

Keratokonus Hastalarında Kontakt Lens Kullanımının Korneal Biyomekanik Parametreler Üzerine Etkisi

The Effect of Contact Lens Usage on Corneal Biomechanical Parameters in Keratoconus Patients

Ali Bülent Çankaya, Alpaslan Anayol, Dilek İleri, Pelin Yılmazbaş, Faruk Öztürk
Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye

Özet

Amaç: Sert gaz geçirgen kontakt lens kullanan ve kullanmayan keratokonus olgularına ait korneal biyomekanik özelliklerin karşılaştırılması.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya 70 sağlıklı olgu (Grup A) ile kontakt lens kullanmayan 27 keratokonus olgusu (Grup B) ve sert gaz geçirgen kontakt lens kullanmakta olan 36 keratokonus olgusu (Grup C) dahil edildi. Korneal viskoelastik parametreler Oküler respons analizörü (ORA) ile merkezi korneal kalınlık ultrasonik pakimetri ile ölçüldü. Elde edilen veriler gruplar arasında karşılaştırıldı.

Sonuçlar: Grup A, B, C'den elde edilen ortalama korneal histerezis (KH) değerleri sırası ile $10,3 \pm 1,5$ mm Hg, $7,8 \pm 1,4$ mm Hg ve $7,4 \pm 1,2$ mm Hg idi. Grup B ve C'ye ait KH değerleri Grup A'dan anlamlı ölçüde düşük bulundu (her iki karşılaştırma için $p < 0,001$). Buna karşın Grup B ve C arasında KH açısından anlamlı bir fark tespit edilmedi ($p = 0,61$). Korneal resistans faktörü (KRF) Grup A olgularında ortalama $10,7 \pm 1,9$, Grup B'de $6,6 \pm 1,6$ ve Grup C'de $6,1 \pm 1,5$ idi. Grup A'ya ait ortalama KRF diğer iki gruba göre anlamlı şekilde yüksekti (her iki karşılaştırma için $p < 0,001$). Sert gaz geçirgen kontakt lens kullanan ve kullanmayan keratokonus olgularına ait ortalama KRF değerleri arasında ise anlamlı bir fark tespit edilmedi ($p = 0,57$).

Tartışma: Keratokonus olgularının ORA ile elde edilen viskoelastisite parametreleri, normal olgulardan farklılıklar göstermektedir. Ancak sert gaz geçirgen kontakt lens kullanımını bu olgularda korneal biyomekanik özellikler üzerine etkili bulunmamıştır. (*Turk J Ophthalmol 2012; 42: 197-201*)

Anahtar Kelimeler: Keratokonus, sert gaz geçirgen kontakt lens, korneal biyomekanik

Summary

Purpose: To determine and compare the corneal biomechanical properties in keratoconus patients using rigid gas permeable contact lenses and keratoconus patients who do not use contact lenses.

Material and Method: The study consisted of 70 healthy controls (Group A), 27 keratoconus subjects who do not use contact lens (Group B) and 36 rigid gas permeable contact lens using keratoconic patients (Group C). Corneal viscoelastic parameters were measured with an Ocular response analyzer (ORA). Central corneal thickness was measured with an ultrasonic pachymeter. The differences in ORA parameters between the groups were compared.

Results: The mean corneal hysteresis (CH) in Groups A, B, and C were 10.3 ± 1.5 mm Hg, 7.8 ± 1.4 mm Hg, and 7.4 ± 1.2 mm Hg, respectively. The differences in mean CH between Group A and the other two groups were statistically significant ($p < 0.01$ for both comparisons), but no statistically significant difference was found between groups B and C in terms of mean CH ($p = 0.61$). The mean corneal resistance factor (CRF) was 10.7 ± 1.9 in Group A compared with 6.6 ± 1.6 in Group B and 6.1 ± 1.5 in Group C. The differences in mean CRF between Group A and the other two groups were statistically significant ($p < 0.01$ for both comparisons). There was no significant difference in CRF between the keratoconus eyes with or without rigid gas permeable contact lens usage ($p = 0.57$).

