

Presbiyopinin Tedavisinde Cerrahi Seçenekler

Surgical Options for Correction of Presbyopia: Review

Dr. Çiğdem Ülkü CAN,^a
Dr. Sibel POLAT,^a
Dr. Bayazıt İLHAN,^a
Dr. Ayşe Gül KOÇAK ALTINTAŞ^a

^a3. Göz Kliniği,
Ulucanlar Göz Eğitim ve
Araştırma Hastanesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 20.01.2010
Kabul Tarihi/Accepted: 06.04.2010

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Çiğdem Ülkü CAN
Ulucanlar Göz Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
3. Göz Kliniği, Ankara,
TÜRKİYE/TURKEY
culkucan@yahoo.com

ÖZET İnsan ömrünün uzaması ile presbiyopi çağına ulaşan popülasyon her yıl artarak büyümektedir. Böylece son yıllarda presbiyopinin cerrahi yöntemlerle tedavisi popülerlik kazanmıştır. Bu yöntemler, skleral, korneal ve lense ait yaklaşımlar olarak sınıflanabilir. Skleral yaklaşımlar arasında anterior silyer sklerotomi, skleral genişletme bantları ve anterior silyer sklerotomi + silikon genişletme tıkaçları sayılabilir. Skleral yaklaşımlar Schachar'ın akomodasyon (uyum) teorisine dayanarak geliştirilmiş skleral genişletme işlemleri olup günümüzde popülerliğini yitirmiştir. Kornea kurvatürünü önemli ölçüde değiştiren korneal girişimlerin akomodasyonu gerçekten aktif olarak arttırmadığı, gözün alan derinliğini artırarak psödo-akomodasyon sağladığı gösterilmiştir. Küçük pupilla, miyopik astigmatizma ve korneal sferik aberasyon veya multifokalite, alan derinliğini artırarak psödo-akomodasyon sağlayan faktörlerdir. Korneal yaklaşımlar arasında monovizyon "laser in situ keratomileusis" (monovizyon LASIK), presbyLASIK, INTRACOR ve presbiyopik konduktif keratoplasti sayılabilir. Topikal farmakolojik ajanlarla ve femtosaniye lazer kullanılarak lense yumuşatmaya yönelik girişimler deneysel düzeydedir. Diğer lense ait yaklaşımlar arasında multifokal veya akomodatif göziçi lens implantasyonu ve kapsül doldurma işlemleri sayılabilir. Akomodatif lensler tek optik, dual optik, kurvatür değiştiren ve kapsül dolduran lensler olarak gruplanabilir. Tek optik lensler optiğin öne doğru yer değiştirmesi, dual optik lensler optiklerin birbirinden uzaklaşması, kurvatür değiştiren lensler ise silyer kas kontraksiyonu ile yüzey kurvatürünün artırılması prensibiyle çalışırlar. Presbiyopinin lense ait yaklaşımlarla düzeltilmesini talep eden hastalar hedeflenen postoperatif refraksiyona ulaşılması konusunda daha hassastırlar. "Light adjustable lens (LAL)" materyali kullanılması postoperatif refraktif hataların azaltılarak hasta memnuniyeti ve konforunun artırılmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uyum, oküler; presbiyopi; refraktif cerrahi işlemler; keratomilöz, lazer yerinde; lensler, göz içi

ABSTRACT With extension in life expectancy, the population reaching presbyopic age is growing year by year. As a result, surgeries for correction of presbyopia have become popular recently. These surgeries can be classified as scleral, corneal and lenticular approaches. Anterior ciliary sclerotomy, scleral expansion bands, and anterior ciliary sclerotomy with implantation of silicone expansion plugs are scleral procedures. They rely on Schachar's ocular accommodation theory but they have lost popularity nowadays. Corneal procedures that change curvature can not increase the accommodative amplitude actively but instead, create pseudo-accommodation with increasing depth of field. Miotic pupilla, myopic astigmatism and corneal spheric aberration or multifocality are factors that provide pseudo-accommodation by increasing depth of field. Monovision laser in situ keratomileusis (monovision LASIK), presbyLASIK, INTRACOR and presbyopic conductive keratoplasty are corneal approaches. Experimental studies about lens softening either with pharmacologic agents or femtosecond laser are executed. Other lenticular approaches are lens extraction with multifocal or accommodative intraocular lens implantation and lens refilling procedures. Three general design principles are being considered for accommodative lenses. These are single optic lenses that rely on forward shift of the optic. Dual optic lenses that rely on an increased separation between the optics, or intraocular lenses that permit a change in surface curvature to produce increase in optical power in response to ciliary muscle contraction. Patients asking correction of presbyopia are very sensitive about reaching target refraction postoperatively. Light adjustable lens (LAL) material usage may decrease refractive errors after surgery for presbyopia and increase the comfort and happiness of the patient.

Key Words: Accommodation, ocular; presbyopia; refractive surgical procedures; keratomileusis, laser in situ; lenses, intraocular

Akomodasyon (oküler uyum), gözün, uzak ve yakın arasındaki tüm mesafelerdeki objelerin net görüntülerini oluşturmak için, fokal uzunluğunu dinamik bir şekilde değiştirebilmesi kabiliyetidir. Presbiyopi ise, yaşla oküler uyum amplitüdünün azalması veya kaybı ile yakın görmenin bozulmasıdır. Akomodasyon amplitüdü 10 yaş civarında maksimuma ulaşır, bundan sonra doğrusal bir azalma ile 50 yaş civarında sıfır olur. Presbiyopiye yol açan etkenler arasında, lense ait değişiklikler (daha kalın, daha az elastik lens, azalmış kapsüller elastisite), lensin etrafındaki alanda daralma, kontraktilite değişmeden silyer kas mobilitesinde azalma, zonüllerin insersiyosunda öne doğru kayma, lensin kütleli büyümesi sayılabilir. Farklı araştırmacılar değişik faktörleri öne çıkarırlar da hemen hemen hepsi silyer cismin gücünü presbiyopi yaşının çok ötesindeki senelerde bile koruduğu ve presbiyopinin lenste yaşla birlikte gelişen sertleşme sonucunda geliştiği noktasında hemfikirlerdir.^{1,2}

