



Normal Gözlerde Çift Scheimpflug Analizörü ile Yapılan Ön Segment Ölçümlerinin Gözlemci İçi ve Gözlemciler Arası Tutarlılığı

Repeatability and Reproducibility of Anterior Segment Measurements in Normal Eyes Using Dual Scheimpflug Analyzer

Zeynep Altıparmak*, Ramazan Yağcı**, Emre Güler***, Zeynel Arslanyılmaz****, Metin Canbal*****, İbrahim F. Hepşen*****

*Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara, Türkiye

**Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

***Erciş Devlet Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Van, Türkiye

****Adıyaman Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Adıyaman, Türkiye

*****Turgut Özal Üniversitesi Tıp Fakültesi, Aile Hekimliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

*****Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Normal gözlerde çift Scheimpflug analizörü (Galilei) ile ölçülen aberometrik ölçümleri de içeren ön segment parametrelerinin gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılığının değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: İki bağımsız gözlemci tarafından birbirini takip eden üçer ölçüm yapıldı. Toplam ve arka korneal güç, korneal yüksek sıralı wavefront aberasyonlar (6,0 mm pupil), santral, parasantral ve periferik pakimetri ve ön kamara derinliği (ÖKD) değerlendirildi. Gözlemcilerin ölçümleri arasındaki tutarlılıklar gözlemci içi standart sapma, kesinlik, tekrarlanabilirlik ve sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ile belirlendi. Gözlemciler arası tutarlılık ise Bland-Altman analizi ile değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya 30 hastanın 30 gözü dahil edildi. En iyi SKK değerleri pakimetri ve ÖKD ölçümlerinde elde edildi. Her iki gözlemci arka korneal astigmatizma ve toplam yüksek sıralı aberasyonlar haricindeki parametrelerde kabul edilebilir SKK değerleri elde edebildiler. Her iki gözlemcinin ölçümleri arasında %95 LoA (Limits of Agreement) değerleri oldukça küçük değişkenlik göstermekte idi.

Sonuç: Galilei sistemi ile tutarlı bir şekilde ön segment parametrelerinin ölçümü yapılabilmektedir. Bu nedenle cihaz rutin klinik uygulamalarda ve araştırmalarda güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Galilei, gözlemci içi, gözlemciler arası, wavefront aberasyonları

Summary

Objectives: To assess the repeatability and reproducibility of anterior segment measurements including aberometric measurements provided by a dual Scheimpflug analyzer (Galilei) system in normal eyes.

Materials and Methods: Three repeated consecutive measurements were taken by two independent examiners. The following were evaluated: total corneal power and posterior corneal power, corneal higher-order wavefront aberrations (6.0 mm pupil), pachymetry at the central, paracentral, and peripheral zones, and anterior chamber depth (ACD). Repeatability was assessed by calculating the within-subject standard deviation, precision, repeatability, and intraclass correlation coefficient (ICC). Bland-Altman analysis was used for assessing reproducibility.

Results: Thirty eyes of 30 patients were included. The best ICC values were for corneal pachymetry and ACD. For both observers, acceptable ICC was also achieved for the other parameters, the only exceptions being posterior corneal astigmatism and total high order aberration. The 95% LoA (Limits of Agreement) values for all measurements showed small variability between the two examiners.

Conclusion: The Galilei system provided reliable measurements of anterior segment parameters. Therefore, the instrument can be confidently used for routine clinical use and research purposes.

Keywords: Galilei, intraobserver, interobserver repeatability, wavefront aberrations

Giriş

Scheimpflug kameralarının klinik kullanıma girmesi ile ön segment görüntülenmesi anlamlı derecede gelişti. İlk dönem Scheimpflug kamera, Pentacam (Oculus, Wetzlar, Almanya) 2002 yılında kullanıma girdi ve güvenilir ölçümler yapılmasını sağladı.^{1,2,3}

