

Akomodatif Göz İçi Lenslerdeki Son Gelişmeler

Recent Advances in Accommodative Intraocular Lenses

Banu AÇIKALIN¹, Sezen AKKAYA², Eda ASILYAZICI³, Abdülkadir ALIŞ², Ayşe YILMAZ³

ÖZ

Presbiyopi akomodasyonun kaybı olup, henüz refraktif cerrahi dahil cerrahi yaklaşımların tam olarak çözüme ulaştıramadığı kişinin günlük yaşam kalitesini bozan fizyolojik bir görme problemidir. Presbiyopi tedavisinde refraktif lens değişimi bir tedavi seçeneğidir. Cerrahi tekniklerinin gelişmesi ve presbiyop sayısının gün geçtikçe artması nedeniyle göz içi mercekleri (GİL) ile presbiyopi tedavisi önem kazanmıştır. Şimdiye kadar multifokal GİL dahil olmak üzere birçok denenmiş ancak hiçbiri ideal hedefe ulaşamamıştır. Son yıllarda akomodatif göz içi lensler (AGİL) üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. AGİL'ler silyer kasın halen devam eden kasılma fonksiyonundan yararlanırlar. Bu lenslerde iki temel tasarım kullanılmaktadır. İlki bir veya iki optiğin öne aksiyel hareketi ile akomodasyon sağlamaktır. İkincisi ise kurvatür ve şekil değiştiren tasarımlardır. İlk kullanılan AGİL olan Crystalens hayal kırıklığı yaratsa da yeni geliştirilen GİL'lerle başarılı sonuçlar bildirilmektedir. Yeni tasarım lenslerde AGİL kapsüler kese yerine sulkusa yerleştirilmektedir. Gelecekte bu lenslere torik mekanizmanın da ilave edilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: presbiyopi, akomodasyon, psödoakomodasyon, akomodatif göz içi lensler.

ABSTRACT

Presbyopia is the physiological degradation of accommodation and still remains as a problem which reduces the quality of life and its surgical management by surgeries including refractive surgery is challenging. Refractive lens change is a treatment modality for presbyopia treatment. With the advances in surgical technics and the increase in population who have presbyopia, the use of intraocular lenses (IOL) became crucial. Many different lenses including multifocal IOLs are implanted to treat presbyopia. None of the IOLs were found to be ideal. Currently accommodative intraocular lenses (AIOL) are under renewal. These lenses use the performance of ciliary body. Two main design concepts exist. First axial shift concept relies on anterior movement of one or two optics creating accommodation ability. Second, relies on the change of IOL curvature or shape. Although the experiences with the first AIOL Crystalens were disappointing, the reported results with the new AIOLs are better. Sulcus is the place preferred for AIOL implantation instead of capsular bag in new design AIOLs. In newer design AIOLs toric ability may be involved.

Key Words: presbyopia, accommodative, pseudoaccommodation, accommodative intraocular lenses.

1- Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hast., İstanbul, Türkiye

2- Uz. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hast., İstanbul, Türkiye

3- Asist. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hast., İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi - Received: 25.09.2017

Kabul Tarihi - Accepted: 03.01.2018

Glo-Kat 2018; 13: 53-60

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Banu AÇIKALIN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hast., İstanbul, Türkiye

Phone: +90 216 578 3000

E-mail: banuoncel@superonline.com

Presbiyopi akomodasyonun kaybı olup, henüz refraktif cerrahi dahil cerrahi yaklaşımların tam olarak çözüme ulaştırılmadığı, kişinin günlük yaşam kalitesini bozan fizyolojik bir durumdur. Presbiyopi gelişiminin multifaktöryel olduğu kabul edilmektedir. Multifaktöryel olması sebebiyle presbiyopinin düzeltilmesi de güçleşmektedir. Presbiyopi yaşlanma ile ortaya çıkmakta ve artmaktadır. Tüm dünyada insan yaşam beklentisi ve yaşlı insan nüfusunun gün geçtikçe arttığı düşünülürse her geçen gün daha çok insanın presbiyop olacağı aşikardır. İnsanların daha konforlu yaşama isteği ve yakın görmenin gerektirdiği cihazların daha sık kullanılması nedeniyle presbiyopi düzeltilmesi üzerinde önemle durulan bir konu haline gelmiştir. Presbiyopinin tedavisi ile ilgili çalışmalar her geçen gün artmaktadır.

Güncel cerrahi olmayan tedavi seçenekleri okuma gözlükleri (monofokal veya varifokal) ve kontakt lenslerdir (multifokal veya monovizyon için monofokal). Ancak birçok kişi özellikle gençliklerinde gözlük ve kontakt lens kullanmamışlarsa bu seçeneklere kolay adaptasyon sağlayamazlar. Presbiyopi tedavisinde kornea cerrahisi bu cerrahilerin uzun dönem sonuçları ve başarı oranlarına dayanarak halen tartışmalıdır. Güncel cerrahi seçenekleri ise çoğunlukla multifokal göz içi lenslerin (GİL) veya monovizyon sağlayabilmek için monofokal GİL'lerin kullanıldığı refraktif lens değişimleridir. Ancak hiçbir yöntem akomodasyonu tam olarak sağlayamaz ve multifokal GİL'ler ile olan görme semptomları sıklıkla hastaları görsel olarak tatmin etmez. Nöroadaptasyon bu lenslerde çok önemli bir sorundur. Bu nedenle presbiyopi tedavisi cerrahlar için günümüzde henüz zor bir hedeftir. Ancak üretilen yeni lensler ile bu hedefe ulaşılma yönünde adımlar atılmaktadır.¹

Akomodasyon Mekanizması:

