerektomi gerekebilir. Küçük saydam kornea kesisi veya skleral tünel olası komplikasyonları azaltır.¹⁸ Dispersif, yüksek molekül ağırlıklı, yüksek viskoziteli viskoelastik madde (VEM) ve soft-shell tekniği kapsüloreksis yapılmasını ve GİL' i kapatacak çapta oluşturulmasını kolaylaştırır. Bimanüel teknikler cerrahinin daha kontrollü olmasını sağlar. Ayrıca, cerrahi sırasında da hipotoniden kaçınmak gerekmektedir.

Refraktif Lens Değişimi Sonuçları

Doğru seçilmiş ve uygun yöntemle ameliyat edilip, uygun GİL yerleştirilen hastalarda, hem hipermetrop hem de miyoplarda, memnuniyet oranı oldukça yüksektir.

Fernandez-Vega ve ark.'nın³ yaptığı çalışmada saydam lens ekstraksiyonu yapılarak multifokal GİL yerleştirilen miyop ve hipermetrop hastalarda etkinlik, güvenlik, stabilizasyon çok iyi bulunmuştur. Bu çalışmada miyop ve hipermetroplarda, sırasıyla ortalama hasta yaşları 51.4 ve 52.6 yıl, preoperatif sifer değeri -5.56 ve 3.54 D' dir. Sonuçta saydam lens ekstraksiyonu ve multifokal GİL cerrahisinin oldukça başarılı olduğu, hastaların postoperatif düzeltilmesiz uzak görme keskinliklerinin güvenlik ve etkinlik açısından her iki grupta da oldukça tatmin edici ve benzer bulunduğu, ancak yakında her iki parametrenin hipermetroplarda çok daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Fink ve ark.⁴ hipermetroplarda sonuçları değerlendirmişlerdir. (0 - +4) D arası ve +4 D üzerinde hipermetropisi olan 2 grup hastada (ortalama sifer sırasıyla +2.28 ve +6.32 D ve yaş 61.9 ve 54.7 yıl), presbiyopik yaş grubunda refraktif lensektominin PRK veya LASIK cerrahisine gerçekçi alternatif olduğunu ve belirgin avantajları bulunduğunu bildirmişlerdir. Her iki grupta da beklenen ve gerçekleşen refraktif değişimin benzer ve çok iyi olduğu, hastaların ilk grupta %80.7 ve ikinci grupta %70.9' unun en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinin değişmediği veya arttığı ve memnuniyetlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir.

Refraktif lens değişimi yapıp trifokal GİL yerleştirilen hastalara genellikle bilateral cerrahi uygulanmaktadır. Fernandez-Garcia JL ve ark.⁵ emetrop presbiyop hastalarında tek ve iki taraflı trifokal GİL uygulayarak görsel sonuçları ve hasta memnuniyetini karşılaştırmışlardır. Sonuçta düzeltilmemiş uzak ve ara mesafede fark yokken, sadece düzeltilmemiş yakın görme keskinliği binoküler uygulamada daha başarılı bulunmuştur. Ön görülebilirlik ve etkinlik binoküler uygulamada daha iyiyken, güvenlik monoküler grupta daha iyi bulunmuştur.

Komplikasyonlar

RLD yapılan gözlerde, komplikasyon oluşmaması açısından cerrah özel bir baskı altındadır. Çünkü bu hastalar gözlük ya da kontakt lensleriyle iyi görmektedir ve operasyona bağlı görme kayıplarına karşı toleransları daha azdır.

Katarakt cerrahisi sırasında ve sonrasında, arka kapsül rüptürü, büllöz keratopati, RD, endoftalmi, kistoid makula ödemi, arka kapsül kesafeti gibi oluşabilecek her komplikasyon bu hastalarda da görülebilir. Ayrıca yukarıda ayrıntılarıyla bahsedilen yüksek miyopi ve hipermetropiye özgü ilave sorunlarla da karşılaşlabilmektedir.

Bu konudaki en geniş çalışmalardan biri Schallhorn JM ve ark.'nın¹⁹ yaptıkları çok merkezli çalışmadır ve yaklaşık 2 yıl içerisinde 10206 hastanın 18689 gözüne ait komplikasyon sonuçları değerlendirilmiştir. Bu gözlerde toplam 1164 istenmeyen olay görülmüştür. En sık olarak görülen komplikasyon arka kapsül opasifikasyondur ve 748 gözde (insidansı % 4.0) izlenmiştir. 165 gözde (insidans %0.9) ciddi olarak

sınıflandırılan çeşitli komplikasyonlar izlenmiştir. Ciddi sayılabilecek komplikasyonlardan bazıları olan arka kapsül açılması ve vitreus kaybı 16 gözde (%0.09), aköz yanlış yönleneşmesi 6 gözde (%0.03), retina dekolmanı 3 gözde (%0.02), retina yırtığı 3 gözde (%0.02) ve endoftalmi 1 gözde (%0.01) izlenmiştir. Sonuç olarak elektif RLD yapılan gözlerde görmeyi etkileyen komplikasyonlar ve belirgin düzeltilmiş görme keskinliği kaybı oldukça az olguda görülmüştür.

Sonuç

Günümüzde, fako cerrahisi ve GİL teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak RLD cerrahisi talebi ve uygulama sayısı hızla artmaktadır. Bu tür cerrahilerde, hastaların bilgilendirilmesi ve bunun dokümantasyonu ayrıca önem kazanmaktadır. Hastalara gelişebilecek görsel sorunlardan, limbal gevşetici insizyon veya korneal lazer cerrahisi gibi postoperatif olası bir başka prosedürden veya GİL değişimi gerekebileceğinden ayrıntılı olarak bahsedilmelidir.

Sonuç olarak doğru preoperatif ölçümler yapılan ve muayene edilen hastaların, deneyimli cerrahlar tarafından güncel koşullarda yapılan RLD cerrahisinde, komplikasyon oranı oldukça düşüktür, sonuçlar oldukça yüz güldürücüdür ve hasta memnuniyeti çok yüksektir.

