

# Günlük Değişimli İki Farklı Yumuşak Kontakt Lens Kullanımının Kornea Parametreleri Üzerine Etkisi

## The Effects of Two Different Daily Wear Soft Contact Lenses on Corneal Parameters

Dr. Alparslan ŞAHİN,<sup>a</sup>  
Dr. Şaban GÖNÜL,<sup>b</sup>  
Dr. Refik OLTULU,<sup>c</sup>  
Dr. İsmail ERŞAN,<sup>d</sup>  
Dr. Mehmet ADAM,<sup>e</sup>  
Dr. Meydan TURAN,<sup>b</sup>  
Dr. Ahmet ÖZKAĞNICI,<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Göz Hastalıkları AD,  
Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Diyarbakır

<sup>b</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Beyhekim Devlet Hastanesi, Konya

<sup>c</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Kahramanmaraş Devlet Hastanesi,  
Kahramanmaraş

<sup>d</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Aksaray Devlet Hastanesi, Aksaray

<sup>e</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Bolu İzzet Baysal Devlet Hastanesi, Bolu  
<sup>f</sup>Göz Hastalıkları AD,  
Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi,  
Konya

Geliş Tarihi/Received: 24.02.2011  
Kabul Tarihi/Accepted: 23.03.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Dr. Alparslan ŞAHİN  
Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Göz Hastalıkları AD, Diyarbakır,  
TÜRKİYE/TURKEY  
dralparslansahin@gmail.com

**ÖZET Amaç:** İki farklı yumuşak kontakt lensin kornea kalınlığı, kornea hacmi ve kornea kurvatürü üzerine etkisinin araştırılmasıdır. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışma kapsamında, 28 hastanın 56 gözü prospektif olarak incelendi. Kornea topografi ölçümleri Pentacam (Oculus Inc) kullanılarak elde edildi. Grup 1'de Soflens Comfort® (Bausch & Lomb) kontakt lensleri kullanılırken, grup 2'de ise O2 Optix® (Ciba Vision) kontakt lensleri kullanıldı. Ölçümler, ilk muayene sırasında, kontakt lens kullanımının 15. günü, 30. günü ve 3. ayında gerçekleştirildi. Ölçümler, diurnal varyasyonlardan kaynaklanan değişiklikleri en az düzeye indirebilmek için saat 10:00-14:00 arasında yapıldı. **Bulgular:** Çalışma kapsamındaki tüm olgularda miyopik refraksiyon kusuru mevcuttu. Refraksiyon değerleri ortalaması grup 1 ve grup 2'de sırasıyla  $-2.81 \pm 1.75D$  ve  $-2.59 \pm 0.90D$  idi ( $p > 0.05$ ). Her iki grupta da, ortalama horizontal kornea ekseninde hafif dikleşme vardı, fakat hem gruplar içinde hem de gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p > 0.05$ ). Özellikle 15. gün ölçümünde olmak üzere ortalama kornea kalınlığı ve ortalama kornea hacminde artış saptandı. Fakat grup içinde ve gruplar arasında bu parametrelerden hiçbiri için istatistiksel açıdan anlamlı fark saptanmadı ( $p > 0.05$ ). **Sonuç:** Her iki lensin kornea kalınlığı, kornea hacmi ve kornea kurvatürü üzerine etkileri benzerdi. Günlük kullanım modalitesi ile kullanılan her iki kontakt lensin kornea topografisi üzerine etkilerinin ihmal edilebilir boyutta olduğunu söyleyebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Kornea topografisi; kontak lensler, hidrofilik; kornea