Akomodasyon teorisi büyük oranda Helmholtz'un düşüncelerine dayanmaktadır. Kapsül, lensi uzak görme için gerekli halinden daha kavisli hale getirecek elastikiyete sahiptir. Kapsül elastikiyeti zonüllerin normal geriliminin kontrolündedir ve akomodasyon siliyer cismin kontraksiyonu ile zonül gevşemesi olduğunda gerçekleşir. Zonüllerin kapsül üzerindeki gerilimi kalkınca lens kapsülünün gevşemesi sayesinde lens daha kavisli hale gelir.²

Akomodasyonda gözde şu değişiklikler oluşur:

- 1) Siliyer cisim dairesel kas liflerinin sfinkter şeklinde kontraksiyonu
- 2) Siliyer cisim uçları arası mesafe azalması
- 3) Suspensör ligaman gevşemesi.
- 4) Lens kalınlaşması

Akomodasyon olmadığı durumda gözde oluşan değişiklikler şunlardır:

- 1) Siliyer kas gevşemesi
- 2) Ligamanlarda sertleşme
- 3) Lenste incelmeye

Fincham eksize edilen gözlerde yaptığı incelemede, bu gözlerdeki kristalin lenslerin eğriliğinin yaşlı olgularda juvenil olgulara göre daha az olduğunu göstermiştir.³ Bu bulgulara göre presbiyopi, lens kapsülün siliyer cisim kasıldığında oluşan zonül gevşemesiyle kristalin lensi daha sferik hale getirme kapasitesinin azalmasıdır denilebilir. Yaşlanmaya bağlı olarak lens kapsülünde ilerleyici skleroz oluşup lens kapsülü sertleşir ve böylece kristalin lensi sferik hale getirme kapasitesini kaybeder. Ayrıca ekvatoryal uçta yapılmış ön zonüllerin yaşla birlikte öne doğru yer değiştirdiği de gözlemlenmiştir.⁴ Zonüllerde gelişen yer değişiminin de akomodasyon kaybında etkili olabileceği düşünülmektedir. Leydolt ve ark., bir olgunun bir gözüne kapsül kese içine monofokal GİL yerleştirirken diğer göze monofokal GİL yerleştirilmesini arka kapsüloreksis yaptıktan sonra gerçekleştirmişlerdir. Postoperatif 6. ayda pilokarpin uygulaması öncesi ve sonrası parsiyel koherens interferometri ile her iki gözün ön kamara derinliğini karşılaştırmışlardır. Ön kamara derinlikleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Normalde arka kapsüloreksis ile kapsül de fibrozis azalmaktadır. Bu çalışma akomodasyon kaybına sadece kapsülde görülen fibrozisün neden olmadığını açıkça göstermektedir.⁵ Bu faktörler göz önüne alındığında presbiyopinin multifaktöryel bir sorun olduğu bu nedenle tedavisinin de zor olacağı daha iyi anlaşılmaktadır.

Strenk ve ark., manyetik rezonans(MR) çalışmalarında akomodasyon mekanizmasının Helmholtz teorisi ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir.⁶ Yine aynı çalışmacılar maymundan farklı olarak insan siliyer kasının ömür boyu çalıştığını göstermişlerdir. Siliyer cismin insanda ömür boyu çalışıyor olması bazı çalışmalar için temel oluşturmuş ve birçok yöntem bu avantajdan yararlanmayı hedeflemiştir.⁶⁻⁸

Psödoakomodasyon:

Psödoakomodasyon gözün tüm optik sisteminin gücünü ya da çalışma prensibini kısmen değiştirerek yakın görmede rahatlama sağlar. Ancak psödoakomodasyon akomodasyonun gerçek geri kazanılması değildir. Psödoakomodasyondan faydalanarak yakın görme değişik mekanizmalarla düzletilebilir. Bu mekanizmalar sırasıyla

- 1) GİL pozisyon değişimi: GİL'nin aksiyel pozisyonunun değişmesi ile gözün kırıcı gücünün değişmesidir. Bu prensibi kullanan GİL'ler kısmi akomodatif lensler olarak nitelenebilir.
- 2) Multifokalite: Kornea üzerinde multifokal optikler (PresbiLASIK) veya multifokal GİL (difraktif veya refraktif) ile sağlanır. Multifokal GİL ile iyi sonuçlar bildirilse de parla-

ma, hale ve kontrast duyarlılık azalması sık görülen problemlerdir.^{9,10}

3) Fokus derinliğinin çeşitli metotlarla artırılması: Pinhol etkisi gibi fokus derinliğinin artırılmasıdır. Fokus derinliği psödoakomodasyonda en önemli faktörlerden biridir.¹¹ Nakazawa ve ark., monofokal GİL'lerle oluşan psödoakomodasyonun ölçülen fokus derinliği ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir.¹² Diğer taraftan fokus derinliği normal görme keskinliği ile negatif ilişkilidir (görme keskinliği ne kadar yüksekse fokus derinliği o kadar düşüktür).¹³ Bu etki pupilla çapı büyüklüğünün değişimi (pupilla çapı psödoakomodasyon ile ters orantılıdır.), korneanın astigmat etkisi ve aynı zamanda kornea aberasyonlarında pozitif ve negatif değişiklik (sferik aberasyon, koma-benzeri aberasyon veya vertikal koma) ile sağlanır. Kurala aykırı astigmat kurala uygun astigmat ile kıyaslandığında daha iyi yakın görme sağlarken uzak görmeye farklılık oluşturmaz.¹⁴⁻¹⁷

Akomodatif Göz İçi Lensler:

