

Keratokonuslu Gözlerde Kombine Scheimpflug-Placido Disk Ön Segment Analiz Sistemi Ölçümlerinin Tekrarlanabilirliği ve Güvenilirliği

Nesrin BÜYÜKTORTOP GÖKÇINAR*, Yaprak AKBULUT*

ÖZET

Amaç: Kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile keratokonus hastalarında korneanın kurvatur, kalınlık, hacim, şekil ve keratokonus tarama endekslerinin tekrarlanabilirlik ve güvenilirliğini incelemek.

Gereç ve Yöntem: Bu prospektif çalışmada keratokonus hastalarında kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz cihazı ile aynı gözlemci tarafından ardışık 3 tekrarlı ölçüm yapıldı. Apikal kurvatur, SimK, kornea hacmi ve şekil endeksleri ile beraber en ince kornea kalınlığı, simetri endeksi, keratokonus verteksi ve Baiocchi-Calossi-Versaci endeksi adı verilen keratokonus tarama endeksleri kaydedildi. Keratokonuslu gözler şiddet açısından hafif, orta ve ileri olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Tekrarlanabilirlik gözlem içi standart sapma, gözlem içi kesinlik, tekrarlanabilirlik endeksi ve değişkenlik katsayısı ile güvenilirlik sınıf içi korelasyon katsayısı ile değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya 62 keratokonus hastasının 88 gözü dahil edildi. Keratokonus şiddeti 20 gözde hafif, 45 gözde orta, 23 gözde ileri idi. Çalışmadaki tüm endeksler için tekrarlanabilirlik iyi (değişkenlik katsayısı $< 6,25\%$); güvenilirlik mükemmeldi (sınıf içi korelasyon katsayısı $> 0,900$). Değişkenliği en az olan endeksler en düz ve en dik SimK ile en ince kornea kalınlığı idi (değişkenlik katsayısı sırasıyla $0,35\%$, $0,39\%$ ve $0,72\%$). İleri evre gözlerde arka yüzey apikal kurvatur ölçüm değişkenliği ön yüzeye göre daha yüksekti (değişkenlik katsayısı $2,1$ 'e karşın $0,80$). Bazı ileri evre gözlerde arka yüzey simetri endeksi ile Baiocchi-Calossi-Versaci endeksi için ölçüm güvenilirliği iyi seviyeye inmekte idi (sınıf içi korelasyon katsayısı alt sınırı sırasıyla $0,868$ ve $0,849$ idi).

Sonuç: Kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile keratokonus hastalarında yapılan ölçümler büyük ölçüde tekrarlanabilir ve güvenilirdi. Ancak ileri keratokonuslu gözlerde ölçüm değişkenliğinin biraz daha fazla olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik, Keratokonus, Placido disk, Scheimpflug, Tekrarlanabilirlik

The Repeatability and Reliability of Measurements of The Combined Scheimpflug-Placido Disc Anterior Segment Analysis System in Keratoconic Eyes

ABSTRACT

Objective: To investigate the repeatability and reliability of corneal curvature, thickness, volume, shape and keratoconus screening indexes in keratoconus patients using combined Scheimpflug-Placido disc anterior segment analysis system.

Material and Method: In this prospective study, 3 consecutive measurements were performed by the same observer using Scheimpflug-Placido disc anterior segment analysis device in keratoconus patients. Apical curvature, SimK, corneal volume and shape indices as well as the keratoconus screening indexes including thinnest corneal thickness, symmetry index, keratoconus vertex and Baiocchi-Calossi-Versaci index were recorded. Keratoconic eyes were divided into 3 groups as mild, moderate and severe. Repeatability was evaluated using within subject standard deviation, precision, repeatability index and coefficient of variation (CoV); reliability was evaluated by intraclass correlation coefficient.

Results: Eighty eight eyes of 62 keratoconus patients were included in the study. Keratoconus severity was mild in 20 eyes, moderate in 45 eyes and severe in 23 eyes. Repeatability was good (CoV $< 6.25\%$) and reliability was excellent (intraclass correlation coefficient > 0.900) for all indices in the study. The indices with the least variability were the flattest and steepest SimK and the thinnest corneal thickness (CoV was 0.35% , 0.39% and 0.72% , respectively). In eyes with severe keratoconus, the variability of apical curvature measurement in the posterior surface was higher than in the anterior surface (DK 2.1% vs 0.80%). In some severe eyes, measurement reliability for posterior symmetry index and Baiocchi-Calossi-Versaci index were decreased to good level (intraclass correlation coefficient lower limit was 0.868 and 0.849 , respectively).

Conclusion: The measurements in keratoconus patients using combined Scheimpflug-Placido disc anterior segment analysis system were highly repeatable and reliable. However, it should be considered that the measurement variability may be slightly higher in severe keratoconus.


Keywords: Reliability, Keratoconus, Placido disc, Scheimpflug, Repeatability

* Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Kırıkkale.

Yazışma Adresi: Nesrin Büyüktortop Gökçınar, Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Yenişehir Mahallesi Yurtkur Caddesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Kırıkkale. e-posta: tortopn@kku.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.02.2019 Kabul Tarihi: 14.05.2019

ORCID No: N.B.G.: 0000-0001-7795-5188, Y.A.:0000-0002-7774-2681

Quick Response Kod:	Bu makaleye online erişim
	Website: http://www.medicalnetwork.com.tr • e-posta: oftalmoloji@medicalnetwork.com.tr
	<i>Bu çalışmanın kaynak olarak gösterimi: Büyükortop Gökçınar N. ve Akbulut Y. Keratokonumlu Gözlerde Kombine Scheimpflug-Placido Disk Ön Segment Analiz Sistemi Ölçümlerinin Tekrarlanabilirliği ve Güvenilirliği. MN Oftalmoloji 2019;26(2):74-81</i>