**ABSTRACT Objective:** To investigate the effects of two different soft contact lenses on corneal thickness, corneal volume and corneal curvature. **Material and Methods:** In the study, 56 eyes of 28 patients are investigated prospectively. Corneal topographic measurements were obtained by using Pentacam (Oculus Inc). Soflens Comfort® (Bausch & Lomb) contact lenses were used in group 1 and O2Optix® (Ciba Vision) contact lenses were used in group 2. The measurements were performed at the baseline examination and 15<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> days of contact lens wear. The measurements were taken between 10:00 and 14:00 to minimize the difference caused by the diurnal variations. **Results:** In the study, all patients had myopic refractive error. The mean refraction values in group 1 and group 2 were  $-2.81 \pm 1.75D$  and  $-2.59 \pm 0.90D$ , respectively ( $p > 0.05$ ). In both groups, the mean horizontal corneal axis were slightly steepened, but it was statistically insignificant between groups and within groups ( $p > 0.05$ ). The mean central corneal thickness and the mean corneal volume were increased, especially at 15<sup>th</sup> day. There was no statistically significant difference neither within the groups nor between the groups ( $p > 0.05$ ). **Conclusion:** Both lenses have similar effects on corneal thickness, corneal volume, and corneal curvature. We hypothesized that both contact lenses have a negligible effects on corneal topography in daily wear modality.

**Key Words:** Corneal topography; contact lenses, hydrophilic; cornea

Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2011;20(3):145-9

**K**ornea gözün en önemli kırıcılığa sahip dokusudur. Bu nedenle kornea şeklindeki küçük değişimler dahi gözün optik kalitesi üzerine etki edebilmektedir. Refraksiyon kusurlarının düzeltilmesinde göz-

lük kullanımından sonra en çok tercih edilen yöntem kontakt lenslerdir. Kontakt lenslerin, refraksiyon kusuru olan kişilerde görme fonksiyonunu en üst seviyeye çıkartması, daha geniş görme alanı olması, gözlük kullanımındaki gibi estetik açıdan rahatsızlık hissi vermemesi gibi avantajları vardır. Ancak temas halinde olduğu kornea üzerine mekanik ve fizyolojik etkileri söz konusudur. Ayrıca, kornea kalınlığı ve kornea kurvatür değişikliklerine neden olabilmektedir.<sup>1</sup> Sert kontakt lens kullanımı ile kornea şekil değişiklikleri literatürde bildirilmiştir.<sup>1,2</sup> Yumuşak kontakt lenslerin korneaya etkileri sert kontakt lensler kadar belirgin değildir. Yumuşak kontakt lenslere bağlı az da olsa korneal kırıcılık değişimi olduğunu bildiren yayınlar bulunmaktadır.<sup>3</sup> Yumuşak kontakt lenslerin oksijen geçirgenlik özelliklerine göre kornea ödeme ve buna bağlı olarak refraktif değişikliklere yol açtığı öne sürülmüştür. Ayrıca bazı silikon lenslerin, konvansiyonel hidrojel lenslere göre rijiditesinin fazla olması kornea kırıcılığı üzerine etkilerinin farklı olup olmadığı sorusunu akla getirmiştir.<sup>3</sup> Bu çalışmada, daha önce kontakt lens kullanmamış olgularda oksijen geçirme özellikleri farklı iki yumuşak kontakt lensin kornea kırıcılığı, kalınlığı ve hacmi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı Kontakt Lens Bölümüne lens kullanmak için ilk kez başvuran 28 olgunun 56 gözünde, oksijen geçirgenlikleri ve üretim materyalleri farklı olan iki yumuşak kontakt lens kullanımının kornea kırıcılığı, kornea hacmi, kornea kalınlığı üzerine etkileri araştırıldı. Çalışmaya katılan tüm olgulardan bilgilendirilmiş onam formu alındı. Rutin oftalmolojik muayene sonrası Pentacam® (Oculus Inc) cihazı ile kornea topografisi ölçümleri alındı. Olguların 15 gün, 30 gün ve 90 gün sonra olmak üzere kornea topografi ölçümleri tekrarlandı. Olgular kullandıkları lens cinsine göre iki gruba ayrıldı. Soflens Comfort® (Bausch & Lomb) kullanan gruptaki (grup 1) 15 olgunun 30 gözü, O<sub>2</sub> Optix® (Ciba Vision) kullanan gruptaki (grup 2) 13 olgunun 26 gözü değerlendirildi. Günlük değişim-

leri en aza indirmek için ölçümler 10.00-14.00 saatleri arasında alındı. Kontrol ölçümleri kontakt lensin çıkarılmasından hemen sonra gerçekleştirildi.