Gerçek bir akomodatif GİL (AGİL) siliyer cismin aktif kontraksiyonu ile artan güç değişimine bağlı yakın görmeyi düzeltme yeteneğine sahip olmalıdır.¹ Sonuçta AGİL presbiyopiye düzeltmeli ve bu merceklerle diğer cerrahi yöntemler ve merceklerle gelişen yan etkiler görülmemelidir. AGİL'lerin değişik modelleri geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüştür. Ancak burada yaşanan ticari kaygılar ve zayıf metodoloji sebebiyle bu lensler hayal kırıklığı yaratmıştır. Bu lenslerin etkili olmadığı birbirinden bağımsız farklı cerrahlar tarafından gösterilmiştir. Geçmişte bu lenslerle ilgili yapılan hatalar bu lenslerin gerçekten akomodasyonu taklit edip edemeyeceği şüphesini uyandırmıştır.¹⁷ İlk akomodatif lenslerden bu yana birçok lens geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Lenslerin kapsüller kese yerine sulkusa yerleştirilmesi üzerinde durulmaktadır. Gelecekte bu lenslere torik düzeltmeye de ihtiyaç duyulacaktır. Bu lensler ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda geçmişte önem verilmeyen ancak gerekliliği tecrübe ile anlaşılan mutlaka dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır.

- 1) Yakın (40 cm) ve orta mesafe (70 cm) görme için homolog eşeller kullanılmalıdır.
- 2) Akomodasyon subjektif ve objektif testler ile ölçülmelidir.
- 3) Sonuçlara psödoakomodasyonun katkısı mutlaka tespit edilmelidir.
- 4) Sonuçlar birçok merkezli seri ve uzun dönem gözlemlerle desteklenmelidir.

AGİL için 2 temel prensip uygulanmıştır.

1) Aksiyel pozisyon değişikliği: Tek veya çift optikli tasarımlar mevcuttur. Crystalens, A 1CU Lens, Synchrony Lens, Tetraflex Lens bu prensip üzerinden çalışan lenslerdir.

2) Şekil veya kurvatür değişikliği: NuLens, WGİL-CF Lens, Lumina Lens bu prensiple çalışan lenslerdir.

1) Aksiyel pozisyon değişikliği ile etki eden AGİL:

AGİL'lerin çoğu etki mekanizmaları nedeniyle gerçek akomodatif lens olarak tanımlanamazlar. Bu lenslerin etki mekanizması monofokal GİL'in korneaya göre aksiyel pozisyonunun değişmesine dayanmaktadır. Sonuçta gözün tüm kırıcı gücü değişmekte ancak GİL'in kendi gücünde gerçek bir değişim olmamaktadır. Teorik olarak plaka lensler kapsül içine yerleştirildikten sonra ön kapsül fibroze olur ve lense uçtan uca basınç uygular. Bu basınç lensi geriye iter ve lensin optik kısmı vitre ön yüzüne yaslanır. Siliyer cisim kasılınca kasın şekli değişir ve siliyer cisim vitreus boşluğuna doğru yer değiştirir. Böylece vitreus basıncı artar ve bu basınç optiği öne doğru iter. Böylece lens öne doğru yer değiştirir.² Nawa ve ark., lensin öne hareketi ile oluşacak akomodatif gücün lensin diyoptri gücüne ve gözün aksiyel uzunluğuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir. +11 diyoptrilik (D) lens 1mm öne kaydığında +0.8 D akomodasyon gücü elde ederken +30 D'lik lens 1mm öne kaymayla +2.3 D akomodasyon gücü elde eder.¹⁸ Bu lensler pozisyonel psödoakomodatif lensler olarak bilinmekle birlikte uzun dönem yakın görme sonuçları başarılı bulunmamıştır.

Crystalens;

Crystalens (Eyeonics, Inc., Aliso Viejo, CA, USA) UV filtre içeren yüksek refraktif-indeksli silikon materyalden üretilmiştir. Optiğin öne doğru hareketine karşı direnci azaltmak için haptiklere takılı menteşeler mevcuttur. Kapsül kesesi içinde GİL fiksasyonu menteşeler ile haptiklerin T şeklini alması ile sağlanır. Monofokal GİL'ler ve Crystalens'ler ile elde edilen uzak görme keskinliği düzeyleri arasında fark yoktur. Ancak orta ve yakın görme keskinliğinde farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Halen bazı yazarlar Crystalens'ler ile monofokal lenslere göre yakın ve orta görmeye ciddi iyileşme rapor ettikleri halde çoğu yazar çok zayıf sonuçlar yayımlamaktadırlar.¹⁹⁻²⁵

Vilupuru ve ark., Crystalens ile Restor +3 D multifokal GİL'leri karşılaştırmıştır. Çalışmacılar uzak-düzeltilmiş yakın görmeye (UDYG) daha kötü sonuçlar (sırasıyla ortalama LogMAR: 0.360,-0.042), bildirirken, uzak-düzeltilmiş orta görme keskinliğinde (UDOG) ise biraz daha iyi sonuçlar (ortalama logMAR: 0.186) bildirmişlerdir.²⁰

Yapılan bir çalışmada laser ışın takip aberometri ile objektif olarak ölçülen akomodatif güç, Crystalens ile 0.4 D'den düşük bulunmuştur.²¹ Bu çalışmada Crystalens ile saptanan akomodasyon esnasında astigmatta, sferik aberasyonlarda, trefoil ve komada değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu değişiklikler akomodasyon esnasında lenste oluşan bazı değişikliklerine bağlı olabilir. Sonuçta fokus derinliği artışından oluşan psödoakomodasyon UDOG'da elde edilen orta ve