Akomodatif mekanizmalar ve presbiyopi sebepleri konusunda değişik teoriler mevcuttur. Helmholtz'a göre göz yakın bir objeye odaklandığında silyer kas kasılarak silyer cismin öne doğru hareketlenmesine ve zonüler lifler üstündeki tansiyonun gevşemesine yol açar. Böylece, elastik lens kapsülü, genç, yumuşak lensin daha sferik hâle gelmesini ve gücünü artırarak akomodasyon yapmasını sağlar.³ Helmholtz'a göre yaşla birlikte lens kapsülünün elastisitesi azalır veya kaybolur, lens sklerozu gelişir. Zonül gevşemesiyle lens şekil değiştiremez, lens gücü arttırılmaz ve presbiyopi gelişir. Bu teori başka araştırmacılar tarafından da desteklenmiştir.³⁻⁷

Schachar'ın akomodasyon teorisine göre ise, zonüler lifler öyle organize olmuşlardır ki silyer kas kasıldığında lens ekvatoruna tutunan liflerdeki tansiyon artarak ekvatoryel çapı artırır, merkezi lens kurvatürü ve hacmi artarken, perifer lens hacmi azalır ve kurvatürü düzleşir. Bu mekanizmayı temel alarak Schachar, presbiyopinin, lensin yaşla büyümesi ile lens ekvatoru ve silyer halka arasındaki mesafenin azalmasıyla lens şeklindeki değişikliği sağlayacak zonüler lif tansiyonunun azalması sonucunda geliştiğini öne sürmüştür.⁸ Ancak rad-

yolojik çalışmalarda lens ekvatoryel çapında artış olmadığının gösterilmesi Schachar'ın teorisinin geçerliliği konusunda soru işaretlerinin oluşmasına yol açmıştır.⁹

Son yıllarda presbiyopinin cerrahi yöntemlerle tedavisi popülerlik kazanmıştır. Bu yöntemler, skleral, korneal ve lense ait yaklaşımlar olarak sınıflanabilir.

SKLERAL YAKLAŞIMLAR

Schachar, kendi teorisi ışığında, skleral genişletme girişimini geliştirmiştir. Skleral yaklaşımlar arasında anterior silyer sklerotomi (ASS), skleral genişletme bantları (SEB) ve ASS + silikon genişletme tıkaçları (ASS + SET) sayılabilir.

Limbusun 3.5-5.0 mm gerisinde, yüzeysel sklera cepleri içerisine, 4 adet polimetil metakrilat skleral bant yerleştirilerek silyer cisim üzerindeki skleranın genişletilmesi ve lens etrafındaki alanın artması ile zonüllerin lens ekvatoruna uyguladığı çekim gücünün arttırılması amaçlanır. Bu yaklaşımlar, potansiyel zonüler tansiyon arttırıldığında, yaşlanmış, daha az elastik kristalin lensin gerekli şekil değişikliğini yaparak akomodasyonu sağlayacağını kabul etmektedir. PresVIEW skleral spacing (SSP) işleminde elektromekanik titanyum bıçak ile standart boyutlarda skleral tüneller oluşturulabilmiştir.^{8,10} Schachar 5.8-11.11 diyoptri (D) arasında değişen subjektif akomodasyon artışı bildirirken, bazı araştırmacılar Schachar'ın teorisinin hatalı olduğunu ve bu nedenle de skleral ekspansiyon girişimlerinin akomodasyonu düzeltmeyeceğini savunmaktadırlar.^{2,11,12}

KORNEAL YAKLAŞIMLAR

Akomodasyon sırasında kornea kurvatüründe oluşan değişiklikler ihmal edilebilir düzeydedir. Kornea kurvatürünü önemli ölçüde değiştiren girişimlerin akomodasyonu gerçekten aktif olarak arttırmadığı, gözün alan derinliğini arttırarak psödo-akomodasyon sağladığı gösterilmiştir. Küçük pupilla, miyopik astigmatizma ve korneal sferik aberasyon veya multifokalite, alan derinliğini arttırarak psödo-akomodasyon sağlayan faktörlerdir. Santral korneanın neredeyse sferik ve periferik korneanın asferik olması alan derinliğini arttırır.

Santral bölgesi daha prolat hâle getirilmiş kornealar yeterli yakın görme sağlayacak miktarda alan derinliği artışı sağlarlar.¹³

Presbiyopi tedavisinde uygulanan korneal cerrahi yaklaşımlar arasında “Laser in situ keratomileusis (LASIK)” monovizyon, multifokal korneal refraktif girişimler, INTRACOR, yakın vizyon konduktif keratoplasti sayılabilir.

LASIK MONOVİZYON

Monovizyon, bir gözün uzak, diğer gözün yakın odaklanmaya ayarlandığı bir yöntemdir. Dominant göz uzak için, diğer göz yakın için düzeltilir. Uzaktan iyi görme, yakında kötü görme, bir gözün kapatılması sonrasında hareket aktivitelerinde ve uzaklık kararlarında daha büyük sıkıntı yaşanması dominant gözün belirlenmesindeki yardımcı kriterlerdir.

Monovizyon, binoküler kontrast sensitivite fonksiyonunu önemli derecede düşürebilir, ancak binoküler görme keskinliğinde, periferik görmede, görme alanı genişliğinde ve binoküler fokus derinliğinde çok fazla bozulmaya yol açmaz. Cerrahi öncesi kontakt lenslerle deneme yapmak hastanın monovizyon refraktif cerrahiye uygun olup olmadığını saptamada önemlidir.^{14,15}

Miyoplarda, dominant göz uzak için düzeltilir. Diğer göz yakın için daha az düzeltilir. Miyoplarda hipermetroplara oranla başarı daha yüksektir. Hastalar için, LASIK ile düzeltilmiş uzak görmenin seviyesi, yakında gözlükten kurtulmaktan daha önemlidir.¹⁶