Yakın zamanda yeni bir Scheimpflug tabanlı cihaz, Galilei çift Scheimpflug analizörü (Ziemer Group, İsviçre) piyasaya sürüldü.⁴ Pentacam'dan farklı olarak Galilei sisteminde bir Placido topoğrafya sistemi ile birlikte iki adet dönen Scheimpflug kamerası bulunmaktadır. Galilei, Scheimpflug kameralarından elde edilen veriye ek olarak Placido diskini kullanarak daha doğru ön eğrilik topoğrafik veri sağlamaktadır.⁵ Ek olarak, çift kamera sistemi her iki taraftan görüntü elde etmektedir. Bu sayede, göz hareketlerinin korneal pakimetri ve arka kornea eğriliğine etkisi nedeniyle ortaya çıkan desantrasyon etkisinin minimum düzeye indirmektedir.⁶

Yeni cihazların klinik kullanım öncesi gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılığının değerlendirilmesi çok önemlidir.^{7,8} Bu çalışmada Galilei sisteminin dalga cephesi (wavefront) aberasyon analizini de içeren ön segment ölçümlerindeki gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılığını değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem

Bu prospektif çalışma Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen etik kurallara uygun olarak gerçekleştirildi ve yerel etik kuruldan izin alındı. Tüm hastalardan bilgilendirilmiş onamı alındı.

Çalışmaya Turgut Özal Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'na Ekim 2013 ile Aralık 2013 tarihleri arasında başvuran daha önce göz cerrahisi veya travma öyküsü olmayan, kornea veya diğer oküler hastalığı bulunmayan ve kontakt lens kullanım geçmişi olmayan hastalar dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen tüm olguların en iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) -0,10 ile 0,10 logMAR arasındaydı, kırılma kusuru (sferik denklik olarak) ± 1.00 dioptri (D) aralığındaydı ve astigmatizma değerleri 0,50 D'den küçüktü.

Her hastanın bir gözü rastgele seçildi. Tüm gözlerle Galilei çift Scheimpflug analizör sistemi ile kornea topoğrafya analizi dahil detaylı oftalmolojik muayene yapıldı. İki deneyimli bağımsız gözlemci tarafından birbirini takip eden üçer ölçüm yapılarak gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılık değerlendirildi. Her olgu için ilk gözlemci rastgele belirlendi.

Tüm gözlerle ön segmentin invazif olmayan ölçüm ve değerlendirmesine olanak sağlayan Galilei çift Scheimpflug analizör sistemi (yazılım sürümü 5.2.1) ile kornea topoğrafya analizi yapıldı. Tarama işlemi sırasında bir seri Scheimpflug görüntüsü ile herbiri birbirinden 90 derece uzaklıkta olan iki üstten bakan Placido görüntüsü alınır. Scheimpflug görüntülerinden ön kornea, arka kornea, ön lens ve iris kenarları algılanır. Placido görüntülerinde halka kenarlar algılanır. Bir yükseklik verisi Scheimpflug kenarlarından ölçülürken diğer bir yükseklik verisi Placido görüntülerinden elde edilen eğim verisi, yükseklik verisine çevirilerek elde edilir. Birleştirilen yükseklik

verisi patentli bir yöntem aracılığı ile ön kornea yüzey verisi oluşturmada kullanılır. Arka kornea, ön lens ve iris ölçümleri sadece Scheimpflug verisinden elde edilir.

Tüm ölçümler saat 10:00 ve 15:00 arasında eşit ışık koşulları altında gerçekleştirildi ve pupiller dilate edilmedi. Ölçümler, üretici yönergelerine uygun olarak yapıldı. Cihaz odaklandı, santral fiksasyon ışığı kullanılarak hastanın gözü görme eksenine getirildi. Cihaz her ölçüm öncesi tekrar hizalandı. Hastalar rastgele olarak birbirini takip eden üçer ölçüm yapılmak üzere iki gözlemciye dağıtıldı.

Bu çalışmada aşağıdaki ölçümler değerlendirildi:

1- Ortalama simüle edilen keratometri (SimK) ortalaması: Merkezden 0,5 ila 2,0 mm uzaklıkta, ortalama güçleri arasında en yüksek fark olan bir çift, birbirinden 90 derece uzaklıkta meridyenin aritmetik ortalamasıdır.

