



Unilateral Keratokonusu Diğer Gözün Topografi ve Yüksek Seviyeli Kornea Aberasyonları

Topography and Higher Order Corneal Aberrations of the Fellow Eye in Unilateral Keratoconus

Sibel Aksoy*, Sezen Akkaya*, Yelda Özkurt*, Sevda Kurna*, Banu Açıklın*, Tomris Şengör**

*Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

**Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Unilateral keratokonusu olan hastaların normal gözlerinin topografi indisleri ve korneal yüksek seviyeli aberasyonlarını (YSA), keratokonuslu diğer göz ve kontrol grubuyla karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Yüz doksan altı keratokonuslu olgunun kayıtları retrospektif olarak incelendi. Bir gözünde keratokonusu olup diğer gözünde klinik ve topografik olarak keratokonus bulgusu saptanmayan 20 olgu unilateral keratokonus olarak tanımlandı. Bu olguların normal gözlerinin en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK), topografi indisleri ve YSA verileri, keratokonuslu diğer göz ve kontrol grubuyla karşılaştırıldı. İstatistiksel analiz için K1, K2, ortalama kornea gücü, silindirik güç, yüzey düzenlilik indeksi (SRI), yüzey asimetri indeksi (SAI), inferior-superior oranı (I-S), keratokonus tahmin indeksi, elevasyon-depresyon gücü (EDP) ve elevasyon-depresyon çapı (EDD) topografi indisleri seçildi.

Bulgular: Yaş ortalaması unilateral keratokonuslu olgularda $26,05 \pm 4,73$ yıl, kontrol grubunda $23,6 \pm 8,53$ yıldır ($p > 0,05$). Normal gözler ve kontrol grubu arasında EİDGK açısından fark saptanmazken ($p = 0,108$), keratokonuslu gözlerde EİDGK belirgin olarak düşüktü ($p = 0,001$). Gruplar topografik indisler açısından karşılaştırıldığında normal gözlerde I-S oranı dışında tüm indisler kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksekti ($p < 0,05$), en belirgin fark SRI, SAI, EDP ve EDD değerlerindedir. Keratokonus grubunda ise tüm topografik indisler karşı normal gözlerle göre yüksek bulundu ($p < 0,05$). Sferik aberasyon açısından normal ve kontrol grupları arasında fark yokken koma, trefoil, irregüler astigmatizma ve toplam YSA değerleri normal grupta istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p < 0,05$). Keratokonus grubunda ise tüm YSA değerleri karşı normal gözlerle göre yüksekti ($p < 0,05$).

Sonuç: Çalışmamıza göre unilateral keratokonusu olan gözlerin SRI, SAI, EDP, EDD değerleri ve sferik aberasyon dışındaki YSA değerleri normal bireylere göre yüksek bulunmuştur. Bu durum, hastalığın subklinik evredeyken asimetri ve morfolojik değişikliklerinin hafif olması, korneada irregülerite ve elevasyon değişikliklerini saptayan indikatörlerde bozulmaya yol açmasından kaynaklanabilir. Bu bakımdan bu gözler hastalığın erken formu olabilir.

Anahtar Kelimeler: Kornea aberasyonları, topografi, unilateral keratokonus

Abstract

Objectives: Comparison of topography and corneal higher order aberrations (HOA) data of fellow normal eyes of unilateral keratoconus patients with keratoconus eyes and control group.

Materials and Methods: The records of 196 patients with keratoconus were reviewed. Twenty patients were identified as unilateral keratoconus. The best corrected visual acuity (BCVA), topography and aberration data of the unilateral keratoconus patients' normal eyes were compared with their contralateral keratoconus eyes and with control group eyes. For statistical analysis, flat and steep keratometry values, average corneal power, cylindrical power, surface regularity index (SRI), surface asymmetry index (SAI), inferior-superior ratio (I-S), keratoconus prediction index, and elevation-depression power (EDP) and diameter (EDD) topography indices were selected.

Results: Mean age of the unilateral keratoconus patients was 26.05 ± 4.73 years and that of the control group was 23.6 ± 8.53 years ($p > 0.05$). There was no statistical difference in BCVA between normal and control eyes ($p = 0.108$), whereas BCVA values were significantly lower in eyes with keratoconus ($p = 0.001$). Comparison of quantitative topographic indices between the groups showed that all indices except the I-S ratio were significantly higher in the normal group than in the control group ($p < 0.05$). The most obvious differences were in the SRI, SAI, EDP, and EDD values. All topographic indices were higher in the keratoconus eyes compared to the

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Sibel Aksoy, Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

Tel.: +90 544 381 98 25 E-posta: sibelaksoydm@gmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0003-1395-6207

Geliş Tarihi/Received: 19.07.2016 **Kabul Tarihi/Accepted:** 23.02.2017

©Telif Hakkı 2017 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

normal fellow eyes. There was no difference between normal eyes and the control group in terms of spherical aberration, while coma, trefoil, irregular astigmatism, and total HOA values were higher in the normal eyes of unilateral keratoconus patients ($p<0.05$). All HOA values were higher in keratoconus eyes than in the control group.