KAYNAKLAR

- Schmidt D, Grzybowski A, Vincenz Fukala (1847-1911) and the early history of clear-lens operations in high myopia. *Saudi J Ophthalmol* 2013; 27:41-46.
- Alio JL, Grzybowski A, Aswad AE, Romaniuk D. Refractive lens exchange. *Survey of Ophthalmol* 2014; 59:579-598.
- Fernandez-Vega L, Alfonso JF, Rodriguez PP, Montes-Mico R. Clear lens extraction with multifocal apodized diffractive intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2007; 114:1491-1498.
- Fink AM, Gore C, Rosen ES. Refractive lensectomy for hyperopia. *Ophthalmology* 2000; 107:1540-1548.
- Fernandez-Garcia JL, Llovet-Rausell A, Ortega-Usobiaga J, Bilbao-Calabuig R, Llovet-Osuna F, Druchkiv V, Arias-Puente A. Unilateral versus bilateral refractive lens exchange with a trifocal intraocular lens in emmetropic presbyopic patients. *Am J Ophthalmol* 2021; 223:53-59.
- Viljanen A, Koskela K, Koskela H, Tuuminen R, Uusitalo H. One-year results of health-related and vision-related quality of life after clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 2021; 227:240-244.
- Kaweri L, Wavikar C, James E, Pandit P, Bhuta N. Review of current status of refractive lens exchange and role of dysfunctional lens index as its new indication. *Indian J Ophthalmol* 2020; 68:2797-2803.
- Pucci V, Morselli S, Romanelli F, Pignatto S, Scandellari F, Bellucci R. Clear lens phacoemulsification for correction of high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:896-900.
- Brenner LF, Gjerdrum B, Aakre BM, Lundmark PO, Nistad K. Presbyopic refractive lens exchange with trifocal intraocular lens implantation after corneal laser vision correction: Refractive results and biometry analysis. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45:1404-1415.
- Ziak P, Halicka J, Mojzis P, Kapitanova K, Michal J, Pinero DP. Presbyopic lens exchange (PRELEX) cataract surgery outcomes with implantation of a rotationally asymmetric refractive multifocal intraocular lens: femtosecond laser-assisted versus manual phacoemulsification. *Int Ophthalmol* 2019; 39:2875-2882.
- Faria-Correia F, Ramos I, Lopes B, Monteiro T, Franqueira N, Ambrósio R Jr. Correlations of objective metrics for quantifying dysfunctional lens syndrome with visual acuity and phacodynamics. *J Refract Surg* 2017; 33:79-83.
- Bernheim D, Rouberol F, Palombi K, Albrieux M, Romanet JP, Chiquet C. Comparative prospective study of rhegmatogenous retinal detachments in phakic or pseudophakic patients with high myopia. *Retina* 2013; 33(10):2039-2048.
- Terzi E, Wang L, Kohner T. Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:1181-1189.
- Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, Sparrow J, Kane JX. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10930 eyes from UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46:2-7.
- Alio JL, Tavalato M, De la Hoz F, Claramonte P, Rodriguez-Prats JL, Galal A. Near vision restoration with refractive lens exchange and pseudoaccommodating and multifocal refractive and diffractive intraocular lenses: Comparative clinical study. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:2494-2503.
- Rosen E, Alio JL, Dick B, Dell S, Slade S. Efficacy and safety of multifocal intraocular lenses following cataract and refractive lens exchange: Metaanalysis of peer-reviewed publications. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42:310-328.
- Cionni RJ, Barros MG, Osher RH. Management of lens-iris diaphragm retropulsion syndrome during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:953-956.
- Hoffman RS, Vasavada AR, Allen QB et al. Cataract surgery in the small eye. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41:2565-2575.
- Schallhorn JM, Schallhorn SC, Teenan D, Hannan SJ, Pelouskova M, Venter JA. Incidence of intraoperative and early postoperative adverse events in a large cohort of consecutive refractive lens exchange procedures. *Am J Ophthalmol* 2019; 208:406-414.

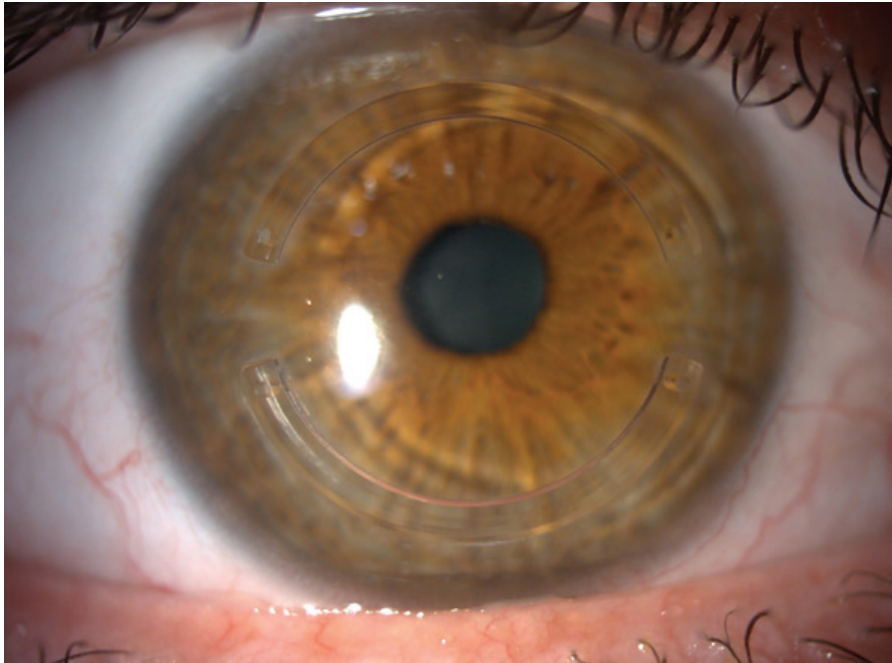
KORNEAL HALKALAR

Dr. Ömür UÇAKHAN GÜNDÜZ¹, Dr. Tuna Çelik BÜYÜKTEPE²
¹Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara
²Ünye Devlet Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Ordu

Giriş

İntrastromal korneal halkalar (İKH) kornea yüzeyini yeniden şekillendirmek amacıyla stroma içine 2/3 derinlikte yerleştirilen polimetilmetakrilat halkalardır (Resim 1). Geliştirilmiş ilk formu olan intrastromal korneal halka segmentler (intrastromal corneal ring segments, ICRS), düşük miyopinin düzeltilmesi amacıyla 1991 yılında kullanıma girmiş;¹ keratokonus olgularında ise ilk kez 2000 yılında, Colin ve ark.² tarafından uygulanmıştır.

Halka segmentler; kornea periferinde yer kaplayıcı etkileri ile çevrelerindeki kollajen lamelleri deplase ederek kornea santralinde düzleşme sağlar. Bu etki “ark kısaltıcı” etki, ya da “hamak etkisi” olarak bilinir. Miyopi düzeltilmesinde, yerleştirilen segment kalınlığı arttıkça, düzeltilen miyopi dioptrisi de artar.³ Ektazi olgularında İKH’ların etki mekanizmasını tam olarak açıklamak ve tedavi sonuçlarını tahmin etmek daha güçtür. Bu olgularda amaç, korneal konüsün biraz daha santralize edilerek ön kornea topografisinin düzenlenmesi, düzleşmesi ve böylece görmenin artırılmasıdır.