UDYG'de elde edilen hafif iyileşmeyi desteklemiş olabilir.^{22,23} Crystalens zayıf defokus eğrisi gösterdiği halde multifokal GİL (Lentis-Mplus) değişik defokus seviyelerinde daha iyi görme keskinliği göstermiştir. Diğer taraftan Crystalens grubunda fotopik ortamlarda tüm uzaysal frekanslarda daha iyi kontrast duyarlılık sonuçları elde edilmiştir.^{24,25}

Akomodatif 1CU Lens:

Akomodatif 1CU lens (HumanOptics AG, Erlangen, Germany) hidrofilik akrilik materyalden yapılmıştır. Bu lensin etki mekanizması da siliyer kas kasılmasına bağlı optiğin öne doğru yer değiştirmesidir. Optik çapı 5.5 mm total çapı 9.8 mm'dir. Tek parça lens olup dört adet yassı ayağıyla kapsül içine yerleştirilir. Optik ile birleşim yerinde haptikler transmisyon elementleri ile modifiye edilmiştir. Bu lensin akomodatif özelliği kapsüler kesenin esnekliğine bağlıdır. Kapsülün engellenemeyen kontraksiyonu uzun dönemde bu lensin başarısızlığını açıklamaktadır.²⁶

Karşılaştırmalı yapılan bir çalışmada 30 adet 1CU lens hastaların bir gözüne 30 adet MA30 lens ise diğer gözüne takılmıştır. 12 ay sonunda UDYG ortalaması 1CU lenste Jaeger (J) 11.47±0.7, MA30 lensinde ise J 12.8±0.4 bulunmuştur.²⁷

Mastropasqua ve ark., 1CU AGİL'lerle (1. Yılda UDYG, J 8.1) 2 yıl içinde total akomodasyon kaybı saptamışlardır. Bunu lens materyal ve tasarımına bağlı gelişmiş olabilecek ağır ön ve arka kapsül opasifikasyonuna (AKK) (1. Yılın sonunda %100) bağlamışlardır.²⁶

Monofokal lenslerle karşılaştırmalı diğer çalışmalarda yakın görme fonksiyonunda 1CU ile minör bir artış saptamış ancak akomodasyon amplitüd ölçümünde farklılık saptanmamıştır. Sonuçta bu değişiklikler Crystalens AGİL de olduğu gibi psödo-fakik psödoakomodasyonla açıklanabilir.²⁸⁻³⁰

Tetraflex Lens:

Tetraflex KH-3500 (Lenstec Inc, FL, USA) tek parça yüksek bükülebilir özellikte yanları köşeli hidroksietilmetakrilat (HEMA) lenstir. HEMA materyali %26 su içerdiği için oldukça esnek bir materyaldir. 1.8 mm kornea kesisinden enjekte edilebilmektedir. Lens haptikleri Helmholtz teorisine göre kristalin lensin akomodasyon sırasındaki hareket avantajını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Menteşe prensibine dayanmamakla birlikte haptik konfigürasyonu lensin tüm kapsüler kese ile öne hareketini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

İlk yayınlarda cerrahi sonrası 6 ay içinde %75 olguda en az 2 D AA ve Crystalens ile karşılaştırılınca daha iyi yakın görme sonuçları sunulmuştur.^{31,32} Monofokal GİL ile karşılaştırılınca Tetraflex in yakın görme fonksiyonunu artırdığı kabul edilmektedir. Ancak Tetraflex AGİL'nin göz içinde rölatif olarak sabit pozisyonda kaldığı gösterilmiştir. Bu nedenle sunulan iyi sonuçların GİL'nin kapsüler kese içinde

öne doğru hareketinden ziyade bükülebilirliğine bağlı olarak optik aberasyonlarda oluşan değişikliklere bağlı olabileceği düşünülmektedir.^{33,34} Ancak bu sonuçlar halen multifokal psödoakomodatif lenslerle alınan sonuçlara göre kötüdür. Bağımsız çalışmalar yakın ve ara görmeye monofokal lenslerle mini monovizyon ve hatta Crystalens arasında ciddi farklar göstermemektedir.^{35,36}

Bu lensin yüksek esneme kapasiteli hidrofilik akrilik materyali sebebiyle kapsüler kese kontraksiyonuna çok hassas olduğu, sonuçta haptikte öne doğru esneme olabileceği ve bu durumun lensin değiştirilmesini gerektirebileceği bildirilmiştir.³⁷

Synchrony çift optikli GİL:

Synchrony AGİL (Visiogen, Inc. Irvine, California) tek parça üç boyutlu çift optikli silikon lenstir. Ön ve arka olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Her kısım plaka haptik silikon GİL tasarımına sahiptir ve iki kısım arası yay vazifesi gören bu iki kısmı birbirine bağlayan bir köprü mevcuttur. GİL kalınlığı 2.2 mmdir. Ön optik 5.5 mm arka optik 6mm çapındadır. GİL ön kısmı emetropi sağlamak için yüksek pozitif güce sahip olup bu güç +32 D olarak sabittir. GİL arka kısmı ise gözde emetropiye ulaşmak için her lenste farklı negatif güce sahiptir. GİL kapsüler keseye yerleştirilince kese gerilimi optikleri sıkıştırır. Akomodasyon sırasında siliyer kas kasılması zonüler gevşeme sağlar ve kese gerilimi azalır ve sonuçta yay gevşer ve optikler arası mesafe artar ve lensin ön kısmı öne itilir.² Ossma ve ark., bu ileri hareketin +3.2 D'lik bir akomodasyon sağlayacak kadar yeterli olduğunu bildirmişleridir.³⁸ Lensin arka kısmı arkaya doğru aksiyel sapma eğilimini azaltmak, kese içinde sürekli stabilite ve santralizasyon için önemli ölçüde geniş tasarlanmıştır. Bu lensin uzun dönem sonuçları ile farklı cerrahların deneyimleri hakkında çok az bilgi mevcuttur. Bir çalışmada Synchrony değişik defokus seviyelerinde Crystalens ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak daha iyi görme keskinliği ve görme kalitesi sağlasa da yakın görme sonuçları hala sınırlıdır.²⁵