Conclusion: According to our study, SRI, SAI, EDP, EDD values, and HOA other than spherical aberration were higher in the clinically and topographically normal fellow eyes of unilateral keratoconus patients when compared to a control group. This finding may be due to the mild asymmetric and morphologic changes in the subclinical stage of keratoconus leading to deterioration in the indicators of corneal irregularity and elevation changes. Therefore, these eyes may be exhibiting the early form of the disease.

Keywords: Corneal aberrations, topography, unilateral keratoconus

Giriş

Keratokonus, genellikle bilateral ve asimetric tutulum gösteren, enflamatuvar olmayan bir kornea hastalığıdır. Kornea stromasında incelmeye, kornea ektazisi, irregüler astigmatizma ve görmede azalmaya sebep olmaktadır.^{1,2} Hastalığın progresif seyri zaman içinde her iki gözü de etkilemektedir, ancak başlangıçta yalnızca bir göz etkilenmiş olabilir. Gerçek unilateral keratokonus sıklığı bilgisayarlı videokeratografi kullanılmış çalışmalarda %0,5-4 arasında değişen oranlarda,^{3,4,5,6} kesit tarayıcı kornea topografisinin (Orbscan 2) kullanıldığı daha güncel bir çalışmada ise %4,5 oranında bildirilmiştir.⁷ Holland ve ark.⁵ unilateral keratokonusta olgularının normal olduğu düşünülen gözlerinde 4 yıl sonra keratokonus bulgularının geliştiğini bildirmiş, Li ve ark.'nın⁸ çalışmasında 16 yıl içinde olguların %50'sinde keratokonus gelişmiştir. Buna göre unilateral keratokonusta hastalarda klinik ve topografik patern olarak normal olan gözlerin subklinik keratokonus olduğu düşünülebilir. Orta ve ileri evre keratokonusta klasik klinik ve topografik bulgular nedeniyle tanı koymak kolay iken görme keskinliği normal olan ve klinik bulguları bulunmayan subklinik keratokonusta tanımlayıcı kriterlerin bulunmaması tanı koymayı zorlaştırmaktadır. Bu durum özellikle refraktif cerrahi öncesi muayenelerde önemlidir, refraktif cerrahi öncesi saptanamamış korneanın ektazik bozuklukları progresif keratektaziyle sonuçlanabilmektedir. Placido disk tabanlı kornea topografisi keratokonus tanısında sık kullanılan cihazlardan biridir. Keratokonik kornea topografisinin normalden farkını saptayan çok sayıda sayısal topografik indis geliştirilmiştir, bu indislerin keratokonusta tanısını koymada yüksek duyarlılık ve özgüllükleri vardır.^{8,9,10,11}

Kornea ön yüzü gözün en önemli refraktif elemanıdır ve yüksek seviyeli kornea aberasyonları keratokonusta kornealarda normal kornealara göre belirgin olarak fazladır. Keratokonusta tanısında kornea topografisi ile kornea wavefront aberasyonlarının birlikte değerlendirilmesinin hastalığın varlığını saptamada daha başarılı olabileceği bildirilmiştir.^{12,13}

Bu çalışmanın amacı, unilateral keratokonusta olgularda normal olduğu düşünülen gözlerin kantitatif topografi indislerini ve korneal yüksek seviyeli aberasyon (YSA) verilerini incelemek, bunları keratokonusta diğer göz ve sağlıklı bireylerin normal gözleriyle karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

2008-2015 yılları arasında kliniğimizin kornea-kontakt lens biriminde keratokonus tanısı almış olan 196 hastanın 392

gözüne ait kayıtlar retrospektif olarak incelendi. Bir gözünde klinik ve topografik olarak keratokonusta olan ve diğer gözünde klinik ve topografik olarak keratokonusta bulgusu saptanmayan 20 hasta unilateral keratokonus ve karşı normal olduğu düşünülen gözler olarak 2 gruba ayrıldı. Her bir hastanın keratokonus tanısı refraksiyon muayenesi, biyomikroskopik ön segment muayenesi ve kornea topografisinin birlikte değerlendirilmesi ile konulmuştu. Bu hastaların normal olan gözlerinde, keratometrik astigmatizma 1,5 diyoptri (D) altında, dik keratometri değeri 47 D'nin altındaydı, topografide asimetric papyon paterni, aksta kayma veya lokalize dikleşme gibi keratokonusta paterni yoktu. Kontrol grubu olarak refraksiyon kusuru dışında oküler patolojisi bulunmayan yaş uyumlu 20 normal bireyin sağ gözleri alındı. Geçirilmiş oküler cerrahi hikayesi ve eşlik eden oküler patolojisi olan hastalar çalışma kapsamı dışında tutuldu.