Resim 1. Stroma midperiferine yerleştirilmiş intrastromal korneal halka segmenti

Halka Segment Tasarımları, Endikasyonlar

Tablo 1’de kullanımda olan çeşitli halka segmentlerin tasarımları görülmektedir.

Tablo 1. İntrastromal korneal halka tasarımları

Segment	Tasarım	Kesitsel şekil	Kalınlık (µm)	Ark uzunluğu (°)
INTACS	Segment	Hegzagonal	250-450	150
INTACS SK	Segment	Oval	400, 450	150
Keraring	Segment	Üçgen	150-350	90, 120, 150, 160, 210, 355
Ferrara	Segment	Üçgen	150-350	90, 120, 160, 210
Bisantis	Segment	Oval	250	80
Myoring	Halka		200-400	360
Cornealring	Segment	Fuziform	150-400	90, 120, 155, 220, 300

SK: severe keratoconus/steep K

İntrakorneal halkalar, günümüzde başlıca keratokonus olmak üzere, pellusid marjinal dejenerasyon ve iyatrojenik ektazi gibi korneal ektazilerde, refraktif düzeltme amacıyla uygulanmaktadır. Erken-orta evre keratokonusunda, gözlük veya kontakt lens kullanamayan veya kontakt lens intoleransı olan olgularda; planlanan insizyon bölgesinde yeterli kornea kalınlığı olan (örneğin INTACS için $>400 \mu\text{m}$ ise) ve kornea santrali saydam olan olgularda intrakorneal halka implantasyonu uygulanabilir.⁴

Anlamli görme artışı sağlanamayacağından, çok ileri evre keratokonusunda (ortalama keratometri, $K_m \geq 75$ D) veya santral korneal skar varlığında halka implantasyonu önerilmemektedir. Kontrol altına alınmamış atopi veya vernal keratokonjonktivit, rekürren korneal erozyon öyküsü, herpetik keratit öyküsü, eşlik eden korneal distrofi, lokal veya sistemik enfeksiyon, kollajen doku hastalığı veya otoimmünite, gebelik veya emzirme diğer kontraendikasyonlardır. Skotopik pupil çapı $>6.5 \text{ mm}$ ölçülen veya emmetropi beklentisi yüksek olan hastalarda da intrakorneal halkalar önerilmez.⁵

Cerrahi Planlama ve Teknikler

Cerrahi planlamada, öncelikle uygun segment kalınlığı seçilmelidir. Bu amaçla henüz fikir birliği sağlanamamış olsa da; üretici firmalar tarafından önerilen ve literatürde tanımlanmış, halkalara özel, bazı nomogramlar mevcuttur.⁵ Segmentler, her iki korneal yarıya aynı kalınlıkta (simetrik) veya farklı kalınlıkta (asimetrik) yerleştirilebilir. Asimetrik segment implantasyonunda; daha kalın olan segment, korneal konüsün dik yarısına yerleştirilerek (sıklıkla inferior) bu bölgede maksimum düzleşme hedeflenir. Daha ince olan segment karşı yarıya yerleştirilerek kalın segmentin dengelenmesi ve ilave düzleşmenin sağlanması amaçlanır. Her iki korneal yarıya birer segment implante edilebileceği gibi, sadece konikleşmenin bulunduğu korneal yarıya tek segment implantasyonu da tanımlanmıştır. Pellusid marjinal dejenerasyon olgularında, genellikle, alt yarıya tek segment implantasyonu önerilir⁶

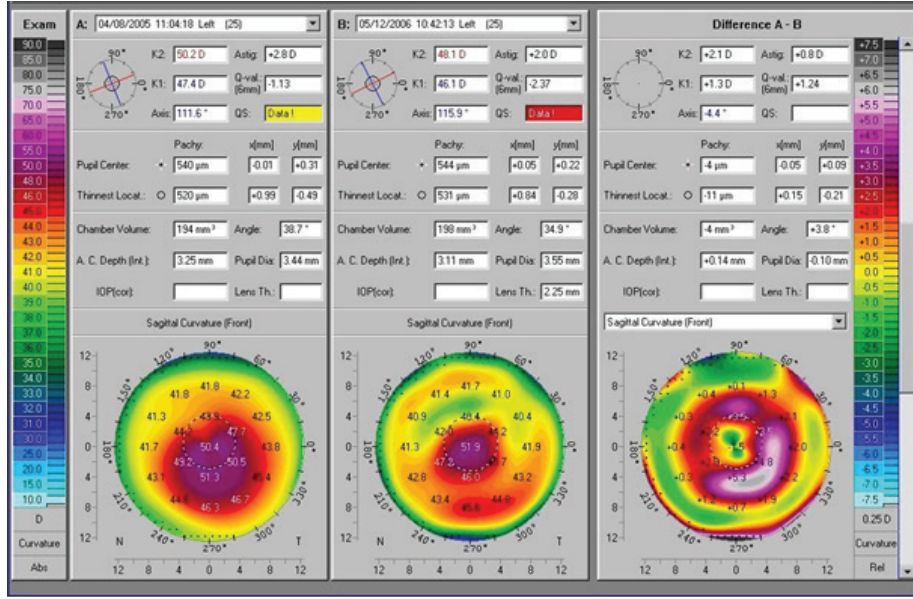
İnsizyon yerinin seçiminde; cerrahın tecrübesine, implantasyon kolaylığına veya korneal incelleme alanına göre topografik dik aks, koma aksı, temporal bölge, horizontal meridyenin hemen üstü, saat 12 veya saat 1 hizası tercih edilebilir. Daha sonra; optik zon (5–7 mm), tünel genişliği ve derinliği belirlenir. Tünel diseksiyonu; mekanik disektör veya femtosaniye laser yardımı ile yapılabilir. Mekanik diseksiyon yönteminde; özel işaretleyicilerle insizyon bölgesi ve implantasyon bölgeleri işaretlendikten sonra, elmas bıçak ile 1.0 mm uzunlukta insizyon yapılır ve sabitleyici vakum halka yardımıyla bu insizyonun her iki tarafında künt disektör ile, insizyon tabanından saat yönünde ve saat yönünün tersinde tüeller oluşturulur, segmentler tüellere yerleştirilir ve insizyon yeri 10.0 naylon suture ile kapatılır. Femtosaniye laser ile diseksiyonda; aplanasyon konu ile kornea yüzeyi düzleştirildikten sonra istenen ölçülere göre (örneğin INTACS için: tünel derinliği 400 μm , iç çap 6.6 mm, dış çap 7.4 mm, insizyon uzunluğu 1.4 mm) insizyon ve tüeller oluşturulur. Her iki yöntemde de görsel ve refraktif sonuçlar benzerdir, femtosaniye laser ile intraoperatif komplikasyon sıklığının daha az olduğu bildirilmiştir.⁷