2- Ortalama toplam kornea gücü (TKG) ve toplam kornea astigmatizması (TKA): Ön ve arka kornea yüzeylerinin gücü, Gaussian optik formülü kullanılarak değil, ışın izleme yöntemi kullanılarak hesaplandı. Haritadaki her nokta için ilgili açı, paralel olarak giren ışınlar için ön yüzey normaline göreceli olarak hesaplandı. Kırılma açısı, hava için kırılma indeksi (Z)=1,0 ve kornea için Z=1,376 kabul edilerek Snell yasası kullanılarak hesaplandı. Bu kırılma açısı, giren ışınların arka yüzey normaline göreceli olarak paralel olmayan yönlerinin belirlenmesinde ve arka yüzey için ilgili açıların hesaplanmasında kullanıldı. Arka yüzey için yeni bir kırılma açısı, kornea kırılma indeksi (Z)=1,376 ve aköz için Z=1,336 kabul edilerek Snell yasası kullanılarak hesaplandı. Elde edilen bu son kırılma açısı, ışının (0,0) aksını kestiği noktanın hesaplanmasında kullanıldı; buradan yola çıkarak bulunan odak uzunluğu ise haritada bu nokta için toplam gücün hesaplanmasında kullanıldı. TKA değeri en dik meridyen (SimKs) ile en düz meridyen (SimKf) arasındaki SimK farkıdır.

3- Ortalama arka kornea gücü (AKG) ve arka kornea astigmatizması (AKA): Arka aksiyal eğrilik haritasından hesaplanan AKG, merkezden 0,5 ila 2,0 mm uzaklıkta, ortalama güçleri arasında en yüksek fark olan bir çift birbirinden 90 derece uzaklıkta meridyenin aritmetik ortalamasıdır. Dik ve düz meridyenlerin gücü kornea (1,376) ve aköz sıvı (1,336) kırıcılık indeksleri kullanılarak hesaplandı. AKA değeri, SimKs ve SimKf değerleri arasındaki farktır.

4- Kornea kalınlığı (KK): Merkez bölge (0,0 ila 4,0 mm), parasantral bölge (4,0 ila 7,0 mm) ve periferik bölge (7,0 ila 11,0 mm) için ortalama KK değerlendirilmiştir.

5- Ön kamara derinliği (ÖKD): ÖKD, kornea endoteli ile lens yüzeyine dik olarak ölçülen göz lensinin ön yüzeyi arasında kalan mesafedir. Bu çalışmada ÖKD değeri hesaplanırken tüm Scheimpflug görüntülerinin ortalaması kullanılmıştır.

6- Toplam kornea dalga cephesi aberasyonları, toplam kornea yüksek seviye dalga cephesi aberasyonları ve sferik aberasyon (SA): Çift Scheimpflug sistemi pupil üzerinde merkezlenen ön ve arka yüzeylerden hesaplanan toplam kornea dalga cephesi aberasyonlarını gösterir. Aşağıdaki değerler pupil 6,0 mm iken kaydedilmiştir: Toplam kornea kareler ortalamasının karekökü (root-mean-square, RMS), 3. ve 6. seviye

için yüksek seviye kareler ortalamasının karekökü (HO-RMS) ve SA. Asferik göz içi lens implantasyonundaki önemi nedeniyle SA özellikle değerlendirilmiştir.

İstatistik Analiz

İstatistiksel analizler Windows için SPSS sürüm 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılım gösterdiği Kolmogorov-Smirnov testi ile doğrulandı. Daha sonra parametrik istatistikler yapıldı. Her klinik parametre için gözlemciler arası farkların değerlendirilmesinde eşleştirilmiş t-testi kullanıldı. Tüm testler iki uçlu (two-tailed); anlamlılık düzeyi $\alpha=0,05$ olarak kabul edildi.