Giriş

Keratokonus, korneanın santral ve parasantral stromal kısmının düzensiz konik şekil alması ve incilmesi ile karakterize etyolojisi tam olarak bilinmeyen bir kornea ektazisidir.¹ Tipik olarak puberte döneminde başlayarak ilerleyen miyopi ve irrregüler astigmatizma ve buna bağlı görme azlığı ile kendini gösterir.² Keratokonusun ayırıcı özelliği apikal protrüzyon ve irrregüler astigmatizmanın eşlik ettiği, santral veya parasantral stromal incelmedir. Anormal posterior kornea ektazisi, anormal dağılımlı kornea kalınlığı ve enflamatuvar olmayan kornea incilmesi olmazsa olmaz bulgulardır.² Muayenede dik keratometri değerleri, yağ damlacığı refleksi, retinoskopide düzensiz makaslama refleksi, aşağı bakışta Munson işareti, biyomikroskopik muayenede korneanın öne konik şekilde protrüzyonu, Vogt çizgileri, Fleischer halkası, belirgin kornea sınırları ve ön stromal skar görülmesi keratokonusun önemli bulgularıdır.³

Kornea tomografisi (Scheimpflug veya optik koherans tomografi) keratokonusun erken teşhisi ve ilerlemesinin takibinde en duyarlı yöntemdir.² Kornea topografisi, tomografi ile kombine kullanıldığında sınıflandırma ve tarama açısından faydalı olmaktadır.² Ön segment analiz cihazlarının güvenilir ve tekrarlanabilir ölçüm yapabilmesi progresyonunun saptanması ve kollajen çapraz bağlama tedavisine karar verilmesinde son derece önemlidir. Progresyon kriterlerini belirlerken, kullanılan cihazın seçili parametreler için ölçüm hata aralığı ve tekrarlanabilirlik verilerini dikkate almak gerekmektedir. Tekrarlanabilirlik endeksi (TE) gözlemlerin %95'inde aynı yöntem ile tekrarlanan ölçümlerin hata aralığının büyüklüğünü ifade etmektedir.⁴ Progresyon olduğunu söyleyebilmek için gözlemler arasında TE'den daha yüksek bir fark olmalıdır.⁵ Örneğin, A cihazı ile maksimum keratometri (Kmaks) için TE 0,75 D ise, A cihazı ile aynı gözden farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde Kmaks'ta >0,75 D'lik bir artış progresyon olarak kabul edilebilir.

Kombine Scheimpflug kamera ve Placido disk temelli ön segment analiz sistemi olarak adlandırılan Sirius (CSO, Florensa, İtalya) cihazı, korneanın ön ve arka yüzeyinde 12mm çaplık alanda pakimetri, elevasyon, kurvatür, kırıcılık ve korneal aberasyon verilerini ölçebilmektedir. Ön korneal yüzey bilgisi Placido ve Scheimpflug sistemlerinin verileri birleştirilerek, korneanın arka yüzeyi, lensin ön yüzeyi ve iris hakkındaki veriler Scheimpflug kameradan elde edilmektedir.⁶ Cihazın yazılım sistemi (Phoenix v.3.0.1.021, bon Optic Vertriebs GmbH, Lübeck, Almanya) destek vektör makinesi adı

verilen bir makine öğrenimi sınıflayıcısı ile gözü, normal, keratokonus, keratokonus şüphesi, miyopi nedeniyle refraktif cerrahi geçirmiş veya anormal/ tedavi uygulanmış olarak sınıflamaktadır.^{7,8} Destek vektör makinesi algoritma sistemi cihaza özgü keratokonus tarama endekslerini kullanmaktadır.⁵ Bu nedenle, özgün ektazi endekslerinin diğer topografik ve tomografik göstergeler gibi tekrarlanabilir ve güvenilir olması son derece önemlidir.

Çalışmamızda kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile keratokonumlu gözlerde güncel keratokonus tarama endeksleri ile korneanın kurvatür, kalınlık, hacim, şekil endekslerinin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliğini kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Bu prospektif çalışma yerel etik kurul onayıyla Helsinki Deklarasyonu'na uygun şekilde yapıldı. Katılımcılardan aydınlatılmış onam alındı. Çalışmaya Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Ana Bilim Dalı'na Kasım 2017 ile Kasım 2018 tarihleri arasında göz polikliniğine başvuran ardışık keratokonus hastaları dahil edildi. Keratokonus tanısı klinik bulgular ve topografik özellikler değerlendirilerek konuldu. Retinoskopide düzensiz makaslama refleksi, Vogt çizgileri, Fleischer halkası, Munson işareti, Rizutti belirtisi, apikal inceltme ve apikal skar gibi klinik muayene bulgularından en az birinin olması ve kornea topografisinde keratokonusu düşündüren asimetrik papyon görünümü, parasantral dikleşme, inferior-superior asimetrisi bulgularından biri olan gözler çalışmaya alındı.^{9,10} Çalışmadan dışlanma kriterleri yoğun kornea skarı, yeterli çekim kalitesi elde edilememesi, korneal çapraz bağlama ve cerrahi hikayesi idi. Keratokonus şiddeti Amsler-Krumeich sınıflamasına göre değerlendirildi.¹¹ Evre-1 gözler hafif keratokonus, evre-2 gözler orta düzey keratokonus, evre-3 ve evre-4 gözler ileri keratokonus olarak gruplandırıldı.