LASIK ile monovizyon uygulamalarında başarı oranı %72-97.6 civarındadır. Bulanık görülen hayali kuvvetli olarak suprese edebilen (kuvvetli görme tercihi olmayan), cerrahi sonrası anizometropisi 2.5 diyoptriden az olan, dominant gözde başarılı uzak düzeltmenin sağlandığı, derinlik hissinin göreceli olarak korunduğu, ezoforik kaymanın olmadığı ve kuvvetli süpergoya sahip kişilerde başarı şansı yüksektir. Kuvvetli görme tercihi olan hastalarda interoküler bulanıklık supresyonu ve binoküler fokus derinliği azalmış olduğundan monovizyon başarı şansı düşüktür. Refraktif cerrahi ile gerçekleştirilen monovizyonun kontakt lens uygu-

lamaları ve gözlüklere göre daha başarılı olmasının sebepleri, sabit optik düzeltme ile binoküler adaptasyonun iyileştirilmesi, camların oluşturduğundan daha az anisekoni, kontakt lense bağlı konforsuzluğun ve komplikasyonların ortadan kalkması olarak sayılabilir.^{14,17}

PRESBYLASIK

Korneada multifokal optik profil oluşturulup alan derinliği arttırılarak psödo-akomodasyon sağlanır. Merkezi korneanın neredeyse sferik, periferik korneanın ise asferik olması alan derinliğini arttırmada önemlidir. Korneal multifokaliteyi arttırmak için 3 presbyLASIK tekniği tariflenmiştir: a. Kademeli geçişli multifokalite, b. Santral presbyLASIK ve c. Periferik presbyLASIK.

a. Kademeli Geçişli Multifokalite: Hiperopik ablyasyon profilinin istemli olarak desantralizasyonu ile kademeli geçişli vertikal bir multifokal ablyasyon yaratılır. Böylece önemli oranda vertikal koma içeren kornea yüzey profili oluşur.

b. Periferik PresbyLASIK: Santral kornea uzak görme için bırakılır, bu bölgeye ablyasyon yapılmaz. Periferik kornea alan derinliğini arttırmak için negatif periferik asferisite oluşturacak şekilde ablate edilir. Bu uygulama miyopik düzeltmeyle birlikte uygulandığında, hipernegatif ablyasyon profili oluşturmak için ciddi miktarda korneal ablyasyon gerekir. Bu nedenle özellikle hipermetroplarda ve düşük miyoplarda tercih edilmelidir. Nöroadaptasyon 6 aya kadar uzayabilmektedir.

c. Santral PresbyLASIK: Bu yöntemde bifokal kornea paterni oluşturulur. Kornea merkezinde yakın görme için hiperpozitif bir alan oluşturulur. Periferik kornea uzak görme için bırakılır. Bu teknik pupil bağımlıdır ve difraktif multifokal göz içi lensi (GİL) prensiplerine göre çalışır. Emetrop, miyop veya hipermetroplarda minimal korneal eksizyon ile santral hiperpozitif alan oluşturulabilir. Görme aksı, pupil merkezi, korneal verteks örtüşmediği için cerrahi sonrası bu teknik ile koma aberasyonu oluşabilir. Yakın görme performansı, bu teknik ile hemen elde edilir. Bu cerrahi teknik, potansiyel universal teknik olarak görülmektedir. Çünkü santral ablyasyon minimaldir, periferik kornea dokusu ablate edilmez.¹³

INTRACOR

Son yıllarda geliştirilmiş INTRACOR tekniği ile presbiyopi tedavisi, korneadaki biyomekanik kuvvetleri yeniden organize ederek korneal multifokaliteyi arttıran bir intrastromal korneal yaklaşımdır. Bu teknikte TECHNOLAS femtosaniye laser (1053 nanometre daldaboyu ve 600-700 femtosaniye ultrakısa lazer atımları) (Technolas Perfect Vision GmbH, Münih, Almanya) kullanılarak desme zarından belirli uzaklıkta arka stromadan başlayıp Bowman zarından yine belirli uzaklıkta ön stromaya uzanan konsantrik dairesel kesiler yapılır. Böylece, ön korneada santral dikleşme oluşturularak yakın görmeyi sağlayacak hiperprolat korneal yüzey yaratılır. Doku ablasyonu yapılmadığından cerrahinin etkisi tümüyle biyomekaniktir ve cerrahi sonrasında hem uzak hem de yakın görmeyi sağlayacak optimal aberasyon paterni oluşur. Bu yöntemle, yüzey ablasyon cerrahilerinde yaşanan intraoperatif cerrahi riskler ve postoperatif ağrı, enfeksiyon, korneal bulanıklık (haze) gibi problemler ortadan kalkmıştır. Potansiyel dezavantajlar arasında hiperprolat ablasyon paterninden rahatsızlık, mükemmel santralizasyon gerekliliği, zaman içinde kornea biyomekanik kuvvetlerde oluşabilecek değişiklikler nedeniyle cerrahi etkinin azalması veya kaybolması ve özellikle gece görüşünde halo şikayeti sayılabilir.^{18,19}

MONOVİZYON KONDUKTİF KERATOPLASTİ

Konduktif keratoplasti, korneal stromaya dairesel tarzda radyo-frekans enerji uygulanarak kollajenin büzülmesi ve korneanın dikleştirilmesi işlemidir. Daha prolat korneal yüzey oluşması fonksiyonel korneal multifokalite oluşturarak yakın görmeyi iyileştirir. Dominant göz uzak için, diğer göz yakın için düzeltilir. Hersc' in çalışmasında hipermetroplarda dominant gözde 2.0 diyoptriye kadar düzeltme (hedef refraksiyon plano) ve dominant olmayan gözde 3,0 diyoptriye kadar düzeltme (refraktif hedef -1.0 ile -2.0 D) yapılmıştır. Emetropik hastalarda sadece dominant olmayan göz tedavi edilmiştir. Postoperatif 1. yılda binoküler yakın görme keskinliği olguların %42'sinde J1 veya daha iyi, %80'i J3 veya daha iyi olarak bildirilmiştir.²⁰

LENTİKÜLER YAKLAŞIMLAR

LENS YUMUŞATMA GİRİŞİMLERİ

Bu yöntemle, topikal uygulanan farmakolojik ajanlarla, lensin sertleşmesine yol açan moleküler veya hücresel bağların seçici olarak kırılarak lensin yumuşaması öngörülmektedir. Henüz deneysel aşamada olan bu yaklaşımın dezavantajı farmakolojik ajanın muhtemelen presbiyopi başlamadan çok daha önce ve uzun yıllar kullanılması gerekliliği ve katarakt gelişimi riskidir.²