Tüm hastaların Snellen eşeli ile elde edilmiş en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK), kornea topografisi ve korneal YSA verileri kaydedildi. Kornea topografisi ve kornea aberasyon ölçüm sonuçları Placido disk tabanlı NIDEK Magellan Mapper (NIDEK Technologies Srl, Padova-İtalya) topografi sistemi veri tabanından elde edildi. İstatistiksel analiz için düz keratometri (K1), dik keratometri (K2), ortalama kornea gücü (ACP), silindirik güç (CYL), yüzey düzensizlik indeksi (SRI), yüzey asimetric indeksi (SAI), inferior-superior oranı (I-S), keratokonusta tahmin indeksi (KPI), elevasyon depresyon gücü (EDP) ve elevasyon depresyon çapı (EDD) topografi indisleri seçildi. Karşı normal gözlerle ait EİDGK, kantitatif topografi indisleri ve yüksek seviyeli aberasyonların kök kare ortalama (RMS) değerleri, keratokonusta gözler ve kontrol grubuyla karşılaştırıldı.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007&PASS (Power Analysis and Sample Size) 2008 Statistical Software (Utah, ABD) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma, ortanca) yanısıra normal dağılım gösteren parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında bağımsız örneklem t-testi; normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Mann-Whitney U test kullanıldı. Sonuçlar %95'lik güven aralığında, anlamlılık $p<0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

Bulgular

Olgu grubumuzda unilateral keratokonusta oranı %11,2 olarak bulundu. Unilateral keratokonusta olan 20 hastanın yaş ortalaması $26,05\pm4,73$ yıl, kontrol grubunu oluşturan 20 olgunun yaş

ortalaması ise $23,60 \pm 8,53$ olarak saptandı, gruplara göre ortalama yaşlar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p > 0,05$). EİDGK, keratokonus grubunda 0,47 iken normal gözlerde 0,97, kontrol grubunda 1,0 düzeyindeydi. Normal gözler ve kontrol gruplarının ortalama K1, K2, ACP ve CYL ölçüm değerleri birbirine yakın olmasına rağmen normal grubunda değerler kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p < 0,01$). Keratokonus grubunda karşı normal gözlerle göre K1, K2, ACP ve CYL değerleri anlamlı düzeyde yüksekti ($p < 0,01$).

Gruplar topografi indisleri açısından karşılaştırıldığında normal ve kontrol grupları arasında I-S oranı açısından fark saptanmazken ($p = 0,314$), SRI, SAI, KPI, EDP ve EDD değerleri normal grupta kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p < 0,01$). Keratokonus grubunda ise tüm topografik indisler normal gruba göre anlamlı düzeyde yüksekti ($p < 0,01$). Grupların EİDGK, K1, K2, ACP, CYL, I-S, SRI, SAI, KPI, EDP ve EDD değerleri Tablo 1’de, istatistiksel anlamlılık düzeyleri Tablo 2’de verilmiştir.

Gruplar kornea aberasyonları açısından değerlendirildiğinde normal grubu ve kontrol grubu arasında sferik aberasyonun RMS değerlerinde farklılık saptanmazken ($p = 0,429$) koma, trefoil, irregüler astigmatizma ve toplam YSA RMS değerleri normal grupta anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p < 0,01$). Keratokonus grubunda ise tüm kornea aberasyonları normal grubuna göre anlamlı düzeyde yüksekti ($p < 0,05$). Tüm olguların yüksek seviyeli kornea aberasyon değerleri Tablo 3’te, istatistiksel olarak anlamlılık düzeyleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tartışma

Kornea topografisi keratokonus tanısında altın standarttır. Keratokonusun topografik paternini saptayan, bilgisayar destekli videokeratoplardan geliştirilmiş çeşitli kantitatif topografi indeksleri vardır. KPI, I-S indeksi, % KISA indeksi, SARX (radial aksta kayma) indeksi bunlardan bazılarıdır ve

bu indekslerin keratokonus tanısını koymada oldukça yüksek duyarlılıkları vardır.^{11,14} Her biri genellikle bir topografi cihazına özgüdür. Çalışmamızda kullanılan kornea topografi cihazı NIDEK Magellan Mapper yazılımı I-S indeksi ve KPI dışında yüzey asimetrisi ve elevasyon değişiklikleri hakkında bilgi veren indisler içermektedir. Literatürdeki birçok çalışmada olduğu gibi çalışmamızda da keratokonus grubunda, tüm indislerin ortalama değerleri karşı normal gözlerle ve kontrol grubuna göre belirgin olarak yüksek bulunmuştur.^{11,13}