Soflens Comfort lensleri hilafilcon B adı verilen hidrojel materyalden üretilmiştir. Lensin su içeriği %59'dur. Refraktif indeksi 1.40'tır. Oksijen geçirgenliği 22'dir. Oksijen iletkenlik değeri ise 15.7'dir. Lensin temel eğrisi 8.6 mm ve santral kalınlığı ise 0.14 mm'dir. Lensin çapı 14.2 mm'dir. O<sub>2</sub> Optix lensleri, yaklaşık %33 su ve %67 lotrafilcon B'den (hidrojel içeren bir silikon) oluşmaktadır. Yüzey iyileştirilmesi, 25 nm kalınlığında yüksek refraktif indeksli plazma kaplama tekniği ile sağlanmıştır. Lensin refraktif indeksi 1.42'dir. Oksijen geçirgenliği 110'dur. Oksijen iletkenlik değeri ise 138'dir. Lens çapı 14.2 mm, santral kalınlığı 0.08 mm'dir. Lensin temel eğrisi 8.6 mm'dir.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel değerlendirmede olgulardan elde edilen sayısal veriler kodlanarak bilgisayar programına aktarıldı. İstatistiksel değerlendirme için SPSS (Statistical Package for Social Science, Worldwide Headquarters SPSS Inc.) 11.5 Windows paket programı kullanıldı. Verilerin özeti, ortalama ± standart sapma şeklinde gösterildi. İstatistiksel değerlendirmede *Wilcoxon* testi ve *Mann Whitney U* testi kullanıldı. Anlamlılık seviyesi  $p < 0.05$  olarak kabul edildi.

## BULGULAR

Çalışma kapsamında değerlendirilen hastaların yaş ortalamaları grup 1'de  $21.8 \pm 6.2$  yıl iken, grup 2'de  $21.4 \pm 3.6$  yıl idi (Tablo 1) ( $p > 0.05$ ). Çalışmamızda olguların tamamı miyopiye bağlı refraksiyon kusuru olan hastalardan oluşmakta idi. Refraksiyon değerleri ortalaması grup 1 ve grup 2'de sırasıyla  $-2.81 \pm 1.75D$  ve  $-2.59 \pm 0.90D$  idi (Tablo 1) ( $p > 0.05$ ). Grupların ortalama göz içi basıncı değerleri grup 1'de  $15.8 \pm 1.9$  mmHg iken, grup 2'de  $13.8 \pm 1.7$  mmHg idi (Tablo 1) ( $p < 0.05$ ).

Grup 1'de başlangıç, 15., 30. ve 90. gün horizontal kornea kırıcılığı değerleri sırasıyla  $42.96 \pm 1.04D$ ,  $43.02 \pm 1.03D$ ,  $43.03 \pm 1.09D$ ,  $43.03 \pm 1.05D$  iken grup 2'de sırasıyla  $42.48 \pm 1.28D$ ,  $42.51 \pm$

**TABLO 1:** Grupların demografik özellikleri, refraksiyon ve göz içi basıncı ortalamaları.

	Erkek	Kadın	Toplam	Yaş ortalaması (yıl) (ort ± SD)	Refraksiyon değerleri (D) (ort ± SD)	Göz içi basıncı (mmHg) (ort ± SD)
Grup 1	3	12	15	21.8 ± 6.2	-2.81 ± 1.75	15.8 ± 1.9
Grup 2	6	7	13	21.4 ± 3.6	-2.59 ± 0.90	13.8 ± 1.7
Toplam	9	19	28	21.6 ± 5.1	-2.74 ± 1.41	14.9 ± 2.1

1.39D, 42.57 ± 1.38D, 42.55 ± 1.38D olarak saptandı (Tüm p değerleri > 0.05). Grup 1'de başlangıç, 15., 30. ve 90. gün vertikal kornea kırıcılığı değerleri sırasıyla 44.01 ± 1.14D, 43.94 ± 1.13D, 43.96 ± 1.14D, 43.96 ± 1.19D iken grup 2'de sırasıyla 43.19 ± 1.48D, 43.14 ± 1.47D, 43.23 ± 1.51D, 43.32 ± 1.45D olarak ölçüldü (Tüm p değerleri >0.05).