Discussion: Our results suggest that ORA-generated parameters may be different in subjects with keratoconus. Corneal biomechanical parameters did not demonstrate a clear trend of change with rigid gas permeable contact lens usage. (*Turk J Ophthalmol 2012; 42: 197-201*)

Key Words: Keratoconus, rigid gas permeable contact lens, corneal biomechanics

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Ali Bülent Çankaya, Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 312 312 62 61 Gsm: +90 542 243 98 51 E-posta: abcankaya@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 19.10.2011 **Kabul Tarihi/Accepted:** 14.02.2012

Giriş

Oküler Responz Analizörünün (ORA; Reichert Ophthalmic Instruments, Depew, NY) klinik kullanıma girmesi ile korneanın biyomekanik parametrelerini in vivo olarak ölçmek mümkün olmuştur.¹ ORA ile yapılan çalışmalardan korneanın viskoelastik yapısı hakkında önemli bilgiler elde edilmiş, yapılan bu çalışmalar sayesinde, sistemik ve oküler hastalıkların korneanın yapısal özellikleri üzerindeki etkileri ve bu etkilere bağlı göz içi basınç (GİB) ölçümlerinde oluşan farklılıklar ortaya konulmuştur.

Keratokonus, korneanın incelmesine ve öne protrüzyonuna yol açan ektazik ve noninflamatuar bir hastalıktır. Keratokonus olgularının ORA ölçümleri ile elde edilen korneal biyomekanik parametrelerinde normal olgulara göre önemli farklılıkların olduğu bildirilmektedir.^{2,3}

Keratokonus hastalarının önemli bir kısmında görme rehabilitasyonu için sert gaz geçirgen (SGG) kontakt lensler kullanılmaktadır. Sağlıklı kornealar üzerinde yapılan bir çalışmada, korneada hipoksi oluşturacak şekilde lens kullanımının kornea biyomekanikliğinde değişikliklere yol açtığı gösterilmiştir.⁴ Bu noktadan hareketle, keratokonus hastalarında uzun süreli SGG lens kullanımının yaratacağı olası kronik korneal hipoksi ve ödemin korneanın biyomekanik yapısında birtakım değişikliklere yol açabileceğini, ayrıca SGG kontakt lensin korneada yarattığı mekanik bası etkisinin uzun dönemde, korneanın viskoelastik özelliklerini etkileyebileceğini düşünmek mümkündür.

Bu çalışmayla keratokonus için kontakt lens kullanmakta olan olgular ile yeni tanı konulmuş veya daha önce kontakt lens kullanmamış olguların korneal biyomekanik parametreleri karşılaştırılarak keratokonik gözlerde SGG kontakt lens kullanımına bağlı olası korneal viskoelastik değişikliklerin varlığı araştırıldı.

Gereç ve Yöntem

Prospektif, kesitsel olarak planlanan gözleme dayalı bu çalışmaya hastanemizin kornea- kontakt lens biriminde takip edilmekte olan keratokonus hastaları dahil edildi. Keratokonus tanısı kornea-kontakt lens konusunda tecrübeli bir hekim tarafından (Dİ) refraksiyon muayenesi, biyomikroskopik inceleme ve korneal topografi ile tespit edilen yüksek korneal astigmatizma, korneal ektazi ve inceleme bulguları ile konuldu. Çalışma grubu olguları SGG kontakt lens kullananlar ve kullanmayanlar olarak 2 gruba ayrıldı. Kontrol grubu ise bu iki grubun demografik özellikleri ile uyumlu, hastanemiz polikliniğine refraksiyon kusuru ve gözlük kontrolü için başvuran sağlıklı bireylerden oluşturuldu. Her iki gözü de çalışma kriterlerine uygun olan olguların sağ gözleri çalışmaya dahil edildi. Olgular muayene öncesi bilgilendirilerek onamları alındı. Çalışma, bölgesel etik kurul tarafından onaylandı.