Tablo 2. En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, K1, K2, ortalama kornea gücü, silindirik gücü, inferior-superior oranı, yüzey düzenlilik indeksi, yüzey asimetri indeksi, keratokonus tahmin indeksi, elevasyon depresyon gücü ve elevasyon depresyon çapıverilerinin karşılaştırılması

	Normal-kontrol p değeri	Normal-keratokonus p değeri
EİDGK	^b 0,108	^b 0,001**
K1	^a 0,003**	^a 0,001**
K2	^a 0,019*	^a 0,001**
ACP	^a 0,007**	^a 0,001**
CYL	^b 0,006**	^b 0,001**
I-S	^b 0,314	^b 0,001**
SRI	^b 0,001**	^b 0,001**
SAI	^b 0,001**	^b 0,001**
KPI	^a 0,004**	^a 0,001**
EDP	^b 0,001**	^b 0,001**
EDD	^b 0,001**	^b 0,001**

*Student-t testi, ^bMann-Whitney U testi, ** $p < 0,01$

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, K1: Düz keratometri, K2: Dik keratometri, ACP: Ortalama kornea gücü, CYL: Silindirik gücü, I-S: Inferior-superior oranı, SRI: Yüzey düzenlilik indeksi, SAI: Yüzey asimetri indeksi, KPI: Keratokonus tahmin indeksi, EDP: Elevasyon depresyon gücü, EDD: Elevasyon depresyon çapı

Tablo 1. En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, K1, K2, ortalama kornea gücü, silindirik gücü, inferior-superior oranı, yüzey düzenlilik indeksi, yüzey asimetri indeksi, keratokonus tahmin indeksi, elevasyon depresyon gücü ve elevasyon depresyon çapı ölçüm değerleri

	Kontrol (n=20) Ortalama $\pm$ SS (ortanca)	Normal (n=20) Ortalama $\pm$ SS (ortanca)	Keratokonus (n=20) Ortalama $\pm$ SS (ortanca)
EİDGK	1,00 $\pm$ 0,00 (1,00)	0,97 $\pm$ 0,05 (1,00)	0,46 $\pm$ 0,13 (0,45)
K1 (D)	43,44 $\pm$ 1,01	44,78 $\pm$ 1,60	50,78 $\pm$ 3,97
K2 (D)	42,77 $\pm$ 0,91	43,72 $\pm$ 1,46	46,65 $\pm$ 2,94
ACP (D)	43,06 $\pm$ 0,96	44,23 $\pm$ 1,56	48,20 $\pm$ 3,44
CYL (D)	0,67 $\pm$ 0,42 (0,53)	1,15 $\pm$ 0,50 (1,12)	4,15 $\pm$ 1,98 (3,92)
I-S	0,35 $\pm$ 0,19 (0,33)	0,76 $\pm$ 0,84 (0,52)	4,24 $\pm$ 2,41 (3,32)
SRI	0,24 $\pm$ 0,24 (0,22)	0,55 $\pm$ 0,20 (0,57)	1,23 $\pm$ 0,38 (1,32)
SAI	0,33 $\pm$ 0,07 (0,31)	0,52 $\pm$ 0,23 (0,48)	1,94 $\pm$ 1,17 (1,58)
KPI	0,20 $\pm$ 0,008	0,21 $\pm$ 0,017	0,33 $\pm$ 0,10
EDP (D)	0,11 $\pm$ 0,33 (0,00)	0,97 $\pm$ 0,63 (1,11)	2,78 $\pm$ 1,21 (2,65)
EDD (mm)	0,003 $\pm$ 0,015 (0,00)	0,77 $\pm$ 1,23 (0,14)	11,06 $\pm$ 6,02 (10,26)

SS: Standart sapma, EİDGK: En iyi düzeltilmiş görme keskinliği, K1: Düz keratometri, K2: Dik keratometri, D: Dioptri, ACP: Ortalama kornea gücü, CYL: Silindirik gücü, I-S: Inferior-superior oranı, SRI: Yüzey düzenlilik indeksi, SAI: Yüzey asimetri indeksi, KPI: Keratokonus tahmin indeksi, EDP: Elevasyon depresyon gücü, EDD: Elevasyon depresyon çapı

