



Keratokonusta Kontakt Lens Tedavisine Güncel Bakış

Update on Contact Lens Treatment of Keratoconus

Tomris Şengör*, Sevdâ Aydın Kurna**

*Serbest Hekim, İstanbul, Türkiye

**Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

Öz

Keratokonüs (KK), görme kalitesinde ve bununla bağlantılı olarak yaşam kalitesinde çok önemli kayıplara neden olan ilerleyici bir hastalıktır. Kontakt lens (KL) uygulaması, bu hastalığa bağlı ortaya çıkan optik sorunların düzeltilmesinde birincil yere ve öneme sahiptir. KK'nin ilerlemesi ile paralel değişen kornea yapısı ve artan düzensiz astigmatizma, özel KL tasarımı ve metodlarına gereksinimi ortaya çıkarır. KK hastalarındaki KL uygulamalarında hastalığın evresi yanında hastanın lens toleransı da önemli rol oynar. Günümüzde materyal ve tasarım teknolojilerinde kaydedilen aşamalar sayesinde KK tedavisinde kullanılan KL'ler de büyük ölçüde gelişmiş ve çeşitlenmiştir ve farklı tipler mevcuttur. Bu derlemede, sert ve yumuşak lens materyallerinden üretilen lensler, hibrit ve skleral KL tipleri ve kişiye özel lens tasarımlarına kadar ulaşan geniş KL yelpazesi, son bilimsel gelişmelerin ışığında anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Keratokonüs, kontakt lensler, gaz geçirgen sert lensler, yumuşak lensler, piggyback lensler, hibrit lensler, skleral lensler

Abstract

Keratoconus (KC) is a progressive disease that leads to major losses of visual quality and related quality of life. Contact lens (CL) application has a primary place and importance in the correction of the optic problems due to the disease. The corneal changes and increased irregular astigmatism that occur with KC progression necessitate special CL designs and fitting methods. In addition to disease stage, the patient's lens tolerance also plays a role in the application of CLs in KC patients. With recent advances in materials and design technology, the CLs used in the treatment of KC have developed considerably and there are various types available. In this review, we discuss the wide range of CLs, including rigid and soft lenses, hybrid and scleral lenses, and even custom lens designs, in light of recent scientific advances.

Keywords: Keratoconus, contact lenses, rigid gas-permeable lenses, soft lenses, piggyback lenses, hybrid lenses, scleral lenses

Giriş

Keratokonusta (KK) kontakt lens (KL) uygulaması uzun ve karmaşık bir süreci barındırır da hastanın yaşamını olumlu yönde değiştirebilecek önemli bir etkiye sahiptir ve bu nedenle de dikkat ve sabırla yapılması gereken özgün bir çalışmadır. Başka bir deyişle, KK'de KL uygulaması için gösterilen bilinçli ve özverili her çaba, bulanık ve biraz da umutsuz bir dünyada

yaşayan bu insanlar için aydınlığa açılan bir kapı veya geleceği şekillendiren sihirli bir dokunuş olabilir.

KK progresif, non-enflamatuvar bir kornea hastalığı olup santral ve çoğu kez parasantral alt kadranda korneada incelme, kurvaturde dikleşme, üst ve alt keratometrik değerlerde asimetri ve buna bağlı düzensiz miyopik astigmatizma ile karakterizedir. Korneal değişiklikler çoğunlukla bilateral fakat asimetrik. Tek taraflı KK %0,5-4,5 oranında tanımlanmakla beraber güncel

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Sevdâ Aydın Kurna, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Kliniği, İstanbul, Türkiye

Tel.: +90 532 636 89 80 E-posta: sevdadin@yahoo.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0003-1183-8776

Geliş Tarihi/Received: 09.12.2019 **Kabul Tarihi/Accepted:** 01.04.2020

Cite this article as: Şengör T, Aydın Kurna S. Update on Contact Lens Treatment of Keratoconus. Turk J Ophthalmol 2020;50:234-244

©Telif Hakkı 2020 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

topografi ve kornea aberasyon ölçüm teknikleri ile normal gözüken diğer gözde subklinik KK ile bağlantılı olabilecek değişikliklerin saptanabileceği de bildirilmiştir.¹ Başlangıç yaşı erken onlu, yirmili yaşlar olup ilerleme süreci 3. veya 4. dekada kadar devam eder ve ilerleme hızı kişiye göre değişkenlik gösterir.² KK'de göz bulguları ve belirtilere göre hafif, orta ve ağır olarak sınıflandırılmaktadır. Hastalığın ileri dönemlerinde korneadaki inceltme ve öne doğru bombeleşme arttıkça yüksek sıralı aberasyonlar da artar ve görme keskinliği belirgin ölçüde azalır.³

Hastalığın prevalansı, coğrafi konum gibi birçok faktörden etkilendiği ve tanı kriterleri değişiklik gösterdiği için dünyanın farklı bölgelerinde farklı oranlar bildirilmiştir.^{4,5} Bununla beraber yakın zamana ait çalışmalarda korneal topografi gibi gelişmiş teknoloji ürünlerinin ve ortak tanı kriterlerinin kullanılması nedeniyle KK'nin yıllık insidans ve prevalansının önceki değerlerin 5 ile 10 katına kadar çıkabildiği bildirilmektedir.⁶ KK her iki cinsiyette görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda cinsiyetler arasında belirgin bir farklılığın olmadığı belirtilmişse de yine yapılan son çalışmalar ile erkeklerde daha fazla rastlandığı tespit edilmiştir.^{6,7}

Aile hikayesi pozitifliği %10-20 kadardır ve genetik geçişin önemli rol oynadığı konusunda çalışmalar mevcuttur.⁸ KK'nin sık görülen birliktelikleri, atopi, vernal keratokonjonktivit, astım, uyku apnesi, mitral kapak prolapsusu, retinitis pigmentosa, Down sendromu, bazı non-enflamatuvar bağ dokusu hastalıkları yanında çevresel, mekanik etkiler temelinde sert KL kullanımı ve göz kaşımadır.^{7,8,9,10}

Sebepler-sonuç ilişkisinin kurulması çoğu kez güç olmakla beraber KK ile birlikteliklerin bazıları genetik faktörleri, bazıları da tekrarlayan mekanik travmayı işaret etmektedir.⁹ Sonuçta birleşilen nokta, KK'nin multifaktöriyel, multigenetik özelliğe sahip olduğu ve çevresel faktörlerin de hastalığın oluşmasında önemli rol oynadığı veya başka bir deyişle genetik yatkınlığın yanında bu çevresel etkilerin birlikte hastalığı geliştirdiği şeklindedir.¹⁰ Yapılan son çalışmalarda; patogenetik mekanizma olarak, göz kaşımanın epitel tabakasında yarattığı travmaya bağlı ortaya çıkan sitokinlerin kornea dokusunun dayanıklılığını azaltabileceği ve kon oluşumu şeklinde yapı değişikliğine sebep olabileceğine dikkat çekilmektedir.¹⁰ Diğer taraftan KK'li gözlerde korneada antioksidan enzim seviyelerinin azalması sonucu okside edici maddelerin yapım/yıkım dengelerinin bozulması ile oksidatif stresin arttığı birçok çalışma ile gösterilmiş olup ortaya çıkan reaktif oksijen/nitrojen türlerinin yarattığı doku yıkımının KK'deki stromal incelmeye katkıda bulunabileceği ileri sürülmektedir.¹¹

Bu özelliklerin her biri, hastalığın tedavisinin programlanmasında, hastanın bu kronik hastalık ile yaşamaya hazırlanmasında ve KL'ler başta olmak üzere optik düzeltme sistemlerinin uygulanması ve takibinde akılda bulundurulmalıdır.

Ön segment görüntüleme sistemlerindeki güncel gelişmeler KK'nin erken tanı, tedavi ve patolojik değişikliklerinin takibinde önemli katkılar sağlamıştır. Günümüzde gelişmiş bilgisayarlı kornea topografi ve tomografi sistemleri sayesinde KK'de kornea ön ve arka yüzlerinde ortaya çıkan değişiklikler ve

hastalığın ilerlemesi ile kornea kalınlığında oluşan farklılaşmalar detaylı olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca optik koherens tomografi ile kornea epitel kalınlığındaki, *in vivo* konfokal mikroskopi ile de hücresel düzeydeki farklılaşmalar saptanmakta, bu sayede bu ilerleyici hastalığın doğal seyri yanında KL uygulamasının yönlendirilmesi, denetlenmesi ve tedaviye yanıtın yakından izlenmesi mümkün olabilmektedir.¹²

KK hastalığının kesin tedavisi mevcut değildir. Bununla beraber korneanın biyomekanik özelliklerini değiştirerek ektazinin ilerlemesini durdurmak veya yavaşlatmak amacıyla kornea kollajen çapraz bağlama işlemi uygulanabilmektedir. Bununla beraber günümüzde KK hastalığının stabilizasyonu amaçlı bu işlemlerin öncesinde ve sonrasında yine görme kalitesinin geliştirilmesi amacıyla KL'lere gereksinim duyulmaktadır.¹⁰

KK hastalığı, yaşam boyu sürmesi ve görme kalitesinde giderek artan bozulma ile ilerleyici seyir göstermesi nedeniyle hastaların yaşam kalitesinde de önemli kayıplara neden olur. National Eye Institute Visual Function Questionnaire (NEI-VFQ) ile yapılan anket araştırmaları, KK hastalarında görme ilişkili yaşam kalitesi kaybına dikkat çekmektedir. Bununla beraber en yüksek yaşam kalite skorlarının KL kullanan hastalara ait olduğu da bildirilmektedir.^{13,14,15}

