

# Kornea İçi Halka Segmenti Uygulamaları

## Intracorneal Ring Segment Applications: Review

Mustafa KOÇ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Ulucanlar Göz Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 05.02.2016  
Kabul Tarihi/Accepted: 01.06.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Mustafa KOÇ  
Ulucanlar Göz Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi,  
Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara,  
TÜRKİYE/TURKEY  
drmkoc@hotmail.com

**ÖZET** Başta keratokonus olmak üzere, korneanın ektatik hastalıklarının tedavisi günümüz oftalmoloji pratiğinin önemli problemlerinden biridir. Tedavide öncelikli amaç hastalığın progresyonunu durdurma ve görmesini artırmaktır. Günümüzde bunun tek yolu korneal çapraz bağlama (KÇB) tedavisidir. Tedavideki ikinci amaç ise hastanın görmesini artırmak, yani optik rehabilitasyon sağlamaktır. Gözlük, kontakt lens, kornea içi halka segmentleri (KİHS), topografi veya wavefront kılavuzlu fotorekraktif keratektomi (PRK) ve keratoplasti optik rehabilitasyon amacıyla kullanılmaktadır. Keratokonusta optik rehabilitasyonun önemli bir parçası olan KİHS, 2000 yılından bu yana başarıyla kullanılmaktadır. Femtosaniye lazerin kullanımının yaygınlaşması KİHS'nin uygulanmasını kolaylaştırmış, komplikasyonları azaltmıştır. Ayrıca korneada doku kaybına yol açmayan, minimal invaziv ve en önemlisi geri dönüşü olan bu uygulamanın ön görülebilirliği üretici firmalar tarafından yayımlanan nomogramlarla daha da artmıştır. Bu nedenle kullanımları gün geçtikçe artmaktadır. KİHS korneanın tüm ektatik hastalıklarında, keratoplasti, radyal keratotomi ya da travma sonrası gelişen düzensiz astigmat durumlarında kullanılabilir. Ancak en önemli endikasyonu, sert kontakt lens intoleransı dışındaki hastayı sert kontakt lens kullanabilir hâle getirmektir. Ancak allerjik konjunktivit gibi nedenlerle sürekli gözü kaşınan hastalarda sert kontakt lens intoleransı olsa bile KİHS uygulamalarından kaçınılmalıdır. Günümüzde KİHS uygulamalarının tümü Intacs, Intacs SK, Ferrara ve Keraring ile yapılmaktadır. Bunların kalınlığı arttıkça ve optik çapı küçüldükçe etkinliği de artmaktadır. Çünkü Barraquer kalınlık teorisine göre, kornea periferine ne kadar kalın materyal eklenirse kornea santralinde o kadar düzleşme sağlanır. Son zamanlarda segment uygulamalarının KÇB, topografi ve wavefront kılavuzlu PRK ile kombine edilmesi optik rehabilitasyonun başarısını artırmıştır. Bu çalışmada da KİHS modelleri, endikasyonları, uygulama yöntemleri, sonuçları, komplikasyonları ve diğer güncel uygulamalarla olan kombinasyonları özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Keratokonus; kornea topografisi; korneal stroma

**ABSTRACT** The management of ectatic corneal diseases, especially keratoconus is a challenging issue for ophthalmology practitioners. Primary goal of the management is to halt the progression of the disease. Corneal crosslinking (CXL) is the only halting treatment modality. The second goal of the management is to provide optical rehabilitation. Current methods of visual rehabilitation are glasses, contact lenses, intracorneal ring segments (ICRS), topography or wavefront guided photorefractive keratectomy (PRK) and keratoplasty. ICRS has been widely used since 2000 in patients with keratoconus. Increased use of femtosecond laser facilitated the applications of these devices and reduced the complication rates. The application of ICRS is minimally invasive, reversible and do not cause corneal tissue loss. Nomograms published by manufacturers increased the predictability of the application. Therefore, the use of ICRS gradually increases. ICRS may be used in all corneal ectatic diseases and post-keratoplasty, post-radial keratotomy and post-traumatic irregular astigmatism conditions. The most important indication for ICRS is to bring the hard-to-fit eyes to an appropriate condition for rigid gas permeable contact lens fitting. However, ICRS applications should be avoided in eyes with permanent itching even if there is the rigid contact lens intolerance. All ICRS applications are made with Intacs, Intacs SK, Ferrara and Keraring today. The segment effectiveness increases as the thickness increases and the optical diameter decreases. Because, according to Barraquer thickness law the flattening effect of these devices is proportional to the thickness. In recent years, the combination of ICRS with corneal CXL and topography/wavefront guided PRK has increased the success rates of the optical rehabilitation. The ICRS models, indications, application methods, clinical results, complications and current combination therapies were discussed and summarized in this review.

**Keywords:** Keratoconus; corneal topography; corneal stroma

**K**orneanın noninflamatuar ektatik hastalıkları; korneada progresif incelme, diklikte artış ve görmede azalma ile karakterizedir. Keratokonus bu hastalıkların en sık görülenidir. Pellucid marjinal dejenerasyon (PMD), keratoglobus ve laser-assisted in situ keratomileusis sonrası (post-LASIK) ektazi daha az görülmektedir.<sup>1</sup> Bu hastalıkların tedavisinde öncelikli amaç progresyonu durdurmaktır. Günümüzde progresyonu durdurmanın tek yolu korneal çapraz bağlama (KÇB) tedavisidir.<sup>2</sup> Tedavideki ikinci amaç, optik rehabilitasyonu sağlamaktır. Bu amaçla, hastalığın evresine göre değişmekle birlikte gözlük, kontakt lens, kornea içi halka segmentleri (KİHS) topografi kılavuzlu fotorefraktif keratektomi (PRK) ve keratoplasti kullanılmaktadır.<sup>3-7</sup>