On dört aylık çalışma süresi içerisinde 70 sağlıklı birey (Grup A) ile daha önce kontakt lens kullanma öyküsü olmayan 27 keratokonus hastası (Grup B) ve en az 6 aydır SGG kontakt lens kullanmakta olan 36 keratokonus olgusu (Grup C) çalışma

kapsamında incelendi. Kontakt lens kullanan olgulardan muayeneden en az 24 saat önce kontakt lenslerini çıkartmaları istendi. Her olgunun Huvitz HRK 7000A Auto Ref-Keratometre (Huvitz Co., Ltd., Gunposi, Gyeonggi-do, Korea) ile refraksiyon ve keratometrik ölçümleri yapıldı ve Snellen eşeli ile düzeltilmiş en iyi görme keskinlikleri tespit edildi. Biyomikroskopi ile ön segment, 90 D lens ile fundus muayeneleri gerçekleştirildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri: korneanın saydam olması ve düzeltilmiş en iyi görme keskinliğinin 2/10 ve üzerinde bulunması idi. Kuru göz sendromu olan, glokom ve oküler hipertansiyona sebep olabilecek (pigment dispersiyonu, geçirilmiş travma, dar ön kamara açısı ve iridosiklit gibi) bulgular tespit edilen ve daha önce oküler cerrahi geçirmiş olgular çalışma dışında tutuldu. Grup A ve B olgularının daha önce hiç kontakt lens kullanmamış olmaları, Grup C'de yer alacak olguların ise SGG kontakt lens kullanım sürelerinin en az 6 ay olması şartı arandı.

Olgulara ait korneal biyomekanik parametreler hep aynı çalışmacı tarafından (ABÇ) ORA ile ölçüldü. Korneaya temasın ve göze damlatılan damlaların korneanın biyomekanik özelliklerinde geçici bir değişimeye neden olabileceği düşüncesiyle, ORA ölçümleri göze temas edilerek yapılan muayenelerden önce, topikal anestetik damlatılmadan gerçekleştirildi. Korneal viskoelastisitede oluşabilecek diurnal değişimlerin etkisini en aza indirmek için ölçümler 9:00 ile 13:00 saatleri arasında yapıldı.

Her bir göz için aralarında yaklaşık 15 saniye zaman aralığı olan, ardışık en az 3 ölçüm alındı. Sinyal kalitesi en yüksek olan ölçümlere ait korneal histeresis (KH), korneal resistans faktör (KRF), kornea kompanse GİB (GİBcc) ve Goldmann Applanasyon tonometresi (GAT) ile uyumlu GİB (GİBg) değerleri kaydedildi. Olguların MKK ölçümleri ORA cihazına ait ultrasonik pakimetri ile gerçekleştirildi. Daha sonra GAT ile GİB ölçüldü.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 15,0 programı (SPSS Inc, Chicago, IL) ile yapıldı. Değerler, ortalama ± standart sapma olarak verildi. İncelenen parametreler açısından gruplar arası fark, Student's t-testi, Tukey-HSD testi, Varyans Analizi (ANOVA) ile araştırıldı. Kontakt lens kullanım süresinin korneal biyomekanik özellikler üzerindeki etkisi Pearson Korelasyon analizi ile yapıldı. P değerinin 0,05'den daha küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Sonuçlar

Olguların demografik ve klinik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir. Kontakt lens kullanmakta olan olguların yaş ortalaması diğer iki gruba göre daha yüksek olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,06$). Buna karşın üç grubun ortalama keratometri değerleri anlamlı ölçüde farklıydı ($p<0,001$). Gruplar ikiye ayrılarak karşılaştırıldığında Grup A'ya ait keratometri değerlerinin Grup B ve Grup C'den anlamlı ölçüde yüksek olduğu (her iki karşılaştırma için $p<0,001$), buna karşın Grup B ile Grup C'nin keratometri değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p=0,80$). Aynı şekilde en iyi düzeltilmiş görme keskinliği, Grup A'da diğer iki gruba göre anlamlı ölçüde yüksek bulundu (her iki karşılaştırma için ($p<0,001$)). Grup B ve C arasında ise düzeltilmiş en iyi görme keskinliği açısından fark

tespit edilmedi ($p=0,99$). Grupların ortalama merkezi kornea kalınlıkları karşılaştırıldığında, Grup A'da yer alan olguların kornealarının diğer iki gruba göre anlamlı ölçüde kalın olduğu (her iki karşılaştırma için $p<0,001$), Grup B ve C arasında ise fark olmadığı görüldü ($p=0,89$).