Her klinik parametrenin tekrar edilebilirliği aşağıdaki istatistiksel yöntemlerle değerlendirildi: Üç ardışık ölçümün gruplar içi standart sapması (S_w), keskinlik, tekrarlanabilirlik ve sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK). Gruplar içi standart sapma, ölçüm hatasının boyutunu tespit etmek için basit bir yöntemdir. Keskinlik, ($\pm 1.96 \times S_w$)⁹ olarak tanımlanır ve bu parametre gözlemlerin %95'i için tekrarlanan ölçümlerde hata aralığının ne kadar büyük olduğunu gösterir. Tekrarlanabilirlik, ($2.77 \times S_w$) olarak hesaplanır ve ölçüm hatası aralığını incelemenin kullanışlı başka bir yoludur.¹⁰ SKK, varyans korelasyon analizidir ve toplam varyasyona oran olarak grupların göreceli homojenitesini ölçer (tekrarlan ölçümler arasında).¹¹ Maksimum SKK değeri 1,00'dır ve 1,00'a yakın olan SKK değerleri güvenilirliğin yüksek olduğunu gösterir. Portney ve Watkins¹² genel olarak 0,75'ten büyük değerlerde güvenilebilirliğin iyi olduğunu ancak birçok klinik ölçümde makul geçerlilik için SKK değerinin 0,90'dan büyük olması gerektiğini söylemiştir. Eğer değer 0,00'ın altına düşerse, SKK geçerli değildir. Tekrarlanabilirlik Bland-Altman analizi ile değerlendirildi. Bu yöntemde iki gözlemci arasında sonuçların uyumlu olup olmadığını değerlendirmek için grafik çizilir. Uzlaşmanın sınırları, her gözlemcinin ölçümleri arasındaki ortalama fark $\pm [1.96 \times (\text{farkların standart sapması})]$ olarak hesaplanır.⁹ Bu standart sapma gözlemci içi uzlaşma aralığıdır (1,96 kat). Düşük değerler yüksek tekrarlanabilirliği gösterir. Eğer bu aralık klinik olarak anlamlı bir farka neden

oluyorsa tekrarlanabilirlik kabul edilebilir sınırlarda değildir. Hata, klinik uygulamada önemli sonuçlara neden olabilir. Bu durumda değerlendirilen klinik yöntemin tekrarlanabilir ölçümler sağlamadığı düşünülür.

Örneklem büyüklüğü hesaplaması yapılarak, tekrarlanan olgu içi ölçümleri arasında istatistiksel anlamlı farkı algılamaya yeterli olacak olgu sayısı bulundu. Çalışmaya dahil edilen hasta sayısı, gözlemci içi SKK değerlerini temel alan örneklem büyüklüğü hesaplaması sonuçlarına dayanarak belirlendi. Her olgudan üç ölçüm yapılması durumunda 26 olgu, anlamlılık düzeyi 0,05 kabul edilen F-test kullanılarak sıfır hipotezinin SKK değeri 0,6 ise, alternatif hipotezin SKK değeri 0,8 olması durumunda %81 güce ulaşır.

Bulgular

Bu prospektif çalışmaya 30 gönüllünün (15 erkek, 15 kadın) 30 gözü dahil edildi. Olguların yaş ortalaması $30,15 \pm 5,02$ (20-40) yılı.

Tekrarlanabilirlik

Tablo 1, her iki gözlemci için kornea gücü ölçümünde tekrarlanabilirlik sonuçlarını göstermektedir. Ortalama SimK, AKG ve TKG kornea gücü ölçümlerinde yüksek SKK değerleri elde edildi. Ancak AKA ile ilişkili ölçümler daha düşük tekrarlanabilirlik gösterdi; gözlemci 1 ve 2 için SKK değerleri sırasıyla 0,602 ve 0,576 bulundu (Tablo 1). Ek olarak gözlemci 1'den elde edilen TKA ölçümlerinden hesaplanan SKK daha düşüktü (SKK: 0,680).

Tablo 2, KK ve ÖKD ölçümleri için tekrarlanabilirlik sonuçlarını özetlemektedir. Her iki gözlemci için, en iyi SKK değerleri (0,90'dan büyük) KK ve ÖKD ölçümleri için elde edildi. Merkez KK (0 ila 4 mm) ölçümü en iyi SKK sonucunu verdi (SKK >0,99).

Tablo 3 kornea aberasyonları için tekrarlanabilirlik değerlerini göstermektedir. Tüm ölçümler için iyi SKK değerlerine (>0,75) ulaşılrken toplam HO-RMS ölçümleri daha düşük tekrarlanabilirlik göstermiştir (gözlemci 1 ve 2 için sırasıyla 0,717 ve 0,641).