İki optik arasındaki opasifikasyon riskine karşı yapılan yapılan deneylerinde böyle bir komplikasyon görülmemiştir.³

2)Şekil ve kurvatür değişikliği ile etki eden AGİL:

Şimdilerde AGİL klasik olarak kapsüler kese içine mi yoksa dışına mı yerleştirilmesi gerektiği tartışılmaktadır. Kapsüler kese lens epitelinin bazal membranıdır ve içi boşaldığı zaman yapacak bir fonksiyonu kalmadığı ve anatomik desteğini kaybettiği için engellenemez bir şekilde bu dokuda fibrozis ve atrofi gelişir. Sonuçta içi boşaltılınca bir süre sonra kapsüler kese fonksiyon dışı kalır. Primat modelinde fakoemulsifikasyon sonrası akomodatif lensi taklit eden kuvvet/hareket ölçüm aleti yerleştirilmesi ile kapsüller fibrozisin kese içi mekanik kuvvetlerin yok olmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Oysa kesenin içi yerine üstüne yani

sulkusa yerleştirildiğinde en az 5 yıl süren aktif kuvvetler tespit edilmiştir. Uzun zamanda kontrakte olan kapsül basıncı bu durumu tehlikeye atmaktadır.⁴⁰ Özetle ileri yaşlarda bile siliyer cisim hala aktiftir ve fakoemulsifikasyon sonrası zonül-kapsüller kese kompleksinde merkezci ve merkezkaç kuvvetlerin varlığı gösterilmiştir.^{41,42}

Dolayısıyla kapsüller kese içi önlemez atrofi ve fibrozis nedeniyle AGİL için uygun yerleşim yeri değildir. Şimdiye kadar alınan olumsuz sonuçlar bu sebeple olabilir. Bu senaryoda zonül-ön kapsül sisteminde oluşan kuvvetler AGİL için uygun olup asıl yerleşim yeri sulkus olabileceği düşünülmektedir. Pallikaris ve ark., arka kapsül rüptürü olan 3 olguda Crystalens'i sulkusa koymuş ve olguların kese içine yerleştirilen diğer gözlerine göre daha iyi yakın görme değerlerine ulaştıklarını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar sulkusta bulunan uygun güçleri desteklemektedir.⁴³

Daha evvel bahsettiğimiz AGİL'lerin etki mekanizması optiğin aksiyel hareketine dayanıyordu. Burada kapsüller kese içinde olan lensin hareketine olan bağımlılık başarıyı sınırlıyordu. Çünkü kapsülde fibrozis ve kontraksiyon bu hareketi sınırlıyordu. Bu yüzden lensi sulkusa yerleştirmek ve böylece siliyer cisim hareketinden faydalanmak fikri doğmuş ve başka mekanizma arayışları başlamıştır.

Lumina AGİL:

Lumina AGİL (AkkoLens International, Breda, Hollanda) 2 adet optiğe sahip olup bu parçalar birbiri üzerinde hareket edebilme yeteneğine sahiptir. Lens sulkusa yerleştirilir. Lens akrilik hidrofilik polimer materyalden yapılıdır. Optikler sabit güce sahiptir. Ön optik gücü +5D iken hastanın gereksinimine göre arka optik gücü +10 ile +20 D arasında değişir. Her optik asferik iç yüzeye sahiptir ve lens hareket ettikçe güç lineer olarak artar. Sonuçta akomodasyonda siliyer cisim kasılır ve lensin boylamsal pozisyonu değişir ve optikler birbiri üzerinde kayar ve lensin kırıcılığı artar. Böylece yakın görme sağlanır. Lensin büyüklüğü sulkus sulkus arası mesafe belirlenerek kişiye özel hazırlanır. GİL yerleştirmenin sulkusa olması dışında işlem diğer katarakt veya refraktif lens değişimi cerrahilerinden farksızdır. GİL 2.8 mm ve 3mm kornea kesisinden implante edilir.

Yapılan bir çalışmada altmış bir Lumina AGİL implante edilen göz 1 yıl takip edilmiştir.⁴⁴ AGİL implantasyonundan sonra uzak ve yakın görmeye ciddi artış saptanmıştır. Ek olarak monofokal GİL'ler ile karşılaştırılınca Lumina AGİL ile düzeltilmemiş ve düzeltilmiş yakın görmeye anlamlı olarak daha iyi sonuçlar elde edilmiştir, ($p<0.01$). 1 yıllık takip sonunda olguların %90 dan fazlasında düzeltilmiş yakın görme ondalık skalada 0.8 olup %70 olgu da sferik eşdeğer $\pm 1D$ aralığındaydı. Lumina AGİL ve monofokal lens defokus eğrisi çıkarılmıştır. -4.5 D ve 0.5D aralığında defokus uyarana karşı Lumina AGİL ile daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Yine açık alan otorefraktometre WAM-5500 (Grand Seiko, Japan) ölçümleri ile objektif akomodasyon tespit edilmiştir. WAM açık alan ekranından yaklaşan hedefe bakarken sürekli ölçüm alır.⁴⁵ Bu çalışmada (-2.50), (-300), (-3.50) ve (-4.00) D ye karşı gelen uyarılara monofokal GİL grubuna göre Lumina AGİL grubunda anlamlı olarak daha iyi akomodatif sonuçlar elde edilmiştir.⁴⁴