Üç gruba ait ORA parametreleri Tablo 2'de görülmektedir. Varyans analizi ve Tukey testi sonuçlarına göre tüm ORA parametrelerinin üç grup için anlamlı ölçüde farklı olduğu görüldü ($p<0,001$). Sağlıklı bireylerden oluşan Grup A'ya ait ortalama KH, KRF, GİBcc, GİBg değerleri, keratokonuslu olgulardan oluşan Grup B ve C'den anlamlı ölçüde yüksek bulundu (tüm karşılaştırmalar için $p<0,001$). Öte yandan kontakt lens kullanmayan keratokonuslu olguların (Grup B) ORA parametrelerinin kontakt lens kullanan keratokonuslu olgular (Grup C) ile benzer olduğu tespit edildi (tüm karşılaştırmalar için $p>0,05$).

Pearson korelasyon analizi ile kontakt lens kullanım süresi ile ORA parametreleri arasında korelasyon incelendi. Kontakt lens

kullanım süresi ile GİBcc ($r=0,08$, $p=0,64$), GİBg ($r=0,03$, $p=0,86$), KH ($r=-0,10$, $p=0,57$) ve KRF ($r=-0,05$, $p=0,76$) arasında korelasyon varlığı tespit edilmedi.

Tartışma

ORA'nın çalışma prensipleri ilk kez Luce5 tarafından ortaya konulmuştur. ORA kornea üzerine yarattığı hava akımına karşı korneada oluşan cevabı ve korneanın deformasyona karşı gösterdiği direnci ölçerek hem GİB'nı, hem de korneanın biyomekanik yapısı ile ilgili özellikleri analiz eder.

Temel olarak ORA iki GİB ölçümü kaydeder; ilki korneanın içe çökerken düzleştiği ilk noktadaki basınç (P1), ikincisi ise normal haline dönerken ikinci kez düzleştiği andaki basınçtır (P2). Bu iki basınç değeri birbirlerine eşit değildir. Aralarındaki fark korneanın viskoz özelliğini yani basıncın oluşturduğu etkiyi korneanın tamponize edebilme kapasitesini belirtir ve KH olarak tanımlanır. KRF ise " $k1(P1 - P2) + 0,3 k1P2 + k2$ " formülü ile

Tablo 1. Olgu gruplarının demografik ve klinik özellikleri

	Grup A	Grup B	Grup C	P
Yaş (yıl)	27,8±6,7	27,9±5,2	31,3±7,1	0,06
Cinsiyet				
Erkek	26	11	15	0,80
Kadın	37	16	21	
Refraksiyon Kusuru (SE)(D) ^a	-3,4±2,6	-3,9±2,6	-3,7±2,9	0,06
Görme Keskinliği	1,0±0,02	0,4±0,2	0,4±0,24	<0,001*
Merkezi Kornea Kalınlığı (µm)	562,7±40,5	482,9±37,3	478,5±39,3	<0,001*
Göz İçi Basıncı (GAT) ^b mm Hg	16,3±4,2	10,7±2,8	10,4±2,7	
Keratometri (mm)	7,63±0,22	6,51±0,47	6,32±0,45	<0,001*
Kontakt Lens Kullanım Süresi (Yıl)	0	0	6,9±6,4	

* İstatistiksel olarak anlamlı (ANOVA)
a : Dioptri olarak sferik eşdeğer
b : Goldmann applanasyon tonometrisi