KK'de görme kalitesinin artırılması genellikle karmaşıktır ve hastalığın gelişme düzeyi ile yakından ilişkilidir. Düzenli astigmatizmanın olduğu erken dönemlerde gözlükler ile tatmin edici sonuçlar elde edilebilir. Hastalığın daha ileri dönemlerinde düzensiz astigmatizma nedeniyle çok çeşitli KL seçeneklerinden yararlanılabilir.¹⁶

Yapılan çok merkezli ve uzun süreli Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) çalışmasının 1998'de yayınlanan temel bulgularında, KK tanısı almış hastaların ancak %16'sının primer optik araç olarak gözlük ve %65-75'inin, çoğunluğu keratokonusta gaz geçirgen sert kontakt lens (GSKL) olmak üzere KL kullandıkları, ancak bu yöntemler ile başarılı olunamayan %10-20 hastada da cerrahi yöntemler tercih edildiği bildirilmiştir.⁹ Mandathara ve ark.'nın¹⁷, günümüze uzanan son 20 yıllık süreçte uygulanan tedavi yöntemlerini değerlendirdikleri çalışmalarında KL'lerin KK tedavisinde ana yöntem olma özelliklerini korudukları, ayrıca bu uygulama ile geri dönüşlü ve görmeyi tehdit etmeyen komplikasyonlar ile karşılaşıldığı bildirilmiştir. KL takamayan hastalarda kornea içi segment ve fakik intraoküler lens yerleştirilmesi gibi cerrahi yöntemlerin uygulanabildiğini, aşırı korneal inceltme veya skar mevcut ise lameller veya tam kat kornea naklinin gerekli hale gelebildiğini belirtmişler, fakat bu cerrahi girişimlerin genellikle geçici enflamatuvar cevaplar ve kalıcı sekeller oluşturabildiğine dikkat çekmişlerdir.¹⁷

KL uygulaması hem hasta hem de uygulayıcı için uzun ve yorucu bir işlem olup optimum rahatlığı elde etme, görme kalitesini artırma ve düzensiz kornea yapısı ile mümkün olan en yüksek uyumu sağlama üç temel hedefi oluşturmaktadır. Günümüzde bu hedeflere ulaşmak amacıyla çapı dikkate alındığında korneal, semiskleral veya skleral, materyal temelinde

sert, yumuşak ve hibrit lensler veya piggyback lens sistemleri gibi çok geniş lens seçenekleri kullanılmaktadır.^{9,13}

Bu derlemede sözü geçen lenslerin görme başarısı, uygulama özellikleri, başarıyı artırmak amacıyla değişim ve birlikte kullanım seçenekleri, olası komplikasyonları güncel bir bakış açısı ile teknolojik gelişmeler ve bilimsel çalışmaların ışığı altında değerlendirilmiştir.

Keratokonusta Gaz Geçirgen Sert Kontakt Lensler (GGSKL)

GGSKL'ler, KK'de en sık kullanılan, optik başarısı en yüksek olan ve bu nedenle de cerrahi dışı tedavi şansını artıran lens tiplerindendir.^{9,10} Bilgin ve ark.¹⁸ tarafından 518 KK hastası ile yapılan çalışmada olguların %98,9'unda GGSKL'lerin, cerrahi gereksinimi geciktirdiği bildirilmiştir.

KK'de GGSKL'lerin optik başarısının temel nedenleri, ana kırıcı etkiyi oluşturan, düzgün, sferik bir optik ön yüzey oluşturmaları, ayrıca lens ile kornea arasındaki gözyaşı tabakasını sıvı bir lens olarak şekillendirmeleri ve böylece ektatik kornea nedeniyle ortaya çıkan düzensiz ön yüzey özelliklerini ve bunlarla bağlantılı olarak artan yüksek seviyeli optik sapmaları maskelemeleridir.¹⁹ Bunun yanında, Negishi ve ark.'ları²⁰, kontrast duyarlık fonksiyonu ölçümü yoluyla yaptıkları görme performansı çalışmasında, GGSKL'li keratokonik gözde, düzeltilmiş görme keskinliği iyi dahi olsa, görme performansının GGSKL'li ve GGSKL'siz normal gözlerden daha düşük seviyede olduğuna dikkat çekmişlerdir. Yazarlar görme performansındaki bu düşüklüğün GGSKL'li keratokonik gözde arta kalan yüksek sıralı optik sapmalara bağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Diğer taraftan rijit materyal özellikleri nedeniyle GGSKL ile optimal konforu elde etmek güçtür. Bu nedenle hasta motivasyonu KL kullanımında anahtar rol oynar. Tanı konduktan sonra, hastanın birlikte yaşamak zorunda olduğu ilerleyici hastalığı ve KL'lerin bu hastalıkta diğer girişimsel seçeneklere göre olumlu özellikleri konusunda gerçekçi olarak bilgilendirilmesi hastanın psikolojik olarak hazırlanmasında önem taşır.^{13,14}

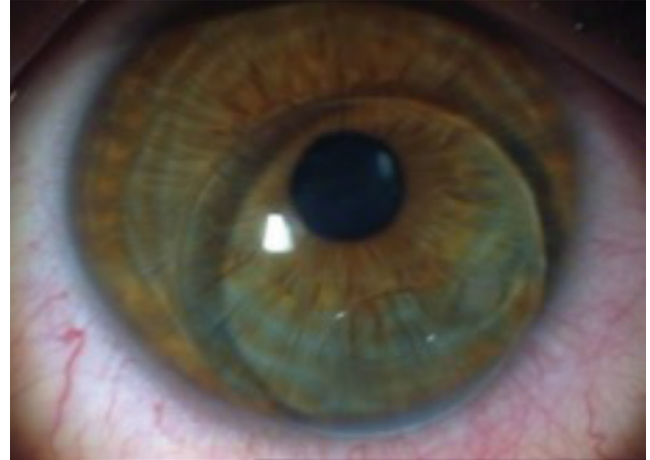
Ayrıca KK'de KL uygulamasında keratokonik topografi lens stabilizasyon konusunda teknik sorunlar ortaya çıkarır. KK'de kornea topografisinde dik ektatik alan genellikle aşağı, alt nazal veya temporale kaymıştır. Kon şekilleri; merkeze yakın yuvarlak veya aşağı kaymış oval tarzda olabilir. KK'de morfolojik değişim şeması çizilecek olursa, üst paralimbal yüzey daha düz ve geniş, alt paralimbal yüzey daha dik ve kısıdır. Bu topografik yapı, KL uygulamasında, GGSKL'nin üst korneal alandan kayarak konun bulunduğu alt kadrana yer değiştirmesine ve hareketsizleşmesine neden olur (Resim 1). Santral yerleşimli konlarda ise sert KL ile sürekli temas ile kon apeksinde epitel travması, erozyonlar ve hipertrofik skar ortaya çıkabilir (Resim 2). Bütün bu özellikler KL uygulamasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar.^{13, 21}

Bu sorunları aşmak amacıyla farklı çap ve temel eğim (TE) parametrelerine sahip GGSKL tasarımları üretilmiştir. Korneal GGSKL'lerin çapı 8-10 mm'dir ve santral veya hafif konlarda daha başarılı sonuçlar elde edilir. Ayrıca çapı 10,5-12 mm

arasında intralimbal lensler de kullanılmaktadır.²¹ Diğer önemli parametre olan TE seçenekleri ise; standart tek eğim, ikili eğim, veya çok eğimli lenslerden, ters geometri lenslere kadar değişebilmektedir.^{22,23,24}

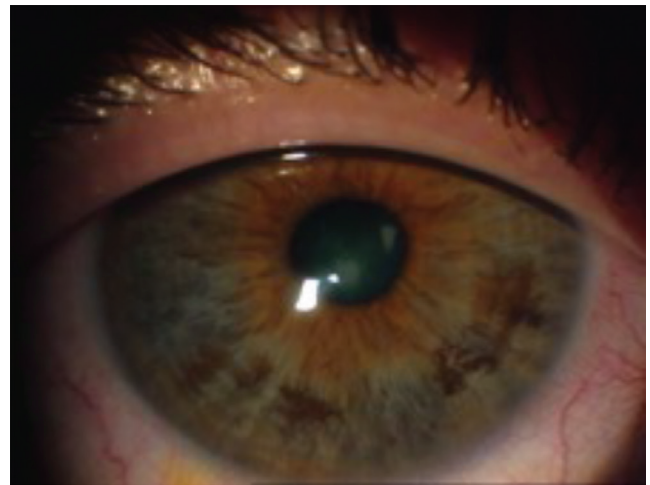
Erken KK'de sferik ve asferik tasarımlar kullanılabilirse de ileri KK'de aşırı değişen kornea topografisi ile uyumlu olarak geliştirilen ve daha iyi stabilizasyon sağlayan çok eğimli arka yüzey tasarımları ile başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Çok eğimli GGSKL'lerden literatürde klinik uygulama sonuçları ile ilgili çalışmalara sık rastlanan Rose K2 lenslerinde, optik zon çapı düşüktür ve arka yüzde 5-6 sferik eğim mevcut olup asferik tasarıma benzer şekilde yumuşak geçişler ile birleştirilmiştir (Resim 3).^{25,26} Ayrıca yine sferik arka optik zonların birleştirildiği diğer çok eğimli lensler ile kişiye özel eğim parametreleri kullanılarak üretilen tasarımlar da günümüzde başarılı klinik uygulamaları rapor edilmiş çok eğimli lens seçenekleridir.^{17,23}