Bu monofokal ve akomodatif GİL'lerin kıyaslandığı bu çalışmada hiçbir uzaysal frekansta kontrast duyarlılık fonksiyon farkları anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$).⁴⁴ Takip süresince herhangi bir komplikasyon görülmemiştir. On olguda arka kapsül kesafeti nedeniyle Nd: YAG laser kapsülotomi yapılmıştır.⁴³

NuLens AGİL:

NuLens AGİL (NuLens, Ltd., Herzliya Pituah, Israel) İki tarafı da sert tabakayla kaplı esnek polimer optikten oluşur. Sert tabakalardan öndekinde merkezde bir delik bulunur. Tabakalar preslendiği zaman polimer ön yüzeyde bulunan deliğe doğru şişme yapar ve bu sayede kırma gücü artmış bir lens elde edilir.⁴⁶ GİL haptikleri sayesinde sulkusa yerleştirilir. Haptik yapısı PMMA dır.

Yapılan bir çalışmada 10 olguda NuLens implante edilmiştir. Bu olguların tümü katarakt yanında yaşa bağlı makula dejeneresansı (AMD) saptanmış olgulardan seçilmiştir. Olguların tümü 12 ay takip edilmiş. Uzak görme keskinliği AMD'ye bağlı beklendiği gibi düşük bulunmuştur. Olgularda preoperatif düzeltilmemiş yakın görme J sıra sayı ortalaması 1 sıra iken postoperatif 1. Yılda 3.8 sıra bulunmuş ve aradaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Yine bu çalışma sonucunda düzeltilmiş yakın görme postoperatif 1.yılda ortalama 0.7 sıra kazancı ile hafif düzeyde artış göstermiştir.⁴⁶

Aynı çalışmada GİL hareketini ortaya çıkarmak için ultrason biyomikroskop ile incelemeler yapılmıştır. Özellikle pilokarpin damlatılması öncesi ve sonrası GİL'nin kesit yüzeyi hareketleri incelenmiştir. GİL implantasyonundan 3 ay sonra pilokarpin ile siliyer kas kasılınca istirahat haline göre lenste 200 mikron öne doğru şişme izlenmiştir. Komplikasyon olarak 1olguda posterior sineşi, 1 olguda haptik tarafından kapsülöresis kenarı yakalanması görülmüştür. İki komplikasyonda yapılan girişimlerle ortadan kaldırılmıştır. İmplantasyondan 3 ay sonra endotel hücre sayısında preoperatif değerlere göre ciddi azalma görülse de da 6 ile 12 aylık takiplerde hafif bir azalma ile birlikte özellikle 12. aydan sonra endotel sayısı sabit kalmıştır. Takip süresince %60 olguda AKK gelişmiş ve Nd: YAG laser kapsülotomi ile bu olgular tedavi edilmiştir.⁴⁶

WGİL-CF AGİL:

Wichterle Göz İçi Sürekli Fokus Lens (WGİL-CF) (Medicem, Kamenne Zehrovice, Czech Republic) polifokal opti-

ğe sahiptir ve teorik olarak akomodasyonla şekil değiştirir. Lensin akomodasyon gücü +2 D olarak belirtilmiştir. Değişik mesafelerde görmeyi 3 özelliği sayesinde sağlamaktadır. Bu özellikler şunlardır:

- 1)Hiperbolik optik tasarıma bağlı yüksek fokus derinliği sağlayan polifokalite
- 2)Pupiller refleks ve polifokalite sayesinde sağlanan psödo-akomodasyon
- 3)Siliyer kas kasılmasına bağlı lens deformasyonu sonucu lensin kalınlık artışı ve ön ve arka yarıçap azalmasına bağlı akomodasyon.

Lens materyali %42'lik su içeriği olan metakrilik kopolimerden negatif yüklenen hidrojelidir. Optik çapı 8.6-8.9 mm kadar büyük olup kristalin lense benzer şekilde arka hiperbolik yüzeye sahiptir. Lensin diğer bir özelliği haptiği yoktur. Hiperbolik arka yüzey sonsuz fokusu sağlar. Lensin refraktif gücü kalınlığı gibi santralden perifere azalır. Lensin kalınlığı santralde 1.7 mm'den perifere 0.8 mm kadar değişir. Ek olarak lens 2.5-2.8 mm kornea kesisinden yerleştirilebilmektedir.⁴⁷

Birçok merkezli bir çalışmada katarakt cerrahisi sonunda 48 olguya çift taraflı WGİL implante edilmiş ve olgular 6 ay takip edilmiştir. Hasta yaş ortalaması 65 yıl olarak bulunmuş. Bu çalışmada 6ay sonunda ortalama monoküler düzeltilmemiş uzak görme keskinliği LogMAR olarak 0.07 ortalama monoküler düzeltilmemiş yakın görme 0.32 ve binoküler düzeltilmiş yakın görme 0.26 olarak bulunmuştur.⁴⁷

Bu çalışmada subjektif hasta memnuniyeti anketler ile ortaya çıkarılmıştır. Anket sonuçlarına göre %90'dan fazla hasta tatmin olmuşken %8.3 olgu tatmin olmamıştır. %47.9 olgu

okuma gözlüğü kullanmadığını, %39.6 olgu ara sıra okuma gözlüğü kullandığını, %12.5 olgu düzenli okuma gözlüğü kullanmak zorunda kaldığını ifade etmiştir. Işık fenomenlerine bakıldığında %50 olgu herhangi bir ışık fenomeni yaşamazken %42.9 olgu ciddi olmayan halo veya glare tecrübe etmiştir. 3 olgu (%6.2) ciddi ve oldukça rahatsız edici ışık fenomeni yaşadıklarını belirtmiştir.⁴⁷