Tablo 3. Yüksek seviyeli kornea aberasyonlarının gruplara göre dağılımı

	Kontrol (n=20)	Normal (n=20)	Keratokonus (n=20)
	Ortalama ± SS (ortanca)	Ortalama ± SS (ortanca)	Ortalama ± SS (ortanca)
SA (µm)	0,12±0,06 (0,14)	0,23±0,35 (0,15)	1,05±1,31 (0,77)
Coma (µm)	0,13±0,06 (0,11)	0,26±0,19 (0,20)	0,86±0,48 (0,76)
Trefoil (µm)	0,11±0,06 (0,10)	0,21±0,10 (0,21)	0,46±0,23 (0,36)
İrregüler (µm)	0,11±0,04 (0,11)	0,27±0,13 (0,26)	1,75±1,58 (1,23)
Toplam (µm)	0,25±0,07 (0,24)	0,51±0,28 (0,41)	2,36±2,02 (1,76)

SS: Standart sapma, SA: Sferik aberasyon

I-S indeksi, Rabinowitz ve McDonnell¹⁴ tarafından geliştirilmiştir, korneanın inferior ve superior bölümü arasındaki dioptrik güç farkını saptamaktadır. Normal kornealarda 1,4'ün altındadır. Hasta 1,4'ün üzerindeki değerlere sahipse şüpheli keratokonus, 1,9'un üstündeki değerlerde diğer klinik bulgulara var ise keratokonus olarak sınıflandırılır. Maksimum I-S değerlerine desantralize konlarda ulaşılmaktadır, apeks görme aksından ne kadar fazla yer değiştirmişse o kadar yükselmekte, santral konlarda normale yakın çıkabilmektedir.¹⁴ Çalışmamızda ortalama I-S değeri, normal gözlerde kontrol grubuna göre 2 kat yüksek olmasına rağmen 1,4'ün altında bulunmuştur. Tummanapalli ve ark.'nın¹⁵ çalışmasında subklinik keratokonuslu olgularda 0,52 saptanan I-S değeri normal olgulara göre 2,6 kat yüksek bulunmuş, keratokonusu normalden ayırmada düşük özgülük ve duyarlılığa sahip bir indikatör olduğu belirtilmiştir. Bu durumun subklinik keratokonusa inferior ve superior bölgeler arasındaki dioptrik güç farkının henüz belirginleşmemesi nedeniyle oluştuğunu düşünmekteyiz. Diğer yandan I-S oranı Gordon-Shaag ve ark.'nın¹³ çalışmasında subklinik keratokonus olgularında normal olgulara göre 9,4 kat yüksek iken, Rabinowitz ve ark.'nın¹⁶ çalışmasında 5,4 kat yüksek bulunmuştur. İlk çalışmada 21 subklinik keratokonuslu olgu simetrik papyon paterninde astigmatizması olup, KCI değeri %35'in üstünde olan ve başka keratokonus bulgusu olmayan hastalardan, ikinci çalışmada 16 subklinik keratokonuslu olgu K değeri 47 D'nin altında ancak inferior dikleşmesi olan hastalardan oluşmuştur. Bu olgular bizim olgularımıza göre daha belirgin asimetrik özellikler göstermektedir.

SRI, santral kornea gücündeki lokal fluktuasyonları gösterir, potansiyel görme keskinliği ile koreledir. SRI değerleri yüksek ise giriş pupili boyunca kornea yüzey düzensizliğinden söz edilebilir. Normal değerleri 0-0,56 aralığındadır.^{9,14,17} Çalışmamızda ortalama SRI değeri normal grupta 0,55 olmasına rağmen kontrol gözlerle göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. SAI, tüm kornea yüzeyi boyunca yansıyan her halkadaki kornea güç farkını ölçer, irregüler astigmatizma arttıkça ve desantralize kon dikleştikçe artar. Normal değerleri 0,10-0,42 aralığındadır.^{9,14,17} Çalışmamızda ortalama SAI değeri normal olgu grubunda 0,52, kontrol grubunda 0,33 bulunmuştur. Literatürde Placido disk tabanlı topografi kullanarak SRI ve SAI indislerini subklinik keratokonus ve normal olgular arasında karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Lim ve ark.'nın¹¹ çalışmasında keratokonus ve subklinik keratokonuslu olgular

Tablo 4. Yüksek seviyeli kornea aberasyonlarının gruplararası karşılaştırılması

	Normal-kontrol	Normal-keratokonus
	P	P
SA	^b 0,429	^b 0,001**
Coma	^b 0,001**	^b 0,001**
Trefoil	^b 0,001**	^b 0,001**
İrregüler	^b 0,001**	^a 0,001**
Toplam	^b 0,001**	^b 0,001**