KİHS kornea yüzeyini yeniden şekillendirmek amacıyla stroma içine yerleştirilen sentetik materyallerdir. Bu materyallerin ilk insan uygulaması miyopinin düzeltilmesi amacıyla 1991 yılında yapılmıştır.<sup>8</sup> İlk uygulamalarda tam halka şeklinde materyaller (KeraVision Ring, Mediphacos, Brezilya) kullanılmıştır. Ancak, sonradan implantasyonu kolaylaştırmak ve komplikasyonları azaltmak amacıyla materyaller segmentlere bölünüp, 'C' şeklinde dizayn edilmişlerdir. Bu segmentlerin ilk örneği olan "Intacs (Sunnyvale, CA, ABD)" düşük ve orta dereceli miyopi tedavisinde iyi sonuçlar vermesi üzerine 1996 yılında "Conformite Europeenne (CE)" sertifikası, 1999 yılında ise "Food and Drug Administration (FDA)" onayı almıştır.<sup>9</sup> Ancak eş zamanlı olarak excimer lazerin refraktif cerrahideki yüksek başarısı ve ön görülebilirliği, KİHS'nin refraktif amaçla kullanımını gündemden kaldırmıştır. Keratokonusu ilk KİHS uygulaması 1997 yılında yapılmış, sonuçları ise 2000 yılında yayımlanmıştır.<sup>10</sup> Olumlu sonuçlar alınması üzerine 2004 yılında FDA daha önceden miyopi için onayladığı Intacs'ı (Addition Technology, ABD) bu sefer keratokonus için onaylamıştır. Günümüzde ise korneanın tüm ektatik hastalıklarında yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>11-13</sup> Çünkü KİHS implantasyonu doku kaybına yol açmayan, minimal invaziv, geri dönüşü olan bir cerrahidir.

## ETKİ MEKANİZMASI

KİHS temelde iki mekanizmayla etki gösterir. Birinci mekanizma kornea periferine materyal ek-

lendiğinde kornea santralinde düzleştirici etki sağlanmasındır. Buna "Barraquer kalınlık teorisi" denir.<sup>14</sup> İkinci mekanizma stromadaki kollajen lameller arasında boşluk oluşturarak ark kısaltıcı etki göstermesidir.<sup>15</sup> Bu iki mekanizma nedeni ile KİHS'nin etkinliği kalınlığı ile doğru, çapı ile ters orantılıdır.<sup>16,17</sup> Ancak keratokonuslu kornealarda başka mekanizmalar da devreye giriyor olabilir. Çünkü keratokonusu kollajen lamellerin hem sayısı azalır hem de kornea içindeki seyri düzensizleşir.<sup>18</sup>

## KORNEA İÇİ HALKA SEGMENT MODELLERİ

Hepsi polimetilmetakrilattan (PMMA) yapılmıştır ve semisirküler yapıdadırlar. Değişik kalınlık ve ark uzunlukta olan başlıca 5 tip KİHS modeli mevcuttur.

**1- Intacs (Sunnyvale, ABD):** Altıgen kesitli, 150° ark uzunlukta, dış çapı 8,10 mm, iç çapı 6,77 mm olan segmenttir. Kalınlığı 210-450 µm arasında 50 µm basamaklar hâlinde değişir. Intacs SK (Severe Keratoconus ya da Steep K) daha ileri keratokonuslar için dizayn edilmiştir. Etkliliği artırmak amacıyla iç çapı 6 mm'ye düşürülmüş, ışık saçılmalarını azaltmak için kesit oval hâle getirilmiştir. İki farklı kalınlığı vardır. 400 µm kalınlıktaki Intacs SK maksimum keratometrisi ( $K_{maks}$ ) 57-62 dioptri (D) arasında olan ve astigmatizması 5 D'den az olan kornealarda, 450 µm kalınlıktaki Intacs SK  $K_{maks}$ 'ı 62 D'den ve astigmatizması 5 D'den fazla olan kornealarda kullanılır. FDA onayı vardır.

**2,3- Ferrara/Keraring Segmenti (Belo Horizonte, Brezilya/Mediphacos, Brezilya):** Ferrara segmentleri PMMA yanında CQ (camphorquinone) akrilik materyal de içermektedir. Üçgen kesitli olup 90°, 120°, 160° ve 210° ark uzunlukta ve 2 farklı optik çapta üretilmiş olan modelleri vardır. 6 mm'lik optik çapa sahip modeli 7 D'den düşük miyoplarda, 5 mm'lik optik çapa sahip modeli 7 D'den yüksek miyoplarda kullanılmak üzere tasarlanırsa da, artık üretici firmanın önerdiği nomograma göre ektatik kornea hastalıklarında kullanılmaktadır. Taban genişliği tüm modellerde 600 µm'dir. Kalınlığı 150-350 µm arasında 50 µm basamaklar hâlinde değişmektedir. Üçgen kesit prizmatik etkiyle fotik fenomenleri azaltmaktadır.<sup>19</sup> Ferrara segmentlerine

benzer dizayn, materyal ve kalınlığa sahip olan Keraring segmentlerinden SI 5'de optik çap 5 mm, SI 6'da optik çap 6 mm'dir. Her iki çapta da 90°, 120°, 150° (SI6), 160° (SI5) ve 210° ark uzunlukta üretilmiş modeller mevcuttur. 355° ark uzunlukta model yeni üretilmiştir. Optik çapı 5,7 mm, kalınlığı 200 µm ve 300 µm'dir. Merkezi konu olan hastalarda uygulanabilmektedir. Her iki segmentin de FDA onayı yoktur, ama ABD dışındaki ülkelerde oldukça sık kullanılmaktadır.

**4- Bisantis Segmentleri (Perioptik İmplant, Optikon, Roma, İtalya):** Nadir kullanılır. Belirlenmiş çaptaki bir optik zonda çepeçevre daire oluşturacak çok sayıda segmentten oluşmaktadır. İlk aşamalarda 120° ark uzunlukta 3 segment, 90° ark uzunlukta 4 segment ve 60° ark uzunlukta 6 segment denenmiştir. Ancak günümüzde sadece 80° ark uzunlukta oval kesitli, 250 µm kalınlığı, 200 µm taban genişliği olan 4 segment kullanılmaktadır. Optik çapı 3,5, 4,0 ve 4,5 mm olan modelleri vardır.