Tablo 1. Kornea gücü ölçümlerinin tekrarlanabilirliği

	Gözlemci 1					Gözlemci 2				
	Genel Ortalama \pm SD (min-maks)	S_w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)	Genel Ortalama \pm SD (min-maks)	S_w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)
SimK Ortalama	43,04 \pm 1,26 (40,67-46,13)	0,202	0,396	0,560	0,971 (0,956-0,982)	43,04 \pm 1,34 (39,51-46,41)	0,489	0,958	1,355	0,864 (0,800-0,912)
AKG	-6,22 \pm 0,20 (-6,67-5,79)	0,042	0,082	0,116	0,956 (0,933-0,972)	-6,25 \pm 0,25 (-7,08-5,75)	0,110	0,216	0,305	0,822 (0,742-0,884)
AKA	-0,37 \pm 0,10 (-0,64-0,12)	0,075	0,147	0,208	0,602 (0,463-0,724)	-0,37 \pm 0,11 (-0,64-0,14)	0,085	0,167	0,235	0,576 (0,433-0,704)
TKG	41,71 \pm 1,26 (39,36-44,83)	0,205	0,402	0,568	0,971 (0,956-0,982)	41,69 \pm 1,34 (38,22-45,12)	0,515	1,009	1,427	0,856 (0,788-0,905)
TKA	1,14 \pm 0,68 (0,20-3,40)	0,420	0,823	1,163	0,680 (0,557-0,782)	1,14 \pm 0,66 (0,17-3,17)	0,301	0,590	0,834	0,816 (0,734-0,879)

S_w : Üç ardışık ölçümün gruplar içi standart sapması, Kes: Keskinlik, Tek: Tekrarlanabilirlik, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı, GA: Güven aralığı, SimK: Simüle edilen keratometri, AKG: Arka kornea gücü, AKA: Arka kornea astigmatizması, TKG: Toplam kornea gücü, TKA: Toplam kornea astigmatizması

Gözlemciler Arası Tekrar Edilebilirlik

Tablo 4 her iki gözlemci tarafından analiz edilen oküler yapılar için tekrar edilebilirlik sonuçlarını özetlemektedir. Özetle, ölçülen parametreler için %95 LoA (Limits of Agreement), gözlemcilerin birbiri ile oldukça iyi uzlaşma içinde olduğunu gösterdi. En küçük uzlaşma aralığı ÖKD (0,0594 mm) için saptandı. En büyük uzlaşma aralığı ise KK ile ilgili ölçümlerde gözlemlendi. Bu değerlerde merkez korneada daha düşükken, periferik korneada daha yüksekti. Her iki gözlemcinin ölçümleri arasında %95 LoA değerleri oldukça küçük değişkenlik gösterdi.

Tartışma

Ölçümde ortaya çıkan hata, ölçülen parametrede meydana gelen gerçek değişikliklerin algılanmasına engel olmayacak kadar küçük olmalıdır.¹³ Bu nedenle diyagnostik cihazların güvenilirliğini ölçen çalışmalar gereklidir. Bu çalışmada, sağlıklı kornealarda Galilei çift Scheimpflug ve Placido kornea topoğrafya cihazı tarafından ölçülen ön segment ölçümlerinin gözlemci içi ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir.

Menassa ve ark.⁵ ve Wang ve ark.¹⁴ normal kornealarda Galilei Scheimpflug sistemi ile kornea pakimetri ölçümleri yapmış ve yüksek tekrarlanabilirlik (SKK >0,99) bildirmişlerdir. Savini ve ark.¹⁵ normal ve postrefraktif kornealarda merkez ve

en ince KK ölçümlerinde mükemmel tekrarlanabilirlik (her iki grup için de SKK >0,99) göstermişlerdir. Bu çalışmada, normal kornealarda korneal pakimetri ölçümlerinde benzer SKK değerleri (>0,99) elde ettik.

Menassa ve ark.⁵ normal kornealarda Galilei ve kornea topografi (Orbscan II, Bausch&Lomb) cihazlarında benzer şekilde santral pakimetri sonuçları açısından yüksek tekrarlanabilirlik bulmuşlardır. Bu çalışmada, normal kornealarda pakimetri değerleri için kabul edilebilir tekrarlanabilirlik saptadık.