Lensi yumuşatmak için lazer enerjisi de kullanılmıştır. Femtosaniye (Fs) laserin katarakt oluşturmada lensi yumuşattığı ve akomodatif potansiyeli artırdığı bildirilmiştir. Fs laser 1053 dalgaboyu ile, etraf dokulara minimal zarar vererek, hedef dokuların, kızılötesi dalgaboyuna yakın atımlarla kesilmesine olanak sağlar, ultra-kısa atım süresi nedeniyle daha küçük şok dalgaları ve kavitasyon baloncukları oluşturur, daha az kollateral doku hasarı yaratır.²¹

Fs lazer ile lensin elastisitesinin ve deformasyon kabiliyetinin artırılması için lenste küçük kesilerin yararlı olabileceği öne sürülmüş ve bu işlem fotofakomodulasyon (lensin elastisite parametrelerinin lazerle değiştirilmesi) veya fotofakoredüksiyon (optik gücü değiştirmek için lens hacminin bazı bölgelerde azaltılması) olarak adlandırılmıştır. Fs laser ile yaratılan değişim "laser induced optical breakdown (LIOB)" olarak tanımlanabilir. Ripken ve ark. da Fs lazer ile lensin deformasyon kapasitesinin artırılması işlemini "lentotomi" olarak adlandırmışlardır. Lazer ile lensin içinde çeşitli yüzeyler oluşturulmuş, kapsüle dokunulmamıştır. Kesilerin ve oluşturulan yüzeylerin sayısı önemlidir. İşlemin katarakt oluşumuna yol açıp açmayacağı açıklığa kavuşturulması gereken önemli bir noktadır. Bu yöntem hâlâ deneysel düzeydedir. Presbiyopi tedavisinde silyer cismin Fs lazer ile modifikasyonu da laboratuvar deneyleri düzeyinde çalışılmaktadır.²²

MULTİFOKAL GÖZ İÇİ LENSLE

Multifokal göz içi lens (MGİL)"ler ile sağlanan fonksiyonel yakın görme psödo-akomodasyon sağlayan optik faktörlerle oluşturulur. Optik multifokalite, küçük pupilla, optik aberasyonlar (sferik

aberasyon, astigmatizma) alan derinliğini arttıran faktörlerdir.

MGİL'ler, ışığı aynı anda birden fazla düzlemde (2 fokal nokta: yakın, uzak) odaklarlar. Eşzamanlı vizyon prensibi ile birbirinden farklı yakın ve uzak imajlar retinada üst üste gelirler ve beyin görüntülerden birini seçer, diğerini suprese eder. Gözün hangi görüntüyü seçeceği o andaki pupil çapına bağlıdır. Bu lensler için nöroadaptasyon periyodu gereklidir.^{23,24} Astigmatizmanın (>1 D) sonucu olumsuz etkisi vardır. İrregüler astigmatizma varlığı MGİL implantasyonu için kontrendikedir. Cerrahi öncesi multifokal kontakt lenslerle deneme periyodu, uygun hasta seçimi için yol göstericidir. MGİL'ler refraktif, difraktif, apodize difraktif olarak sınıflanabilirler.^{25,26}

Refraktif MGİL: Genellikle ön yüzeyde değişik diyoptrik güçte 2 veya daha fazla dairesel zonlar yakın, orta veya uzak mesafedeki objeler için odak noktaları oluşturur. AMO Array (AMO, Santa Ana, CA, ABD) ve ReZoom bu grupta en bilinen lenslerdir. ReZoom (AMO, Santa Ana, CA, ABD), uzak-dominant, zonal-progresif bir lensdir. Bazıları yakına, diğerleri uzağa odaklayan 5 konsantrik halka içerir. Bu lens pupil bağımlıdır, ışığın dağılımı pupil çapına göre değişir ve yakın görme için parasantral yakın zonun iç çapından daha geniş pupil çapı gerekir. Parlak ışıkta pupilla küçülür (< 2.5 mm) ve ReZoom lensi uzak objeyi net görür çünkü santral 2.5 mm uzağı odaklamak için tasarlanmıştır. Beş mm pupil ile, ışığın %60'ı uzak odağa, %30'u yakın odağa ve %10'u ara mesafeye yönelir. Yüksek kamaşma sensitivitesi ve kontrast sensitivitede azalma dezavantajları arasındadır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) bu lens için 'gece araç sürüşünde problem yaşanabilir' uyarısı yapmıştır.^{25,26}

Difraktif MGİL: Tümüyle difraktif özellikteki GİL'ler, ön yüzlerinde sabit yükseklik aralıkları olan 30 konsantrik halka içerir. Lens yüzeyinde bu konsantrik basamakların genişliğini ve yüksekliğini değiştirerek ışığı 2 sıcak noktaya (yakın ve uzak odak) bükebilirler. Işık %41'er eşit biçimde 2 odak arasında bölüştürülür ve %18'i dağılan ışık olarak kaybedilir. Bu lensler pupil büyüklüğünden etkilenebilir ve refraktif MGİL'lere göre daha iyi yakın görme sağlarlar.²⁷

Apodize Difraktif MİOL'ler: Refraksiyonun ve difraksiyonun optik prensipleri birleştirilerek halo ve kamaşma gibi istenmeyen etkiler azaltılır. AcriLISA 366D IOL (Acri.Tec GmbH, Stuttgart, Almanya) ve Acrysof ReStor (Alcon, Dallas, TX, ABD) bu gruptaki en bilinen lenslerdir. AcriLISA, yüzeyinde ana ve faz zonlar içeren, bifokal, bikonveks, asferik, akrilat optik katlanabilir lensdir. Asferik profil korneal pozitif sferik aberasyonu dengeler. Bu GİL, doğal lens asferisitesine sahiptir ve bir miktar psödo-akomodasyon da sağlayarak ara mesafe görmeyi de iyileştirir. Acrysof ReStor lensinde santral 3.6 mm apodize difraktif merkezin ön yüzeyinde yakından uzağa multifokaliteyi sağlayan basamak yüksekliği giderek azalan (1.3-0.2 µ) 12 konsantrik difraktif zon mevcuttur. Yakın görüş için +4,0 D ilave değeri mevcuttur. Santral difraktif zonu, refraktif zon çevreler ve geniş pupillada ışığı uzak odak noktasına yönlendirerek uzak görmeyi sağlar. Bu lens, pupil genişliğinden daha az etkilenir. İki mm pupil ile, ışığın %40'ı yakın için, %40'ı uzak için dağılır, %20'si kaybedilir. Beş mm pupillada, ışığın %84'ü uzak, %10'u yakın için dağılır, %6'sı kaybedilir. FDA, bu lens için de 'gece araç sürüşünde problem yaşanabilir' uyarısı yapmaktadır.²⁷