^aStudent-t testi, ^bMann-Whitney U testi, **p<0,01

SA: Sferik aberasyon

Placido disk tabanlı topografi (Tomey TMS-2) ile topografi indisleri açısından karşılaştırıldığında, subklinik keratokonuslu hastalarda ortalama SRI 0,7, ortalama SAI 1,04 bulunmuştur. Aynı çalışmada kesit tarayıcı topografi (Orbscan 2) ile subklinik keratokonuslu ve normal olgular karşılaştırıldığında 3 mm ve 5 mm yüzey irregülerite indisleri subklinik keratokonus grubunda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada subklinik keratokonus grubu topografide santral, inferior veya superior dikleşme ile birlikte 1,5 D'den fazla oblik astigmatizma, 500 µm'nin altında santral kornea kalınlığı, 47 D'den fazla dik keratometri değeri olan ve biyomikroskopik bulgusu bulunmayan hastalardan oluşurken bizim normal karşı göz grubumuzda ortalama keratometri değeri 44,23 D idi ve topografide keratokonus düşündürecek bulgu yoktu. Benzer şekilde Tummanapalli ve ark.'nın¹⁵ çalışmasında Orbscan 2 ile anterior ve posterior 3 ve 5 mm yüzey irregülerite indisleri subklinik keratokonus grubunda normal olgulara göre belirgin yüksek bulunmuştur. Bu çalışmaların sonucundan da yola çıkarak SRI ve SAI indislerinin subklinik keratokonus tanısında önemli indikatörler olduğunu söyleyebiliriz.

KPI, diagnostik potansiyelini artırmak üzere SimK1, SimK2, OSI, CSI, DSI, SAI, IAI and AA indislerinin tamamının çok değişkenli analizi ile geliştirilmiştir. Kompozit bir indeks olduğundan kornea asimetrisini saptamada en duyarlı indikatör olduğu düşünülebilir. Normal kornealarda 0,225'in altındadır.¹⁴ Smolek ve Klyce¹⁰ orta ve ileri seviye keratokonusu ayırmada KPI değerlerinin yeterli olmadığını, asimetrik hastalığın derecesini saptamada sınırlı yerinin olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda normal olgu grubunda ortalama KPI değeri normal

sınırlardaydı, ancak kontrol olgu grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu. Lim ve ark.'nın¹¹ çalışmasında subklinik keratokonusu ortalama KPI 0,27 bulundu ancak bu olgular topografide erken evre keratokonus düşündürecek bulgulara sahipti. Bizim olgu grubumuzda I-S değerinde olduğu gibi KPI değerlerinde de eşik değerin aşılmasını sağlayacak asimetrik özellikler yoktu. Bu bakımdan subklinik keratokonuslu olguları normal gözlerden ayırmada I-S ve KPI indisleri tek başlarına yeterli değildir.

EDP, pupil zonu içerisindeki korneanın yükselti ve alçaltılardaki ortalama gücünü hesaplar. Birimi dioptridir. Fotorefraktif keratektomi sonrası santral adacık bölgesini değerlendirebilir. EDD, bu alanın iki karekökünün pi sayısına bölünmesi ile elde edilir, eşdeğer çaptır, birimi milimetredir. Keratokonusu, greftlerde ve astigmatlı normal kornealarda anormal EDP ve EDD değerleri görülebilir.⁹ Çalışmamızda normal karşı göz grubunda kontrol grubuna göre anlamlı yüksek EDP ve EDD değerleri bulunmuştur. Kullandığımız topografi cihazı yalnızca ön elevasyon bilgilerini vermektedir ve bunları kurvatur haritalarından çıkarmaktadır. Oysa keratokonusu yalnızca ön yüzey değil arka yüzeyde etkilenmektedir. Uçakhan ve ark.'nın¹⁸ çalışmasında posterior elevasyon verilerinin, subklinik keratokonusu normalden ayırmada anterior elevasyon verilerine göre daha belirleyici olduğu belirtilmiştir. Standart Rabinowitz kriterlerine göre unilateral keratokonus olarak sınıflanan olguların normal olduğu düşünülen gözlerinin %88'inde Pentacam ile posterior kornea yüzey değişiklikleri olduğu gösterilmiştir.¹⁹ Ektatik kornea hastalıklarında anterior yüzeyden önce posterior kornea yüzey değişikliklerin olduğu saptanmıştır.²⁰ Rao ve ark.²¹ posterior elevasyon değerleri (Orbscan 2, cut-off 40 µm) ve videokeratografi verilerini (Rabinowitz veya Klyce/Maeda metot) birlikte kullanarak keratokonus saptama algoritmi geliştirmişler, keratokonus şüphesi olan olgularda, elevasyon ve pakimetri verilerinin kurvatur verileri ile kombine edilmesini tavsiye etmişlerdir. Korneayı bir bütün olarak değerlendiren elevasyon temelli topografi sistemleri hem ön hem arka kornea kurvatur ve elevasyon haritaları, kornea kalınlığı ve ön segment bilgilerine ulaşmamızı sağlamaktadır. Bu çalışmada kullandığımız topografi cihazı yalnızca kornea ön yüzeyi ile ilgili veriler sağladığından keratokonusu saptamada yetersiz kalmış olabilir.