Uygulamada kornea ile teması en aza indirmek ve aşağı kaymayı önlemek amacıyla özellikli KL uygulama teknikleri



Resim 1. Gaz geçirgen sert KL üst korneal alandan kayarak konun bulunduğu alt kadrana yer değiştirmesi ve hareketsizleşmesi

KL: Kontakt lens



Resim 2. Gaz geçirgen sert KL'nin aşırı santral temasına bağlı hipertrofik skar

KL: Kontakt lens

geliştirilmiştir. KK'de GGSKL uygulama teknikleri; Apikal destek, apikal boşluk/periferal destek ve üç noktadan destektir.²¹

Apikal destek tekniğinde geniş çaplı, düz TE'ye sahip sert KL'ler ile apeks destek olarak kullanılır. Fakat bu uygulama, aşırı apikal baskı nedeniyle epitel erozyonlarına ve ileri aşamada yüzeysel hipertrofik skara neden olabilmektedir. Apikal boşluk olarak tanımlanan yöntemde kornea apeksi ile rijit lens arasındaki teması tamamen ortadan kaldırmak amaçlanır. Bu amaçla küçük çaplı, dik TE'ye sahip lensler kullanılır. Bu tekniğin uygulanmasında en sık rastlanan sorun, lensin periferde oturması ve hareketsiz kalmasına bağlı mekanik ve hipoksik kornea etkileşimleridir.^{21,23,27,28}

Üç noktadan destek yönteminde hedef lensin kornea apeksine çok hafif değmesi ile beraber apeksin 180 derece orta periferinde iki ayrı noktadan daha destek almasıdır (Resim 4). Bu yöntem ile lens ağırlığı büyük ölçüde sağlıklı kornea alanlarına dağıtılmakta, apeks mümkün olduğunca korunmaktadır.^{13,23,27,28} Günümüzde

gerekli durumlarda diğer yöntemler de kullanılmakla beraber güncel uygulamalarda en fazla tercih edilen üç noktadan destek yöntemi değildir.

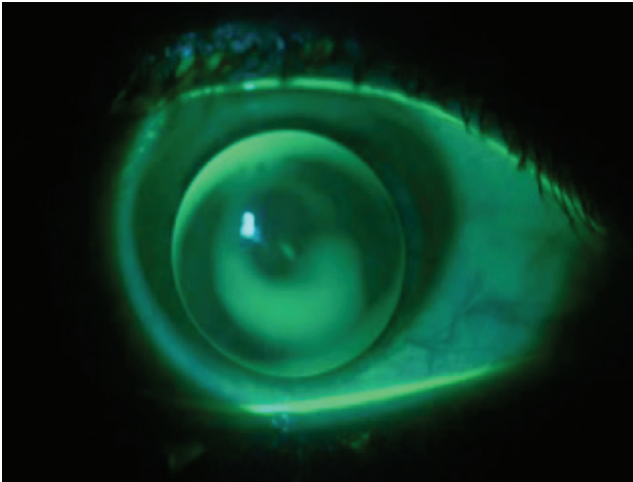
Yumuşak veya sert KL kullanıcılarında, KL kullanmayanlara oranla, göz yüzeyi ve gözyaşı film tabakasında hücrel ve moleküler düzeyde olumsuz etkiler ortaya çıkabildiği birçok çalışma ile gösterilmiştir.^{29,30} Pisella ve ark.³⁰, sert ve yumuşak lenslerin göz yüzeyine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, asemptomatik KL kullanıcılarında, sert lenslerde yumuşak KL'lere oranla daha düşük düzeyde olmakla beraber subklinik bir enflamasyonun varlığını göstermişlerdir.

Moon ve ark.³¹, GGSKL kullanan KK hastaları ve miyop hastalar ile KL kullanmayan KK hastaları ve normal kontrol grubunu göz yüzeyi ve gözyaşı değişiklikleri yönünden karşılaştırmışlardır. Çalışma verileri değerlendirildiğinde; KL kullanan her iki grupta gözyaşı kırılma zamanı ve goblet hücre sayısı ile epitelyal hücre morfolojisinde KL kullanmayanlara göre belirgin değişikliklerin ortaya çıktığı saptanmıştır. Sonuçta yazarlar KL kullanan hastalardaki değişikliklerin, keratokonik morfolojiden çok direkt olarak KL kullanımı ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

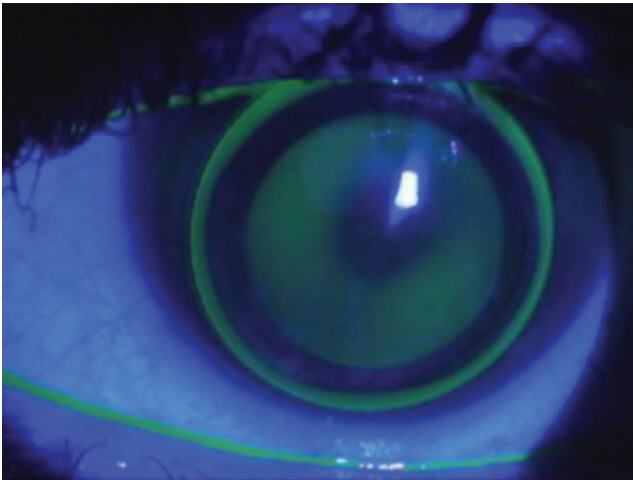
Diğer taraftan GGSKL takan KK hastalarında gözyaşı interlökin-6, tümör nekroz faktör-alfa, ICAM-1, ile VCAM-1 seviyelerinin yüksek bulunduğu ve bu artışın ileri KK hastalarında daha da fazlaştığı saptanmıştır.³² KK hastalarında yapılan benzer çalışmalarda, GGSKL kullanımı ile gözyaşı proenflamatuvar sitokin ekspresyonunda artış bildirilmiş; bu mediatörlerin seviyesi ve dinamiğindeki değişikliklerin hastalığın ilerlemesinde etkili olabileceğine dikkat çekilmiştir.^{33,34} Bitirgen ve ark.³⁵, KK kornealarında bazal epitel hücrelerinde ve ön stromal keratosit yoğunluğunda azalma saptamışlar fakat arka stromal keratosit yoğunluğunda, endotel hücre sayısında ve subbazal korneal sinir morfolojisinde bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Bozkurt ve ark.³⁶, endotel yoğunluğunda KK'nin değişik evrelerinde oluşabilecek değişiklikleri korneal topografi ve non-kontakt endotel mikroskop verileri yardımı ile incelemişler, endotel sayısında KK'nin ilerlemesi ile azalma olduğunu saptamışlardır.

Erie ve ark.³⁷, konfokal mikroskopi ile yaptıkları başka bir çalışmada GGSKL kullanan hastalarda yumuşak torik lens kullananlara göre keratosit yoğunluğunda azalma olduğunu saptamışlar, bunun nedeninin epitelyal hasara bağlı artmış sitokin salınımı ve apoptotik hücre ölümü olabileceğini belirtmişlerdir.

KL kullanımına bağlı kornea kurvatür değişiklikleri tüm lenslerde ortaya çıkabilmekle beraber rijit KL'lerde görülme sıklığı daha fazladır ve hatta KK ile karışabilen klinik tablolar (korneal warpage sendromu) oluşturabilmektedir. Bu değişiklikler lenslerin materyal özellikleri, tasarım, uygulama teknikleri ve KL'nin gün boyu kullanım süresi ile bağlantılı olarak artış gösterir. KK hastaları için bu kullanım süresi daha uzun olacağından risk artar ve korneada kalıcı değişikliklere neden olabilir.³⁸ Bununla beraber, Hwang ve ark.³⁹ yaptıkları çalışmada başarı ile uygulanmış çok eğimli GGSKL'lerin KK'nin ilerlemesi üzerinde morfolojik temelde etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.



Resim 3. Çok eğimli lens floresein paterni; santralde minimal floresein, parasantralde göllenme, periferde floreseinsiz alan



Resim 4. Üç noktadan destek yöntemi; lensin kornea apeksine çok hafif değmesi ile beraber apeksin 180 derece orta periferinde iki ayrı noktadan daha destek alması

Günümüzde GGSKL'ler, KK'ye ait vurgulanan tüm özellikler dikkate alınarak uygulandığında optik başarıları yüksek, pratik ve güvenli lensler olarak ilk tercih sırasında yerlerini korumaktadırlar.

Keratokonusta Yumuşak Kontakt Lensler

GGSKL'lerin optik başarılarının yanında rijiditeleri nedeniyle kornea ön yüzünde ve kapakta yarattıkları iritasyona bağlı lens tolerans bozukluğu bazı hastalarda yumuşak lenslerin kullanımını gerekli kılmaktadır. Diğer taraftan yumuşak kontakt lensler (YKL) düzensiz kornea ön yüzey özelliklerini büyük ölçüde kendi ön yüzeylerine taşırlar, bu nedenle görsel başarıları düşüktür. Hastalığın erken dönemlerinde sferik YKL'ler ve torik YKL'ler miyopiyi ve astigmatizmayı düzelterek başarılı olabirler fakat ilerleyen dönemlerde bu başarıyı yakalayamazlar.⁴⁰

KK hastalarının torik YKL, GGSKL ve gözlük ile görme başarıları ve oküler aberasyonlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada 22 KK hastasına (16 GGSKL ve 6 gözlük kullanıcısı) torik YKL uygulanmış; GGSKL kullanan hastalarda düşük kontrastlı görme keskinliğinin torik YKL'lere göre belirgin oranda yüksek olduğu; yüksek kontrastlı görme keskinliğinin ise GGSKL'lerde yine yüksek olmakla beraber aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca gözlük kullanan grupta, torik YKL'ler ile görme başarısının gözlüklerle benzer olduğu, bununla beraber torik YKL'lerin sferik aberasyonlar dışında tutulduğunda yüksek seviyeli sapmaları azaltmada gözlüklerden daha başarılı bulunduğu da belirtilmiştir.⁴⁰

Ayrıca son yıllarda geliştirilen özellikli yumuşak torik KK lenslerde ise; merkez kalınlığı artırılarak maskeleme etkisi yükseltilmiş, ön yüzey torik ve asferik yüzeyler ile aberasyonlar azaltılmış, kalınlık artışına bağlı oksijen geçirgenliğinin azalması nedeniyle silikon hidrojel materyali kullanılmış ve periferik zon inceltirilerek oksijen geçişi ve rahatlık artırılmıştır. KK için tasarlanan bu özellikli yumuşak KL'lerden bazıları; HydroCone® (Toris K) (SwissLens, Prilly, Switzerland) ve KeraSoft® IC (Bausch & Lomb Inc., Rochester, NY).