Klinik Sonuçlar

Keratokonus olgularında intrakorneal halka implantasyonu ile sferik eşdeğerde 1.06–7.60 D düzelme, CDVA'da %34–100 sıklıkta artış, ve K_m değerinde -6.43 ile -2.16 D arasında değişim bildirilmiştir (Resim 2).⁸ Uzun dönem takiplerde; 5 yılda %56.6 gözde CDVA artışı, 10 yılda %66.7 gözde CDVA artışı bildirilmiştir.⁹

İntrakorneal halka segmentlerinin refraktif etkisi geri döndürülebilir veya düzenlenebilir. Postoperatif dönemde eksik veya fazla düzeltme mevcut ise, segmentlerin çıkarılması, kalınlıklarının değiştirilmesi, repozisyonu veya ilave segment takılması için tekrar cerrahi uygulanabilmektedir.¹⁰ Yüksek refraktif kusurun eşlik ettiği ve/veya postoperatif refraktif düzeltmenin yetersiz olduğu olgularda; segment değişimine alternatif olarak, kontakt lenslerin kullanımı bildirilmiştir.¹¹

Seçilmiş olgularda refraktif etkinin arttırılabilmesi için, IKH tedavisi, fakik intraoküler lens implantasyonu, refraktif lens değişimi veya topografi-rehberli fotorefraktif keratektomi (PRK) ile kombine edilebilir.¹² Progresif olgularda, kollajen çapraz bağlama (KÇB) ile birlikte de uygulanabilir ve böylece refraktif silindirde ve maksimum keratometride daha fazla düzelme sağlanabilir.^{13,14}



Resim 2: İntarakorneal halka implantasyonu uygulanan hastanın preoperatif, postoperatif 1. yıl ve fark haritalarında keratometrik, pakimetrik ve topografik düzelme

Komplikasyonlar

Komplikasyonlar %1-10 sıklıkta görülür. İntraoperatif dönemde; inkomplet, desantralize veya asimetrik tünel oluşumu, segmentlerin yanlış yönlendirilmesi, Descement yırtılması, anterior veya posterior korneal perforasyon gibi komplikasyonlar görülebilir.⁸ Postoperatif komplikasyonlar; enfeksiyöz keratit, tünelde ince beyaz birikimler, segment migrasyonu veya atılması olarak sayılabilir.

Sonuç

İntrastromal korneal halkalar, başta keratokonus olmak üzere, hafif-orta evre kornea ektazilerinde, görme keskinliğini arttırmak, refraktif ve keratometrik değerlerde düzelme sağlamak, kontakt lens toleransını arttırmak amacıyla uygulanır. Progresif ektazilerde; progresyonun durdurulması için KÇB ile, refraktif etkinliğin artırılması için PRK ve fakik intraoküler lens implantasyonu gibi diğer refraktif tedaviler ile kombine edilebilir. Kornea santraline dokunulmaması, istenildiğinde İKH'nın çıkarılarak veya değiştirilerek etkinin geri döndürülebilir veya ayarlanabilir olması nedeniyle, İKH implantasyonu, nispeten güvenilir ve versatil bir cerrahi yöntemdir.

KAYNAKLAR

1. Krueger RR, Burris TE. Intrastromal Corneal Ring Technology. *Int Ophthalmol Clin.* 1996;36(4):89-106.
2. Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg.* 2000 Aug;26(8):1117-22.
3. Barraquer JL. Modification of refraction by means of intracorneal inclusions. *Int Ophthalmol Clin.* 1966;6(1):53-78.
4. Sakellaris D, Balidis M, Gorou O, Szentmary N, Alexoudis A, Grieshaber MC, et al. Intracorneal Ring Segment Implantation in the Management of Keratoconus: An Evidence-Based Approach. *Ophthalmol Ther.* 2019 Oct 11;8(S1):5-14.
5. Koç M. Kornea içi halka segmenti uygulamaları. *Türkiye Klin J Ophthalmol.* 2017;26(2):114-22.
6. Kymionis GD, Aslanides IM, Siganos CS, Pallikaris IG. Intacs for early pellucid marginal degeneration. *J Cataract Refract Surg.* 2004 Jan;30(1):230-3.
7. Monteiro T, Alfonso JF, Freitas R, Franqueira N, Faria-Correia F, Ambrósio R, et al. Comparison of Complication Rates between Manual and Femtosecond Laser-Assisted Techniques for Intrastromal Corneal Ring Segments Implantation in Keratoconus. *Curr Eye Res.* 2019 Dec 2;44(12):1291-8.
8. Park SE, Tseng M, Lee JK. Effectiveness of intracorneal ring segments for keratoconus. *Curr Opin Ophthalmol.* 2019 Jul;30(4):220-8.
9. Sadoughi MM, Einollahi B, Veisi AR, Zare M, Sedaghat MR, Roshandel D, et al. Femtosecond laser implantation of a 340-degree intrastromal corneal ring segment in keratoconus: Short-term outcomes. *J Cataract Refract Surg.* 2017 Oct;43(10):1251-6.
10. Piñero DP, Alio JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease - a review. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2010 Mar 20;38(2):154-67.
11. Moscovici BK, Rodrigues PF, Rodrigues RAM, Rios LC, Simoncelli R, Freitas MMS, et al. Evaluation of keratoconus progression and visual improvement after intrastromal corneal ring segments implantation: A retrospective study. *Eur J Ophthalmol.* 2021 Nov 15;31(6):3483-9.
12. Kim KH, Mian SI. Refractive approaches to visual rehabilitation in patients with keratoconus. *Curr Opin Ophthalmol.* 2020 Jul;31(4):261-7.
13. Chan CCK, Sharma M, Wachler BSB. Effect of inferior-segment Intacs with and without C3-R on keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 2007 Jan;33(1):75-80.
14. 1Çakir H, Pekel G, Perente I, Genç S. Comparison of Intrastromal Corneal Ring Segment Implantation only and in Combination with Collagen Crosslinking for Keratoconus. *Eur J Ophthalmol.* 2013 Sep 2;23(5):629-34.