Shankar ve ark.¹ santral KK için tekrarlanabilirliğin iyi olduğunu ancak periferik pakimetri için tek Scheimpflug kamera sisteminde tekrarlanabilirliğin düşük olduğunu bildirmiştir. Aksine, Wang ve ark.¹⁴ çift Scheimpflug sistemi ile yapılan ölçümlerde hem santral hem periferik kornea pakimetrisinde mükemmel tekrarlanabilirlik göstermiştir. Bu çalışmada, santral ve periferik KK ölçümlerinde mükemmel tekrarlanabilirlik saptadık. Bu, çift kanal Scheimpflug kamera sistemine bağlı olabilir. Ölçümler arasında hizalama bozulursa, kameranın yerine ve desantrasyonun büyüklüğüne bağlı olarak farklı kalınlıklar ölçülebilir. Aksine, iki kameradan alınan verilerin ortalaması ile elde edilen ölçümler, değişen kornea pozisyonundan kaynaklanan sorunları minimuma indirir çünkü bu gibi bir kayma bir kamera ile yapılan ölçümde korneayı daha ince bulurken, diğer kamera

Tablo 2. Kornea kalınlığı ve ön kamare derinlik ölçümleri için tekrarlanabilirlik sonuçlarının özeti

	Gözlemci 1					Gözlemci 2				
	Genel Ortalama ± SD (min - maks)	S _w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)	Genel Ortalama ± SD (min - maks)	S _w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)
KK (0-4 mm)	547,43±33,17 (459,67-621,00)	2,552	5,002	7,069	0,994 (0,991-0,996)	547,16± 33,94 (461,67-626,67)	3,075	6,027	8,518	0,992 (0,987-0,995)
KK (4-7 mm)	595,18±32,21 (512,33-661,00)	2,729	5,349	7,559	0,993 (0,989-0,995)	595,50±34,06 (510,67-675,00)	4,674	9,161	12,947	0,980 (0,970-0,988)
KK (7-11 mm)	676,27±32,62 (600,00-740,67)	5,084	9,965	14,083	0,976 (0,963-0,985)	675,60±33,74 (594,67-744,00)	7,529	14,757	20,855	0,951 (0,925-0,969)
ÖKD	3,16±0,26 (2,62-3,77)	0,027	0,053	0,075	0,989 (0,983-0,993)	3,16±0,26 (2,60-3,75)	0,033	0,065	0,091	0,983 (0,974-0,989)

S_w: Üç ardışık ölçümün gruplar içi standart sapması, Kes: Keskinlik, Tek: Tekrarlanabilirlik, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı, GA: Güven aralığı, KK: Kornea kalınlığı, ÖKD: Ön kamara derinliği

Tablo 3. Kornea dalga cephesi ölçümleri için tekrarlanabilirlik sonuçlarının özeti

	Gözlemci 1					Gözlemci 2				
	Genel Ortalama ± SD (min-maks)	S _w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)	Genel Ortalama ± SD (min-maks)	S _w	Kes	Tek	SKK (%95 GA)
Toplam RMS	1,12±0,51 (0,43-2,92)	0,238	0,466	0,659	0,804 (0,717-0,871)	1,13±0,50 (0,41-2,80)	0,245	0,480	0,679	0,790 (0,699-0,861)
HO-RMS	0,64±0,22 (0,31-1,40)	0,106	0,208	0,294	0,717 (0,565-0,822)	0,66±0,19 (0,28-1,23)	0,130	0,255	0,360	0,641 (0,461-0,770)
SA	0,15±0,08 (-0,05-0,32)	0,034	0,067	0,094	0,814 (0,706-0,885)	0,14±0,08 (-0,09-0,31)	0,072	0,141	0,199	0,757 (0,622-0,849)

S_w: Üç ardışık ölçümün gruplar içi standart sapması, Kes: Keskinlik, Tek: Tekrarlanabilirlik, SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı, GA: Güven aralığı, RMS: Kareler ortalamasının karekökü, HO-RMS: Yüksek seviye kareler ortalamasının karekökü (3. ve 6. seviye), SA: Sferik aberasyon