**5- Myoring Halkası (DIOPTEx, Linz, Avusturya):** PMMA'dan üretilmiş olmasına rağmen katlanabilir yapıdadır. Kesintisiz dairesel yapıda olduğundan segment yerine halka tanımı daha uygundur. Ön yüzeyi konveks, arka yüzeyi konkav şekillidir. Orta ve yüksek derecedeki miyopinin düzeltilmesi için dizayn edilmiştir. Halkanın taban genişliği sabit olup 500 µm'dir. Çapı 5-8 mm, kalınlığı 150-350 µm arasında değişir.

## ENDİKASYONLAR/KONTRENDİKASYONLAR

Günümüzde KİHS'leri, başta keratokonus olmak üzere korneanın tüm noninflamatuar ektatik hastalıklarında, radyal keratotomi, penetran keratoplasti ya da travma sonrası gelişen düzensiz astigmatizmada ve özel durumlarda (ince kornea) miyop hastalarda kullanılabilir.<sup>11-13,20-23</sup> Erken evre keratokonusu gözlük ya da yumuşak kontakt lens kullanmak istemeyen hastada KİHS ile iyi bir görme seviyesi sağlanabilir. Ancak orta ve ileri keratokonusu, yani sert kontakt lens (SKL) kullanması gereken hastalarda segment implantasyonu SKL'nin sağladığı görsel kaliteyi sağlayamaz. Dolayısıyla segment implantasyonu için en ideal endi-

kasyon SKL intoleransı olan hastayı SKL kullanabilir hâle getirmektir.<sup>24</sup> İmplantasyon planlanan korneada merkezi skarın olmaması ve segmentin geçeceği bölgede kornea kalınlığının en az 400 µm olması gerekir.<sup>25,26</sup> Anlamlı fonksiyonel görme artışı sağlanamadığından çok ileri evredeki keratokonusu ( $K_{maks}$  70 D üzeri), kaşımayla segmentte migrasyon ve ekstrüzyon olasılığı artığından ciddi ve kontrol altına alınmamış vernal keratokonjonktivite, artmış korneal erozyon olasılığı nedeni ile rekürrens epitel erozyon sendromu olan hastalarda, görsel sonuçlar hakkında yüksek beklentisi olan hastalarda ve otoimmün hastalığı olan hastalarda segment implantasyonu uygun değildir.<sup>27,28</sup> Ayrıca skotopik pupil çapı segmentin çapından daha geniş olan hastalar gece gelişebilecek halo ve glare konusunda uyarılmalıdır.<sup>29</sup>

## CERRAHİ PLANLAMA

KİHS implantasyonu için uygun hastayı seçtikten sonra uygun cerrahi planlama gerekir. Cerrahi planının ilk basamağı uygun segment(ler)in seçimi, ikinci basamağı ise uygun insizyon ve implantasyon bölgesinin saptanmasıdır. Bu seçimlerde üzerinde görüş birliğine varılmış kriter ve nomogramlar mevcut değildir. Yayınlanan nomogramlar genelde bireysel tecrübeye dayanmaktadır. Ancak, günümüzde sıklıkla üretici firmalar tarafından geliştirilmiş nomogramlar kullanılmaktadır (Tablo 1-4).

Tavsiye edilen nomogramlarda segment seçimi genellikle kırma kusurunun sferik eş değeri (SE) ve konun yerleşim yerine göre yapılır. SE ne kadar fazlaysa o kadar kalın KİHS tercih edilir. Nomogramlara göre Intacs ve Intacs SK keratokonusu tek kullanılmazken Ferrara ve Keraring kullanılabilir. Bu durum tek segment implantasyonu önerilen periferik konu ya da pozitif SE/mix astigmatizması olan hastalarda göz önünde bulundurulmalıdır. Çift segment uygulamaları simetrik (eşit kalınlık) ya da asimetrik (eşit olmayan kalınlık) olabilir.

Üretici firma tarafından Intacs ve Intacs SK için tanımlanan nomogramda, eğer arka yükseklik haritasındaki konun yarısı merkezi 3 mm içinde ise simetrik implantasyon yapılır. Aksi durumda alt kadrana implante edilen segment hep daha kalın

**TABLO 1:** Üretici firma (Addition Technology) tarafından Intacs segmenti için önerilen nomogram.

Sferik eş değer	Simetrik		Silindirik değer	Asimetrik	
	inferior Intacs SK	Süperior Intacs SK		inferior Intacs SK	Süperior Intacs SK
0.0/-1.0 D	210 µ	210 µ	2.0/3.0 D	350 µ	210 µ
-1.0/-1.75 D	250 µ	250 µ	3.0/4.0 D	400 µ	210 µ
-1.75/-2.75 D	300 µ	300 µ	4.0 D üzeri	450 µ	210 µ
-3.0/-3.75 D	350 µ	350 µ			
-4.0/-4.75 D	400 µ	400 µ			
5.0 D üzeri	450 µ	450 µ			

**TABLO 2:** Üretici firma (Addition Technology) tarafından Intacs SK için önerilen nomogram.

Sferik eş değer	Simetrik		Silindirik değer	Asimetrik	
	inferior Intacs SK	Süperior Intacs SK		inferior Intacs SK	Süperior Intacs SK
0.0/-1.0 D	210 µ	210 µ	3.0/5.0 D	350 µ	210 µ
-1.0/-2.0 D	250 µ	250 µ	5.0/7.0 D	400 µ	210 µ
-2.0/-4.0 D	300 µ	300 µ	7.0 D üzeri	450 µ	210 µ
-4.0/-6.0 D	350 µ	350 µ			
-6.0/-8.0 D	400 µ	400 µ			
8.0 D üzeri	450 µ	450 µ			