Tablo 2. Olgu gruplarının oküler respsans analizörü ile yapılan ölçümlerinden elde edilen parametreleri

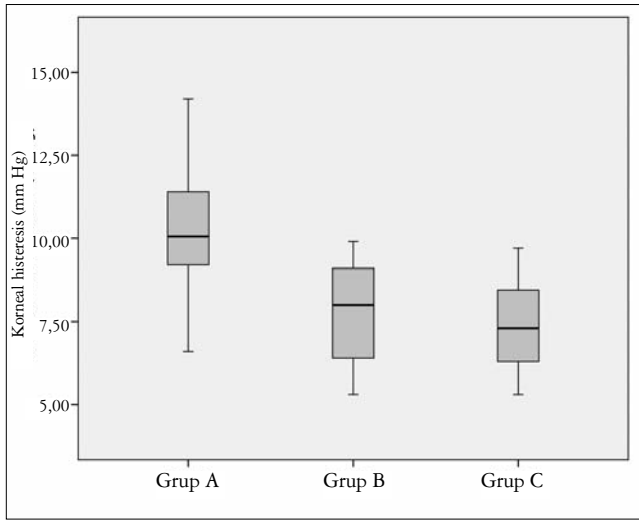
	Grup A	Grup B	Grup C	p1	p2	p3	p4
GİBcca (mmHg)	17,2±3,3	14,2±2,5	14,3±2,8	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,99
GİBgb (mm Hg)	16,7±3,8	10,1±2,6	9,8±3,2	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,91
KHc (mm Hg)	10,3±1,5	7,8±1,4	7,4±1,2	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,61
KRFd	10,7±1,9	6,6±1,6	6,1±1,5	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,57

* İstatistiksel olarak anlamlı
p1: Üç grup arasındaki fark (ANOVA)
p2: Grup A ve B arasındaki fark
p3: Grup A ve C arasındaki fark,
p4: Grup B ve C arasındaki fark,
a : Kornea kompans göz içi basıncı
b: Goldman korele göz içi basıncı
c : Korneal histerezis
d: Korneal resistans faktör

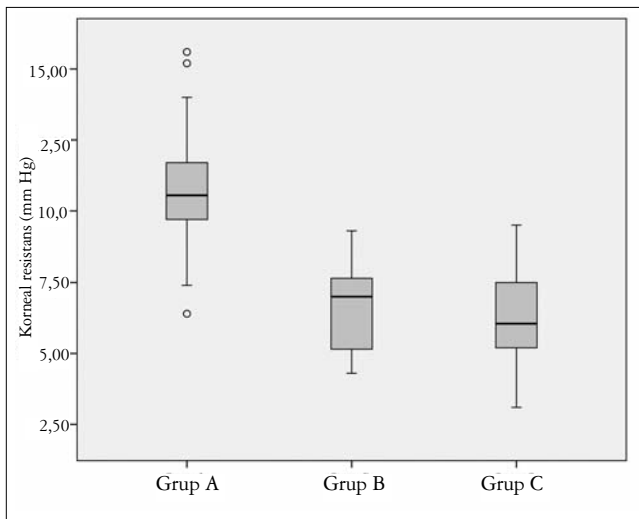
hesaplanan, korneanın optimize edilmiş biyomekanik bir parametresidir. Formülde yer alan k1 ve k2 değerleri kalibrasyon sabitleridir. Genel olarak, KRF korneanın elastik özelliklerinin ve direncinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

ORA ile yapılan ölçümler iki ayrı GİB değeri vermektedir. Korneanın yapısal özelliklerinden etkilenmediği bildirilen GİBcc "P2 - 0,43 x P1" formülü ile hesaplanır. GAT ile ölçülen GİB değeri ve MKK ile yüksek korelasyon gösteren GİBg ise P1 ve P2 değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunur.⁶

Her ne kadar korneaya ait biyomekanik parametreler korneanın yapısal özellikleri olarak düşünülse de, son yıllarda ORA ile yapılan çalışmalar pek çok klinik durumun, demografik özelliklerin ve cerrahi girişimin bu parametreler üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin yaşlanma ile kornea dokusunun rijiditesinde artma meydana geldiği bildirilmektedir.⁷