Toris K KL'leri, ön yüzey torik olup dinamik stabilizasyon özelliklerine sahiptir. Silikon hidrojel (Definitive %74, Igel %77) materyalden yapılmıştır. KK düzeyine göre tercih edilen iki farklı merkez kalınlık seçeneği mevcuttur: Toris K 12 (merkez kalınlık: 0,45mm) grade 1-2 KK hastaları ve Toris K 34 (merkez kalınlık: 0,52 mm) grade 3-4 KK hastaları için kullanılabilir (Resim 5).

Kerasoft IC lensler, ön yüzey asferik torik, prizma denge sistemli, aberasyon kontrollü, silikon hidrojel (Filcon V3, %74 su içerikli) materyalden üretilmiş lenslerdir. Lens periferi temel eğimden bağımsız olarak düzenlenebilir ve standart periferik eğim seçeneğinin yanında sektör kontrol sistemi ile kişiye özel kadrans tasarımı değiştirme olanağı mevcuttur. Böylece KL'nin birçok farklı kornea şekillerinde kullanılması ve görme kalitesinde artış sağlanabilmektedir.

Sultan ve ark.'nın⁴¹, KK hastalarında (50 hasta, 64 göz), Toris K lenslerinin görme başarıları ve güvenilirliğini araştırdıkları

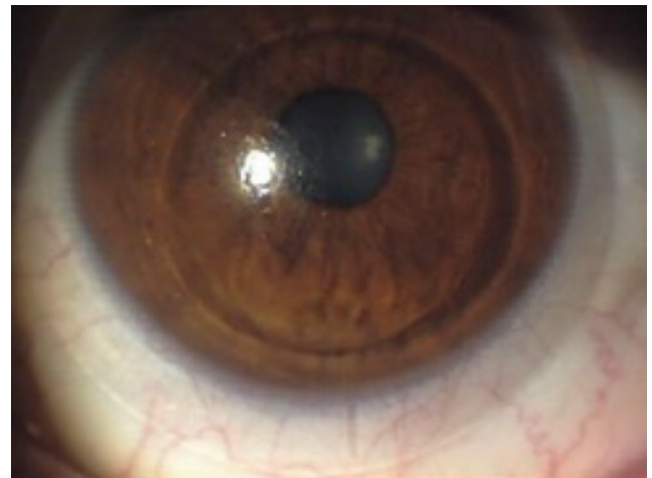
çalışmalarında, Toris K lenslerin en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinin (EIDGK) gözlüklerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu, buna karşılık GGSKL ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmış, Toris K lenslerin GGSKL'yi tolere edemeyen KK hastalarında iyi bir seçenek olduğu bildirilmiştir. Gümüş ve ark.'nın⁴², Toris K lenslerin görme başarıları ve konforlarını değerlendirdikleri çalışmalarında ise, EIDGK'de Toris K lensler ile ortalama 4,5 sıra artış olduğu, nokta dağılım fonksiyonu değerlerinin belirgin ölçüde daha iyi saptandığı ve rahatlık derecelendirmelerinin yüksek bulunduğu bildirilmiştir.

Yıldız ve ark.⁴³, GGSKL ile silikon hidrojel KK lenslerin (Kerasoft IC ve Toris K) KK hastalarının yaşam kalitesi üzerine etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, KL ilişkili yaşam kalitesi sorgulama sistemi ile belirlenen yaşam kalitesi değerlerinin her iki lens grubunda benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Bu kalınlık ve perifer yapıları özelleştirilmiş yumuşak torik lens tasarımlarının travma sonrası ortaya çıkan düzensiz astigmatizma ve ektazilerde, ayrıca kornea içi halka takılmış KK hastalarında görme kalitesini artıran, konforlu seçenekler olabildikleri de bildirilmektedir.^{44,45,46}

Diğer taraftan optik sapma kontrollü, kişiye özel YKL'ler, KK'de KL uygulamaları alanında güncel araştırma başlıklarından bir tanesidir. Bu konudaki çalışmalar KK'deki optik sapmaların özellikleri temelinde bilgilerimizin artması ve teknolojinin bu konuda seçenek üretebilmesi nedeniyle son yıllarda hız kazanmıştır.

Üst ve alt kadrans asimetrisi nedeniyle KK hastalarında ön ve arka yüzlerden kaynaklanan vertikal koma benzeri yüksek seviyeli optik sapmaların belirgin ölçüde artmış olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuş, pakimetrik ve topometrik indekslerin yanında vertikal koma değerlerinin tanı ve tedavinin programlanmasındaki yeri vurgulanmıştır.^{47,48,49,50} Jinabhai ve ark.'nın⁵¹, KK hastalarında koma tipi optik sapmaları düzelterek daha kaliteli bir görmeye ulaşmayı amaçlayan güncel çalışmalarında, dalga cephesi analiz sistemi kontrolünde üretilen kişiye özel KL ile optik sapmalarda belirgin azalma olduğu



Resim 5. Toris K lensi uygulaması

fakat görme başarısının beklenen düzeyin altında kaldığı, bunda da lensin desantralizasyonunun önemli rol oynayabileceği belirtilmiştir.

Suzaki ve ark.⁵², optik sapma kontrollü lenslerin üretim maliyetini düşürmek amacıyla tümüyle kişiye özel KL yerine çoğu KK hastası için benzer olan standart miktar ve açıda koma sapmaları düzeltici eğimler taşıyan KL'lerin üretim çalışmalarını yapmışlardır. Araştırmacılar bu lensleri GGSKL kullanan ve arka yüzeye ait sapmalar nedeniyle görme kalitesi tam olmayan hafif veya şüpheli KK hastalarında uygulamışlar ve hastaların bir kısmında vertikal koma aberasyonları azaltmada ve gözlükler ile birlikte görme keskinliğini artırmada başarılı olabildiklerini saptamışlardır.

Sonuç olarak, günümüzde yumuşak KK lensleri ile konfor ile görme başarısını buluşturan önemli aşamalar kaydedilmiş olsa da tam olarak hedefe ulaşamadığı görülmekte ve bu konudaki arayışın süreceği ön görülmektedir.

Keratokonusta Piggyback Kontakt Lens Sistemi

Piggyback veya birlikte lens sistemi, yüksek oksijen geçirgenliğine sahip yumuşak bandaj lens üzerine GGSKL uygulaması ile elde edilen ve yumuşak lensin rahatlığı ile sert lensin optik başarısını buluşturan lens uygulamasıdır (Resim 6).

Piggyback KL (PGBKL) sistemi de ilk kez 1970'de rijit lenslerini kullanamayan KK hastalarına çözüm aramak amacıyla uygulanmış fakat kullanılan lenslerin materyallerinin oksijen geçirgenliğinin düşük olması nedeniyle başarısı sınırlı kalmıştır.⁵³ Günümüzde, yüksek Dk'li silikon hidrojel ve gaz geçirgen sert materyallerin üst üste birlikte kullanımı ile oluşturulan PGBKL sistemleri ile her iki lens materyalinin oksijen geçirgenliklerinin yüksek olması sayesinde korneaya yeterli oksijenin ulaşabildiği gösterilmiştir. Ayrıca bu sistemin uygulanmasında her iki lensin de hareketi ile lens altında gözyaşı değişimine imkan verildiğinden gözyaşında eriyen oksijenden de faydalanmak mümkün olabilmektedir.⁵⁴



Resim 6. Piggyback KL uygulaması; altta yumuşak lens, üstte onunla uyumlu GGSKL

KL: Kontakt lens, GGSKL: Gaz geçirgen sert kontakt lens

PGBKL sistemi, GGSKL ile rahatsızlık ve tolerans bozukluğu olan, yeterli lens stabilizasyonu sağlanamayan veya apikal epitel erozyonu bulunan KK hastalarında tercih edilebilmektedir.^{55,56} Ayrıca bu sistemin, kornea içi halka yerleştirilmesi ve kornea nakli gibi cerrahi işlemlerden sonra arta kalan veya artarak değişen kornea düzensizliklerinin varlığı durumunda da optimal KL uygulaması sağladığı konusunda da bildirimler mevcuttur.^{57,58}