**TABLO 3:** Üretici firma (Mediphacos) tarafından Ferrara segmenti için önerilen nomogram.

Sferik eş değer	%0-100 (Konun tamamı	%25-75 (Konun 1/4'ü	%33-66 (Konun 1/3'ü	%50-50 (Konun yarısı
	dik aksın altında)	dik aksın altında)	dik aksın altında)	dik aksın altında)
0.0/-2.0 D	0/150 µ	0/150 µ	150 µ/150 µ	150 µ/150 µ
-2.0/-6.0 D	0/200 µ	0/200 µ	150 µ/200 µ	200 µ/200 µ
-6.0/-8.0 D	0/250 µ	150 µ/250 µ	200 µ/250 µ	250 µ/250 µ
-8.0/-10.0 D	150 µ/300 µ	200 µ/300 µ	250 µ/300 µ	300 µ/300 µ
-10.0 D üzeri	250 µ/300 µ	250 µ/300 µ	300 µ/300 µ	300 µ/300 µ

**TABLO 4:** Üretici firma (Mediphacos) tarafından Keraring segmenti için önerilen nomogram.

Sferik eş değer	%0-100 (Konun tamamı	%25-75 (Konun 1/4'ü	%33-66 (Konun 1/3'ü	%50-50 (Konun yarısı
	dik aksın altında)	dik aksın altında)	dik aksın altında)	dik aksın altında)
0.0/-4.0 D	0/150 µ	0/150 µ	150 µ/150 µ	150 µ/150 µ
-4.0/-6.0 D	0/200 µ	0/200 µ	150 µ/200 µ	200 µ/200 µ
-6.0/-8.0 D	150 µ/250 µ	150 µ/250 µ	200 µ/250 µ	250 µ/250 µ
-8.0/-10.0 D	200 µ/300 µ	200 µ/300 µ	250 µ/300 µ	300 µ/300 µ
-10.0 D üzeri	250 µ/350 µ	250 µ/350 µ	300 µ/350 µ	350 µ/350 µ

olmak üzere asimetrik implantasyon yapılır, silindirik kusur arttıkça ve kon merkezden uzaklaştıkça segmentler arasındaki kalınlık farkı da artırılır (Tablo 1, 2). Üretici firma tarafından Ferrara ve Keraring segmentleri için tariflenen nomogramda ise

SE ve arka yükseklik haritasındaki konun topografik dik aks ile olan ilişkisine bakılır (Tablo 3, 4). Konun genişliği segmentin ark uzunluğunun belirlenmesinde önemlidir. Büyük konlarda daha geniş ark uzunluğuna sahip segment implantasyonu önerilir.

İnsizyonun lokalizasyonu hakkında ortak bir görüş yoktur. Cerrahların çoğu insizyonun topografik dik aksa yapılmasını tavsiye ederler.<sup>27,30</sup> Bazı cerrahlar ise implantasyon kolaylığı açısından dik aksa bakmaksızın insizyonun temporal bölgeden yapılmasını önermektedirler.<sup>31,32</sup> İnsizyon bölgesinin sonuçlar üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak değerlendiren çalışma mevcut değildir. Benzer şekilde tünel genişliği hakkında da görüş birliği mevcut değildir. Tünel genişliği ile etkinlik arasında ilişki olmadığını belirten çalışmalar olduğu gibi, segmente göre daha dar tünel açılmasının daha iyi sonuçlar verebileceğini bildiren çalışmalar da mevcuttur.<sup>32,33</sup>

## CERRAHİ YÖNTEM

Cerrahi topikal anestezi altında yapılır. Cerrahinin temelini segmentin yerleştirileceği stromal tünelin açılması oluşturur. Tünel mekanik olarak ya da femtosaniye lazerle oluşturulabilir. Mekanik yöntemde önce pupil merkezi ya da kornea üzerindeki Purkinje yansıması işaretlenir. Bu işaret referans alınarak, uygun marker ile implantasyon ve insizyon bölgesi işaretlenir. İşaretlenen bölgelerde ultrasonik pakimetri ile korneanın yeterli kalınlıkta olduğu doğrulanır. Ayarlanabilir elmas bıçak ile kornea kalınlığının %70'ini içerecek 1-1,8 mm'lik radyal insizyon yapılır. İnsizyon ve tünel oluşturulması esnasında glob mekanik olarak sabitlenebileceği gibi vakum halkası ile de sabitlenebilir. Ardından insizyonun tabanından her iki yöne doğru spatül yardımıyla stromal cep oluşturulur. Bu ceplere önce saat yönüne doğru, sonra tersi istikamette disektör takılıp mekanik diseksiyonla tünel oluşturulur. Femtosaniye lazerle tünel oluşturulmadan önce vakum halkası yerleştirilip kon ile kornea düzleştirilir. Daha sonra cihaz kızılötesine yakın dalga boyuna sahip lazer ışını kullanarak, fotodisruptif etki ile önce tüneli sonra insizyonu oluşturur. Ardından oluşturulan tünellere segmentler yerleştirilir. Mekanik yöntemde özellikle kalın segment yerleştirildiyse insizyon yeri mutlaka sütüre edilmeli ve sütür 2 ay kalmalıdır. Femtosaniye lazerle yapılan yöntemde ise sütür gerekmez.

Femtosaniye lazer kullanımının birçok avantajı yanında desantralize tünel oluşturulması gibi bir dezavantajı da vardır. Çünkü korneanın düzleştirilmesi esnasında oluşan basınçla normalde ha-

fifçe nazalde bulunan pupilla bir miktar genişleyip merkezileşir, aşağı doğru sarkmış olan kornea hafifçe yukarı kayar. Tüneller açılıp lazerin konu kaldırıldığında pupil tekrar eski yerine yani hafifçe nazale kayacak, kornea ise aşağı doğru sarkacaktır. Dolayısıyla korneal düzleştirme esnasında merkezi olarak açıldığını düşündüğümüz tüneller, kornea normal pozisyonuna geldiğinde temporale (yaklaşık 0,8 mm) ve inferiora (yaklaşık 0,4 mm) kaymış olarak izlenecektir.<sup>34</sup> Desantralizasyonu önlemenin en iyi yolu korneal düzleştirme öncesinde pupilla merkezini işaretlemektir.