Çeşitli çalışmalarda keratokonuslu kornealarda normal kornealara göre artmış oranda wavefront aberasyonların olduğu gösterilmiştir.^{22,23,24,25} Zernike polinomları, kompleks kornea şekillerinin ve insan gözünün wavefront aberasyonlarının defokus, astigmatizma, sferik aberasyon gibi tanımlanabilir şekil ve matematiksel formlere indirgenmesine olanak verir. RMS değeri, pupil çapına göre aberasyonun genel büyüklüğünü vermektedir, optik olarak mükemmel bir gözde RMS değeri 0'dır. Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak, keratokonuslu olgularda tüm yüksek seviyeli aberasyonların RMS değerleri, karşı normal göz grubu ve kontrol grubuna göre belirgin olarak yüksek bulunmuştur. Normal karşı göz grubunda ise sferik aberasyon hariç diğer tüm YSA RMS değerleri kontrol grubundan yüksek bulunmuştur. Bühren ve ark.'nın²⁶ çalışmasında koma, trefoil, toplam YSA RMS değerleri ve Z_3^{-1} , Z_3^{-1} vertikal koma

katsayıları subklinik keratokonus grubunda normal olgulara göre yüksek saptanmış, en belirgin fark vertikal koma katsayılarında bulunmuş ve bu durum vertikal asimetrisinin keratokonusun en erken belirtisi olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Koma aberasyonu optik sistemin desantralizasyonundan kaynaklanır, klinikte kappa açısı olarak bilinir ve bu doğal durum kendisini desantralize bir küresel aberasyon gibi gösterir. Keratokonuslu gözlerde diğer korneal yüzeylere göre yüksek dioptrik güçteki kon wavefrontta deformasyona, görsel aksta kaymaya ve buna bağlı olarak koma aberasyonunda belirgin artışa sebep olmaktadır. Alio ve ark.'nın²² çalışmasında, keratokonusu saptamada ve evrelemede koma aberasyonunun iyi bir indikatör olduğu belirtilmiş, K değerlerinin artışı ile koma aberasyonunun artışı arasında belirgin pozitif korelasyon görülmüş ve koma aberasyonu kullanılarak modifiye Amsler-Krumeich keratokonus evreleme sistemi geliştirilmiştir. Gordon-Shaag ve ark.'nın¹³ çalışmasında da bizim çalışmamıza benzer şekilde toplam tetrafoil ve sferik aberasyon dışında diğer tüm yüksek seviyeli aberasyonlar şüpheli keratokonus olgularında normal karşı gözlere göre belirgin olarak yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda unilateral keratokonus oranı %11,2 bulunmuştur. Gerçek unilateral keratokonus sıklığı uluslararası literatürde %0,5-4,5 arasında değişen oranlarda bildirilmektedir. Ülkemizden bir çalışmada ise pentacam ile unilateral keratokonus sıklığı %14,9 oranında bulunmuştur.²⁷ Bizim çalışmamızın temel dezavantajı kullanılan topografi cihazının elevasyon verilerinin yetersiz kalması, posterior kornea yüzeyini değerlendiremiyor olması ve hastaların uzun süreli takip verilerinin olmamasıdır. Normal olarak tanımlanmış olduğumuz bu şüpheli keratokonus olgularının daha gelişmiş topografi sistemleri ile değerlendirilmiş olsa keratokonus tanısı koyduracak bulgulara sahip olabildiği saptanabilir.

Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışma ile keratokonus olgularında bazen gözlerden birinin klinik ve topografik olarak keratokonus tanısı koyduracak bulguları taşımadığı, subklinik ve subtopografik fazda olan bu gözlerin, özellikle SRI, elevasyon değerleri ve korneal yüksek seviyeli aberasyonlar açısından normal kişilerin gözleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı derecede farklı değerlere sahip olduğu görüldü. Bu bakımdan, subklinik keratokonus tanısında ve refraktif cerrahi öncesi uygun hasta seçiminde korneal kurvatur haritası, elevasyon haritası ve yüksek seviyeli kornea aberasyonlarının birlikte değerlendirilmesinin daha faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

Etik

Etik Kurul Onayı: Sağlık Bilimleri Üniversitesi (2017/28).