Kornea hacmi ölçümleri grup 1'de sırasıyla 62.0 ± 2.5 mm<sup>3</sup>, 63.0 ± 3.3 mm<sup>3</sup>, 62.6 ± 3.4 mm<sup>3</sup>, 62.7 ± 3.4 mm<sup>3</sup> iken; grup 2'de sırasıyla 59.4 ± 3.9mm<sup>3</sup>, 59.8 ± 3.8 mm<sup>3</sup>, 59.7 ± 3.8 mm<sup>3</sup>, 59.9 ± 3.8 mm<sup>3</sup> olarak ölçüldü (Tüm p değerleri > 0.05). Santral kornea kalınlığı ölçümleri grup 1'de sırasıyla 556 ± 23 µm, 564 ± 29 µm, 561 ± 28 µm, 563 ± 30 µm iken, grup 2'de sırasıyla 537 ± 38 µm, 543 ± 37 µm, 543 ± 38 µm, 546 ± 36 µm olarak saptandı (Tüm p değerleri >0.05).

Grup 1 ve grup 2'de yer alan olguların başlangıç, 15., 30. ve 90. gün alınan korneal kırıcılık, kalınlık ve hacim değerleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı değildi (p > 0.05). Grupların korneal kırıcılık, kalınlık ve hacim ortalamaları Tablo 2'de görülmektedir.

## TARTIŞMA

Kontakt lens kullanımı kornea şekli ve fizyolojisini etkilemektedir. Son yıllarda yumuşak kontakt lens kullanım sıklığı artmaktadır. Kontakt lens kul-

lananların önemli bir kısmı uzun yıllar kontakt lens kullanımı sonrası refraktif cerrahi istediklerinden, özellikle cerrahi komplikasyonları önleyebilmek ve hasta beklentilerini karşılayabilmek için kontakt lens kullanımına bağlı kornea değişikliklerinin bilinmesinde yarar vardır.

Kornea kalınlığı, korneanın metabolik durumunun iyi bir göstergesidir.<sup>4</sup> Kontakt lens kullanımının erken dönemlerinde kornea kalınlığında artış olduğu, uzun süreli kullanımlarda ise kalınlıkta azalma olduğu bildirilmiştir.<sup>5,6</sup> Bruce ve Brennan,<sup>7</sup> önceden kontakt lens kullanmayan hastalarında, 3 ay boyunca yumuşak kontakt lensin kornea üzerine etkilerini değerlendirmiş ve kornea ödeminin birkaç gün sonra maksimum seviyeye ulaştığını ve birinci aya doğru yavaş yavaş ödemin çekilip korneanın normal kalınlık değerlerine yaklaştığını saptamışlardır. Çalışmamızda her iki grupta da benzer şekilde anlamlı olmayan kornea kalınlık artışı saptanmış ve bu durumun 3. ayda da devam ettiği görülmüştür. Grup 1'de Dk/t değeri 15.7 ve grup 2'deki Dk/t değeri 110 olmasına rağmen, kornea kalınlığında benzer oranda artış saptandı. Grup 1'deki Dk/t değeri, kornea ödemi oluşmaması için gereken minimum değer olan 23-24.1 değerinden daha düşük olmasına rağmen kalınlık değişiminin olmayışı akla diğer mekanizmaları getirmektedir. Brennan,<sup>8</sup> Dk/t değeri 200 ve

**TABLO 2:** Grupların horizontal ve vertikal kırıcılık, kornea hacmi ve santral kornea kalınlığı ortalamaları.

	Horizontal kırıcılık (D)		Vertikal kırıcılık (D)		Kornea hacmi (mm <sup>3</sup> )		Santral kornea kalınlığı (µm)	
	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2
Kontakt lens öncesi	42.96 ± 1.04	42.48 ± 1.28	44.01 ± 1.14	43.19 ± 1.48	62.0 ± 2.5	59.4 ± 3.9	556 ± 23	537 ± 38
15. gün	43.02 ± 1.03	42.51 ± 1.39	43.94 ± 1.13	43.14 ± 1.47	63.0 ± 3.3	59.8 ± 3.8	564 ± 29	543 ± 37
1. ay	43.03 ± 1.09	42.57 ± 1.38	43.96 ± 1.14	43.23 ± 1.51	62.6 ± 3.4	59.7 ± 3.8	561 ± 28	543 ± 38
3. ay	43.03 ± 1.05	42.55 ± 1.38	43.96 ± 1.19	43.32 ± 1.45	62.7 ± 3.4	59.9 ± 3.8	563 ± 30	546 ± 36