Şekil 1. Olgu gruplarının korneal histerezislerin medyanlarını gösteren saplı kutu grafiği



Şekil 2. Olgu gruplarının korneal rezistans faktörlerinin medyanlarını gösteren saplı kutu grafiği

Ekzimer lazer ile yapılan korneal ablasyonunun da kornea biyomekanikliğinde değişikliklere yol açtığı gösterilmiştir.⁸

Keratokonuslu olguların korneal biyomekanik özelliklerinde normal bireylere göre önemli farklıklar olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Shah ve ark.² normal bireylerde 10,7 mm Hg olarak tespit ettikleri KH'in keratokonuslu olgularda 9,6 mm Hg olduğunu bildirmektedirler. Ortiz ve ark.⁹ ise keratokonuslu olgularda KH'i 7,5 mm Hg, KRF'ü ise 6,2 olarak bulmuşlardır. Saad ve ark.¹⁰ da keratokonusu olmayan gözlerde KH'i 10,6 mm Hg ve KRF'ü 10,6 olarak buldukları çalışmalarında, keratokonuslu gözlerde KH ve KRF'ün sırasıyla 8,1 mm Hg ve 7,1 olduğunu rapor etmektedirler.

Kontakt lens kullanımının korneada ödeme yol açtığı ve korneanın yapısında meydana gelen bu değişikliğin GİB ölçümlerini farklı miktarlarda değiştirdiği bildirilmektedir.^{11,12} Lu ve ark.⁴ hidroksimetil metakrilat kontakt lens uyguladıkları gözleri 3 saat boyunca kapatarak korneal ödem meydana getirmişler ve yaptıkları ORA ölçümlerinde KH'in değişmediğini, KRF ise arttığını bulmuşlardır. Chen ve ark.¹³ ise kısa süreli orto-keratoloji uygulamalar sonucunda KH'in değişmediğini buna karşın KRF'ün azalma eğiliminde olduğunu bildirmektedirler.

Yapılan çalışmalarda elde edilen bu verilere dayanarak keratokonus hastalarının büyük bir çoğunluğunun kullandığı SGG kontakt lenslerin korneanın biyomekanik özelliklerinde bir takım değişikliklere neden olabileceği öne sürülebilir. Kronik kontakt lens kullanımı korneanın hidrasyonunda uzun süreli değişiklikler yapmaktadır. Hafif miktardaki kronik korneal ödemin yanı sıra kornea yüzeyine temas eden SGG lensin uzun dönemde korneanın yapısal özelliklerini etkileyeceği de düşünülebilir. Sonuçta meydana gelmesi muhtemel korneal biyomekanik değişikliklerin keratokonusun seyrine, korneaya yönelik uygulanacak tedavilerin sonuçlarına ve GİB ölçümlerinin hassasiyeti üzerine bir takım etkilerinin olması mümkündür.

Bu çalışmayla elde edilen veriler, daha önceki çalışmalarla uyumlu bir biçimde keratokonus olgularında KH ve KRF'ün anlamlı miktarda düşük olduğunu göstermektedir. Korneal viskoelastisite GAT ile ölçülen GİB değerleri üzerinde etkili olmaktadır. KH'i düşük gözlerde GAT ile elde edilen GİB'nın GİBcc'den anlamlı miktarda daha düşük ölçüldüğü bildirilmektedir.¹⁴ Bizim çalışmamızda da GAT ölçümleri sonucunda bulunan GİB değerleri, GİBcc'den 3,9 mm Hg daha düşük bulundu. Bu iki ölçüm arasındaki fark normal kontrol grubu olgularında 0,9 mm Hg olarak tespit edildi. Keratokonuslu olguların glokom açısından tanı ve takibinde GAT ile yapılan GİB ölçümlerini değerlendirirken düşük KH'den kaynaklanan bu farkın göz ardı edilmemesi büyük önem arz etmektedir.