MGİL'lerin komplikasyonları arasında azalmış kontrast sensitivite, nokturnal halo, fotoptik fenomen sayılabilir. Asimetrik aberasyon oluşturmak için lensin santralizasyonu çok önemlidir. Desantralizasyon, hedeflenen refraksiyona ulaşamaması gibi sebepler nedeniyle MGİL'ler standart GİL'lere göre daha fazla sekonder refraktif girişimlere (PRK ve/veya GİL değişimi) ihtiyaç DUYMAKTADIR. Leccisati ve ark., MGİL implante edilmiş olgularda %29 oranında sekonder girişim oranı bildirmişlerdir.²⁸ Mix & Mach tekniği ile hastanın gözlerine farklı tip MGİL'ler veya bir göze MGİL, diğer göze akomodatif GİL implantasyonu ile MGİL'lerin dezavantajları azaltılıp, avantajlar ve konfor artırılmaya çalışılmaktadır.²³

AKOMODATİF GÖZ İÇİ LENSLEER

Akomodasyon yapan GİL'lerin çoğu eğrilebilen haptiklere sahiptir. Bu lensler, silyer kas kontraksiyonu, kapsül elastisitesi ve/veya vitreus kavite ba-

sınındaki değişiklikler gibi akomodatif güçleri kullanarak ya lens optiğinin hareketi ile ya da lensin şeklini değiştirmesi ile akomodasyon sağlarlar.

a. Tek Optik Göz İç Lensler: Optiğin öne doğru hareketi veya optiğin hafifçe öne kıvrılması ile akomodasyon sağlanır. Düşük diyoptrili GİL'ler, aynı miktarda öne doğru kıvrılma ile yüksek diyoptrili lenslere göre daha az akomodasyon sağlarlar. Şematik gözde 1 mm kalınlıktaki optiğin 1 mm öne hareketi 1.3 D'lik akomodasyon sağlar. Bu grupta, HumanOptics AG Akkomodative 1CU (Erlangen, Almanya), Eyeonics Crystalens AT-45 ve AT-50 (Aliso Viego, Kaliforniya), Lenstec Kellan Tetraflex (KH, 3500, St. Petersburg, Florida), Bausch & Lomb OPAL (Rochester, New York), Acuity-C-Well Accommodative IOL (OrYehuda, İsrail), Morcher BiocomFold 43 E (Stuttgart, Almanya), AMO/ Quest Vision Lens (Santa Ana, Kaliforniya) sayılabilir. Hepsi kapsül içine implante edilmek üzere üretilmişlerdir. Crystalens AT-45 ve AT-50 Amerika Birleşik Devletlerinde FDA onayı alan akomodatif lenslerdir. Morcher BioComFold 43 E, HumanOptics 1 CU ve Lenstec Tetraflex Avrupa'da hâlihazırda kullanılan akomodatif lenslerdir.²

Crystalens, kolaylıkla bükülebilen menteşeli plate haptiklere sahiptir. Akomodatif hareketle, silyer kas vitreus tabanı bölgesinde periferde geriye doğru hareket eder, bu bölgede vitreusa doğru basınç uygular ve bu durumda santral bölgede basıncı artan vitreusun etkisiyle kapsül-optik diyaframı öne doğru yer değiştirir. Göreceli olarak yumuşak optiğin, vitreus veya haptik kuvvetleri ile kıvrılması, yığılması sonucunda lensin ön yüzeyi bükülerek kırma gücü artar. Optiğin bükülmesi ile optik aberasyonlar da artar ve bunun sonucunda psödoakomodatif etki oluşarak akomodatif amplitüd artar. Posteroanterior hareket veya akomodatif amplitüd plate haptiklerin uzunluğu ile doğru orantılıdır. Uzun haptikler daha fazla hareket sağlar. Optik materyali bir 3. jenerasyon silikon olan Biosil'dir. Böylelikle biyokompatibilite, güç ve bükülebilirlik artırılmıştır. AT-50 ile (5.0 mm optik) gece semptomları azaltılmaya çalışılmıştır. FDA çalışmaları, 10 yıl sonunda olguların %90.1'inde monoküler olarak J3 veya daha iyi yakın görme rapor

etmiştir (binoküler %100).²⁹⁻³¹ Bir başka çalışmada Crystalens ile olguların %73'ünde gözlüksüz yeterli yakın ve uzak görme sağlandığı bildirilmiştir. FDA çalışmalarında SRK-T formülü kullanılmıştır. Holliday II formülünün de aynı derecede etkili olduğu belirtilmiştir.³²

Diğer lenslerdeki mekanizma, akomodatif efor ile kapsül yatağı çapının azalması ile lensin öne doğru hareketidir. HumanOptics 1 CU lenste menteşe sistemiyle optiğe bağlanmış 4 plate haptik mevcuttur. Kellan Tetraflex KH 3500, optik materyali HEMA olan Helmholtz teorisine göre çalışan bir lenstir. Bausch&Lomb Opal lens, kapsüler yatak çapının azalması ile optiğin öne doğru yer değiştirmesi sonucunda akomodatif amplitüdü artırır. BiocomFold 43 S, refraktif multifokal optik içeren hibrid akomodatif intraoküler lenstir.²

Tek optik GİL'ler düşük hareket potansiyelleri nedeniyle en stabil olan ve postoperatif sürprizlere en az yol açan lenslerdir.