Ölçüm yöntemi ve parametreler

Çalışmamızdaki topografik ölçümler Sirius cihazı ile tek seansta aynı gözlemci tarafından yapıldı. Ölçümler arasında hastanın gözünü 10 saniye kırpması ve ölçüm esnasında santral fiksasyon ışığına odaklanması istendi. Çekim kalitesi yeterli olarak belirtilen ardışık 3 çekim çalışmaya alındı. Ölçümlerin her birinde korneanın kurvatür, kalınlık, hacim ve şekil göstergeleri ile cihazın keratokonus tarama endekslerinden oluşan toplam 17 parametre kaydedildi.⁸

Parametreler: 1) AKf: Ön yüzey apikal keratometri, ön tanjansiyel haritada en dik kurvatür değeri (D), 2) AKb: Arka tanjansiyel haritada en dik kurvatür değeri (D), 3) Hacim: Merkezi 10 mm'lik çaplı bölgede kornea hacmi (mm^3), 4) SimK1: En düz meridyende 4-8 plasido halkaları arası ortalama sagittal kurvatür (D), 5) SimK2: En dik meridyende 4-8 plasido halkaları arası ortalama sagittal kurvatür (D), 6) RMSA/A Ön 4,5 mm: Ön yüzeyin santral 4,5 mm zona en iyi uyan asfero-torik ideal yüzeye göre altimetrik farkının karekökü ($\mu\text{m}/\text{mm}^2$), 7) RMSA/A Arka 4,5 mm: Arka yüzeyin santral 4,5 mm zona en iyi uyan asfero-torik ideal yüzeye göre altimetrik farkının karekökü ($\mu\text{m}/\text{mm}^2$), 8) RMSA/A Ön 8,0 mm: Ön yüzeyin santral 8,0 mm zona en iyi uyan asfero-torik ideal yüzeye göre altimetrik farkının karekökü ($\mu\text{m}/\text{mm}^2$), 9) RMSA/A Arka 8,0 mm: Arka yüzeyin santral 8,0 mm zona en iyi uyan asfero-torik ideal yüzeye göre altimetrik farkının karekökü ($\mu\text{m}/\text{mm}^2$), 10) Sİf: Ön yüzey kurvatür haritasında simetri endeksi. Vertikal ekseninde inferior yarımkürede merkezi [$x=0$ mm, $y=-1,5$ mm] koordinatlarında yer alan ve yarıçapı 1,5 mm olan dairesel alan ile superior yarımkürede merkezi [$x=0$ mm, $y=+1,5$ mm] koordinatlarında yer alan ve yarıçapı 1,5 mm olan dairesel alan arasında ortalama anterior yüzey tanjansiyel kurvatür farkı (D), 11) Sİb: Arka yüzey kurvatür haritasında simetri endeksi, Sİf endeksindeki alanlar arka yüzey için karşılaştırılır (D), 12) KVf: Ön keratokonus verteksi, ön yüzeyde ektazinin en yüksek noktası (μm), 13) KVb: Arka yüzeyde ektazinin en yüksek noktası (μm), 14) En ince kornea kalınlığı (EİKK) (μm), 15) BCVf: Ön yüzey Baiocchi-Calossi-Versaci endeksi (BCV) (D), 16) BCVb: Arka yüzey BCV endeksi (D) ve 17) BCV: BCVf ve BCVb'nin vektöryel toplamı (D). BCV endeksi koma, trefoil ve sferik aberasyonun karekök değerlerinin ektazi aksının fonksiyonu ile dengelendiği bir formüldür. Son 8 parametre Sirius cihazının destek vektör makinesi ile gözü ektazi açısından sınıflamakta kullandığı keratokonus tarama endeksleridir.^{5,8}

İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz SPSS 21.0 paket programı (IBM SPSS Statistics for Windows, sürüm 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi.

Aynı seansta aynı gözlemci tarafından aynı denek üzerinde yapılan tekrarlı ölçümler arasındaki değişkenliği ifade eden "seans içi tekrarlanabilirlik" 4 parametre ile değerlendirildi: 1) Gözlem içi standart sapma (GİSS): Aynı gözden alınan 3 ardışık ölçümün standart sapması, 2) Gözlem içi kesinlik (GİK): Ölçülen değer ile gerçek arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Gözlemlerin %95'inde [$1,96 \times \text{GİSS}$] formülü ile hesaplanan sayının altında olması beklenmektedir. 3) Tekrarlanabilirlik endeksi (TE): Test-tekrar test değişkenliği olarak da bilinmektedir. Hataların normal dağıldığı varsayımı altında [$2,77 \times \text{GİSS}$] formülü ile hesaplanmaktadır. TE gözlemlerin %95'inde

aynı yöntem ile tekrarlanan ölçümlerin birbiri arasındaki farka dayanarak hata aralığının büyüklüğünü göstermektedir. TE ne kadar küçükse tekrarlanabilirlik o kadar iyidir. Ölçümün tekrarlanabilir olduğunu söylemek için bu endeksin çalışılan parametrenin ortalamasından küçük olması gerekmektedir. 4) Değişkenlik katsayısı (DK): [$100 \times (\text{GİSS}/\text{Aynı gözden alınan 3 ölçümün ortalaması})$] formülü ile hesaplandı. Bir parametrenin DK değeri, tüm gözlerdeki DK değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmakta ve yüzde olarak ifade edilmektedir.^{4,5} Bu katsayı ne kadar düşükse ölçümün varyasyonu o kadar düşüktür ve tekrarlanabilirlik o kadar iyidir.⁴

Güvenilirlik, bir ölçüm sürecinde ölçüm işleminin tekrarlarındaki tutarlılık olarak tanımlanmaktadır.¹²

Gözlemci içi güvenilirlik aynı gözlemci ve ölçüm aracıyla aynı koşullarda aynı denekte aynı sonucun alınması demektir. Güvenilirlik, sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ile ifade edilmektedir. SKK tekrarlı ölçümlerin veri kümelerinin tutarlılığını yansıtmakta ve 0-1 arasında değişmektedir. SKK katsayısı <0,50 ise düşük, 0,50-0,75 arası ise orta düzeyde, 0,75- 0,90 arasında ise iyi ve >0,90 ise mükemmel güvenilirliği göstermektedir.¹² Çalışmamızda her parametre için aynı gözlemci tarafından yapılan 3 ölçümün SKK değeri iki yönlü karma etki modeli, mutlak uyum ve tek ölçüm yöntemi seçilerek hesaplandı.^{5,12}

Bulgular

Çalışmaya 62 keratokonus hastasının 88 gözü dahil edildi. Ortalama yaş $29,82 \pm 9,92$ (13-58) idi. Hastaların %46,8'i (n=29) kadın, %53,2'si (n=33) erkekti. Gözlerin %51,1'i (45) sağ, %48,9'u (43) sol gözdü. Amsler-Krumeich sınıflamasına göre keratokonus şiddeti evre-1 seviyesinde olan 20 göz hafif keratokonus grubunda, evre-2 seviyesinde olan 45 göz orta şiddette keratokonus grubunda, evre-3 seviyesinde olan 16 göz ile evre-4 seviyesinde olan 7 göz ileri keratokonus grubunda incelendi.