Kang ve ark., fakoemulsifikasyon uyguladıkları bir olguda WGİL-CF implante etmişlerdir. 10 ay sonra retina dekolmanını gelişmesi nedeniyle pars plana vitrektomi, endolaser foto-koagülasyon, ve %14 C₃F₈ gaz tamponadı uygulamışlardır. Vitrektomiden 9 ay sonra hasta görme azalması ile gelmiş ve başka merkezde yapılan Nd: YAG laser kapsülotomi sonrası oluşan geniş arka kapsül açıklığından merceğin vitreusa disloke olduğu tespit edilmiştir. Merceğin tek parça olması nedeniyle arka kapsül açıklığının bu lens için önemini belirtmiştir.⁴⁸

Sonuç olarak; akomodatif lens konusu tüm dünyada göz cerrahlarının ve dolayısıyla bu lensleri üreten endüstrisinin ilgisini çekmektedir. Presbiyopi tedavi problemleri yanında katarakt cerrahisi sonrası yaşanan yakın ve ara mesafe görme problemleri araştırmacıları çözüm aramaya itmektedir. Özellikle katarakt cerrahisi akomodasyon sağlamadığı sürece istenen seviyeye ulaşmış sayılamaz. Cerrahi sonucunda kişi her mesafedeki cisim aynı netlikte görebilmelidir. Bu konuda çalışmalar devam etmekte her geçen gün yeni prensiplerle çalışan GİL'ler geliştirilmektedir. İlk AGİL ile yaşanan hayal kırıklıkları yeni model lensler geliştirilmesi ve lensin kapsülere kese yerine sulkusa yerleştirilmesi ile aşılmaya çalışılmaktadır.

Tablo 1'de kullanılan AGİL'ler ve mekanizmaları gösterilmiştir.

Tablo 1. Etki mekanizmalarına göre akomodatif göz içi lensleri	
Aksiyel pozisyon değişikliği ile etki gösteren AGİL'ler	Şekil ve kurvatür değişikliği ile etki eden AGİL'ler
Crystalens AT-45 (2003)	Lumina AGİL
Crystalens AT-45 kare kenarlı (2005)	NuLens AGİL:
Crystalens 5-0 (2006)	WIOL-CF AGİL
Crystalens HD (2008)	FlexOptics
Tetraflex Lens	Medennium SmartGİL
ICU lens	
Tekia TekClear KH-3500	
C-Well GİL	
BioComfold 43E	
Opal AGİL	
Synchronyçift optik AGİL	
Sarfarazi çift optik AGİL	