b. Dual Optik Göz İç Lensler: Bunlar, 2 optik ve optikleri birbirine bağlayan haptiklerden oluşan tek parça silikon katlanabilir lenslerdir. Kapsülü tümüyle doldururlar ancak 2 optik arasında sıvı alanı vardır. Sarfarazi Elliptical Accommodative IOL (Bausch & Lomb) ve Synchrony Dual Optic Accommodative IOL (Visiogen, Irvine, CA) dual optik lenslerdir. Sarfarazi lensi yüksek pozitif bikonveks ön optik (~32 D) ve zayıf negatif menisküs-konkav arka optik (~12 D) ve bunları birleştiren yay şeklindeki haptiklerden oluşur. Yay haptikler akomodasyon sırasında kapsüller kuvvetleri ile optiklerin birbirinden ayrılmasını ve kapsülü doldurmasını sağlar. Posterior lens sabit olarak yerinde dururken ön lens öne doğru hareketlenerek akomodasyon sağlar. Kapsül elastisitesi ve saydamlığı fonksiyon için önemlidir. Lensin optikleri arasında devamlı aköz humor geçişi olması epitel proliferasyonunu ve kapsül opasifikasyonunu engelleyebilir, ancak ön ve arka optikler arasında opasifikasyon gelişebilir. Sarfarazi lensin maymunlarda 7-8 D akomodasyon sağlayabildiği belirtilmiştir. Üretici firma 1,9 mm ön lens hareketi ile 4 D akomodasyon sağlandığını bildirmiştir.³⁰

Visiogen Synchrony Lens tek parça silikon lenstir. Uzak odaklamada optikler birbirine çok yakındır, yakın odaklamada ise birbirinden olabildiğince uzaktırlar. Ön optik 5.5 mm, +34 D olup, arka optik, 6 mm'dir ve gücü aksiyel uzunluğa göre değişir. Negatif güçlü arka lens arka kapsüle otururken yakın görme için ön lens öne doğru hareket eder.³⁰

c. Kurvatür Değiştiren Göz İçi Lensler: Kristalin lens kalınlığında 300 µ artış ve lens çapında 300 µ azalma 5 D'lik bir akomodatif cevap oluşturur. Bu nedenle kurvatür değiştiren GİL'ler optik gücü arttırmada en etkili olanlardır.

PowerVision FluidVision IOL (Belmont, CA) optik ve haptik arasında sıvı kanallarının olduğu, kapsül dolduran bir lenstir. Akomodasyon yapılmadığında, kapsül haptikler üzerinde fazla kuvvet uygulamadığından haptikler sıvı ile doludur. Akomodatif eforla, haptikler üzerindeki kapsül basıncı artarak haptiklerdeki sıvı optiğe doğru yer değiştirir, optik hacmi, kurvatürü ve gücü artar.²

Medennium Smartlens (Irvine, CA), yumuşak, termoplastik hidrofobik akrilik materyalden (Smart materyal) oluşan ve insan lensi gibi kapsülü dolduracak bikonveks lens formu için hafızalandırılmıştır. Lens, oda sıcaklığında 2 mm çapında, 30 mm uzunluğunda bir çubuk şeklindedir, vücut sıcaklığında ise 30 saniye içinde orijinal lens şeklini alır. Standart katarakt cerrahisi sonrasında korneal mikroinsizyondan enjektörle kapsül içine implante edilir. Smart materyali tümüyle kohezivdir, sızıntı oluşmaz. Lensin, kapsülü tümüyle doldurması ve Helmholtz' un teorisine göre kapsüller kuvvetlerle aksiyel kalınlığını ve yüzey kurvatürünü arttırarak akomodasyon yapması beklenir. Lens kapsülü doldurduğu için yüksek miyoplarda retina dekolmanı riskini azaltabilir.^{2,29}

NuLens (Herzliya Pituah, İsrail) piston benzeri bir mekanizmayla çalışır. Optik, gerisinde yumuşak bir jel bulunan ortası açık, solid, transparan materyalden oluşur. Jelin arka yüzeyindeki sert taban sistemi tamamlar. Pistona geriden basınç uygulanması jelin açıklıktan itilmesine ve ön kurvatürün dikleşmesine yolaçar. PMMA yapısındadır, haptikler silyer sulkusta iris gerisinde olacak

şekilde implante edilir. Katlanabilir model çalışmaları sürmektedir. Primatlarda ~40 D akomodasyon sağladığı bildirilmiştir. Bu lens normal akomodatif mekanizmanın tersi prensiple çalışır. Yakına fokus, silyer kas gevşediğinde; uzağa fokus ise silyer kas kasıldığında gerçekleşir. Gözlerin odaklanmasından başka, yakın objeye bakılırken akomodasyon gevşediğinden ve gözler diverjan durumda olduğundan ya da uzağa bakılırken akomodasyon aktiflediğinden ve gözler konverjan durumda olduğundan binoküler görmeyi sağlanmasında problemler yaşanabilir. Bu lensle ilgili en büyük sıkıntı gözün bu yeni duruma adaptasyonudur. Beynin akomodasyon ile konverjansı ayırıştırması gereklidir ve bu da zaman alabilir. Bu mekanizmayı tersine çeviren yani normal akomodatif mekanizma ile çalışan yeni bir modifikasyon da gelişim aşamasındadır.^{2,29}