Tablo 1'de korneanın kurvatür, hacim ve şekil ile ilgili göstergelerinin ortalama değerleri ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik sonuçları verilmiştir. Tekrarlanabilirlik kurvatür ve hacim endeksleri için oldukça iyi idi (DK <%1,50). En düşük DK değerleri Sim-K ölçümleri ile elde edildi (<%0,40). AKf için TE değeri 1,18 olarak saptandı. Bu hata aralığı, progresyon olarak kabul edilen maksimum keratometrideki artış miktarının üzerinde idi (1 D).¹² Gözler keratokonus şiddetine göre gruplandırılarak incelendiğinde tekrarlanabilirliğin yine oldukça iyi olduğu ancak ileri evre gözlerde AKb ölçümünde değişkenliğin arttığı izlendi (DK=%2,13). Şekil endeksleri için DK değerleri yüksekti (%4,34-5,43). Ancak ortalaması sifira yakın parametreler için DK yanıltıcı olabildiğinden,⁴ bu parametrelerin yorumlanmasında DK yerine GİSS ve TE verileri dikkate alındı

ve tekrarlanabilirliğin iyi olduğu görüldü (GİSS<0,025). Ölçüm tekrarlanabilirliği keratokonüs şiddetine göre ayrı incelendiğinde TE değerlerinin ileri keratokonusta diğerlerine göre genellikle daha yüksek olduğu izlendi.

Tablo 1'de yer alan tüm kurvatür, hacim ve şekil endeksle-

ri için güvenilirlik %95 güven aralıkları da dahil olmak üzere mükemmeldi (SKK >0,900). Gözler keratokonüs şiddetine göre ayrı olarak incelendiğinde güvenilirliğin AKf için hafif keratokonumlu gözlerde, hacim için hafif ve orta şiddette gözlerde, şekil indeksleri için ileri evre gözlerde iyi düzeye inebildiği gö-

Tablo1: Keratokonumlu gözlerde kombine Scheimpflug-Placido disk temelli ön segment analiz sistemi yapılan kurvatür, kornea hacmi ve şekil endeksi ölçümlerinin tüm gözlerde ve keratokonüs evrelerine göre ortalama değerleri ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik analizi

Parametre & Grup	Ortalama ± SD	GİSS	GİK	TE	DK%	SKK	%95 güven aralığı
AKf (D)	55,31 ± 6,17	0,43	0,84	1,18	0,76	0,983	0,977-0,989
Hafif	52.14 ± 4.16	0,56	1,10	1,55	1,05	0,900	0,806-0,956
Orta	55.01 ± 4.56	0,34	0,66	0,94	0,61	0,987	0,980-0,993
İleri	58.63 ± 8.55	0,48	0,94	1,34	0,80	0,992	0,983-0,996
AKb (mm)	4,33 ± 0,54	0,06	0,12	0,17	1,46	0,980	0,972-0,986
Hafif	4,68 ± 0,46	0,06	0,12	0,17	1,34	0,987	0,972-0,995
Orta	4,38 ± 0,45	0,05	0,09	0,14	1,19	0,982	0,970-0,989
İleri	3,94 ± 0,52	0,08	0,15	2,21	2,13	0,970	0,941-0,986
SimK1 (D)	45,64 ± 2,70	0,16	0,32	0,45	0,35	0,992	0,989-0,995
Hafif	44,20 ± 1,32	0,17	0,33	0,47	0,39	0,978	0,955-0,991
Orta	45,61 ± 2,11	0,16	0,31	0,44	0,35	0,984	0,974-0,991
İleri	46,98 ± 3,84	0,16	0,31	0,44	0,34	0,997	0,994-0,999
SimK2 (D)	48,92 ± 3,44	0,19	0,38	0,53	0,39	0,993	0,991-0,995
Hafif	46,50 ± 2,11	0,17	0,33	0,47	0,37	0,992	0,983-0,996
Orta	48,70 ± 2,40	0,18	0,35	0,50	0,37	0,984	0,974-0,991
İleri	51,47 ± 4,38	0,23	0,44	0,63	0,44	0,995	0,991-0,998
Hacim (mm³)	54,54 ± 4,07	0,62	1,21	1,71	1,14	0,965	0,950-0,976
Hafif	58,44 ± 2,36	0,65	1,28	1,81	1,11	0,895	0,788-0,956
Orta	54,30 ± 2,41	0,61	1,20	1,70	1,13	0,888	0,824-0,932
İleri	51,63 ± 5,13	0,60	1,17	1,65	1,16	0,981	0,963-0,991
RMS/A (µm/mm²)							
Ön 4,5 mm	0,20 ± 0,09	0,019	0,02	0,024	4,34	0,969	0,955-0,978
Hafif	0,17 ± 0,08	0,007	0,01	0,021	5,28	0,988	0,974-0,995
Orta	0,21 ± 0,09	0,007	0,01	0,019	3,63	0,991	0,985-0,995
İleri	0,21 ± 0,08	0,013	0,03	0,037	4,90	0,921	0,851-0,963
Arka 4,5 mm	0,56 ± 0,21	0,024	0,05	0,068	4,79	0,976	0,965-0,983
Hafif	0,50 ± 0,22	0,023	0,05	0,065	5,57	0,988	0,975-0,995
Orta	0,57 ± 0,21	0,017	0,03	0,047	3,44	0,991	0,985-0,995
İleri	0,62 ± 0,18	0,040	0,08	0,111	6,76	0,910	0,830-0,958
Ön 8,0 mm	0,21 ± 0,08	0,011	0,02	0,030	5,43	0,929	0,900-0,951
Hafif	0,16 ± 0,06	0,009	0,02	0,025	7,28	0,978	0,953-0,991
Orta	0,21 ± 0,84	0,011	0,02	0,029	5,07	0,883	0,818-0,930
İleri	0,25 ± 0,07	0,013	0,03	0,036	4,51	0,946	0,896-0,975
Arka 8,0 mm	0,45 ± 0,14	0,020	0,04	0,057	4,74	0,962	0,947-0,974
Hafif	0,37 ± 0,12	0,016	0,03	0,046	4,76	0,973	0,943-0,989
Orta	0,44 ± 0,15	0,018	0,04	0,051	4,60	0,960	0,935-0,976
İleri	0,55 ± 0,09	0,028	0,05	0,077	4,98	0,901	0,815-0,953