Tablo 4. Klinik parametreler için tekrarlanabilirlik sonuçlarının özeti			
	Uzlaşma Aralığı	Ortalama Fark	Uzlaşma Sınırları
SimK Ortalama	0,6316	-0,0079	-0,6396, 0,6237
AKG	0,2479	0,0295	-0,2184, 0,2774
AKA	0,1106	0,0037	-0,1068, 0,1144
TKG	0,6743	0,0165	-0,6578, 0,6909
TKA	0,7767	-0,0048	-0,7815, 0,7719
KK (0-4 mm)	6,4738	0,2697	-6,2042, 6,7435
KK (4-7 mm)	11,0319	-0,3216	-11,3535, 10,7104
KK (7-11 mm)	15,4390	0,6728	-14,7663, 16,1118
Toplam RMS	0,5347	-0,0114	-0,5461, 0,5234
Toplam HO-RMS	0,3806	-0,0233	-0,4039, 0,3573
SA	0,1217	0,0024	-0,1193, 0,1241
ÖKD	0,0594	-0,0019	-0,0613, 0,0575

SimK: Simüle edilen Keratometri, AKG: Arka kornea gücü, AKA: Arka kornea astigmatizması, TKG: Toplam kornea gücü, TKA: Toplam kornea astigmatizması, KK: Kornea kalınlığı, ÖKD: Ön kamara derinliği, RMS: Kareler ortalamasının karekökü, HO-RMS: Yüksek seviye kareler ortalamasının karekökü (3. ve 6. seviye), SA: Sferik aberasyon

daha kalın bulacaktır (J.R. Lewis, MD, et al., "Comparison of Response to Misalignment in Pachymetry Measurement Between Single- and Dual-Scheimpflug Devices," presented at the ASCRS Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery, San Francisco, California, ABD, April 2009).

Bu çalışmada, ortalama SimK, AKG ve TKG'nin de dahil olduğu kornea gücü ölçümleri daha önce Wang ve ark.¹⁴ ve Savini ve ark.¹⁵ tarafından bildirilen sonuçlara benzer şekilde yüksek tekrarlanabilirlik göstermiştir. Aramberri ve ark.¹⁶ Galilei ve Pentacam cihazları ile yaptıkları arka kornea astigmatizma ölçümlerinde benzer tekrarlanabilirlik değerlerine ulaşmıştır (Galilei ve Pentacam için SKK değerleri sırasıyla 0,725 ve 0,776). Szalai ve ark.¹⁷ Pentacam HR cihazını değerlendirmiş ve daha düşük astigmatizma tekrarlanabilirlik sonuçları (S_w : 0,066) bulmuştur. Bizim sonuçlarımıza göre, AKA tekrarlanabilirliği (SKK <0,602) Aramberri ve ark.¹⁶ çalışmasında bulunan sonuçlardan bir miktar düşüktür, Wang ve ark.¹⁴ sonuçlarından (SKK: 0,913) ise belirgin derecede düşüktür.

Galilei ile kornea gücü ölçümlerinin tekrarlanabilirliği değerlendirildiğinde, Wang ve ark.¹⁴ bildirdiği sonuçlara benzer şekilde yüksek SKK değerlerine ulaşılmıştır. Tekrarlanabilirlik sonuçları aynı zamanda Aramberri ve ark.¹⁶ Pentacam ile elde ettikleri değerlere benzerdir.

ÖKD, katarakt ve refraktif cerrahide, karmaşık göz içi lens gücü hesaplama yöntemleri ve fakik intraoküler lens (İOL) implantasyonu için önemli hale gelmiştir. Önceki çalışmalar Galilei ile ÖKD ölçümlerinde mükemmel tekrarlanabilirlik (SKK >0,99) göstermiştir.^{14,15} Bu çalışma önceki sonuçları doğrulamaktadır ve ÖKD ölçümlerinde 0,99'dan daha yüksek SKK değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca, Fukuda ve ark.¹⁸ bildirdiği sonuçlara benzer şekilde ÖKD ölçümlerinde Galilei yüksek tekrarlanabilirlik göstermiştir.

Wang ve ark.¹⁴ SA ve toplam HO-RMS için (SKK sırasıyla 0,981 ve 0,858) yüksek tekrarlanabilirlik bildirmiştir. Savini ve ark.¹⁵ normal ve postrefraktif kornealarda SA ölçümlerinde mükemmel tekrarlanabilirlik bildirmiştir (SKK sürekli olarak 0,941'ten büyük bulunmuştur). Bu çalışmada tüm ölçülen dalga cephesi aberasyonları için iyi SKK değerlerine (>0,75) ulaştık ancak toplam HO-RMS ölçümlerinde tekrarlanabilirlik daha düşük (SKK <0,717) bulundu. Ek olarak dalga cephesi aberasyonları ile ilgili ölçümler için kabul edilebilir tekrarlanabilirlik düzeyi bulduk.