Dk/t değeri 20 olan iki kontakt lensin açık gözdeki oksijen basınç profillerini karşılaştırmıştır. Bu Dk/t farklılığına rağmen yüksek Dk/t değeri olan lensin %20 daha fazla oksijen geçişine izin verdiğini saptamış, ancak buna karşın her iki lens kullanımı ile korneanın toplam oksijen tüketiminin aynı olduğunu tespit etmiştir.

Santral kornea kalınlığı korneanın ödem yanıtının takibinde kullanılmakta olup, sadece 1 noktadan kalınlık ölçüm değeri vermektedir.<sup>9</sup> Kornea hacmi ise korneanın tamamının ödem yanıtını göstermektedir. Bu nedenle kornea kalınlık değişimlerinin yanında kornea hacim değişimlerinin de bir parametre olarak kullanılması, yalnızca santral kornea kalınlığı ölçümüne göre korneanın ödem yanıtı hakkında daha kapsamlı bilgi sağladığı bildirilmiştir.<sup>10</sup> Çalışmamızda kornea hacim değişimleri kornea kalınlık değişimleri ile paralel şekilde artmakta idi, ancak yine bu artış da istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Kontakt lens kullanımı esnasında korneanın fonksiyonlarının devamı için kontakt lens materyalinin atmosferden korneaya yeteri kadar oksijen geçirgenliğine sahip olması gerekmektedir.<sup>11</sup> Korneanın oksijenlenmesinin yetersiz oluşuna verdiği en belirgin klinik yanıt korneanın kalınlaşmasıdır.<sup>12</sup> Günlük kullanımda kornea ödeminin olmaması için kullanılan kontakt lensin DK/t değerinin en az 23-24.1 olması gerektiği bildirilmiştir.<sup>13,14</sup> Çalışmamızdaki lenslerin Dk/t değerleri grup 1'de 15.7 ve grup 2'de 110 olmasına rağmen iki kontakt lensin kornea kalınlığı değişimi üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildi.

Konvansiyonel hidrojel lenslerin önemli kısmının Dk/t değeri eşik değer kabul edilen 23-24.1 civarında olmasına karşın, yüksek Dk/t değerleri olan yeni nesil silikon hidrojel lenslerle kıyaslandığında bu lenslerin kullanımı ile anlamlı kornea ödemi saptanmamıştır. Bu durum, konvansiyonel hidrojel lenslerin kullanımında korneanın metabolik oksijen ihtiyacının bir kısmının da limbal damarlardan karşılanıyor olması ile izah edilebilir. Zira düşük Dk/t değeri olan lenslerin limbal hipe-remi yanıtı daha belirgin olmaktadır.<sup>15</sup>

Yumuşak kontakt lenslerin kornea şekli ve metabolizması üzerine etkileri konusunda farklı görüş ve hipotezler mevcuttur. Kontakt lens kullanımı ile kornea epitelinin oksijenizasyonundaki yetersizliğe bağlı olarak kornea hipoksisi gelişebilmektedir. Bu durumda anaerobik metabolizma artışı olmakta, epitelde ve stromada laktat birikiminin ozmotik etkisine bağlı olarak kornea ödemi görülmektedir.<sup>16</sup> Kornea stroması ise metabolik olarak düşük oksijen ihtiyacı olan bir doku olmasına rağmen, hipoksinin yol açtığı kornea ödemi en belirgin bir şekilde stromal kalınlık artışı ile kendini belli etmektedir.<sup>12,17</sup>