AKf: Apikal kurvatür ön yüzey, AKb: Apikal kurvatür arka yüzey, SimK1: En düz meridyende 4-8 plasido halkaları arası ortalama sagittal kurvatür, SimK2: En dik meridyende 4-8 plasido halkaları arası ortalama sagittal kurvatür, Hacim: 10 mm çaplı alanda kornea hacmi, RMSA/A: En iyi uyum asfero-torik ideal yüzeye göre altimetrik farkının karekökü, GİSS: Gözlem içi standart sapma, GİK: Gözlem içi keskinlik. TE: Tekrarlanabilirlik endeksi, DK: Değişkenlik katsayısı, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı. SKK iki yönlü karma model, mutlak uyum yöntemi ile hesaplandı, hepsinde p <0,001 idi. Kalın olarak yazılan satırlar tüm keratokonumlu gözlerin ortalama değerleridir.

rüldü.

Tablo 2’de Sirius keratokonüs tarama endekslerinin ortalama değerleri ile gözlemci içi tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik sonuçları verilmiştir. Tekrarlanabilirlik tüm parametreler için iyi idi (DK <%6,25). En düşük değişkenliğe sahip keratokonüs tarama endeksi EİKK idi (DK=%0,72). Güvenilirlik, %95 güven aralıkları dahil olmak üzere mükemmel sınırlarda idi (SKK \geq 0,966). Ölçüm güvenilirliği keratokonüs şiddetine göre ayrı olarak incelendiğinde, sadece Sİb ve BCVb için ileri keratokonüs gözlerde SKK %95 güven aralığının alt sınırının iyi dü-

zeyde olduğu görüldü (sırasıyla 0,868 ve 0,849). Diğer tüm keratokonüs tarama endeksleri için güvenilirlik tüm evrelerde mükemmeldi (SKK \geq 0,920).

Arka yüzeyden alınan ölçümlerde simetri endeksi, keratokonüs verteksi, BCV, apikal kurvatür ve RMS/A 4,5 mm endekslerinin hepsinde değişkenlik ön yüzeydekine göre yüksekti.

Tartışma

Literatürde keratokonüs gözlerde farklı ön segment analiz

Tablo 2: Keratokonüs gözlerde kombine Scheimpflug-Placido disk temelli ön segment analiz sistemi ile yapılan keratokonüs tarama endeks ölçümlerinin tüm gözlerde ve keratokonüs evrelerine göre ortalama değerleri ile tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik analizi

Parametre Ortalama \pm SD & Grup	GİSS	GİK	TE	DK	SKK	%95 güven aralığı	
Sİf (D)	5,28 \pm 2,63	0,25	0,49	0,69	6,24	0,987	0,981-0,991
Hafif	4,40 \pm 2,50	0,21	0,41	0,58	6,76	0,995	0,988-0,998
Orta	5,67 \pm 2,84	0,21	0,41	0,58	4,79	0,992	0,987-0,995
İleri	5,28 \pm 2,21	0,36	0,71	1,01	8,61	0,963	0,928-0,983
Sİb (D)	1,45 \pm 0,65	0,07	0,14	0,20	6,32	0,980	0,971-0,986
Hafif	1,33 \pm 0,64	0,05	0,10	0,15	5,40	0,993	0,984-0,997
Orta	1,50 \pm 0,71	0,06	0,11	0,16	5,41	0,988	0,980-0,993
İleri	1,47 \pm 0,51	0,11	0,22	0,31	8,88	0,931	0,868-0,968
KVf (μm)	28,03 \pm 11,22	0,88	1,73	2,45	3,47	0,990	0,978-0,996
Hafif	20,80 \pm 9,81	0,76	1,49	2,10	4,64	0,981	0,956-0,993
Orta	28,38 \pm 10,93	0,80	1,57	2,22	3,06	0,988	0,980-0,993
İleri	33,65 \pm 9,74	1,15	2,26	3,19	3,23	0,967	0,937-0,985
KVb (μm)	67,45 \pm 23,73	2,62	5,14	7,26	4,25	0,980	0,972-0,987
Hafif	51,90 \pm 20,48	2,66	5,21	7,37	5,42	0,982	0,961-0,993
Orta	66,62 \pm 23,85	2,35	4,61	6,51	3,98	0,981	0,969-0,989
İleri	82,61 \pm 16,30	3,11	6,10	8,62	3,77	0,948	0,901-0,976
BCVf (D)	2,93 \pm 1,28	0,12	0,23	0,33	4,55	0,985	0,979-0,990
Hafif	2,16 \pm 1,05	0,12	0,24	0,33	6,51	0,989	0,975-0,996
Orta	3,00 \pm 1,29	0,10	0,19	0,28	3,69	0,989	0,982-0,993
İleri	3,46 \pm 1,14	0,16	0,30	0,43	4,55	0,965	0,933-0,984
BCVb (D)	3,18 \pm 1,29	0,15	0,30	0,43	5,45	0,976	0,966-0,984
Hafif	2,53 \pm 1,13	0,13	0,25	0,36	6,08	0,986	0,970-0,994
Orta	3,19 \pm 1,40	0,13	0,26	0,36	4,80	0,982	0,971-0,990
İleri	3,74 \pm 0,94	0,22	0,44	0,62	6,17	0,920	0,849-0,963
BCVt (D)	3,05 \pm 1,25	0,12	0,24	0,34	4,63	0,984	0,977-0,989
Hafif	2,33 \pm 1,08	0,12	0,23	0,32	6,74	0,986	0,970-0,994
Orta	3,09 \pm 1,30	0,10	0,19	0,27	3,54	0,989	0,982-0,994
İleri	3,59 \pm 0,99	0,17	0,34	0,48	4,93	0,950	0,904-0,977
EİKK (μm)	447,42 \pm 50,17	3,11	6,09	8,61	0,72	0,994	0,991-0,996
Hafif	508,25 \pm 15,29	2,52	4,93	6,97	0,49	0,962	0,920-0,985
Orta	449,62 \pm 21,27	2,61	5,12	7,24	0,58	0,972	0,954-0,983
İleri	390,22 \pm 45,30	4,59	9,00	12,72	1,20	0,987	0,975-0,994