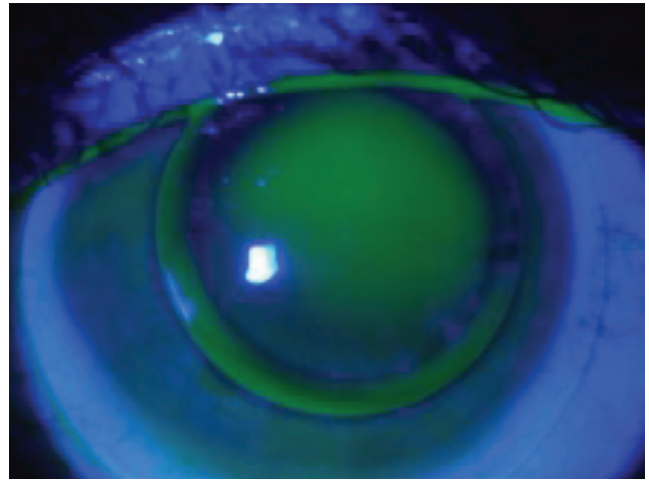
Optimal bir PGBKL uygulamasında yumuşak ve sert KL'lerin her biri diğerinden bağımsız fakat birbiri ile uyumlu olarak hareket etmesi amaçlanır. İlk olarak yumuşak lens takılıp göz yüzeyindeki hareketi değerlendirildikten sonra bu lensin ön yüzünün keratometrik ölçümleri alınır ve ona göre sert lensin TE'si belirlenir. Sert lens uygulandıktan sonra floresein ile lenslerin göz ve birbirleriyle olan uyumu denetlenir (Resim 7). PGBKL sisteminin uygulamasında, sert lensin stabilizasyonunu artırmak amacıyla bir çok araştırmacı tarafından ön yüzey eğimi daha dik olması nedeniyle pozitif güçte (+0.50 ile +4.0 D aralığında) yumuşak KL'ler tercih edilmektedir.^{55,56,59}

Diğer taraftan Sengor ve ark.'nın⁵⁵ yaptığı araştırmada hastaların büyük çoğunluğunun ortalama 6 ay (3-12 ay) sonra kendi rijit lenslerini yumuşak lens olmaksızın takabildikleri görülmüş, bunun nedeninin oluşan göreceli duyarlılık ve gelişen alışkanlık olduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak, günümüzde PGBKL uygulaması, yumuşak lensin bandaj etkisi ile kornea yüzeyini mekanik etkilerden korumak, düzensiz korneada GGSKL stabilizasyonunu sağlamak ve bunun yanında KL toleransını artırmak amacıyla KK hastalarında kullanılabilecek başarılı ve güvenilir bir yöntemdir.

Keratokonusta Hibrit Kontakt Lensler

Hibrit KL'ler (HKL), merkezde sert, periferde yumuşak olmak üzere iki farklı materyalden yapılan parçaların özel bir



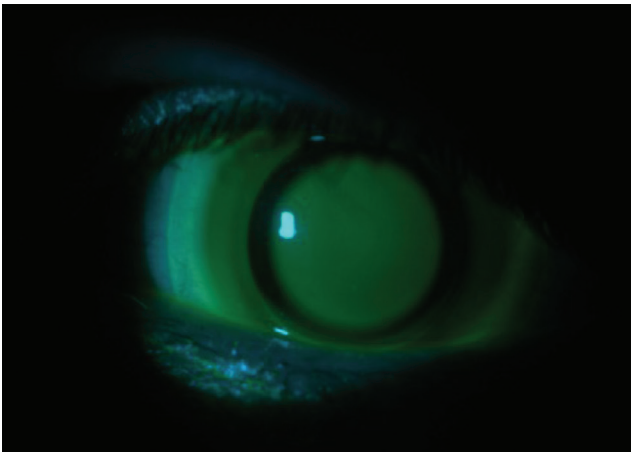
Resim 7. Piggyback KL uygulamasının floresein ile denetlenmesi; santralde hafif göllenme, periferde floreseinsiz alan ve lens kenarında ince floresein birikimi
KL: Kontakt lens

teknoloji ile kaynaştırılması ile oluşturulan lenslerdir. Bu tip KL'lerde sert lenslerin görme başarısı ile yumuşak lenslerin rahatlığının tek bir lenste birleştirilmesi amaçlanmıştır.⁶⁰

İlk üretilen hibrit lensler olan Saturn II (OPSM, Contact Lenses, ABD) ve SoftPerm lens (Sola/Barnes-Hind Incorporated), düşük oksijen geçirgenlikleri nedeniyle hipoksik kornea sorunları, ayrıca dayanıksızlıkları nedeniyle de özellikle birleşim yerinden yırtılma gibi lens hasarları ve maddi kayıplar ortaya çıkarmışlardır.⁶¹

Günümüzde yüksek oksijen geçirgenliği olan materyallerin kullanımı ile bu sorunlar büyük ölçüde aşılmıştır. Bunlardan SynergEyes KC (SynergEyes Inc., Carlsbad, CA) HKL'leri, KK temel eğimi dikkate alınarak, merkezde yüksek Dk değerli sert, periferde hidrojel materyal ve güçlendirilmiş birleşim bölgesi ile üretilmişlerdir. Hemen arkasından diğer bir HKL olan ClearKone lensleri kullanıma sunulmuştur. ClearKone lenslerinde sert lens bölümü Paragon HDS 100 (Paragon Vision Sciences, Mesa, AZ) gaz geçirgen sert materyalden yapılmış olup kubbe (vault) çapı 7,4 mm ve oksijen geçirgenliği 100×10^{-11} (cm²/saniye) [mLO₂/(mL x mmHg)]'dir. Rijit merkez bölümü sferik optik zon ve ters geometri eğime sahiptir. Yumuşak etek bölümü %27 su içeren, oksijen geçirgenliği $9,3 \times 10^{-11}$ (cm²/saniye) [mLO₂/(mL x mmHg)] olan non-iyonik hidrojel materyalden oluşur ve 14,5 mm çapa ulaşır.

Bu lenslerin uygulamasında sert ve yumuşak bölümler ayrı ayrı dikkate alınmalıdır; sert bölümde kon üzerinde minimal boş alan kalacak şekilde santral kubbe yüksekliği ve yumuşak bölümde yeterli desteği sağlayacak etek kurvatürü ölçüleri gereklidir. Optimal uygulamada, merkezde bütünüyle temassızlık (hava kabarcığı olmaksızın) ve lens birleşim bölgesinde yumuşak temas hedeflenmiştir (Resim 8). Bu tasarımda etek dikleştikçe lensin hareketi artar ve lens adezyonundan kaçınılır. Optik özellik olarak lentiküler astigmatizmayı düzeltemezler ve artakalan astigmatizması olmayan düzensiz kornealarda iyi sonuç verirler. Günümüzde hidrojel eteğin düşük Dk değeri nedeniyle oluşturabileceği



Resim 8. Hibrit KL uygulaması; santralde temassız alan, sert-yumuşak lens birleşim bölgesinde minimal temas
KL: Kontakt lens

hipoksi ve damarlanma sorunlarını önlemek amacıyla etek materyali silikon hidrojel olarak değiştirilerek SynergEyes UltraHealth lensleri üretilmiştir.^{60,62}

Hibrit lensler konusunda yapılmış çalışmalar sınırlı olmakla beraber, yeni nesil hibrit lenslerden SynergEyes KC ile yapılan bir araştırmada KK (58 olgu) ve pellusid marjinal dejenerasyonu (PMD) olan (3 olgu) toplam 61 gözün %87'sinde başarılı sonuç alındığı bildirilmiştir.⁶³ ClearKone lensleri ve GSKL takan KK hastalarının klinik ve yaşam kalitesi verilerinin değerlendirildiği bir diğer çalışmada görme kalitesinin her iki lens tipinde benzer olduğu, bunun yanında görme bağlantılı yaşam kalitesi değerlerinin ClearKone Synergeyes HKL'lerde daha yüksek bulunduğu bildirilmektedir.⁶⁴

Diğer taraftan Fernandez-Velazquez⁶⁵, ClearKone HKL'nin kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek komplikasyonlara dikkati çekmiş, erken dönemde dairesel korneal bulanıklığın önemli bir sorunun habercisi olabileceğini ve bu durumda HKL kullanımının sonlandırılması gerektiğini vurgulamıştır.

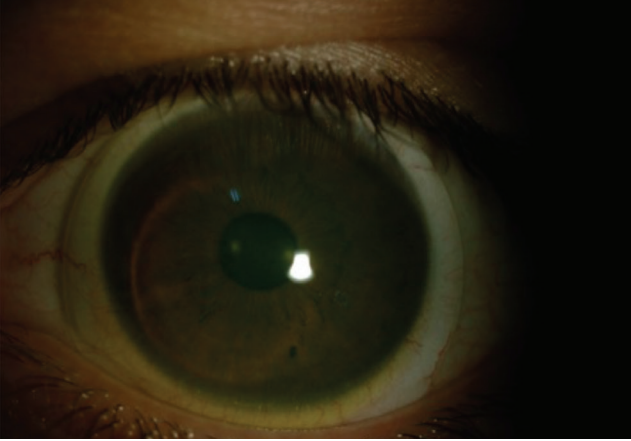
Sonuç olarak, günümüzde HKL'ler sert ve yumuşak lenslerin olumlu özelliklerini tek bir lenste birleştiren ileri teknoloji ürünü lensler olmakla beraber uzun dönemde kornea ve göz yüzeyine etkilerinin değerlendirilmesi ile ilgili daha fazla araştırma çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Keratokonusta Skleral Lensler