Hasta Onayı: Retrospektif bir çalışmadır.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu ve Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Cerrahi ve Medikal Uygulama: Sibel Aksoy, Sezen Akkaya, Yelda Özkurt, Banu Açıkalın, Tomris Şengör, Konsept: Sibel Aksoy, Dizayn: Sibel Aksoy, Veri Toplama veya İşleme: Sibel

Aksoy, Analiz veya Yorumlama: Sibel Aksoy, Banu Açıkalın, Tomris Şengör, Literatür Arama: Sibel Aksoy, Yazan: Sibel Aksoy.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol*. 1984;28:293-322.
2. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998;42:297-319.
3. Wilson SE, Lin DTC, Klyce SD. Corneal topography of keratoconus. *Cornea*. 1991;10:2-8.
4. Rabinowitz YS, Nesburn AB, McDonnell PJ. Videokeratography of the fellow eye in unilateral keratoconus. *Ophthalmology*. 1993;100:181-186.
5. Holland DR, Maeda N, Hannush SB, Riveroll LH, Green MT, Klyce SD, Wilson SE. Unilateral keratoconus; incidence and quantitative topographic analysis. *Ophthalmology*. 1997;104:1409-1413.
6. Lee LR, Hirst LW, Readshaw G. Clinical detection of unilateral keratoconus. *Aust N Z J Ophthalmol*. 1995;23:129-133.
7. Wei RH, Zhao SZ, Lim L, Tan DT. Incidence and characteristics of unilateral keratoconus classified on corneal topography. *J Refract Surg*. 2011;27:745-751.
8. Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral keratoconus patients. *Ophthalmology*. 2004;111:440-446.
9. Maeda N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1994;35:2749-2757.
10. Smolek MK, Klyce SD. Current keratoconus detection methods compared with a neural network approach. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1997;38:2290-2299.
11. Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of keratoconus in Asians: role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. *Am J Ophthalmol*. 2007;143:390-400.
12. Gobbe M, Guillon M. Corneal wavefront aberration measurements to detect keratoconus patients. *Cont Lens Anterior Eye*. 2005;28:57-66.
13. Gordon-Shaag A, Millodot M, Ifrah R, Shneur E. Aberrations and topography in normal, keratoconus-suspect, and keratoconic eyes. *Optom Vis Sci*. 2012;89:411-418.
14. Rabinowitz YS, McDonnell PJ. Computer-assisted corneal topography in keratoconus. *Refract Corneal Surg*. 1989;6:400-408.
15. Tummanapalli SS, Potluri H, Vaddavalli PK, Sangwan VS. Efficacy of axial and tangential corneal topography maps in detecting subclinical keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41:2205-2214.
16. Rabinowitz YS, Li X, Canedo ALC, Ambrosio R Jr, Bykhovskaya Y. Optical coherence tomography combined with videokeratography to differentiate mild keratoconus subtypes. *J Refract Surg*. 2014;30:80-87.
17. Wilson SE, Klyce SD. Advances in the analysis of corneal topography. *Surv Ophthalmol*. 1991;35:269-277.
18. Uçakhan ÖÖ, Cetinkor V, Özkan M, Kanpolat A. Evaluation of Scheimpflug imaging parameters in subclinical keratoconus, keratoconus, and normal eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1116-1124.
19. Carvalho MQ, Viteri E, Salgado-Borges J, Oliveira C, Ambrosio R. "Corneal tomographic study of contralateral normal eyes of patients with very asymmetric keratoconus," paper presented at the ASCRS Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery. Chicago, IL, USA; April 2008.
20. Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26:222-228.
21. Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology*. 2002;109:1642-1646.
22. Alio JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. *J Refract Surg*. 2006;22:539-545.
23. Barbero S, Marcos S, Merayo Lloves J, Moreno-Barriuso E. Validation of the estimation of corneal aberrations from videokeratography in keratoconus. *J Refract Surg*. 2002;18:263-270.
24. Jafri B, Li X, Yang H, Rabinowitz YS. Higher order wavefront aberrations and topography in early and suspected keratoconus. *J Refract Surg*. 2007;23:774-781.
25. Schlegel Z, Lteif Y, Bains HS, Gatinel D. Total, corneal, and internal ocular optical aberrations in patients with keratoconus. *J Refract Surg*. 2009;25(10 Suppl):951-957.
26. Bühren J, Kook D, Yoon G, Kohnen T. Detection of subclinical keratoconus by using corneal anterior and posterior surface aberrations and thickness spatial profiles. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51:3424-3432.
27. Faik Oruçoğlu. Unilateral keratokonuslarda insidans ve tomografik değerlendirme. *Turk J Ophthalmol*. 2013;43:83-86.