## SONUÇLAR

Tablo 5'te değişik segment modelleriyle, farklı hasta gruplarında yapılan implantasyonların sonuçları görülmektedir. Çalışmaların tama yakınında korneada düzleşme, düzensizlikte azalma, hem düzeltilmemiş hem de düzeltilmiş görme keskinliğinde anlamlı artış, kırma kusurunda azalma ve kontakt lens toleransında artış saptanmıştır. Bu etki, optik çapın daha küçük olmasına bağlı olarak Intacs SK, Keraring ve Ferrara segmentlerinde Intacs'a göre daha fazla görülmektedir.<sup>29,30</sup> Ancak, çap küçüldükçe glare ve halo olasılığı da artmaktadır.<sup>29</sup> Segment implantasyonu sonrası görsel ve topografik stabilleşme 6. ayda gelişmekte ve 6. ay ile 5. yıl arasında bir miktar regresyon görülse de bu anlamlı olmamaktadır.<sup>35-37</sup> Ancak KİHS implantasyonu etkisinin progresyonunu durduramadığından, progresyonu devam eden hastalıkta implantasyon ile sağlanan düzelme zamanla azalmaktadır.<sup>44</sup>

Seçilen segmentin modeli dışında sonuçları etkileyen diğer önemli faktör hastalığın evresidir. Amsler-Krumeich keratokonus sınıflamasına göre; sonuçlar evre 1 ve 2'de evre 3'e göre daha iyidir.<sup>31,45</sup> Evre 4'te ise segment implantasyonunun faydası çok sınırlıdır, hatta bazı yayınlara göre görme kaybına yol açmaktadır.<sup>46</sup> Progresyonu durmuş hastalıkta yaşın sonuçlar üzerindeki etkisi minimaldir. Ancak yaş küçüldükçe keratokonusun progresyon ihtimalinin daha fazla olduğu unutulmamalıdır.

Bazı çalışmalarda ise femtosaniye lazer kullanılması sonuçları olumlu etkilediği bildirilse de çalışmaların çoğunda femtosaniye lazer ile mekanik yöntemin sonuçları arasında fark yoktur. İki yöntem arasındaki temel farklar femtosaniye lazer



**TABLO 5: Farklı segment modelleri ile farklı hasta gruplarında yapılan uygulamaların görsel ve topografik sonuçları.**

Çalışma	Segment modeli	Göz sayısı	Takip süresi	Teknik	Görme keskinliği değişimi	Refraktif ve topografik değişiklik
Torquetti L, <sup>11</sup> 2014	Ferrara	36, Kk	10 yıl	Mekanik	DGK'de 0.34 logMAR, EIDGK'de 0.16 logMAR düzelme, (5-10 yıl arası stabil)	Kort'da 1.73 D düşme Kmaks'da 4.34 D düşme Refraksiyon sonuçları mevcut değil
Vega-Estrada A, <sup>35</sup> 2013	Intacs (33) Keraring (18)	51, Kk	5 yıl	Femtosaniye (36) Mekanik (15)	DGK'de 0.12 logMAR, EIDGK'de 0.15 logMAR düzelme	Silindride 1.07 D düşme, SE'de 0.70 D düşme, Kort'da 2.27 D düşme (6. ayda 3.24 D düşme, 6 ay-5. yıl arası regresyon anlamsız)
Torquetti L, <sup>36</sup> 2009	Ferrara	35, Kk	5 yıl	Mekanik	DGK'de 0.18 logMAR, EIDGK'de 0.18 logMAR düzelme, (ilk 3 yıl düzelme devam ediyor. 3-5 yıl arası stabil)	Kort'da 5.03 D düşme (3-5 yıl arası 1.46 D geri dönüş) Refraksiyon sonuçları mevcut değil
Kymionis GD, <sup>37</sup> 2007	Intacs	17, Kk	5 yıl	Mekanik	DGK'de 2.8 sıra EIDGK'de 1.4 sıra artış, (ilk 6 ay artış devam ediyor. 6 ay-5 yıl arası stabil)	Silindride 0.98 D düşme, sferikte 2.52 D düşme, Kort'da 1.57 D düşme (ilk 6 ay düzelme devam ediyor, 6 ay-5. yıl arası stabil)
Colin J, <sup>38</sup> 2007	Intacs	100, Kk	2 yıl	Mekanik	%68.3'ünde DGK'de artış, %80.5'inde EIDGK'de artış	Silindride 1.31 D düşme, sferikte 3.13 D düşme, Kort'da 3.3 D düşme
Ertan A, <sup>39</sup> 2006	Intacs	118, Kk	1 yıl	Femtosaniye	%81.3'ünde DGK'de artış, %73.7'sinde EIDGK'de artış	SE'de 3.85 D düşme, Kort'da 3.90 D düşme
Kwifko S, <sup>40</sup> 2004	Ferrara	51, Kk	1 yıl	Mekanik	%86.4'ünde DGK'de artış, %86.4'inde EIDGK'de artış	SE'de 1.53 D düşme, silindride 1.66 D düşme, Kort'da 5.6 D düşme
Ibrahim AT, <sup>41</sup> 2013	Intacs SK	114, Kk	3 yıl	Femtosaniye	%85.05'inde DGK'de, %83.95'inde EIDGK'de artış	Kort'da 4.52 D düşme
Gharraibeh AM, <sup>42</sup> 2012	Keraring	55, Kk	6 ay	Femtosaniye	DGK'de 0.22 logMAR düzelme, EIDGK'de 0.12 logMAR düzelme	Sferikte 3.96 D düşme, silindride 1.06 D düşme, Kort'da 7.3 D düşme
Lisa C, <sup>21</sup> 2013	Keraring	32, PKp	6 ay	Femtosaniye	DGK'de 2.8 sıra, EIDGK'de 1.3 sıra artış	Sferikte 0.02 D düşme, silindride 3.38 D düşme, Kmaks'da 3.6 D düşme
Kubaloğlu A, <sup>12</sup> 2010	Keraring	16, PMD	3 yıl	Femtosaniye	DGK'de 1.05 logMAR, EIDGK'de 0.53 logMAR düzelme	Sferikte 1.93 D düşme, silindride 2.01 D düşme, Kmaks'da 3.62 D düşme
Stival L, <sup>43</sup> 2015	Ferrara	41, postilasik ektazi	3 yıl	Mekanik	DGK'de 0.25 logMAR düzelme	SE'de 0.90 D düşme, Kmaks'da 1.6 D düşme