Özel bir manyetik sistem modeli ile göz içi lens-kapsüller yatak diyaframının bütün olarak ön-arka aksta hareketi sağlanarak akomodasyon elde edilir. Bu sistem, her çeşit kapsüller yatak doldurma işlemlerinde ve bükülebilir haptikli tüm lenslerle kullanılabilir. Bu sistemde kalıcı magnetler yardımıyla silyer cismin radyal hareketi kapsüller yatağın aksiyel hareketine dönüştürülür. Kapsüller halkaya entegre edilmiş 2 magnet kapsül içine (iç magnetler), diğer ikisi üst ve alt rektus kaslarının altına (dış magnetler) implante edilir. Silyer kas kontraksiyonu ile magnetler (iç ve dış) birbirlerini itecek şekilde polarize olurlar ve aksiyel hareketi sağlarlar.^{30,32}

d. Kapsül doldurma işlemleri: Kapsüller yatağın içine likid polimer enjeksiyonu yöntemleri, presbiyopiden, lens nükleus ve korteksinde yaşla birlikte meydana gelen değişikliklerin sorumlu olduğu hipotezini kabul eder.³² Küçük (1-2 mm) periferik kapsuloreksis yapıldıktan ve lens aspire edildikten sonra kapsuler açıklık bir tıkaç ile kapatılır. Tıkaçın içinden likid polimer enjekte edilerek kapsüller yatak doldurulur.³³ Koopmans ve ark. bu yöntemi kullanarak yaptıkları deneysel çalışmada kadavradan alınan 9 doğal lensi ve 10 polimerle doldurulmuş lensi incelemişler ve insan kapsül yatağının, kapsüller tıkaç yardımıyla sızıntı

oluşmadan başarı ile silikon materyali ile doldurulabilirdiğini ve yaşlı kadavralara ait doğal lenslerin mekanik ekvatoryel germe ile güçlerini artıramadıklarını ancak doldurulmuş lenslerin tümünün ekvatoryel germe ile lens gücünü değiştirebildiğini göstermişlerdir.³⁴ Bu tekniğin bir varyasyonu, kapsülün silikon endokapsüler balonla doldurulup silikon polimerin balon içine enjeksiyonudur. Bu cerrahiler, özellikle sert katarakt varlığında, standart katarakt cerrahisinden daha zordur, çünkü lens materyali çok küçük bir kapsüloreksisten ekstrakte edilmek zorundadır. Dolum hacmi, elde edilen akomodatif cevap ile ilişkilidir. Enjeksiyon öncesi, enjekte edilecek polimerin hacmiyle orantılı olarak, polimerin refraktif indeksi ayarlanabilir ve emetropi sağlanabilir.³² Kapsül dolduran GİL'ler hücre proliferasyonu için potansiyel alan bırakmadığı için arka kapsül fibrozisini, lens desantralizasyonu ve kamaşmayı engelleyebilir. Orijinal lens boyutlarındaki lens sferik aberasyonu da azaltır.^{34,35}

Akomodatif GİL'lerin de dezavantajları vardır. Zamanla lens kapsülünde ve lensin kendisinde değişiklikler oluşabilir. Bir veya daha fazla optik fleksiyon yapmayabilir ve GİL tilt olabilir, ametropi ve aberasyonlara yol açabilir. Her 2 gözdeki akomodatif cevap cerrahide ve iyileşme sürecindeki farklılıklar nedeniyle birbirinden farklı olabilir. İdeali, birbirine yakın olmasıdır. Katarakt, her 2 gözde bilateral, eş zamanlı gelişmeyebilir. Bir göze implantasyon yapıldığında anisoakomodasyon nedeniyle diplopi gelişebilir. Emetropiye ulaşamaması yeterli akomodatif amplitüd elde edilmesine engel olabilir. Kapsüler yatak hacmindeki kişisel farklılıklar nedeniyle optiklerin birbirinden uzaklaşma miktarı ve/veya optiğin kurvatürünü ne kadar değiştireceği cerrahi öncesi tam olarak belirlenemeyebilir. Bu durum lensin kapsülü ile uyumuna bağlı olarak kişiler arasında farklılık gösterebilir. Polimer doldurma işlemlerinde ön kapsül, intakt bıraktığı için, rezidüel lens epitel hücrelerinin çoğalmasına bağlı olarak opaklaşabilir ve bu da akomodasyon miktarını azaltabilir. Fibrozis veya kapsüler fimozis kapsül elastikiyetini bozarak akomodatif lensin fonksiyonunu azaltabilir. Kapsül doldurma işlemlerinde implante edilen materyalin

ve lens kapsülünün zaman içinde gösterecekleri değişimler belirsizdir.²

Presbiyopinin lense ait yaklaşımlarla düzeltilmesini talep eden hastalar hedeflenen postoperatif refraksiyona ulaşılması konusunda daha hassastırlar. Hem in-vitro hem de in-vivo olarak light adjustable lens (LAL)" ile defokusun ve sferik sapmaların düzeltilmesi eş zamanlı olarak yapılabilmektedir. LAL, ultraviyole (UV) ışık kullanılarak, postoperatif dönemde refraktif gücün ayarlanmasına olanak tanıyan fotosensitif silikon moleküllerinden oluşur. LAL formülasyonu 4 temel yapı içerir: silikon matriks polimer, fotoreaktif makromer, fotobaşlatıcı, UV absorber. Lens UV ışığa maruz kalınca (365 nm), çapraz bağlı silikon lens matriksinde dağılmış olan fotoreaktif makromerler fotopolimerize olurlar. Radyasyon ile fotobaşlatıcı, makromer yapıdaki fotoreaktif grupların, lens matriksi içinde birbirinin içine giren polimer oluşturmak üzere polimerizasyonunu başlatır. Geriye kalan ışınlanmamış, dolayısıyla polimerizasyona uğramamış makromerin, ışınlanmış alanlara doğru difüzyonu, refraktif indekste ve/veya şekilde öngörülebilir düzeyde güç değişimi oluşturur. Yüksek difüzyon kapasitesi olması ve optik şeffaflık özelliğinin bulunması nedeniyle lens matriks materyali olarak silikon seçilmiştir. Radyasyon dozu ve profili ayarlanarak sferik güç eklenebilir, çıkarılabilir, astigmat veya yüksek seviye sapmalar düzeltilir. Radyasyon ile uygun güç ayarlaması yapıldıktan sonra tüm lens tekrar ışınlanır ve lens gücü sabitlenir. Tüm bu ışınlama işlemleri biyomikroskoba monte edilen "digital light delivery (DLD)" sistem ile sağlanır (Carl- Zeiss-Meditec, Jena, Almanya). Postoperatif refraktif optimizasyon için, multifokal, akomodatif veya asiferik GİL'lere LAL materyali eklenebilir, ya da multifokal veya asiferik optik DLD kullanılarak, in situ, LAL üzerine işlenebilir. Spesifik olarak, monofokal LAL implante edilir ve postoperatif olarak emetropiye ayarlanır. Daha sonra ikinci bir ayarlama ile kişiye özel multifokal patern LAL'a eklenir. İn situ olarak vizüel aksa santrallenmiş kişiye özel multifokal LAL oluşturularak multifokal lensin performansı artırılabilir. Tüm bunlar hasta memnuniyetini artıracaktır.³⁶