Skleral lensler sklera üzerinde yerleşen 15 mm ve üzerinde büyük çaplı lenslerdir. Mini skleral lensler 15-18 mm arasında iken gerçek skleral lensler 18 mm'den büyüktür ve lensin 6 mm'den büyük kısmı skleraya dayanır.²¹ Skleral lens eğitim komitesi (Scleral Lens Education Society) 2019 yılında yeni bir bakış açısı ile skleral lensler için "Korneayı limbusu içerecek şekilde kubbe şeklinde kaplayarak sklera ve üzerindeki konjonktivaya yerleşen lens" tanımını yapmıştır. Böylece mini-büyük skleral tanımını kaldırılarak skleraya yerleşen tüm lenslerin skleral lens olarak adlandırılması kabul edilmiştir.⁶⁶

Skleral lensler sklerada yerleşirler ve kornea ile temas etmezler, lens ve kornea arasında lensin kubbe yapısından (vault) kaynaklanan ve korneal klirens olarak adlandırılan bir boşluk vardır. Lens göze uygulanmadan önce salin (%0,9 sodyum klorid) solüsyon ile doldurulur (Resim 9). Lens ile kornea arasındaki bu sıvı deposu skleral lense destekler, korneanın kurumasını engeller ve kornea yüzeyindeki düzensizliklerin yarattığı aberasyonları optik olarak nötralize eder.^{66,67}

Skleral lensler en sık olarak yüksek düzensiz astigmatizma yaratan KK hastalarında kullanılırlar. Gaz geçirgen skleral KL'ler diğer KL seçenekleri başarısız olduğunda görme keskinliği ve konfor yönünden başarılı ve güvenli bir tedavi seçeneği oluşturarak KK hastalarında keratoplasti ihtiyacını azaltmaya yardımcı olurlar.^{68,69,70} Diğer endikasyonlar ise, PMD, keratoglobus, post keratoplasti astigmatizma gibi kornea ektazik hastalıkları ve sıvı bandaj etkisi ile Stevens-Johnson sendromu, kuru göz, graft versus host hastalığı ve oküler sikatriyel pemfigoid gibi oküler yüzey hastalıklarıdır.^{67,71,72}



Resim 9. Skleral lens uygulaması; sklera üzerinde hafif temas, baskı bulgusu mevcut değil

Sklral lensler hassas kornea ile temas etmediği için lens farkındalığı ve kornea üzerindeki mekanik stresi diğer lens tiplerine göre çok azdır. Lens ile oküler yüzey arasında sıvı kompartman varlığı oküler yüzeyin nemlenmesine katkıda bulunarak KL'ye bağlı kuru göz yönünden avantaj sağlar.⁷² Bergmanson ve ark.⁷³, KK hastalarında konfor ve görme yönünden sklral lenslerin yumuşak, piggyback, hibrit ve sert gaz geçirgen lenslere göre daha avantajlı olduğunu ve tercih edildiğini gözlemlemişlerdir. Diğer taraftan sklral lensler ile kuruluk hissi daha az olmasına rağmen bu lensleri kullanan hastaların yarısından fazlasında gün ortasında görmede buğulanma şikayeti bildirilmiştir.

Sklral lens uygulamalarında lensin toplam çap seçimi başarılı bir uygulama sağlamak açısından önem taşır. Modern sklral lenslerin çapları orijinal lenslere göre daha küçük üretilmektedir. Landing zon çapı, horizontal görülebilen iris çapı ve limbus genişliği ile uyumlu en küçük çaplı sklral lens çapı ile uygulamaya başlamak önerilir ve gerektiğinde daha büyük çaplı lenslere geçilir.

Mini-sklral lensler daha ince yapıda üretilebilir bu da oksijen geçirgenliği yönünden avantaj getirir. Lens kitlesinin azalması ve daha büyük lenslere göre daha az hareketli olması daha kolay tolere edilmelerini sağlar.⁷⁴ Mini-sklral lenslerde korneal açıklık (klirens), büyük sklral lenslere göre daha azdır çünkü lens çapı azaldıkça lensin kornea apeksini kaplaması için gerekli sagittal derinlik azalır. Korneal açıklığın ideal olarak santral alanda 100-300 µm arasında olması önerilir. Santral açıklığın az olması oksijen iletiminde artış, daha iyi görme keskinliği ve daha az baloncuk oluşumuna sebep olur. Mini sklral lensler ile limbal açıklık da daha az olduğu için lens altına debri girişi azalır ve limbusdaki mekanik stres ile lensin ağırlığa bağlı aşağıya desantralizasyonu daha az olur. Ayrıca mini sklral lensler sklera torisitesinden daha az etkilenirler.^{71,75} Buna karşılık, küçük çaplı lensler daha sıkı uygulama sağlar ve vakum etkisi ile korneaya yapışabilir, lensin çıkarılması büyük çaplı lenslere göre daha zordur. Vakum etkisini azaltmak için lens

üzerinde açılan delikler veya lens arkasındaki oluklar vasıtası ile hava ventilasyonu sağlanabilir.⁷⁶

Büyük sklral lensler ise daha fazla sagittal derinliğe ihtiyaç duyulan dik konlar, PMD, keratoglobus olgularında ve oküler yüzey hastalıklarında tercih edilirler. Büyük sklral lenslerde kubbe daha fazladır, lens ağırlığı sklera üzerinde daha iyi dağılır ve lens kapak etkileşimi daha azdır. Fakat lens kütlesi de daha fazladır ve yerçekiminden daha fazla etkilenirler, kapak etkisi ile lenste desantralizasyon olabilir ve takması daha güçtür. Büyük sklral lenslerde özel tasarımlar ve arka torik yapı, sektöryel bası, baloncuk oluşumu, gözyaşı değişimi, konjonktiva prolapsı ile lens desantralizasyonu ve distorsiyonunu önlemede yardımcı olabilir.⁷⁴

Sklral lensler 3 kısımdan oluşurlar: Sklera üzerinde yerleşen sklral (haptik) kısım, lensin korneal ve limbal klirensini sağlayan kubbe ve optik kısım. Optik kısım genellikle irisin horizontal çapından 0,2 mm daha büyüktür. Sklral lens uygulanmasında haptik kısmı, korneal, limbal açıklık ve lens kenarı lensin gözdeki performansını etkiler. Sklral lens uygulaması sert lens uygulamasından farklıdır. Uygulanan lens göz üzerinde hareket etmez, en önemli nokta haptik ve skleranın uyumudur. Skleranın torik yapısına bağlı olarak bazı hastalarda lens kenarında kalkıklık olabilir. Bu durumda sklral lenslere torik yapı eklenebilir, böylece kornea ve lens arasında debri birikimi daha az olur ve hastanın kullanım zamanı uzayarak konforu artar.⁷⁷

Sert korneal lenslerde kornea topografisi büyük önem taşır iken sklral lens uygulanmasında yardımcı olmadığı düşünülmektedir.⁷⁸ Fernández-Velázquez ve ark.⁷⁹ ise minisklral (15 mm) lens uyguladıkları hastalarında, kornea topografisinde ölçülen kon merkez yerleşim ve büyüklük indeksi değerlerini kullanarak yaptıkları uygulamada, kornea apeks kurvatür (dioptri) değerlerinin son uygulanan lensin ortalama sagittal derinliği ile pozitif korrelasyon gösterdiğini bildirmektedirler. Aynı çalışmada son lens seçiminde ön segment optik koherens tomografi (OKT) ile lens arka yüzü ve kornea arası uyum dikkate alınmıştır.

Ön segment OKT görüntüleme günümüzde sklral lens uygulamalarında ilk lens seçimi, lensin kornea ve skleraya uyumunun değerlendirilmesi ve lens kullanıcılarında gözün yanıtlarını değerlendirmede kullanılmaktadır. Sklera kalınlığı, kurvatürü, torisitesi ve kornea sklral limbal bileşke anatomisinin ayrıntılı değerlendirilmesinde de faydalı bilgiler sağlayabilir.⁸⁰

Sklral lenslerde artmış lens kalınlığı ve lens altı sıvı tabakası korneada hipoksi bulgularına sebep olabilir. Günümüzde yüksek Dk oranlı materyaller ve ince lens tasarımları nedeni ile modern sklral lenslerin korneada hipoksik etki oluşturmayaacağı düşünülmektedir fakat bu konuda kesin kanıt yoktur. Teorik olarak Dk değeri 100 olan bir sklral lensin yeterli oksijen geçirgenliği sağlayacağı hesaplanmıştır fakat gözyaşının Dk değeri 80'dir ve sklral lens altındaki gözyaşı rezervuarının kalınlığı oksijen geçirgenliğini azaltabilir.⁸¹ Pullum ve Stapleton⁸², Dk değeri 115 barrer olan 0,6 mm kalınlığındaki sklral lensin 3 saat kullanımı sonrası korneada fizyolojik sınır olan %3'ten daha az ödem oluştuğunu göstermişlerdir. Sklral

lenslerde korneada hipoksi bulguları ve ödem gelişmemesi için 200 µm kalınlığındaki bir skleral lensin yüksek Dk materyalden >125 barrer ve 150 µm'den az açıklık ile uygulanması önerilmektedir.⁸³

“Skleral KL’ler” son yıllarda materyal özellikleri, tasarım ve üretim yöntemleri yönünden önemli gelişmeler gösterdi.⁷⁶ PROSE, Boston skleral lens veya Boston skleral lens destekli kişiye özel tasarlanan bir lensdir. Spline teknolojisi ile lens haptığı skleraya daha iyi oturur, indentasyon minimaldir ve istendiğinde lense kanallar eklenebilir. Ayrıca ön yüzey ekzantrisitisi ile ileri KK’de de görme düzeyi artırılabilir.⁸⁴ KK hastalarında, wavefront düzeltme bazlı optik yapı skleral lenslere uygulanarak yüksek dereceli aberasyonlarda azalma ve görme artışı sağlanabilir.⁸⁵ Ön yüzey eksantrisitisi ve asferisite de lensin merkezden perifer doğru düzleşmesini sağlayarak ileri KK’de görme düzeyini artırılabilir.^{86,87} Presbiyobik KK hastaları için günümüzde multifokal skleral lensler de üretilmektedir.⁸⁸

Günümüzde skleral lensler, genişleyen kullanım alanı ve artan teknolojik gelişimi ile özellikle ileri KK’de güncel KL uygulamasında başarılı bir seçenek olmaya aday lenslerdir.