Ayrıca, kontakt lensin mekanik etkisine veya lens epitelindeki sitokrom p-450 araziidonat metabolizmasının etkilenecek Na-K ATPaz pompasının inhibe olmasına bağlı olarak kornea ödeminin oluştuğu öne sürülmüştür.<sup>18,19</sup> Uzun süre kontakt lens kullanımında kornea endotelinde morfolojik değişiklikler olduğu, ancak endotel fonksiyonlarının etkilenmediği bildirilmiştir.<sup>20</sup>

Buna karşın yumuşak kontakt lens kullanımı ile korneanın yapısında ve fizyolojisinde değişim olmadığını iddia eden yayınlar da bulunmaktadır.<sup>15,21,22</sup> Covey ve ark.<sup>21</sup> uzun süreli değişimli yumuşak kontakt lens kullanımında dahi hipoksinin indüklediği fizyolojik değişikliklerin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu öne sürmüşlerdir. Bir diğer çalışmada ise hem uzun süreli replasmanlı hem de günlük değişimli yumuşak kontakt lens kullanımının ön segmentteki hipoksiye bağlı etkilerinin minimal olduğu belirtilmiştir.<sup>22</sup>

Gonzalez-Meijome ve ark.<sup>23</sup> yumuşak kontakt lens kullanımına bağlı oluşan kırıcılık değişimlerinin, kornea hipoksisinden ziyade lens materyali ile kornea dokusu arasındaki mekanik etkileşimlere bağlı olduğunu öne sürmüşlerdir. Kornea kırıcılığı üzerindeki silikon hidrojel lenslerin korneaya uyguladığı basınca bağlı olarak kornea dokusunun yeniden düzenlenmesine ve konvansiyonel hidrojel lenslerde ise hipoksi ile ilişkili olarak korneal incelmeyle ilgili olabileceği hipotezi öne sürülmüştür.<sup>24</sup>

Bazı silikon hidrojel lensler, konvansiyonel hidrojel lenslere göre daha yüksek rijiditeye sahip

olduklarından<sup>25</sup> silikon hidrojel lens olan O<sub>2</sub> optix'in kornea kırıcılığı üzerine farklı etki edebileceğini düşünmekte idik. Ancak çalışmamız sonucunda kornea kırıcılık değişimleri her iki grupta benzer idi (p > 0.05). Buna karşın yukarıda bahsedilen hipotezlerde olduğu gibi kırıcılık değişiminde lensin rijiditesinin yanında, korneanın kalınlığının artışı ve bazı metabolitlerin birikimi gibi çeşitli faktörlerin de etkili olabileceği akıldadır.

Bu çalışmanın kısıtlılıkları arasında hasta sayısının az olması ve kısa izlem süreleri yer almaktadır. Yumuşak kontakt lenslerin kornea üzerine etkilerinin daha net ortaya konabilmesi için, geniş