KORNEA LENTİKÜLER CERRAHİLER

Dr. Yusuf KOÇLUK

Adana Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Adana

Giriş

Kornea içi lentikül çıkarma ya da ekleme yolu ile refraksiyon kusurlarını düzeltme kornea biyomekaniğini daha az etkilemesi sebebi ile son zamanlarda ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, daha az kuru göz şikayetleri, flep komplikasyonlarının olmaması, hızlı iyileşme ve ameliyat sonrası daha iyi hasta konforu gibi avantajlara sahiptir.¹⁻³

Intrastromal refraktif cerrahi olan refraktif lentikül ekstraksiyonu (ReLEEx) zamanla femtosaniye lentikül ekstraksiyonu (FLEEx) yönteminden, küçük kesiden lentikül ekstraksiyonu (SMILE) tekniğine gelişim göstermiştir.⁴ Çıkarılan intrastromal lentikülün tekrar başka endikasyonlar için kullanılabileceği fikri ortaya atılmıştır.⁵ Stroma içine allojenik lentikül implantasyonu ilk olarak Pradhan ve ark.⁶ tarafından rapor edilmiş; yüksek miyopi için uygulanmış SMILE cerrahisinden elde edilen lentikül genç bir olguda yüksek hipermetropi kusurunu düzeltmede kullanılmıştır.⁶ Stroma içine lentikül eklenmesi ile afaki, hipermetropi, presbiyopi ve keratokonus (KK) olgularında refraktif kusurların düzeltilebileceği bildirilmiştir.⁶ ReLEEx yolu ile çıkarılan lentiküllerin saklanabileceği ve dondurarak saklama sonrası kullanmadan önce lentiküldeki kollajen yapıların korunduğu, güvenle farklı amaçlarla kullanılabileceği farklı çalışmalarda rapor edilmiştir.^{1,7}

Bu yazıda, intrastromal lentikül çıkarma ve ekleme teknikleri ile hangi sonuçların alınabileceği miyopi, astigmatizma, hipermetropi ve KK hastalıklarında ayrı ayrı ele alınacaktır.

Miyopi ve Astigmatizmada Lentiküler Cerrahi

Refraktif kusurlardan en sık görülen miyopi olup dünya genelinde görülme sıklığı her geçen gün artmaktadır. Miyopi ve astigmatizma tedavisinde ilk refraktif prosedürler yüzey tedavileri iken, zamanla flepli keratorefraktif cerrahiler tedavide kullanılmıştır. 2008 sonrasında femtosaniye laser (FSL) sistemlerinin daha yaygın kullanılmaya başlanması ile lentiküler cerrahiler gündeme gelmiştir.

2007'de VisuMax FSL (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) sisteminin kullanılmaya başlanması ile önce FLEEx, arkasından SMILE tekniği ile bildiriler gelmeye başlamıştır.^{8,9} Böylece, 2-4 mm'lik bir korneal kesiden lentikül çıkarma işlemi yapılmaktadır. VisuMax FSL ile lentikül oluşturulmasında 1043 nm dalga boyunda ve 500 kHz frekansta laser atımı yapılır. Tek kullanımlık ve tek parçadan oluşan bir arayüz sistemi kullanılmaktadır. Hastanın kornea çapına göre küçük, orta ve büyük olmak üzere üç farklı boyutta arayüz bulunmaktadır.⁴

SMILE cerrahi tekniği; yerleştirme (docking) ile başlayıp FSL ile lentikül ve korneal kesi oluşturulması, lentikül diseksiyonu ve ekstraksiyonu ile devam eder.^{3,4} **Yerleştirme**, hasta ameliyat masasına yatırılıp göz yanıp sönen yeşil ışığa baktırılarak merkezlenir. Yatak yükseltilerek ıslak üçgen sponj ile temizlenmiş kornea yüzeyinin arayüze temas etmesi sağlanır. Yeterli vakum basıncında (yaklaşık 35mmHg) docking elde edilir ve ayak pedalına basılarak kesiler yapılır. **FSL uygulaması**, laser geçişini oluşturan opasiteler engellediği için kesiler tabandan tavana doğru olmaktadır. Önce, lentikül taban kesisi periferden santrale doğru ilerler. Sonrasında, lentikül kenar kesisi, ve santralden periferde doğru tavan kesisi ve son olarak ekstraksiyon için kornea yan kesi işlemleri gerçekleşir.⁴ **Lentikül diseksiyonu ve çıkarılması**, lentikül kesildikten sonra hasta cerrahi mikroskop altına çekilir. Yan kesiden girilen spatül ile önce ön, sonra arka yüzey diseke edilerek lentikül ayrıştırılır ve serbest hale getirilir. Mikroforseps ya da spatül yardımı ile lentikül çıkarılır. Parça bütünlüğü kontrol edildikten sonra arayüze irrigasyon işlemi yapılabilir.⁴ Minimal bir yıkama işleminin erken dönemde daha iyi görsel sonuç verebileceği bildirilmiştir. Bir göze yıkama diğer göze ise irrigasyon yapılmadan elde edilen sonuçlarda, 2. hafta sonuçları benzese de 1.günde görme keskinliği ve kontrast duyarlılığın daha iyi olduğu rapor edilmiştir.¹⁰

Ameliyat öncesi hasta seçim kriterleri LASIK için uygulanan koşullara benzemektedir. Pupilla çapı ve kalan rezidüel stromal yatak hesabı önemlidir. Ameliyat sonrasında 250 µm den daha fazla yatak kalması ve ameliyat öncesinde kornea kalınlığının 475 µm den fazla olmasına dikkat etmek gerekir. SMILE için -10.0 diyoptri (D) miyopi ve -5.0 D ye kadar astigmatizma tedavisine onay verilse de postoperatif kabul edilebilir keratometri (35-47 D) değerleri dikkate alınmalıdır. Sferik ekivalan -12.5 D ye kadar düzeltme yapılabilir. Postoperatif kuru göz bulguları LASIK 'e göre SMILE' da daha az görüldüğünden hafif kuru gözlü olgularda lentiküler cerrahi tercih sebebi olabilir.¹¹ Öğrenme döneminde, düşük dereceli tedavilerde lentikül ince olacağından çıkarmada zorluk yaşanabilir. Aynı zamanda, çukur gözü olan ve anksiyeteli olguların başlangıçta tercih edilmemesi daha uygun olacaktır.⁴

Ektatik kornea hastalığı bulgusu, oküler yüzey sorunları ve blefarit, 21 yaş altı, otoimmün hastalık, diabetes ve sistemik immün yetmezlik durumlarında cerrahiden kaçınmak gerekir. SMILE için mutlak kontrendikasyonlar ise; keratokonus, non-stabil refraksiyon, ciddi kuru göz, gebelik ve emzirme, tek göz olmak, kontrolsüz glokom ve üveit olarak rapor edilmiştir.⁴

İntraoperatif Komplikasyonlar

Vakum kaybı; Uygun arayüz yerleştirilmesi, küçük kornea çapı, dar göz kapağı ve çukur göz, uyumsuz hasta ve öğrenme aşamasında risk artmaktadır.¹² Başlangıç aşamasında vakum kaybı oldu ise tedaviye devam etmemek gerekebilir. LASIK ya da yüzey tedavisi düşünülebilir.