Sonuç olarak, KK’de KL uygulaması bu hastalığa bağlı ortaya çıkan optik sorunların giderilmesinde birincil yerini korumaktadır. Günümüzde sert, yumuşak materyaller ile bunların olumlu özelliklerini buluşturan ve kişiye özel tasarımlara kadar ulaşan geniş yelpazede yer alan çeşitli KL tipleri geliştirilmiştir. Böylece KK hastalarının optik sorunlarına cevap bulabilme olasılığı çok yükselmiş ve cerrahi bir işlemde önce geri dönüşümlü ve çeşitlendirilebilir bu seçeneklerin hastalara sunulması mümkün hale gelmiştir. Bütün bu güncel gelişmeler kronik hastalığı ile birlikte yaşama ve gelecekteki bir cerrahi şansını kaybetmemiş olma konusunda yeterince bilgilendirilmiş bir hasta için önemli bir şans olabilmektedir.

Etik

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Yazan: S.A.K., T.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Aksoy S, Akkaya S, Özkurt Y, Kurna S, Açıkalin B, Şengör T. Topography and higher order corneal aberrations of the fellow eye in unilateral keratoconus. *Türk J Ophthalmol*. 2017;47:249-254.
- Millodot M, Ortenberg I, Lahav-Yacouel K, Behrman S. Effect of ageing on keratoconic corneas. *J Optom*. 2016;9:72-77.
- Tuncer Z, Soylu T. Use of Contact Lenses in Eyes with Severe Keratoconus: Long-term Results. *Türk J Ophthalmol*. 2012;42:202-206
- Jonas JB, Nangia V, Matin A, Kulkarni M, Bhojwani K. Prevalence and associations of keratoconus in rural Maharashtra in Central India: the central India eye and medical study. *Am J Ophthalmol*. 2009;148:760-765.
- Kennedy RH, Bourne WM, Dyer JA. A 48-year clinical and epidemiologic study of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 1986;101:267-273.
- Godefrooi DA, de Wit GA, Uiterwaal CS, Imhof SM, Wisse RP. Age-specific incidence and prevalence of keratoconus: a nationwide registration study. *Am J Ophthalmol*. 2017;175:169-172.
- Woodward MA, Blachley TS, Stein JD. The Association between sociodemographic factors, common systemic diseases, and keratoconus: an analysis of a nationwide health care claims database. *Ophthalmology*. 2016;123:457-465.
- Karolak JA, Gajicka M. Genomic strategies to understand causes of keratoconus. *Mol Genet Genomics*. 2017;292:251-269.
- Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, Everett DE, Jameson M, McMahon TT, Shin JA, Sterling JL, Wagner H, Gordon MO. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998;39:2537-2546.
- Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, Belin MW, Ambrósio Jr R, Guell JL, Malecaze F, Nishida K, Sangwan VS, Group of Panelists for the Global Delphi Panel of Keratoconus and Ectatic Diseases. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea*. 2015; 34:359-369.
- Atilano SR, Lee DH, Fukuhara PS, Chwa M, Nesburn AB, Udar N, Cristina Kenney M. Corneal Oxidative Damage in Keratoconus Cells due to Decreased Oxidant Elimination from Modified Expression Levels of SOD Enzymes, PRDX6, SCARA3, CPSF3, and FOXM1. *J Ophthalmic Vis Res*. 2019;14:62-70.
- Gokul A, Vellara HR, Patel DV. Advanced anterior segment imaging in keratoconus: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2018;46:122-132.
- Wagner H, Barr JT, Zadnik K. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study: methods and findings to date. *Cont Lens Anterior Eye*. 2007;30:223-232.
- Kymes SM, Walline JJ, Zadnik K, et al. Collaborative longitudinal evaluation of keratoconus study group. Quality of life in keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2004;138:527-535.
- Aydin Kurna S, Altun A, Gencaga T, Akkaya S, Sengor T. Vision related quality of life in patients with keratoconus. *J Ophthalmol*. 2014;2014:694542
- Rico-Del-Viejo L, Garcia-Montero M, Hernández-Verdejo JL, García-Lázaro S, Gómez-Sanz FJ, Lorente-Velázquez A. Nonsurgical Procedures for Keratoconus Management. *J Ophthalmol*. 2017;2017:9707650.
- Mandathara PS, Stapleton FJ, Willcox MDP. “Outcome of keratoconus management: review of the past 20 years’ contemporary treatment modalities”. *Eye Contact Lens*. 2017;43:141-154.
- Bilgin IK, Yilmaz S, Araz B, Yuksel SB, Sezen T. 30 years of contact lens prescribing for keratoconic patients in Turkey. *Cont Lens Anterior Eye*. 2009;32:16-21.
- Dorransoro C, Barbero S, Llorente L, Marcos S. On-Eye Measurement of Optical Performance of Rigid Gas Permeable Contact Lenses Based on Ocular and Corneal Aberrometry. *Optom Vis Sci*. 2003;80:115-125.
- Negishi K, Kumanomido T, Utsumi Y, Tsubota K. Effect of Higher-Order Aberrations on Visual Function in Keratoconic Eyes with a Rigid Gas Permeable Contact Lens. *Am J Ophthalmol*. 2007;144:924-929.
- Barnett M, Mannis MJ. Contact lenses in the management of keratoconus. *Cornea*. 2011;30:1510-1516.
- Lunardi LH, Arroyo D, Andrade Sobrinho MV, Lipener C, Rosa JM. Descriptive analysis of the type and design of contact lenses fitted according to keratoconus severity and morphology. *Arq Bras Oftalmol*. 2016;79:82-84.
- Hwang JS, Lee JH, Wee WR, Kim MK. Effects of multicurve RGP contact lens use on topographic changes in keratoconus. *Korean J Ophthalmol*. 2010;24:201-206.
- Hu CY, Tung HC. Managing keratoconus with reverse-geometry and dual-geometry contact lenses: a case report. *Eye Contact Lens*. 2008;34:71-75.
- Betts AM, Mitchell GL, Zadnik K. Visual performance and comfort with the Rose K lens for keratoconus. *Optom Vis Sci*. 2002;79:493-501.
- Ozkurt YB, Sengor T, Kurna S, Evciman T, Acikgoz S, Haboglu M, Aki S. Rose K contact lens fitting for keratoconus. *Int Ophthalmol*. 2008;28:395-398.