logMAR: Logarithm of the Minimum Angle of Resolution; DGK: Düzeltilmemiş Görme Keskinliği; EIDGK: En İyi Düzeltilmiş Görme Keskinliği; SE: Sferik Eş değer; D: Dioptri; Kk: Keratkonus; PKp: Keratkonus; PMD: Pellucid Marjinal Dejenerasyon; Kort: Ortalama Keratometri Değeri; Kmaks: Maksimum Keratometri Değeri.

ile cerrahın becerisine çok gereksinim duyulmadan, daha kısa sürede, daha yüksek doğrulukta tünel oluşturulması ve komplikasyon oranının daha düşük olmasıdır.<sup>25,47</sup>

Ancak yine de şunu unutmamak gerekir ki keratokonuslu korneanın öngörülemez biyomekaniği nedeni ile sürpriz sonuçlar her zaman görülebilir. Bu nedenle korneanın biyomekanik özelliklerini de hesaba katan yeni nomogramlara ihtiyaç vardır.

## KOMPLİKASYONLAR

KİHS'de komplikasyon oranı hakkındaki veriler %1-10 arasında değişir. Komplikasyonlar intraoperatif ya da postoperatif dönemde gelişebilir. Postoperatif komplikasyonlar daha fazladır.<sup>47</sup> Başlıca intraoperatif komplikasyonlar; epitel defekti, yüzeysel/derin tünel açılması, anterior/posterior perforasyon, insizyonun görme aksına ya da limbua uzanması ve asimmetrik implantasyondur.<sup>34,48</sup> Başlıca postoperatif komplikasyonlar; enfeksiyöz keratit, tünel bölgesinde ve etrafında stromal incelme, buna bağlı olarak segmentte yer değiştirme ve ekstrüzyon, neovaskülarizasyon ve stromal ödemdir.<sup>49-52</sup> Postoperatif dönemde sık karşılaşılan bir problem de segment etrafında steril depozit birikimidir. Depozit birikme insidansı çalışmalara göre değişir ve %10-45 arasındadır. İnsidans segmentin kalınlığı ve korneada kalma süresi ile doğru orantılıdır. Bu depozitler korneada yapısal bir problem oluşturmaz ve görmeyi etkilemez.<sup>53,54</sup>

Femtosaniye lazer yardımıyla yapılan implantasyonlarda komplikasyon olasılığı daha düşüktür. Coşkunseven ve ark.nın çalışmasında, femtosaniye lazer yardımcı Keraring implantasyonu yapılan 850 hasta komplikasyonlar açısından incelenmiş, mekanik yöntemin aksine intraoperatif komplikasyon oranı (35 hasta, %4,1), postoperatif komplikasyon oranına (14 hasta, %1,6) göre daha fazla bulunmuştur. Bunun temel nedeni de 22 hastada lazer enerjisinin düşük kalmasına bağlı olarak tünel açma işleminin tamamlanamamış olmasıdır. Bu hastalarda tam tünel oluşturulması ilave mekanik manipülasyon ile mümkün olmuştur. On bir hastada segmentte yer değiştirme, 5 hastada cerrahinin ertelenmesine neden olan, muhtemelen yanlış pakimetrik ölçümden kaynaklanan endotel perforasyonu, 2 hastada korneal erime, 1 hastada ise

enfeksiyöz keratit gelişmiştir. Ancak bu çalışmada sık görülen postoperatif problemlerden biri olan depozit birikiminden bahsedilmemiştir.<sup>55</sup>

Segment çıkarılmasının en sık nedeni segment ekstrüzyonu, ikinci sık nedeni ise hasta memnuniyetsizliğidir. Ekstrüzyonlar segmentin yüzeysel ve insizyon bölgesine yakın implantasyonlarına bağlıdır. Geri çıkarma oranı kullanılan segmente, implantasyon yöntemine ve keratokonusun evresine göre %1-6 arasında değişir. Çıkarmak cerrahi olarak kolaydır. Görme seviyesi, refraksiyon durumu ve topografik parametreler genellikle implantasyon öncesine dönmektedir.<sup>47</sup>

## KOMBİNE UYGULAMALAR

KİHS implantasyonu korneal ektazinin progresyonunu durduramaz. Eğer ektatik hastalık progresyon gösteriyorsa KİHS'nin etkinliği zamanla azalacaktır.<sup>44</sup> Günümüzde progresyonu durdurabilen tek tedavi KÇB tedavisidir.<sup>2</sup> Bu nedenle, KÇB tedavisi ile KİHS uygulamaları kombine edilmiş ve bazı çalışmalarda fark saptanmamış olsa da, kornea düzensizliğindeki azalmanın sadece KÇB ve KİHS implantasyonuna göre daha fazla olduğu bulunmuştur.<sup>56-58</sup> Ancak, tedavilerin aynı seansta mı yoksa farklı seanslarda mı yapılacağı, farklı seanslarda yapılacaksa hangisinin önce yapılacağı ve zaman aralığının ne kadar olacağı konusunda görüş birliği yoktur. Ancak, ağırlıklı görüş ve mantıksal olarak daha doğru olan önce KİHS implantasyonunun, ardından aynı seansta ya da başka bir seansta KÇB tedavisinin uygulanmasıdır. Çünkü, KÇB tedavisi sonrasında kornea sertleştiğinden KİHS'nin düzeltirici etkisi daha sınırlı olabilir. Bunun yanında, üçlü kombinasyon tedavisinde KİHS ve KÇB tedavisinden sonra topografi kılavuzlu PRK uygulaması yapılır. Sonuçları oldukça yüz güldürücüdür.<sup>59,60</sup>