Opak kabarcık; Kesi esnasında oluşan gaz kabarcıkları dağılmadığında oluşur. Kalın kornea ve ince lentiküllerde risk artmaktadır.

Subkonjonktival hemoraji; Konjonktival damarların vakum etkisi ile yırtılması sonucu oluşur.

Siyah noktalar ve diseksiyon zorlukları; Aplanasyon yüzeyi ile kornea arasında kalan ve yetersiz lazer atımına neden olan sorunlardan kaynaklanır. Lentikül diseksiyon zorluğuna sebep olacağı için docking öncesi kornea yüzeyi ıslatılıp temizlenmelidir.⁴

Perforasyon ve kesi yırtığı; Zorlayıcı manüplasyon ile yan kesi yeri yırtılması ya da kep perforasyonu görülebilir. Yan kesi küçük ise risk artar.¹³

Yanlış düzey diseksiyonu; Lentikül paçalanması ve fazla manüplasyon nedeni ile iyatrojenik hasar oluşabilir. Bu sebeple görsel ve anatomik başarı düşer.¹⁴ Yanlış düzeye girmemek için lentikül kenarı ile içteki halka arasında menisküs işareti olarak tanımlanan bir teknik çalışmalarda bildirilmiştir.¹⁵

Lentikül parçalanması ve kalması; Görülebiliyorsa aynı seansta kalan parça uzaklaştırılmalıdır. Kep ödemi nedeni ile net görüntü yok ise ertelenebilir. Lentikül büyük kısmı kalmışsa FSL'in circle modu ile flep kaldırılıp FLEEx şeklinde kalan parçalar uzaklaştırılır.^{4,16}

Ameliyat Sonrası Sorunlar

Enfeksiyöz keratit; Diğer refraktif cerrahi prosedürlerinde olduğu gibi nadiren enfeksiyöz keratit riski vardır. Antisepsi kurallarına uyulması ve ara yüz irrigasyonu ile birlikte antibiyotik uygulamasının önlemede etkili olabileceği bildirilmiştir.⁴

Diffüz lameller keratit (DLK); LASIK'de olduğu gibi arayüzde steril, enflamatuvar hücrelerin birikmesi ile seyreden bir tablodur. Bir çalışmada, SMILE'da DLK insidansı %1.6 olarak bildirilmiştir.¹⁷

Kuru göz; Daha az sinir lifi hasarı olduğundan kuru göz bulguları LASIK yöntemine göre azalmıştır. Özellikle ilk aylarda semptomlar olsa ve gözyaşı parametrelerinde bozulma bulunsu da üç aydan sonra çoğu olgu düzelmektedir.⁴

Eksik ya da fazla düzeltme; Vakaların %2-4 'ünde karşılaşılabildiği rapor edilmiştir.¹⁸ Yeniden tedavide ince flepli LASIK ya da circle paterni ile girişim yapılabilir. Mitomicin C ilaveli yüzey tedavisi ile tatminkar sonuçlar alındığı ve korneal haze ile karşılaşılmadığı rapor edilmiştir.¹⁹

SMILE XTRA tekniği; İnce kornea, şüpheli topografi bulgusu ya da yüksek kusurlarda SMILE ile birlikte çapraz bağlama tedavisi uygulanmıştır. Lentikül ekstraksiyonunu takiben arayüze riboflavin enjeksiyonu yapıp 60 saniye (s) beklenmiş; arkasından 75 s 45 mW/cm² UV-A uygulaması yapılmış; bir yıllık takipte komplikasyon ve ektazi bulgusu ile karşılaşılmamıştır.²⁰

Hipermetropide Lentiküler Cerrahi

Hipermetropik SMILE negatif bir lentikülün uzaklaştırılması prensibine dayanan güncel bir tedavi seçeneğidir. Bununla birlikte, pozitif bir lentikülün intrastromal implantasyonu ile yüksek hipermetropik kusurların da düzeltilmesi mümkündür.

Hipermetropi tedavisinde SMILE tekniği ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. İlk olarak 2013'de Blum ve ark.²¹ 47 göz için yapılan hipermetropik ReLEEx sonuçlarını yayınlamıştır. +6.0 D hipermetropi ve -5.0 D astigmatizmaya kadar olan olgular çalışmaya alınmış; 120 µm flep kalınlığı ve 7.0-8.5 mm flep çapı kullanılmış; 6.2-7.7 mm arası lentikül çapı tercih edilmiştir. Aynı çalışmada, ameliyat sonrası 9. ayda elde edilen sonuçlara göre daha öngörülebilir ve stabil sonuçlar için üzerinde çalışılması gerektiği önerilmiştir.²¹

Reinstein ve ark.²² 60 hipermetropik gözde optik zon merkezlemenin değerlendirilmesi amacı ile SMILE ile LASIK sonuçlarını kıyaslamışlardır. Hipermetropik SMILE'da kep kalınlığı 120 µm ve çapı 8.8 - 9.0 mm tutulmuş; optik tedavi zonu 6.3 - 6.7 mm ve geçiş zonu 2 mm olarak tutulmuş; minimum lentikül kalınlığı 30 µm olarak kaydedilmiştir. Miyopik SMILE' a benzer şekilde 2 mm'lik kesiden işlem gerçekleştirilmiş;

çalışmada, optik zon merkezlemenin hipermetropik LASIK grubundaki olgularla benzer bulunduğu rapor edilmiştir.²²

Reinstein ve ark.²³ başka bir çalışmada 82 gözde yaptıkları hipermetropik SMILE'in 3 aylık sonuçlarını LASIK ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, lentikül çapı 6.3-6.7 mm, geçiş zonu 2 mm, minimum lentikül kalınlığı 30 µm ve kep kalınlığı 120 µm olarak tutulmuş; preoperatif kusur +1.0 ile +7.0 D arasında verilmiş; %89 olguda düzeltmesiz görme keskinliği 20/40 ve üzerinde tespit edilmiştir. Aynı çalışmadaki eksik düzeltilen 5 göz latent hipermetropi ile ilişkilendirilmiştir.