Sİf: Ön yüzey kurvatür haritasında simetri endeksi, Sİb: Arka yüzey kurvatür haritasında simetri endeksi, KVf: Ön yüzey keratokonüs verteksi, KVb: Arka yüzey keratokonüs verteksi, EİKK: En ince kornea kalınlığı, BCVf: Ön yüzey Baiocchi-Calossi-Versaci endeksi, BCVb: Arka yüzey Baiocchi-Calossi-Versaci endeksi, BCVt: BCVf ve BCVb'nin vektöryel toplamı. GİSS: Gözlem içi standart sapma, GİK: Gözlem içi keskinlik, TE: Tekrarlanabilirlik endeksi, DK: Değişkenlik katsayısı, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı. SKK iki yönlü karma model, mutlak uyum yöntemi ile hesaplandı, hepsinde $p < 0,001$ idi. Kalın olarak yazılan satırlar tüm keratokonüs gözlerin ortalama değerleridir.

cihazlarının ektazi endekslerinin tekrarlanabilirlik ve güvenilirliğini inceleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır.^{4,5,9} Ancak bildiğimiz kadarıyla çalışmamız kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile güncel keratokonusta tarama endeksleri ile korneanın kurvatür, kalınlık, hacim ve şekil endekslerinin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliğini keratokonusun farklı evrelerine göre inceleyen ilk çalışmadır.

Çalışmamızdaki kurvatür ölçümleri (Sim K, AKf, AKb) tekrarlanabilirlik açısından iyi ve mükemmel derecede güvenilir. Savini ve ark.¹³ bizimkiyle aynı cihazı kullanarak yaptıkları çalışmada 13 gözden oluşan keratokonusta grubunda ortalama SimK değeri için DK'yı %0,32, SKK'yı 0,992 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda bu sonuca çok yakın şekilde SimK1 ve SimK2 için DK değeri sırasıyla %0,35 ve %0,39, SKK ise sırasıyla 0,992 ve 0,993 idi. AKf için literatürde çalışmamıza çok benzer şekilde DK %0,7, SKK 0,995 olarak bildirilmiştir.⁵ Arka yüzey apikal kurvatürünü değerlendirmek için kullanılan AKb'deki ölçüm değişkenliği ön yüzeydeki eşdeğerine (AKf) göre yüksekti (DK %1,46). Literatürde bu bulgumuzu destekleyecek nitelikte, Sirius cihazı ile arka yüzey kurvatür ölçümlerinin tekrarlanabilirlik ve güvenilirliğinin ön yüzeye göre daha düşük olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur.^{9,14} Montalban ve ark.¹⁴ göre arka yüzeyde 3,0 mm zondan elde edilen düz keratometri için DK %4,25'e yükselmekte ve güvenilirlik orta düzeye kadar inebilmektedir. Bayhan ve ark.⁹ da arka yüzey 3,0 mm zonda en düz keratometri için güvenilirliğin ön yüzeye göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (SKK=0,875).

Keratokonusta progresyonu için en çok kabul gören kriterlerden biri Kmaks'ta >1D artıştır.^{1,2} Ayrıca en dik simK değerinde >1-1,5 D artış¹⁵ veya ortalama keratometride $\geq 0,75$ D artış¹⁶ gibi kurvatüre dayalı kriterler progresyon analizi açısından önerilmektedir. Çalışmamızda en dik SimK için TE 0,53 D olup, bu hata payı progresyon için önerilen sınırın çok altındadır. Bu nedenle Sirius cihazındaki SimK parametresinin progresyon takibinde güvenilir şekilde kullanılabilmesini düşünmekteyiz. Ancak çalışmamızda AKf (Kmaks) için TE değeri 1,18 D olup, progresyon için önerilen limitin üzerinde yer almıştır. Prakash ve ark.⁵ da Sirius ile AKf için TE değerini 1,24 D olarak bildirmiş ve Kmaks'ta >1D artış yerine >1,25 D'lik bir artışın progresyon kriteri olarak kabul edilmesini önermişlerdir. Pentacam HR (Oculus Optikgerate GmbH) cihazı ile yapılan bir çalışmada Kmaks için TE <1 D olarak saptanmakla beraber, ileri keratokonumlu gözlerde bu ölçüm hata aralığının 1,34 D'ye kadar çıkabildiği bildirilmiştir.⁴ Çalışmamızda keratokonusta şiddetine göre gruplama yapıldığında, AKf için TE'nin ilginç bir şekilde hem hafif keratokonusta hem ileri keratokonusta olgularında ortalamadan daha yüksek olduğu ve 1,55 D'ye ulaşabildiği görülmüştür. Bu nedenle Sirius cihazı ile elde edilen apikal kurvatür verilerindeki değişim miktarının gözdeki klinik bulguların şiddeti ve diğer topografik ve tomografik parametrelerle beraber değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kornea hacmi ölçümleri tekrarlanabilir (DK: %1,14) ve mükemmel güvenilirlikte bulunmuştur (SKK: 0,965). Ancak hafif ve orta şiddette keratokonumlu gözlerde ölçüm güvenilirliği iyi seviyede yer almıştır. Prakash ve ark.⁵ çalışmamıza çok yakın şekilde hacim için DK'yı %1,1 SKK'yı 0,972 olarak bildirmişlerdir ancak evrelere göre bir inceleme yapmamışlardır.