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Charman WN. Restoring accommodation: a dream or an approaching reality? *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005;25:1-6.
2. Alio JL, Alio Del Barrio JL, Vega-Estrada A. Accommodative intraocular lenses: where are we and where are we going. *Eye Vis (Lond).* 2017;4:16
3. Fincham EF. The accommodation reflex and its stimulus. *Br J Ophthalmol.* 1951;35:381-93.
4. Farnsworth PN, Shyne SE. Anterior zonular shifts with age. *Exp Eye Res.* 1979;28:291-7.
5. Leydolt C, Menapace R, Stifter EM, et al. Effect of primary posterior continuous curvilinear capsulorhexis with posterior optic buttonholing on pilocarpine-induced IOL shift. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:1895-901.
6. Strenk SA, Strenk LM, Guo S. Magnetic resonance imaging of the anteroposterior position and thickness of the aging, accommodating, phakic, and pseudophakic ciliary muscle. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36:235-41.
7. Strenk SA, Strenk LM, Guo S. Magnetic resonance imaging of aging, accommodating, phakic and pseudophakic ciliary muscle diameters. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:1792-8.
8. Strenk SA, Semmlow JL, Strenk LM, et al. Age-related changes in human ciliary muscle and lens: A magnetic resonance imaging study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40:1162-9.
9. Javitt JC, Steinert RF. Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation: a multinational clinical, functional, and quality of life outcomes. *Ophthalmology.* 2000;107:2040-8.
10. Schmitz S, Dick HB, Krummenauer F, et al. Contrast sensitivity and glare disability by halogen light after monofocal and multifocal lens implantation. *Br J Ophthalmol.* 2000;84:1109-12.
11. Pallikaris IG, Kontadakis GA, Portaliou DM. Real and Pseudoaccommodation in Accommodative Lenses. *J Ophthalmol.* 2011;2011:284961
12. Nakazawa M, Ohtsuki K. Apparent accommodation in pseudophakic eyes after implantation of posterior chamber intraocular lenses: optical analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1984;25:1458-60.
13. Yamamoto S, Adachi-Usami E. Apparent accommodation in pseudophakic eyes as measured with visually evoked potentials. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1992;33:443-6.
14. Savage H, Rothstein M, Davuluri G, et al. Myopic astigmatism and presbyopia trial. *Am J Ophthalmol.* 2003;135:628-32.
15. Oshika T, Mimura T, Tanaka S, et al. Apparent accommodation and corneal wavefront aberration in pseudophakic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:2882-6.
16. Nishi T, Nawa Y, Ueda T, et al. Effect of total higher order aberrations on accommodation in pseudophakic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2006;32:1643-9.
17. Glasser A, Hilmantel G, Calogero D, et al. Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Recommendations for Test Methods to Assess Accommodation Produced by Intraocular Lenses. *Ophthalmology.* 2017;124:134-9.
18. Nawa Y, Ueda T, Nakatsuka M, et al. Accommodation obtained per 1.0 mm forward movement of a posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:2069-72.
19. Sadoughi MM, Einollahi B, Roshandel D, et al. Visual and Refractive Outcomes of Phacoemulsification with Implantation of Accommodating versus Standard Monofocal Intraocular Lenses. *J Ophthalmic Vis Res.* 2015;10:370-4.
20. Vilupuru S, Lin L, Pepose JS. Comparison of Contrast Sensitivity and Through Focus in Small-Aperture Inlay, Accommodating Intraocular Lens, or Multifocal Intraocular Lens Subjects. *Am J Ophthalmol.* 2015;160:150-62.
21. Pérez-Merino P, Birkenfeld J, Dorronsoro C, et al. Aberrometry in patients implanted with accommodative intraocular lenses. *Am J Ophthalmol.* 2014;157:1077-89.
22. Dhital A, Spalton DJ, Gala KB. Comparison of near vision, intraocular lens movement, and depth of focus with accommodating and monofocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:1872-8.
23. Zamora-Alejo KV, Moore SP, Parker DG, et al. Objective accommodation measurement of the Crystalens HD compared to monofocal intraocular lenses. *J Refract Surg.* 2013;29:133-9.
24. Alió JL, Plaza-Puche AB, Montalban R, et al. Visual outcomes with a single-optic accommodating intraocular lens and a low-addition-power rotational asymmetric multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:978-85.
25. Alió JL, Plaza-Puche AB, Montalban R. Near visual outcomes with single-optic and dual-optic accommodating intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:1568-75.
26. Mastropasqua L, Toto L, Falconio G, et al. Longterm results of 1 CU accommodative intraocular lens implantation: 2-year follow-up study. *Acta Ophthalmol Scand.* 2007;85:409-14.
27. Heatley CJ, Spalton DJ, Hancox J, et al. Fellow eye comparison between the 1CU accommodative intraocular lens and the acrysof MA30 monofocal intraocular lens. *Am J Ophthalmol.* 2005;140:207-13.
28. Uthoff D, Gulati A, Hepper D, et al. Potentially accommodating 1CU intraocular lens: 1-year results in 553 eyes and literature review. *J Refract Surg.* 2007;23:159-71.
29. Harman FE, Maling S, Kampougeris G, et al. Comparing the 1CU accommodative, multifocal, and monofocal intraocular lenses: a randomized trial. *Ophthalmology.* 2008;115:993-1001.
30. Ong HS, Evans JR, Allan BD. Accommodative intraocular lens versus standard monofocal intraocular lens implantation in cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(5):CD009667.
31. Sanders DR, Sanders ML. Visual performance results after Tetraflex accommodating intraocular lens implantation. *Ophthalmology.* 2007;114:1679-84.
32. Brown D, Dougherty P, Gills JP, et al. Functional reading acuity and performance: Comparison of 2 accommodating intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35:1711-4.
33. Wolffsohn JS, Davies LN, Gupta N, et al. Mechanism of action of the tetraflex accommodative intraocular lens. *J Refract Surg.* 2010;26:858-62.
34. Leng L, Chen Q, Yuan Y, et al. Anterior Segment Biometry of the Accommodating Intraocular Lens and its Relationship With the Amplitude of Accommodation. *Eye Contact Lens.* 2017;43(2):123-9.
35. Tan N, Zheng D, Ye J. Comparison of visual performance after implantation of 3 types of intraocular lenses: accommodative, multifocal, and monofocal. *Eur J Ophthalmol.* 2014;24:693-8.
36. Beiko GH. Comparison of visual results with accommodating intraocular lenses versus mini-monovision with a monofocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39:48-55.
37. Kramer GD, Werner L, Neuhann T, et al. Anterior haptic flexing and in-the-bag subluxation of an accommodating intraocular lens due to excessive capsular bag contraction. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41:2010-3.

38. Ossma IL, Galvis A, Vargas LG, et al. Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 2: pilot clinical evaluation. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:47-52.
39. Werner L, Pandey SK, Izak AM. Capsular bag opacification after experimental implantation of a new accommodating intraocular lens in rabbit eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30:1114-1123.
40. Alió JL, Ben-Nun J. Study of the force dynamics at the capsular interface related to ciliary body stimulation in a primate model. *J Refract Surg.* 2015;31:124-8.
41. Wolffsohn JS, Davies LN, Gupta N, et al. Mechanism of action of the tetraflex accommodative intraocular lens. *J Refract Surg.* 2010;26:858-62.
42. Marchini G, Pedrotti E, Modesti M, et al. Anterior segment changes during accommodation in eyes with a monofocal intraocular lens: high-frequency ultrasound study. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34:949-56.
43. Pallikaris IG, Karavitaki AE, Kymionis GD, et al. Unilateral sulcus implantation of the crystalens HD. *J Refract Surg.* 2012;28:299-301.
44. Alió JL, Simonov A, Plaza-Puche AB, et al. Visual Outcomes and Accommodative Response of the Lumina Accommodative Intraocular Lens. *Am J Ophthalmol.* 2016;164:37-48.
45. Glasser A. Accommodation: mechanism and measurement. *Ophthalmol Clin N Am.* 2006;19:1-12.
46. Alió JL, Ben-Nun J, Rodríguez JL, et al. Visual and accommodative outcomes 1 year after implantation of an accommodating intraocular lens based on a new concept. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35:1671-8.
47. Studeny P, Krizova D, Urminsky J. Clinical experience with the WIOL-CF accommodative bioanalogic intraocular lens: Czech national observational registry. *Eur J Ophthalmol.* 2016;26:230-5.
48. Kang KT, Kim YC. Dislocation of polyfocal full-optics accommodative intraocular lens after neodymium-doped yttrium aluminum garnet capsulotomy in vitrectomized eye. *Indian J Ophthalmol.* 2013;61:678-80.