Sonuçta, insan ömrünün uzaması ile presbiyopi çağına ulaşan popülasyonun her yıl artarak büyümesi, artık günümüzde modern katarakt cerrahisinin içine akomodasyonu da sağlayacak çözümlerin

eklenmesini gerekli kılmaktadır. Cerrahi aletler, biyomateryaller ve cerrahi tekniklerde kaydedilecek teknolojik ilerlemeler presbiyopinin cerrahi tedavisinin gelişmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Charman WN. The path to presbyopia: straight or crooked? *Ophthal Physiol Opt* 1989;9(4):424-30.
- Glasser A. Restoration of accommodation: Surgical options for correction of presbyopia. *Clin Exp Optom* 2008;91(3):279-95.
- Glasser A, Kaufman PL. The mechanism of accommodation in primates. *Ophthalmology* 1999;106(5):863-72.
- Fisher RF. Presbyopia and the changes with age in the human crystalline lens. *J Physiol (London)* 1973;228(3):765-79.
- Pau H, Kranz J. The increasing sclerosis of the human lens with age and its relevance to accommodation and presbyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1991;229(3):294-6.
- Fincham EF. The mechanism of accommodation. *Br J Ophthalmol* 1937;8(Suppl):5-80.
- Glasser A, Campbell MCW. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. *Vision Res* 1998;38(2):209-29.
- Schachar RA. Cause and treatment of presbyopia with a method to increasing the amplitude of accommodation. *Ann Ophthalmol* 1992;24(12):445-52.
- Strenk SA, Semmlow JL, Strenk LM, Munoz P, Gronlund-Jacob J, DeMarco JK. Age-related changes in human ciliary muscle and lens: a magnetic resonance imaging study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40(6):1162-9.
- Kleinmann G, Kim HJ, Yee RW. Scleral expansion procedure for the correction of presbyopia. *Int Ophthalmol Clin* 2006;46(3):1-12.
- Mathews S. Scleral expansion surgery does not restore accommodation in human presbyopia. *Ophthalmology* 1999;106(5):873-7.
- Ostrin LA, Kasthurirangan S, Glasser A. Evaluation of a satisfied bilateral scleral expansion band patient. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(7):1445-53.
- Alio JL, Amparo F, Ortiz D, Moreno L. Corneal multifocality with excimer laser for presbyopia correction. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20(4):264-71.
- Jain S, Arora I, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: Review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 1996;40(6):491-9.
- Ewans BJW. Monovision: a review. *Ophthal Physiol Opt* 2007;27(5):417-39.
- Goldberg DB. Comparison of myopes and hyperopes after laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(9):1695-701.
- Braun EHP, Lee J, Steinert RF. Monovision in LASIK. *Ophthalmology* 2008;115(7):1196-202.
- Ruiz LA, Cepeda LM, Fuentes VC. Intra-stromal Correction of Presbyopia Using a Femtosecond Laser system. *J Refract Surg* 2009;25(10):837-40.
- Holzer MP, Mannsfeld A, Ehmer A, Auffarth GU. Early Outcomes of INTRACOR Femtosecond Laser Treatment for Presbyopia. *J Refract Surg* 2009;25(10):855-61.
- Hersch PS. Optics of conductive keratoplasty: Implications for presbyopia management. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2005;103:412-56.
- Soong HK, Malta JB. Femtosecond Lasers in ophthalmology. *Am J Ophthalmol* 2009;147(2):189-97.
- Ripken T, Oberheide U, Fromm M, Schumacher S, Gerten G, Lubatschowski H. fs-Laser induced elasticity changes to improve presbyopic lens accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246(6):897-906.
- Can İ. [Surgical treatment of presbyopia and multifocal intraocular lenses: Transitioning from cataract to refractive intraocular lens surgery]. *Journal of Glaucoma-Cataract* 2007;2(1):1-12.
- Yavuz U. [Mono, bi and multifocal intraocular lenses]. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol* 1992;1(3):204-7.
- Buznego C, Trattler WB. Presbyopia-correcting intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2009;20(1):13-8.
- Perlman EM. Presbyopic intraocular lenses. *Med Health R I* 2008;91(2):48-50.
- Wang I-J, Hu F-R. The new generation of diffractive multifocal intraocular lenses. *J Formos Med Assoc* 2009;108(2):83-6.
- Leccisotti A. Secondary procedures after presbyopic lens Exchange. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(7):1461-5.
- Doane JF, Jackson RT. Accommodative intraocular lenses: considerations on use, function and design. *Curr Opin Ophthalmol* 2007;18(4):318-24.
- Menapace R, Findl O, Kriechbaum K, Leydolt-Koepl Ch. Accommodating intraocular lenses: a critical review of present and future concepts. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007;245(4):473-89.
- Cumming JS, Colvard DM, Dell SJ, Doane J, Fine IH, Hoffman RS, et al. Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens: results of the U.S. Food and Drug Administration clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(5):812-25.
- Dick HB. Accommodative intraocular lenses: current status. *Curr Opin Ophthalmol* 2005;16(1):8-26.
- Nishi O, Nishi K. Accommodation amplitude after lens refilling with injectable silicone by sealing the capsule with a plug in primates. *Arch Ophthalmol* 1998;116(10):1358-61.
- Koopmans SA, Terwee J, Barkhof J, Haitjema HJ, Kooijman AC. Polymer refilling of presbyopic human lenses in vitro restores the ability to undergo accommodative changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44(1):250-7.
- Koopmans SA, Terwee T, Haitjema HJ, Deuring H, van Aarle S, Kooijman AC. Relation between injected volume and optical parameters in refilled isolated porcine lenses. *Ophthal Physiol Opt* 2004;24(6):572-9.
- Sandstedt CA, Chang SH, Grubbs RH, Schwartz DM. Light-adjustable lens: customizing correction for multifocality and higher-order aberrations. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:29-39.