Hipermetropide tedavi sonrası uzun dönemde refraksiyonun stabil kalması önemlidir. SMILE sonrası regresyonda etkili olduğu düşünülen faktörler vardır. İnflamasyon, keratosit apoptozisi, yeniden innervasyon ve aberasyonlar suçlananların bazılarıdır. Regresyon oranları SMILE ve LASIK sonrası benzer oranlarda bildirilmiştir.^{24,25}

Başlangıç sonuçların güvenli ve tatminkar olduğu rapor edilse de hipermetropik SMILE yazılımının ticari amaçla kullanım onayının bekleneyeceği rapor edilmiş; uzun dönem sonuçlarının ise halen bilinmediği bildirilmiştir. Hipermetropik SMILE için çok merkezli bir çalışma halen devam etmektedir.

Intrastromal lentikül implantasyonu ise SMILE cerrahisinin tersi olup hipermetropi tedavisinde yeni bir alternatiftir.²⁶ Allojenik lentikül implantasyonu ilk olarak Pradham ve ark. tarafından miyopik SMILE 'dan alınan dokularla gerçekleştirilmiştir.²⁷ Allojenik lentiküllerin küçük kesiden implantasyonu ile hipermetropi tedavisinde güvenli, öngörülebilir ve etkili sonuçlar küçük vaka serileri ile bildirilmektedir.²⁸ Ancak, kresent konveks şekilli lentikülün implantasyonu ile santral kornea dikleşmektedir. Yüksek sıralı aberasyonların araştırıldığı bir çalışmada ise hipermetropik SMILE, LASIK ve intrastromal lentikül implantasyon sonuçları karşılaştırılmış; lentikül implantasyonu ile daha az aberasyon indüklendiği rapor edilmiştir.²⁹

Hipermetropi ve astigmatizmanın birlikte olduğu hastaların dahil edildiği bir çalışmada önce astigmatizma için SMILE uygulanmıştır. Arkasından, donör miyopik gözden alınan lentikül hipermetropi düzeltilmesi için intrastromal olarak implante edilmiş; sonuçların iyi güvenli, etkili ve tekrarlanabilir olduğu bildirilmiştir.²⁶

Keratokonusda Lentiküler Cerrahi

KK'da intrastromal girişimler, Bowman membranının (BM) ilk olarak 2010 yılında transplantasyonu ile ilgi konusu olmuş ve yeni tekniklerin geliştirilmesi gündeme gelmiştir.³⁰ KK'da BM'nin intrastromal nakli sonuçları ilk olarak 2014'de yayınlanmış ve sonrasında vaka serileri şeklinde sonuçların bildirilmesi hızlanmıştır.^{31,32} Elde edilen genel ortak sonuçlar progresyonun durması, korneal düzleşmenin stabil kalması şeklinde olsa da yüksek refraktif kusurlar için ek tekniklerin gerektiği rapor edilmektedir. Bunun üzerine, intrastromal lentikül implantasyonu teknikleri bildirilmeye başlanmıştır.

KK olgularında, FSL destekli intrastromal lentikül eklenmesi ile alıcı yatak güçlendirilmesi ve korneanın yeniden şekillendirilmesi bildirilmiştir. Donör korneadan hipermetropik profilli lentiküller, FSL ile hazırlanmış ve stromal cebe yerleştirilmiştir. Takip süresi sonunda, korneada düzleşme ve santral kornea kalınlığında artış elde edilmiştir.³³

Başka bir çalışmada, +8,0 D refraktif güçte, 6,0 mm optik zonda hazırlanan lentiküller, alıcı korneada 115 µm derinlikte cebe implante edilmiştir. Santral korneada 7,31±1,5 D'lik bir düzleşme ile birlikte korneal kalınlaşma elde edilmiştir.³⁴ Benzer bir çalışmada, konkav negatif-menisküs şekilli stromal lentiküller (periferde 148 µm, santralde 30 µm), alıcı korneada oluşturulan 120 µm derinlikte stromal cebe implante edilmiş; 2 D düzleşme ve stromal kalınlıkta artış saptanmıştır.³⁵

Farklı şekil ve kalınlıklarda yapılan tüm bu stromal lentikül prosedürlerinin amacı ektatik kornea dokusunu stabil ve düzenli hale getirip refraktif kusurları azaltmak ortak hedef olmuştur. Kornea ön yüzeyinde düzleşme ile birlikte stromal dokuyu güçlendiren, ancak üzerinde halen çalışılmaya devam edilen, selektif, noninvaziv teknikler olarak bilinmektedir.³⁶