### Çıkar Çatışması

*Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.*

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Mustafa Koç; **Tasarım:** Mustafa Koç; **Denetleme/Danışmanlık:** Mustafa Koç; **Veri Toplama ve İşleme:** Mustafa Koç; **Analiz ve Yorum:** Mustafa Koç; **Kaynak Taraması:** Mustafa Koç; **Makalenin Yazımı:** Mustafa Koç.

## KAYNAKLAR

1. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42(4):297-319.
2. Raiskup F, Theuring A, Pillunat LE, Spoerl E. Corneal collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet-A light in progressive keratoconus: ten-year results. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(1):41-6.
3. Hodge C, Chan C, Zantos S, Kokkinakis J, Stapleton F, Sutton G. Therapeutic treatment of keratoconus: a survey of local optometric practice criteria. *Clin Exp Optom* 2015;98(4):312-8.
4. Yazar E, Alaçayır F, Asyalı AA, Kurtuluş S, Öztürk F. [Results of application of rigid gas permeable contact lenses in patients with keratoconus]. *TJO* 2013;43(6):432-6.
5. Ertan A, Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(7):1303-14.
6. Kūçūmen RB, Bařar D, Alimligil ML. Femtosecond laser assisted intrastromal corneal ring segment (Keraring) implantation in keratoconus. *Türk J Ophthalmol* 2009;39:96-102.
7. Al-Tuwaigri WS, Osuagwu UL, Razzouk H, Ogbuechi KC. One-year clinical outcomes of a two-step surgical management for keratoconus-topography-guided photorefractive keratectomy/cross-linking after intrastromal corneal ring implantation. *Eye Contact Lens* 2015;41(6):359-66.
8. Burris TE, Ayer CT, Evensen DA, Davenport JM. Effects of intrastromal corneal ring size and thickness on corneal flattening in human eyes. *Refract Corneal Surg* 1991;7(1):46-50.
9. Twa MD, Karpecki PM, King BJ, Linn SH, Durrie DS, Schanzalin DJ. One-year results from the phase III investigation of the KeraVision Intacs. *J Am Optom Assoc* 1999;70(8):515-24.
10. Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(8):1117-22.
11. Torquetti L, Ferrara G, Almeida F, Cunha L, Araujo LP, Machado A, et al. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. *J Refract Surg* 2014;30(1):22-6.
12. Kubaloglu A, Sari ES, Cinar Y, Koytak A, Kur-naz E, Piñero DP, et al. A single 210-degree arc length intrastromal corneal ring implantation for the management of pellucid marginal corneal degeneration. *Am J Ophthalmol* 2010;150(2):185-92.
13. Yildirim A, Cakir H, Kara N, Uslu H. Long-term outcomes of intrastromal corneal ring segment implantation for post-LASIK ectasia. *Contact Lens Anterior Eye* 2014;37(6):469-72.
14. Barraquer JL. Modification of refraction by means of intracorneal inclusion. *Int Ophthalmol Clin* 1966;6(1):53-78.
15. Silvestrini T, Mathis ML, Loomas BE, Burris TE. A geometric model to predict the change in corneal curvature from the intrastromal corneal ring (ICR). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:2023.
16. Burris TE, Baker PC, Ayer CT, Loomas BE, Mathis ML, Silvestrini TA. Flattening of central corneal curvature with intrastromal corneal rings of increasing thickness: an eye-bank eye study. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:182-7.
17. Ertan A, Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(7):1303-14.
18. Smolek MK, Beekhuis WH. Collagen fibril orientation in the human corneal stroma and its implications in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38(7):1289-90.
19. Siganos D, Ferrara P, Chatzinikolas K, Bessis N, Papastergiou G. Ferrara intrastromal corneal rings for the correction of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2002;28(11):1947-51.
20. Coskunseven E, Kymionis GD, Bouzoukis DI, Aslan E, Pallikaris I. Single intrastromal corneal ring segment implantation using the femtosecond laser after radial keratotomy in a keratoconic patient. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(1):197-9.
21. Lisa C, García-Fernández M, Madrid-Costa D, Torquetti L, Meravo-Lioves J, Alfonso JF. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism correction after penetrating keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(11):1660-7.
22. Schanzalin DJ. Studies of intrastromal corneal ring segments for the correction of low to moderate myopic refractive errors. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1999;97:815-90.
23. Uçakhan ÖÖ. İntrastromal Korneal Halka Segmentleri [Intrastromal Corneal Ring Segments]. *Türk Klin J Ophthalmol* 2002;11:30-7.
24. Piñero DP, Alió JL. Intracorneal ring segments in ectatic corneal disease- a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38(2):154-67.
25. Kubaloglu A, Sari ES, Cinar Y, Cingu K, Koytak A, Coşkun E, et al. Comprasion of mechanical and femtosecond laser tunnel creation for intrastromal corneal ring segment implantation in keratoconus: prospective randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(9):1556-61.
26. Sedaghat M, Zarei-Ghanavati M. Vertical versus oblique implantation of intrastromal corneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2010;37(1):161-5.
27. Kubaloglu A, Sari ES, Cinar Y, Koytak A, Kur-naz E, Özertürk Y. Intrastromal corneal ring segment implantation for the treatment of keratoconus. *Cornea* 2011;30(1):11-7.
28. Neira W, Krootila K, Holopainen JM. Atopic dermatitis is a risk factor for intracorneal ring segment extrusion. *Acta Ophthalmol* 2014;92(6):491-2.
29. Kaya V, Utine CA, Karakus SH, Kavadarlı I, Yılmaz OF. Refractive and visual outcomes after Intacs vs Ferrara intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: a comparative study. *J Refract Surg* 2011;27(12):907-12.
30. Haddad W, Fadlallah A, Dirani A, El Rami H, Fahd K, Khanafer D, et al. Comprasion of 2 types of intrastromal corneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(7):1214-21.
31. Zare MA, Hashemi A, Salari MR. Intracorneal ring segment implantation for the management of keratoconus: safety and efficacy. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(11):1886-91.
32. Ertan A, Kamburoğlu G, Akgün U. Comprasion of outcomes of 2 channel sizes for intrastromal ring segment implantation with a femtosecond laser in eyes with keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(4):648-53.
33. Rabinowitz YS. INTACS for keratoconus. *Int Ophthalmol Clin* 2006;46(3):91-103.
34. Ertan A, Kamburoğlu G. Analysis of centration of Intacs segments implanted with a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):484-7.
35. Vega-Estrada A, Alió JL, Brenner LF, Burguera N. Outcomes of intrastromal corneal ring segments for treatment of keratoconus: five-year follow-up analysis. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(8):1234-40.
36. Torquetti L, Berbel RF, Ferrara P. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(10):1768-73.
37. Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, Anastakis A, Yoo SH, Pallikaris AI, et al. Long-term follow-up of Intacs in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143(2):236-44.
38. Colin J, Malet FJ. Intacs for the correction of keratoconus: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(1):69-74.
39. Ertan A, Kamburoğlu G, Bahadır M. Intacs insertion with the femtosecond laser for the management of keratoconus: one-year results. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(12):2039-42.