Çalışmamızda şekil endekslerinin güvenilirliği önceki iki çalışma gibi mükemmel olarak saptanmıştır (SKK $\geq 0,933$).^{13,14} Montalban ve ark.¹⁴ keratokonumlu gözlerde 8,0 mm zondan elde edilen RMS/A ölçümlerinin tekrarlanabilirliğini 4,5 mm'dekine göre daha iyi olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise hem 4,5 mm hem 8,0 mm zondan elde edilen RMS/A ölçümlerinin tekrarlanabilirliği oldukça iyi idi (TE<0,07). Bunun çalışma örneklemimizin farklılığından kaynaklanmış olabileceğini söyleyebiliriz.

En ince kornea kalınlığı Sirius cihazındaki destek vektör makinesinin kullandığı keratokonusta tarama endeksleri arasında yer almaktadır.⁸ EİKK çalışmamızda tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik açısından en iyi parametrelerdendi. Shetty ve ark.¹⁵ Sirius cihazı ile keratokonumlu gözlerde EİKK için 24,6 μ m gibi yüksek bir TE ve %2,1 seviyesinde bir DK bildirirken, literatürde aynı cihazla yapılan üç çalışmada bizimkine oldukça yakın şekilde mükemmel tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik sonuçlarına ulaşılmıştır.^{5,13,14} Bu çalışmalarda TE 6,45 - 9,3 μ m arasında, DK %0,50-%0,80 arasında; bizim çalışmamızda TE 8,61 μ m, DK %0,72 olarak saptanmıştır. İleri evre gözlerde değişkenlik bir miktar artsa da, ölçüm halen oldukça tekrarlanabilirdi (DK=%1,20). Bu sonuçlara göre kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile korneanın pakimetrik ölçümlerinin son derece tekrarlanabilir ve güvenilir olduğunu söyleyebiliriz. Literatürde kornea kalınlığında %2, %5 veya 30 μ m üzerinde değişim progresyon kriteri olarak önerilmektedir.^{1,11,16,17} EİKK için çalışmamızdaki TE değeri önerilen eşik değerlerin altında olduğu için Sirius cihazı ile elde edilen pakimetrik ölçümlerin progresyon analizinde güvenilir bir parametre olarak kullanılabilmesini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda Sirius cihazının destek vektör makinesinin kullandığı bütün keratokonusta tarama endekslerinin güvenilirliği mükemmeldi. Gözün aberasyon verilerine dayanarak oluşturulan BCV endeksinin ölçüm güvenilirliği daha önceki iki çalışmada bizimkine benzer şekilde mükemmel olarak bildirilmiştir (SKK $\geq 0,971$).^{5,9} Bu çalışmalarda ön yüzey, arka yüzey ve total BCV için TE sırasıyla 0,094, 0,193 ve 0,58 D olarak saptanmıştır.^{5,9} Bizim çalışmamızda ise BCV endekslerinde birbirine daha yakın tekrarlanabilirlik sonuçları elde edilmiştir (BCVf, BCVb ve BCVt için TE sırasıyla 0,33, 0,43 ve 0,34 D idi).

Prakash ve arkadaşları⁵ Sif, Sib, KvF, KvB endeksleri için güvenilirliği çalışmamızdakine benzer şekilde mükemmel olarak bildirmişlerdir (SKK $\geq 0,966$). Keratokonusta taramasında

kullanılan endekslerin tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik sonuçlarının çok iyi olması nedeniyle bu endekslerin progresyon analizinde kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile keratokonumlu gözlerden alınan ölçümlerin büyük kısmının çok iyi derecede tekrarlanabilir ve güvenilir olduğunu gözlemledik. Bunda cihazın çekim kalitesi uyarısını dikkate almanın çok önemli olduğunu düşünmekteyiz. Amsler-Krumeich sınıflamasına göre evre-4 kabul edilen gözlerde iyi çekim kalitesi elde etmekte güçlük yaşadığımız için örneklemimizde bu olguların sayısı göreceli olarak azdı. Daha önceki çalışmalarda da çekim kalitesi göz önünde bulundurularak ağırlıklı olarak orta şiddette olguların sonuçlarına yer verildiğini görmekteyiz.^{5,9}

Çalışmamızda literatürden farklı olarak kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile gözler keratokonussü şiddetine göre gruplandırılarak tekrarlanabilirlik ve güvenilirlik analizi yapılmıştır. İleri evre gözlerde değişkenliğin genellikle biraz daha yüksek olduğu, ölçüm güvenilirliğinin bazı parametreler için %95 güven aralığında iyi düzeye inebildiği gözlenmiştir. Literatürde sonuçlarımızı destekler nitelikte arka yüzey dikleştikçe kurvatür ölçümlerinde değişkenliğin arttığını¹⁴ ve ileri evre gözlerde Kmaks değişkenliğinin arttığını bildiren yayımlar mevcuttur.^{4,18} Sonuçlarımıza göre ölçüm hata aralığının hastalık şiddetine göre değişebildiğini ve bu nedenle progresyon analizinde gözün klinik durumunun dikkate alınması gerektiğini düşünmekteyiz. Örneğin, sonuçlarımıza göre EİKK'da 10 µm'lik bir inceltme hafif evre bir göz için progresyonu işaret edebilirken, ileri evre bir gözde ölçüm hata

aralığında içerisinde kalabilmektedir. İleri evre gözlerde ölçüm hatalarını azaltabilmek için tekrarlı ölçüm almak, çekim kalitesine dikkat etmek, çekim esnasında hastayı fiksasyon ve uyum için yönlendirmek ve parametreleri klinik ve diğer topografik ve tomografik bulgularla beraber değerlendirmenin faydalı olacağını düşünmekteyiz.