27. Leung KKY. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clin Exp Optom.* 1999;82:230-235.
28. Downie LE, Lindsay RG. Contact lens management of keratoconus. *Clin Exp Optom.* 2015;98:299-311.
29. Sengor T, Kurna SA, Ozbay N, Ertek S, Aki S, Altun A. Contact lens-related dry eye and ocular surface changes with mapping technique in long-term soft silicone hydrogel contact lens wearers. *Eur J Ophthalmol.* 2012;22:17-23.
30. Pisella PJ, Malet F, Lejeune S, Brignole F, Debbasch C, Bara J, Rat P, Colin J, Baudouin C. Ocular surface changes induced by contact lens wear. *Cornea.* 2001;20:820-825.
31. Moon JW, Shin KC, Lee HJ, Wee WR, Lee JH, Kim MK. The effect of contact lens wear on the ocular surface changes in keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2006;32:96-101.
32. Lema I, Duran JA, Ruiz C, Diez-Feijoo E, Acera A, Merayo J. Inflammatory response to contact lenses in patients with keratoconus compared with myopic subjects. *Cornea.* 2008;27:758-763.
33. Fodor M, Kolozsvári BL, Petrovski G, Kertesz BA, Gogolák P, Rajnavölgyi E, Ujhelyi B, Módos L, Petrovski BE, Szima GZ, Berta A, Facskó A. Effect of contact lens wear on the release of tear mediators in keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2013;39:147-152.
34. Wisse RP, Kuiper JJ, Gans R, Imhof S, Radstake TR, Van der Lelij A. Ocul Surf. Cytokine Expression in Keratoconus and its Corneal Microenvironment: A Systematic Review. 2015;13:272-283.
35. Bitirgen G, Ozkagnici A, Malik RA, Oltulu R. Evaluation of contact lens-induced changes in keratoconic corneas using in vivo confocal microscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:5385-5391.
36. Bozkurt B, Yilmaz M, Meşen A, Karamış Ü, Ekinci Köktekir B, Okudan S. Correlation of Corneal Endothelial Cell Density with Corneal Tomographic Parameters in Eyes with Keratoconus. *Turk J Ophthalmol.* 2017;47:255-226.
37. Erie JC, Patel SV, McLaren JW, Nau CB, Hodge DO, Bourne WM. Keratocyte density in keratoconus. A confocal microscopy study. *Am J Ophthalmol.* 2002;134:689-695.
38. Shokrollahzadeh F, Hashemi H, Jafarzadehpour E, Mirzajani A, Khabazkhoob M, Yekta A, Asgari S. Corneal aberration changes after rigid gas permeable contact lens wear in keratonic patients. *J Curr Ophthalmol.* 2016;28:194-198.
39. Hwang JS, Lee JH, Wee WR, Kim MK. Effects of multicurve RGP contact lens use on topographic changes in keratoconus. *Korean J Ophthalmol.* 2010;24:201-206.
40. Jinabhai A, Radhakrishnan H, Tromans C, O'Donnell C. Visual performance and optical quality with soft lenses in keratoconus patients". *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012;32:100-116.
41. Sultan P, Dogan C, Iskeleli G. A retrospective analysis of vision correction and safety in keratoconus patients wearing Toris K soft contact lenses. *Int Ophthalmol.* 2016;36:799-805.
42. Gumus K, Kahraman N. A new fitting approach for providing adequate comfort and visual performance in keratoconus: soft HydroCone (Toris K) lenses. *Eye Contact Lens.* 2016;42:225-230.
43. Yildiz EH, Erdurmus M, Elibol ES, Acar B, Vural ET. Contact lens impact on quality of life in keratoconus patients: rigid gas permeable versus soft silicone-hydrogel keratoconus lenses. *Int J Ophthalmol.* 2015;8:1074-1077.
44. Altun A, Kurna SA, Sengor T, Altun G, Olcaysu O, Simsek MH. Success of hydrocone (TORIS-K) soft contact lens for keratoconus and traumatic keratopathy. *Pak J Med Sci.* 2015;31:995-998.
45. Carballo-Alvarez J, Puell MC, Cuina R, Diaz-Valle D, Vazquez JM, Benitez-Del-Castillo JM. Soft contact lens fitting after intrastromal corneal ring segment implantation to treat keratoconus. *Cont Lens Anterior Eye.* 2014;37:377-381.
46. Fernandez-Velazquez FJ, Fernandez-Fidalgo MJ. Feasibility of custom-made hydrogel contact lenses in keratoconus with previous implantation of intracorneal ring segments. *Cont Lens Anterior Eye.* 2015;38:351-356.
47. Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus". *J Refract Surg.* 2006;22:539-545.
48. Kosaki R, Maeda N, Bessho K, Hori Y, Nishida K, Suzuki A, Hirohara Y, Mihashi T, Fujikado T, Tano Y. Magnitude and orientation of Zernike terms in patients with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:3062-3068.
49. Hashemi H, Beiranvand A, Yekta A, Maleki A, Yazdani N, Khabazkhoob M. Pentacam top indices for diagnosing subclinical and definite keratoconus. *J Curr Ophthalmol.* 2016;28:21-26.
50. Negishi K, Kumanomido T, Utsumi Y, Tsubota K. Effect of higher-order aberrations on visual function in keratoconic eyes with a rigid gas permeable contact lens. *Am J Ophthalmol.* 2007;144:924-929.
51. Jinabhai A, O'Donnell C, Tromans C, Radhakrishnan H. Optical quality and visual performance with customised soft contact lenses for keratoconus. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2014;34:528-539.
52. Suzuki A, Maeda N, Fuchihata M, Koh S, Nishida K, Fujikado T. Visual performance and optical quality of standardized asymmetric soft contact lenses in patients with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58:2899-2905.
53. Polse KA, Decker MR, Sarver MD. Soft and hard contact lenses worn in combination. *Am J Optom Physiol Opt.* 1977;54:660-665.
54. Alemayehu AL, Meijome JMG, Almedia JB, Parafita MA, Refojo MF. Oxygen transmissibility of piggyback systems with conventional soft and silicone hydrogel contact lenses. *Cornea.* 2006;25:214-219.
55. Sengor T, Kurna SA, Aki S, Ozkurt Y. High Dk piggyback contact lens system for contact lens-intolerant keratoconus patients. *Clin Ophthalmol.* 2011;5:331-335.
56. O'Donnell C, Maldonado-Codina C. A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2004;30:44-48.
57. Smith KA, Carrell JD. High Dk piggyback contact lenses over intacs for keratoconus: a case report. *Eye Contact Lens.* 2008;34:238-241.
58. Wietharn BE, Driebe WT. Fitting contact lenses for visual rehabilitation after penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens.* 2004;30:31-33.
59. Andreanos KD, Hashemi K, Petrelli M, Droutsas K, Georgalas I, Kymionis GD. Keratoconus Treatment Algorithm. *Ophthalmol Ther.* 2017;6:245-262.
60. Nau AC. A comparison of Synerg Eyes versus traditional rigid gas permeable lens designs for patients with irregular corneas. *Eye Contact Lens.* 2008;34:198-200.
61. Ozkurt Y, Oral Y, Karaman A, Ozgur O, Dogan OK. A retrospective case series: use of SoftPerm contact lenses in patients with keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2007;33:103-105.
62. Downie LE, Lindsay RG. Contact lens management of keratoconus. *Clin Exp Optom.* 2015;98:299-311.
63. Abdalla YF, Elshah AF, K. M. Hammersmith KM, Cohen EJ. Synerg Eyes lenses for keratoconus. *Cornea.* 2010;29:5-8.
64. Hashemi H, Shaygan N, Asgari S, Rezvan F, Asgari S. ClearKone-SynergEyes or rigid gas-permeable contact lens in keratoconic patients: a clinical decision. *Eye Contact Lens.* 2014;40:95-98.
65. Fernandez-Velazquez FJ. Severe epithelial edema in Clear-Kone SynergEyes contact lens wear for keratoconus. *Eye Contact Lens.* 2011;37:381-385.
66. Michaud L, Lipson M, Kramer E, Walker M. The official guide to scleral lens terminology. *Cont Lens Anterior Eye.* 2019 Sep 24. pii: S1367-0484 (19)30219-X.
67. Jacobs DS. Update on scleral lenses. *Curr Opin Ophthalmol.* 2008;19:298-301.
68. Koppen C, Kreps EO, Anthonissen L, Hoey MV, Dhuhghaill SN, Vermeulen L. Scleral lenses reduce the need for corneal transplants in severe Keratoconus. *Am J Ophthalmol.* 2018;185:43-47.
69. DeLoss KS, Fatteh NH, Hood CT. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) scleral device compared to keratoplasty for the treatment of corneal ectasia. *Am J Ophthalmol.* 2014;158:974-982.
70. Segal O, Barkana Y, Hourovitz D, Behrman S, Kamun Y, Avni I, Zadok D. Scleralcontact lenses may help where other modalities fail. *Cornea.* 2003;22:308-310.
71. Pullum KW. Scleral contact lenses: indications and current clinical methods, *Optometry Today.* 2006:26-32.

72. Alipour F, Kheirkhah A, Jabarvand Behrouz M. Use of mini scleral contact lenses in moderate to severe dry eye. *Cont Lens Anterior Eye*. 2012;35:272-276.
73. Bergmanson JP, Walker MK, Johnson LA. Assessing Scleral Contact Lens Satisfaction in a Keratoconus Population. *Optom Vis Sci*. 2016;93:855-860.
74. Fadel D. Modern scleral lenses: Mini versus large. *Cont Lens Anterior Eye*. 2017;40:200-207.
75. Michaud, Sclerals for normal corneas. Beyond irregular: scleral lenses for everyday use, *Cont. Lens Spectr*. 2015;30:30-36.
76. Rathni VM, Mandathara PS, Taneja M, Dumpati S, Sangwan VS. Scleral lens for keratoconus: technology update. *Clin Ophthalmol*. 2015;9:2013-2018.
77. Visser ES, Visser R, Van Lier HJ. Advantages of toric scleral lenses. *Optom Vis Sci*. 2006;83:233-236.
78. Schornack MM, Patel SV. Relationship between corneal topographic indices and scleral lens base curve. *Eye Contact Lens*. 2010;36:330-333.
79. Fernández-Velázquez FJ. Performance and predictability of a new large diameter contact lens design in keratoconic corneas. *Cont Lens Anterior Eye*. 2019;42:289-294.
80. Vincent SJ, Alonso-Caneiro D, Collins MJ. Optical coherence tomography and scleral contact lenses: clinical and research applications. *Clin Exp Optom*. 2019;102:224-241.
81. Bergamsonn JPG, Ezekiel DE, van der Worp E. Scleral contact lenses and Hypoxia. Theory versus practice, *Cont. Lens Anterior Eye*. 2015;38:145-147.
82. Pullum KW, Stapleton FJ. Scleral lens induced corneal swelling: what effect of varying Dk and lens thickness? *CLAO J*. 1997;23:259-263.
83. Compan V, Oliveira C, Aguilera-Arzo M, Mollá S, Peixoto-de-Matos SC, González Méijome JM. Oxygen diffusion and edema with modern scleral rigid gas permeable contact lenses. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2014;55:6421-6429.
84. Rosenthal P, Croteau A. Fluid-ventilated, gas-permeable scleral contact lens is an effective option for managing severe ocular surface disease and many corneal disorders that would otherwise require penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens*. 2005;31:130-134.
85. Marsack JD, Ravikumar A, Nguyen C, Ticak A, Koenig DE, Elswick JD, Applegate RA. Wavefront-guided scleral lens correction in keratoconus. *Optometry Vision Sci*. 2014;91:1221-1230.
86. Gumus K, Gire A, Pflugfelder SC. The impact of the Boston ocular surface prosthesis on wavefront higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol*. 2011;151:682-690.e2.
87. Hussoin T, Le HG, Carrasquillo KG, Johns L, Rosenthal P, Jacobs DS. The effect of optic asphericity on visual rehabilitation of corneal ectasia with a prosthetic device. *Eye Contact Lens*. 2012;38:300-305.
88. Vincent SJ, Fadel D. Optical considerations for scleral contact lenses: A review. *Cont Lens Anterior Eye*. 2019;42:598-613.