40. Kwitko S, Severo NS. Ferrara intracorneal ring segments for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(4):812-20.
41. A Ibrahim T, Elmor O. Intracorneal rings (INTACS SK) might be beneficial in keratoconus; a prospective nonrandomized study. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2013;2(2):35-40.
42. Gharaibeh AM, Muhsen SM, Abukhader IB, Ababneh OH, Abu-Ameerh MA, Albdour MD. KeraRing intrastromal corneal ring segments for correction of keratoconus. *Cornea* 2012;31(2):115-20.
43. Stival LR, Nassaralla BR, Figueirido MN, Bicalho F, Nasasaralla Junior JJ. Intrastromal corneal ring segment implantation for ectasia after refractive surgery. *Arq Bras Oftalmol* 2015;78(4):212-5.
44. Vega-Estrada A, Alió JL, Plaza-Puche AB. Keratoconus progression after intrastromal corneal ring segment implantation in young patients: Five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(6):1145-52.
45. Alió JL, Shabayek MH, Belda JI, Correas P, Feijoo ED. Analysis of results related to good and bad outcomes of Intacs implantation for keratoconus correction. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(5):756-61.
46. Ertan A, Kamburoğlu G. Intacs implantation using femtosecond laser for management of keratoconus: comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(9):1521-6.
47. Health Quality Ontario. Intrastromal corneal ring implants for corneal thinning disorders: an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser* 2009;9(1):1-90.
48. Boxer Wachler BS, Christie JP, Chandra NS, Chou B, Korn TS, Nepomuceno R. Intacs for keratoconus. *Ophthalmology* 2003;110(5):1031-40.
49. Hoffling-Lima AL, Branco BC, Romano AC, Campos MQ, Moreira H, Miranda D, et al. Corneal infections after implementation of intracorneal ring segments. *Cornea* 2004;23(6):547-9.
50. Samimi S, Leger F, Touboul D, Colin J. Histopathological findings after intracorneal ring segment implantation in keratoconic human corneas. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(2):247-53.
51. Al-Torbak A, Al-Amri A, Wagoner MD. Deep corneal neovascularization after implantation with intrastromal corneal ring segments. *Am J Ophthalmol* 2005;140(5):926-7.
52. Deobhakta AA, Kymionis GD, Ide T, Yoo SH. Corneal edema after Intacs implantation with the femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(1):174.
53. Ly LT, McCulley JP, Verity SM, Cavanagh HD, Bowman RW, Petroll WM. Evaluation of intrastromal lipid deposits after Intacs implantation using in vivo confocal microscopy. *Eye Contact Lens* 2006;32(4):211-5.
54. Ruckhofer J, Twa MD, Schanzlin DJ. Clinical characteristics of lamellar channel deposits after implantation of Intacs. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(10):1473-9.
55. Coskunseven E, Kymionis GD, Tsiklis NS, Atun S, Arslan E, Siganos CS. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta Ophthalmol* 2011;89(1):54-7.
56. Renesto Ada C, Melo LA Jr, Sartori Mde F, Campos M. Sequential topical riboflavin with or without ultraviolet a radiation with delayed intracorneal ring segment insertion for keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2012;153(5):982-93.
57. El Awady H, Shawky M, Ghanem AA. Evaluation of collagen crosslinking in keratoconus eyes with Kera intracorneal ring implantation. *Eur J Ophthalmol* 2012;22(7):62-8.
58. Ertan A, Karacal H, Kamburoğlu G. Refractive and topographic results of transepithelial cross-linking treatment in eyes with Intacs. *Cornea* 2009;28(7):719-23.
59. Kremer I, Aizenman I, Lichter H, Sahayer S, Levinger S. Simultaneous wavefront-guided photorefractive keratectomy and corneal collagen crosslinking after intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(10):1802-7.
60. Iovieno A, Légaré ME, Rootman DB, Yeung SN, Kim P, Rootman DS. Intracorneal ring segments implantation followed by same day photorefractive keratectomy and corneal collagen crosslinking in keratoconus. *J Refract Surg* 2011;27(12):915-8.