Çalışmamızın kısıtlılığı gözlemciler arası veya seanslar arası ölçüm karşılaştırması yapılmaması ve sadece kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sisteminin kullanılmasıdır. Çalışmamızın avantajı ise farklı evrede gözleri çalışmaya dahil ederek, keratokonussü şiddetine göre ölçüm güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğini incelemek olmuştur. Ayrıca cihazın ektazi taraması için kullandığı özgün endeksler ile diğer sık kullanılan topografik ve tomografik endeksler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

Sonuç

Kombine Scheimpflug-Placido disk ön segment analiz sistemi ile keratokonumlu gözlerde yapılan ölçümler büyük ölçüde tekrarlanabilir ve güvenilirdir. Ancak ileri evre gözlerde ölçüm değişkenliğinin biraz daha fazla olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Sirius cihazı için tekrarlanan AKf ölçümlerindeki hata aralığı beklenenden yüksek olabileceği için progresyon kriteri olarak >1,20 D artışın esas alınması veya tekrarlanabilirliği oldukça iyi olan SimK ve EİKK gibi parametreler ile beraber değerlendirilmesinin faydalı olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca, cihaza özgü güncel keratokonussü tarama endekslerinin güvenilir sonuçlarından dolayı hastalığın tanı ve takibinde çok değerli olduğunu söyleyebiliriz.

Kaynaklar

1. Burcu A. Keratokonussü Tedavisinde Güncel Girişimsel Yöntemler. T J Ophthalmol. 2013; 43:263-9.
2. Bilgihan K, Yeşilırmak N. Keratokonussü Hastasına Güncel Yaklaşım. MN Oftalmoloji. 2017;24(Suppl 1):54-61.
3. Bayhan HA, Aslan Bayhan S, Gürdal C, Takmaz T, Can İ. Keratokonussü Tanısında Optik Koherens Tomografi ile Pakimetrik Haritalama. Turk J Ophthalmol 2013;43:236-40.
4. Kosekahya P, Koc M, Caglayan M, Kiziltoprak H, Atilgan CU, Yılmazbas P. Repeatability and reliability of ectasia display and topometric indices with the Scheimpflug system in normal and keratoconic eyes. J Cataract Refract Surg. 2018;44(1):63-70.
5. Prakash G, Philip R, Srivastava D, Bacero R. Evaluation of the Robustness of Current Quantitative Criteria for Keratoconussü Progression and Corneal Cross-linking. J Refract Surg. 2016; 32(7):465-72.
6. Shetty R, Rao H, Khamar P, et al. Keratoconussü Screening Indices and Their Diagnostic Ability to Distinguish Normal From Ectatic Corneas. Am J Ophthalmol. 2017;181:140-8.
7. Arbelaez MC, Versaci F, Vestri G, Barboni P, Savini G. Use of a support vector machine for keratoconussü and subclinical keratoconussü detection by topographic and tomographic data. Ophthalmology. 2012;119(11):2231-8.
8. Costruzione Strumenti Oftalmici (CSO). Phoenix User's Manual #2.6-14. Keratoconussü Summary: 80-83.
9. Bayhan HA, Aslan Bayhan S, Muhafız E, Can I. Repeatability of aberrometric measurements in normal and keratoconussü eyes using a new Scheimpflug-Placido topographer. J Cataract Refract Surg. 2014;40(2):269-75.
10. Bozkurt B, Yılmaz M, Meşen A, Kamış Ü, Ekinci Köktekir B, Okudan S. Correlation of Corneal Endothelial Cell Density with Corneal Tomographic Parameters in Eyes with Keratoconussü. Turk J Ophthalmol. 2017;47(5):255-60.
11. Sinjab MM. Quick Guide to the Management of Keratoconussü, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2012:34-39.
12. Ateş C, Öztuna D, Genç Y. Sağlık Araştırmalarında Sınıf İçi Korelasyon Katsayısının Kullanımı. T Klin J Biostat 2009; 1(2):59-64.

13. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new Scheimpflug camera combined with Placido topography. *J Cataract Refract Surg.* 2011;37(10):1809-16.
 14. Montalbán R, Alió JL, Javaloy J, Piñero DP. Intrasubject repeatability in keratoconus-eye measurements obtained with a new Scheimpflug photography-based system. *J Cataract Refract Surg.* 2013;39(2):211-8.
 15. Shetty R, Arora V, Jayadev C, et al. Repeatability and agreement of three Scheimpflug-based imaging systems for measuring anterior segment parameters in keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(8):5263-8.
 16. Gore DM, Shortt AJ, Allan BD. New clinical pathways for keratoconus. *Eye (Lond).* 2013;27(3):329-39.
 17. Shetty R, Pahuja NK, Nuijts RM, Ajani A, Jayadev C, Sharma C, Nagaraja H. Current Protocols of Corneal Collagen Cross-Linking: Visual, Refractive, and Tomographic Outcomes. *Am J Ophthalmol.* 2015;160(2):243-9.
 18. Flynn TH, Sharma DP, Bunce C, Wilkins MR. Differential precision of corneal Pentacam HR measurements in early and advanced keratoconus. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(9):1183-7.
-