Galilei ile bir başka Scheimplug tabanlı ön segment görüntüleme cihazını tekrarlanabilirlik açısından karşılaştırmamız olsak da literatür taraması Galilei analizörü için benzer (ve kimi zaman daha yüksek) tekrarlanabilirlik göstermektedir. Verilerimiz aynı zamanda Galilei ölçümlerinin gözlemci içi ve gözlemciler arası tekrarlanabilirliğinin değerlendirildiği önceki çalışmaları desteklemektedir. Bu nedenle, Galilei çift Scheimplug analizörü klinik kullanımda ve araştırma amacı ile güvenle kullanılabilir.

Yazarlık Katkıları

Etik Kurul Onayı: Turgut Özal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu, Hasta Onayı: Alındı, Konsept: Zeynep Altıparmak, Dizayn: Zeynep Altıparmak, Veri Toplama veya İşleme: Zeynep Altıparmak, Emre Güler, Ramazan Yağcı, Zeynel Arslanyılmaz, Metin Canbal, İbrahim F. Hepşen, Analiz veya Yorumlama: Zeynep Altıparmak, Emre Güler, Literatür Arama: Zeynep Altıparmak, Emre Güler, Ramazan Yağcı, Zeynel Arslanyılmaz, Metin Canbal, İbrahim F. Hepşen, Yazan: Zeynep Altıparmak, Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu ve Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir, Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir, Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Shankar H, Taranath D, Santhirathelan CT, Pesudovs K. Anterior segment biometry with the Pentacam: comprehensive assessment of repeatability of automated measurements. J Cataract Refract Surg. 2008;34:103-113.
- Chen D, Lam AK. Intra-session and inter-session repeatability of the Pentacam system on posterior corneal assessment in the normal human eye. J Cataract Refract Surg. 2007;33:448-454.
- Nam SM, Im CY, Lee HK, Kim EK, Kim TI, Seo KY. Accuracy of RTVue optical coherence tomography, Pentacam, and ultrasonic pachymetry for the measurement of central corneal thickness. Ophthalmology. 2010;117:2096-2103.
- Shirayama M, Wang L, Koch DD, Weikert MP. Comparison of accuracy of intraocular lens calculations using automated keratometry, a Placido-based corneal topographer, and a combined Placido-based and dual Scheimpflug corneal topographer. Cornea. 2010;29:1136-1138.
- Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, Job OM, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. J Cataract Refract Surg. 2008;34:1742-1747.
- Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Fard AH, Niknam S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurements between 2 Scheimpflug imaging systems. J Cataract Refract Surg. 2009;35:856-862.
- Cho P, Lam AK, Mountford J, Ng L. The performance of four different corneal topographers on normal human corneas and its impact on orthokeratology lens fitting. Optom Vis Sci. 2002;79:175-183.

8. O'Donnell C, Maldonado-Codina C. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corneas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea*. 2005;24:920-924.
9. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-310.
10. Bland JM, Altman DG. Measurement error. *BMJ*. 1996;313:744.
11. Bland JM, Altman DG. Measurement error and correlation coefficients. *BMJ*. 1996;313:41-42.
12. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. Appleton Lange. 1993;505-528.
13. Rankin G, Stokes M. Reliability of assessment tools in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analyses. *Clin Rehabil*. 1998;12:187-99.
14. Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:425-430.
15. Savini G, Carbonelli M, Barboni P, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements performed by a dual Scheimpflug analyzer in unoperated and post-refractive surgery eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:302-309.
16. Aramberri J, Araiz L, Garcia A, Illarramendi I, Olmos J, Oyanarte I, Romay A, Vignara I. Dual versus single Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1934-1949.
17. Szalai E, Berta A, Hassan Z, Modis L Jr. Reliability and repeatability of swept-source Fourier-domain optical coherence tomography and Scheimpflug imaging in keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:485-494.
18. Fukuda S, Kawana K, Yasuno Y, Oshika T. Repeatability and reproducibility of anterior chamber volume measurements using 3-dimensional corneal and anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:461-468.