kapsamlı ve daha uzun süreli izlemli çalışmalar yapılması hem çalışmanın gücünü arttıracak hem de çok az miktardaki değişimlerin tespit edilmesine imkan tanıyacaktır. Çalışmamızda kullanılan her iki tip kontakt lensin 3 aylık kullanımı sonucunda kornea kırıcılığı, hacmi ve merkezi kornea kalınlığı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etki saptanmamıştır. Sonuç olarak, kontakt lens kullanıcılarının refraktif kornea cerrahisi için muhtemel aday olmaları nedeniyle, kullandıkları lens türüne göre meydana gelen kornea değişikliklerinin bilinmesi, refraktif cerrahi sonrası oluşabilecek komplikasyonların en az seviyeye indirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Liu Z, Pflugfelder SC. The effects of long-term contact lens wear on corneal thickness, curvature, and surface regularity. *Ophthalmology* 2000;107(1):105-11.
- Ruiz-Montenegro J, Mafra CH, Wilson SE, Jumper JM, Klyce SD, Mendelson EN. Corneal topographic alterations in normal contact lens wearers. *Ophthalmology* 1993; 100 (1):128-34.
- Alba-Bueno F, Beltran-Masgoret A, Sanjuan C, Biarnes M, Marin J. Corneal shape changes induced by first and second generation silicone hydrogel contact lenses in daily wear. *Cont Lens Anterior Eye* 2009;32(2):88-92.
- Damji KF, Muni RH, Munger RM. Influence of corneal variables on accuracy of intraocular pressure measurement. *J Glaucoma* 2003;12 (1):69-80.
- Yeniad B, Yiğit B, İşsever H. Effects of contact lenses on corneal thickness and corneal curvature during usage. *Eye Contact Lens* 2003;29(4):223-9.
- Kaluzny JJ, Orzalkiewicz A, Czajkowski G. Changes of corneal thickness in patients wearing frequent-replacement contact lenses. *Eye Contact Lens* 2003;29(1):23-6.
- Bruce AS, Brennan NA. Comparison of clinical diagnostic tests in hydrogel extended wear. *Optom Vis Sci* 1994;71(2):98-103.
- Brennan NA. Beyond flux: Total corneal oxygen consumption as an index of corneal oxygenation during contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2005;82(6):467-72.
- Lu F, Xu S, Qu J, Shen M, Wang X, Fang H, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure. *Am J Ophthalmol* 2007;143(4):616-22.
- Lam AK, Wong YZ, Cheng SY. Corneal volume measures for monitoring contact lens induced corneal swelling: a pilot study. *Clin Exp Optom* 2011;94(1):93-7.
- Chhabra M, Prausnitz JM, Radke CJ. Modeling corneal metabolism and oxygen transport during contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2009;86(5):454-66.
- Holden BA, Sweeney DF, Vannas A, Nilsson KT, Efron N. Effects of long term extended contact lens wear on human cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26(11):1489-501.
- Holden BA, Mertz GW. Critical oxygen levels to avoid corneal edema for daily and extended wear contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25(10):1161-7.
- Harvitt DM, Bonanno JA. Re-evaluation of the oxygen diffusion model for predicting minimum contact lens Dk/t values needed to avoid corneal anoxia. *Optom Vis Sci* 1999;76(10): 712-9.
- Dumbleton KA, Chalmers RL, Richter DB, Fonn D. Vascular response to extended wear of hydrogel lenses with high and low oxygen permeability. *Optom Vis Sci* 2001;78(3):147-51.
- Bonanne JA, Polse KA. Corneal acidosis during contact lens wear, effects of hypoxia and CO<sub>2</sub>. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28(9): 1514-20.
- Klyce SD. Stromal lactate accumulation can account for corneal oedema osmotically following epithelial hypoxia in the rabbit. *J Physiol* 1981;321:49-64.
- Ichijima H, Imayasu M, Tanaka H, Ren DH, Cavanagh HD. Effects of RGP lens extended wear on glucose-lactate metabolism and stromal swelling in rabbit cornea. *CLAO J* 2000;26(1):30-6.
- Davis KL, Conner MS, Dunn MV, Schwartzman ML. Inhibition of corneal epithelial cytochrome p-450 arachidonate metabolism by contact lens wear. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33(2):291-7.
- Bourne WM, Hodge DO, Mc Laren JW. Estimation of corneal endothelial pump function in long term contact lens wearers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40(3):603-11.
- Covey M, Sweeney DF, Terry R, Sankaridurg PR, Holden BA. Hypoxic effects on the anterior eye of high-Dk soft contact lens wearers are negligible. *Optom Vis Sci* 2001;78(2):95-9.
- Nilsson SE. Seven-day extended wear and 30-day continuous wear of high oxygen transmissibility soft silicone hydrogel contact lenses: a randomized 1-year study of 504 patients. *CLAO J* 2001;27(3):125-36.
- Gonzalez-Meijome JM, Gonzalez-Perez J, Cervino A, Yebra-Pimentel E, Parafita MA. Changes in corneal structure with continuous wear of high-Dk soft contact lenses: a pilot study. *Optom Vis Sci* 2003;80(6):440-6.
- Jalbert I, Stretton S, Naduvilath T, Holden B, Keay L, Sweeney D. Changes in myopia with low-Dk hydrogel and high-Dk silicone hydrogel extended wear. *Optom Vis Sci* 2004;81(8): 591-6.
- Fonn D, Dumbleton K, Jones L, du Toit R, Sweeney D. Silicone hydrogel material and surface properties. *Contact Lens Spectrum* 2002;17(1):24-8.