Sonuç

Miyopi ve astigmatizmada SMILE kendini kanıtlamış ve rutin tedavide yerini almıştır. Hipermetropide, hem lentikül çıkarılması hem de eklenmesi şeklinde teknik çalışmaları devam etmektedir. KK'da ise lentiküler cerrahilerin minimal invaziv avantajları ile birlikte stabil bir kornea ve daha az refraktif kusurlar elde etmek için arayışlar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Ganesh S, Brar S, Rao PA. Cryopreservation of extracted corneal lenticles after small incision lenticule extraction for potential use in human subjects. *Cornea*. 2014;33(12):1355-1362.
- Ang M, Tan D, Mehta JS. Small incision lenticule extraction (SMILE) versus laser in-situ keratomileusis (LASIK): study protocol for a randomized, non-inferiority trial. *Trials*. 2012;13:75.
- Sekundo W, Kunert KS, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. *Br J Ophthalmol*. 2011;95:335-339.
- Acar B. Korneal lentiküler cerrahileri. Taşındı E, editör. *Refraktif Cerrahide Güncel Konular*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2021; 64- 72
- Angunawela RI, Riau AK, Chaurasia SS, Tan DT, Mehta JS. Refractive lenticule reimplantation after myopic ReLEx: a feasibility study of stromal restoration after refractive surgery in a rabbit model. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:4975-4985.
- Pradhan KR, Reinsteinst DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M, Gurung R. Femtosecond laser-assisted keyhole endokeratophakia: correction of hyperopia by implantation of an allogeneic lenticule obtained by SMILE from a myopic donor. *J Refract Surg*. 2013;29:777-782.
- Mohamed-Noriega K, Toh KP, Poh R, Balehosur D, Riau A, Htoon HM, Peh GS, Chaurasia SS, Tan DT, Mehta JS. Cornea lenticule viability and structural integrity after refractive lenticule extraction (ReLEx) and cryopreservation. *Mol Vis*. 2011;17:3437-3449
- Sekundo W, Kunert K, Russmann C, Gille A, Bissmann W, Stobrawa G, Sticker M, Bischoff M, Blum M. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: Sixmonth results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:15131520
- Blum M, Kunert KS, Engelbrecht C, Dawczynski J, Sekundo W. Femtosecond lenticule extraction (FLEEx) - Results after 12 months in myopic astigmatism. *Klin Monbl Augenheilkd* 2010;227:961965
- Ganesh S, Brar S, Gupta R, Sinha N. A comparative study of patients undergoing ReLEx® smile with one eye interface wash and the contralateral eye without interface wash. *EC Ophthalmol* 2017;5:310
- Shah R. History and Results; Indications and Contraindications of SMILE Compared With LASIK. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2019;8:371-376
- Liu M, Wang J, Zhong W, Wang D, Zhou Y, Liu Q. Impact of suction loss during small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg*. 2016;32:686-692
- Wang Y, Ma J, Zhang J, Dou R, Zhang H, Li L, Zhao W, Wei P. Incidence and management of intraoperative complications during small incision lenticule extraction in 3004 cases. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43:796-802
- Ramirez-Miranda A, Ramirez-Luquin T, Navas A, Graue-Hernandez EO. Refractive lenticule extraction complications. *Cornea*. 2015;34(Suppl 10):65-67.
- Titilal JS, Kaur M, Brar AS, Falera R. "Meniscus Sign" to identify the lenticule edge in small-incision lenticule extraction. *Cornea*. 2018;37:799-801
- Chansue E, Tanheksakdi M, Swasdibutra S, Mcalinden C. Safety and efficacy of VisuMax® circle patterns for flap creation and enhancement following small incision lenticule extraction. *Eye Vis*. 2015;2:21
- Zhao J, He L, Yao P, Shen Y, Zhou Z, Miao H, Wang X, Zhou X. Diffuse lamellar keratitis after small incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:400-407
- Liu YC, Rosman M, Mehta JS. Enhancement after Small-Incision Lenticule Extraction: Incidence, Risk Factors, and Outcomes. *Ophthalmology*. 2017;124(6): 813-821.
- Siedlecki J, Luft N, Kook D, Wertheimer C, Mayer WJ, Bechmann M, Wiltfang R, Priglinger SG, Sekundo W, Dirisamer M. Enhancement after myopic small incision lenticule extraction (SMILE) using surface ablation. *J Refract Surg* 2017;33:513518
- Ganesh S, Brar S. Clinical outcomes of small incision lenticule extraction with accelerated crosslinking (ReLEx SMILE xtra) in patients with thin corneas and borderline topography. *J Ophthalmol* 2015;2015:263412.
- Blum M, Kunert KS, Voßmerbäumer U, Sekundo W. Femtosecond lenticule extraction (ReLEx) for correction of hyperopia - first results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013 Jan;251(1):349-355.
- Reinsteinst DZ, Pradhan KR, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M, Sekundo W, Khan R, Citron K, Dhungana P. Small incision lenticule extraction (SMILE) for hyperopia: Optical zone centration. *J Refract Surg* 2017;33:150156.
- Reinsteinst DZ, Pradhan KR, Carp GI, Archer TJ, Day AC, Sekundo W, Dhungana P. Small incision lenticule extraction for hyperopia: 3-month refractive and visual outcomes. *J Refract Surg* 2019; 35:24-30.
- Moshirfar M, Desautels JD, Walker BD, Murri MS, Birdsong OC, Hoopes PCS. Mechanisms of optical regression following corneal laser refractive surgery: epithelial and stromal responses. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7:1
- Williams GP, Wu B, Liu YC, Teo E, Nyein CL, Peh G, Tan DT, Mehta JS. Hyperopic refractive correction by LASIK, SMILE or lenticule reimplantation in a nonhuman primate model. *PLoS One* 2018; 13
- Zhang J, Zhou Y. Small incision lenticule extraction (SMILE) combined with allogeneic intrastromal lenticule inlay for hyperopia with astigmatism. *PLoS One*. 2021;16(9)
- Pradhan KR, Reinsteinst DZ, Carp GI, Archer TJ, Gobbe M, Gurung R. Femtosecond laser-assisted keyhole endokeratophakia: correction of hyperopia by implantation of an allogeneic lenticule obtained by SMILE from a myopic donor. *J Refract Surg*. 2013; 29(11):777-782
- Zhang J, Zhai C, Zheng Y, Liu Q, Zhou Y. Allogeneic corneal small incision intrastromal lenticule inlays for moderate and high hyperopia: one year follow-up. *Zhonghua Shiyan Yanke Zazhi/Chinese Journal of Experimental Ophthalmology* 2018; 36(5):355-359
- Liu YC, Wen J, Teo EPW, Williams GP, Lwin NC, Mehta JS. Higher-Order-Aberrations Following Hyperopia Treatment: Small Incision Lenticule Extraction, Laser-Assisted In Situ Keratomileusis and Lenticule Implantation. *Trans Vis Sci Tech*. 2018; 7(2):15
- Lie J, Droutsas K, Ham L, Dapena I, Ververs B, Otten H, van der Wees J, Melles GR. Isolated Bowman layer transplantation to manage persistent subepithelial haze after excimer laser surface ablation. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:1036-1041.
- García de Oteyza G, González Dibildox LA, Vázquez-Romo KA, Tapia Vázquez A, Dávila Alquisiras JH, Martínez-Báez BE, García-Albisua AM, Ramírez M, Hernández-Quintela E. Bowman layer transplantation using a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45:261-266
- van Dijk K, Liarakos VS, Parker J, Ham L, Lie JT, Groeneveld-van Beek EA, Melles GR. Bowman layer transplantation to reduce and stabilize progressive, advanced keratoconus. *Ophthalmology*. 2015;122:909-917
- Mastropasqua L, Nubile M, Salgari N, Mastropasqua R. Femtosecond laser-assisted stromal lenticule addition keratoplasty for the treatment of advanced keratoconus: a preliminary study. *J Refract Surg*. 2018;34:36-44.
- Mastropasqua L, Nubile M. Corneal thickening and central flattening induced by femtosecond laser hyperopic-shaped intrastromal lenticule implantation. *Int Ophthalmol*. 2017;37:893-904.
- Nubile M, Salgari N, Mehta JS, Calienno R, Erroi E, Bondi J, Lanzini M, Liu YC, Mastropasqua L. Epithelial and stromal remodelling following femtosecond laser-assisted stromal lenticule addition keratoplasty (SLAK) for keratoconus. *Sci Rep*. 2021;11:2293.
- Koçluk Y, Kasım B. Bowman membran transplantasyonu ve intrastromal prosedürler. Burcu A, editör. *Türkiye Klinikleri, Ankara*, 2021 (1.Baskı) p.86-90.



ISBN 978-605714640-3