Buna karşın, yukarıda belirtilen olası mekanizmalar ile SGG kontakt lens kullanımı sonucu korneal biyomekanik özelliklerde oluşabileceği ön görülen değişikliklerin Grup C olgularında gerçekleşmediği görüldü. Grup B ve C olguları arasında GİB ölçümleri, KH ve KRF parametreleri yönünden fark tespit edilemedi (Şekil 1,2). Ayrıca, kontakt lens kullanım süresinin korneal biyomekanik parametreler üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını da gösterildi. Dolayısıyla teorik olarak SGG lenslerin kornea

üzerinde yaratabileceği yapısal farklılıklar keratokonuslu olgularda gözlenmemektedir. Elde edilen bu bulgu, biyomekanik özellikleri zaten normalden farklı olan keratokonuslu kornealarda SGG kontakt lens kullanımının dokunun viskoelastisitesinde ilave değişimler yaratmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Araştırmamızda yer alan olgu sayısının düşük olması, çalışmanın kesitsel ve karşılaştırmaya dayalı olması çalışmamızın en önemli eksik taraflarıdır. Kontakt lens kullanmaya yeni başlayan daha fazla sayıdaki keratokonus olgusunun kornea biyomekaniğinde meydana gelen değişikliklerin takip edilmesi ile elde edilen verilerin bu konuda daha doğru bilgiler vereceği açıktır.

Sonuç olarak, ORA ile tespit edilen korneanın biyomekanik yapısına ait özellikler keratokonuslu gözlerde normal gözlere göre anlamlı ölçüde farklılıklar göstermektedir. En az 6 ay SGG kontakt lens kullanımı keratokonik gözlerde korneanın viskoelastik parametrelerinde değişiklik oluşturmamaktadır. Bu veriler ışığı altında, keratokonuslu olgulara uygulanacak korneaya ve ya glokoma yönelik tanısal ve tedavi ile ilgili girişimlerde kronik kontakt lens kullanımının dikkate alınmayabileceği sonucuna varıldı.

Kaynaklar

1. Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:146-55.
2. Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, Mantry S, Cunliffe I. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48:3026-31.
3. Fontes BM, Ambrósio R, Jardim D, Velarde GC, Nosé W. Corneal biomechanical metrics and anterior segment parameters in mild keratoconus. *Ophthalmology.* 2010;117:673-9.
4. Lu F, Xu S, Qu J, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *Am J Ophthalmol.* 2007;143:616-22.
5. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31:156-62.
6. Medeiros FA, Weinreb RN. Evaluation of the influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurements using the ocular response analyzer. *J Glaucoma.* 2006;15:364-70.
7. Elsheikh A, Wang D, Brown M, Rama P, Campanelli P, Pye D. Assessment of corneal biomechanical properties and their variation with age. *Curr Eye Res.* 2007;32:11-9.
8. Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, Sanderson JP, Roberts CJ. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic, and noncontact tonometry. *Am J Ophthalmol.* 2007;143:39-47.
9. Ortiz D, Pinero D, Shabayek MH, Arnalich-Montiel F, Alio JL. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33:1371-5.
10. Saad A, Lteif Y, Azan E, Gatinel D. Biomechanical properties of keratoconus suspect eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010;51:2912-6.
11. Hamilton K, Pye D, Hua S, Yu F, Chung J, Hou Q. The effect of contact lens induced oedema on the accuracy of Goldmann tonometry in a mature population. *Br J Ophthalmol.* 2007;91:1636-8.
12. Oh JH, Yoo C, Kim YY, Kim HM, Song JS. The effect of contact lens-induced corneal edema on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2009;247:371-5.
13. Chen D, Lam AKC, Cho P. A pilot study on the corneal biomechanical changes in short-term orthokeratology. *Ophthalmol Physiol Opt.* 2009;29:464-71.
14. Kotecha A. What Biomechanical Properties of the Cornea Are Relevant for the Clinician? *Surv Ophthalmol.* 2007;52:109-14.