

# Refraksiyon Kusurlarının 3-19 Yaş Arası Bireylerde Ölçülmesinde Plusoptix S08 Fotorefraktometrenin Canon RK-F1 Otofrefraktometre ile Karşılaştırılması

## Comparison of Plusoptix S08 Photorefractometer with Canon RK-F1 Autorefractometer in Assessment of Refractive Errors in Individuals Aged 3 to 19 Years

M. Alpaslan ANAYOL,<sup>a</sup>  
Meltem Özgül YILMAZOĞLU,<sup>a</sup>  
Pelin YILMAZBAŞ,<sup>a</sup>  
Hakan TIRHIŞ,<sup>a</sup>  
Faruk ÖZTÜRK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Göz Hastalıkları Kliniği,  
Ulucanlar Göz Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 01.01.2013  
Kabul Tarihi/Accepted: 21.02.2013

*Bu çalışmanın bir bölümü  
43. Ulusal Türk Oftalmoloji Derneği Kongresi  
(11-15 Kasım 2009, Antalya)'nde poster olarak  
sunulmuştur.*

Yazışma Adresi/Correspondence:  
M. Alpaslan ANAYOL  
Ulucanlar Göz Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi,  
Göz Hastalıkları Kliniği, Ankara,  
TÜRKİYE/TURKEY  
dranayol@yahoo.com

**ÖZET Amaç:** Refraksiyon kusurlarının ölçülmesinde Plusoptix S08 fotorefraktometre cihazı ile Canon RK-F1 otofrefraktometre cihazını karşılaştırmayı amaçladık. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmaya 105 hastanın 210 gözü dâhil edildi. Rutin oftalmolojik muayene sonrası hastaların her iki gözüne 5 dakika ara ile üç kez siklopentolat (Sikloplejin %1, Abdi İbrahim, Türkiye) damla damlatıldı. İlaç damlatıldıktan 1 saat sonra Plusoptix S08 ve Canon RK-F1 cihazları ile ölçüm yapıldı. Her iki cihazla elde edilen sferik güç, silindirik güç, sferik eşdeğer ve vektöryel değerlere çevrilen silindirik aks değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldı. **Bulgular:** Hastaların 56 (%53,3)'sı erkek 49 (%46,6)'u kadın, ortalama yaş 10,08±4,36 (3-19) yıl idi. Plusoptix S08 ile elde edilen ortalama sferik güç 0,49±1,88 D, silindirik güç -0,51±1,56 diyoptri (D) ve sferik eşdeğer 0,23±1,90 D idi. Canon RK-F1 ile elde edilen ortalama sferik güç -0,07±1,58 D, silindirik güç -0,43±1,30 D ve sferik eşdeğer -0,28±1,73 D idi. Sferik güç ve sferik eşdeğerleri bakımından cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p=0,001). Silindirik güç değerleri bakımından fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,549). Cihazlar arasında aks 0°'lik Jackson çapraz silindir güç farkı 0,17±0,67 idi ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p=0,006). Aks 45°'lik Jackson çapraz silindir güç farkı 0,05±0,53 idi, istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,543). **Sonuç:** Hasta ile cihaz arasında herhangi bir fiziksel temas olmaması, özellikle bebekler, çocuklar ve özürlülerin refraksiyon kusurlarının tespitine hızlı ve kolay bir şekilde imkân sağlaması Plusoptix S08 fotorefraktometre cihazının en büyük avantajıdır. Bunun yanında, silindirik güç ölçümlerinde benzer sonuçlar alınmasına rağmen sferik güç ölçümlerinin daha hipermetropik olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kırma kusurları; refraktometri

**ABSTRACT Objective:** We aimed to compare Plusoptix S08 photorefractometer with Canon RK-F1 autorefractometer in measuring refractive errors. **Material and Methods:** 210 eyes of 105 patients were included in the study. Following routine eye examination, 3 drops of cyclopentolate (Sikloplejin 1%, Abdi İbrahim, Turkey) were administered to both eyes of each of the patients at intervals of 5 minutes. One hour after the administration of eye drops, all patients underwent refractive assessment using Plusoptix S08 and Canon RK-F1. Mean spherical power, cylindrical power, spherical equivalent and cylindrical results that converted into vector representations obtained from both instruments were statistically compared. **Results:** There were 56 (53.3%) male and 49 (46.6%) female patients. The mean age was 10.08±4.36 years (range 3 to 19). Mean spherical power obtained with Plusoptix S08 was 0.49±1.88 D, cylindrical power was 0.51±1.56 D and spherical equivalent was 0.23±1.90 D. Mean spherical power obtained with Canon RK-F1 was -0.07±1.58 D, cylindrical power was -0.43±1.30 D and spherical equivalent was -0.28±1.73 D. There was statistically significant difference between instruments in terms of spherical power and spherical equivalent (p=0.001). Besides there was no statistically significant difference between instruments in terms of cylindrical power (p=0.549). The Jackson cross-cylinder values difference at axis 0° (J0) between instruments was 0.17±0.67 and it was statistically significant (p=0.006). Jackson cross-cylinder values difference at axis 45° was 0.05±0.53 and it was not statistically significant (p=0.006). **Conclusion:** Absence of physical contact between patient and device and providing quick and easy assessment of refraction errors especially in infants, children and disabled people is the biggest advantage of Plusoptix S08. Nonetheless Plusoptix S08 has similar results for cylindrical power assessments but has more hypermetropic results for spherical power assessments.

**Key Words:** Refractive errors; refractometry

**R**efraksiyon kusurları göz hastalıkları polikliniğinde en çok karşılaşılan sağlık sorunlarından biridir. Çocukluk çağında özellikle ambliyopi gelişiminin önlenmesi, ileri yaşlarda ise astenopik şikâyetlerin tedavi edilmesi açısından teşhisi ve tedavisi çok önemlidir. Refraksiyon kusurlarının tespitinde daha doğru, daha hızlı ve daha konforlu bir ölçüm yöntemi arayışı sürmektedir. Bu amaçla çok değişik cihazlar geliştirilmiştir. En yaygın kullanılanları masaüstü otomatik refraktometrelerdir. Bunun dışında, elde taşınabilir otomatik refraktometre cihazları da vardır. Ancak, bu cihazlarla özellikle bebekler ve çocuklarda hızlı binoküler ölçümler veya toplum taramaları yapmak çoğunlukla mümkün olamamaktadır.

Fotorefraksiyon, özellikle bebeklerde ve çocuklarda refraksiyon kusurlarının tespiti amacıyla geliştirilmiş bir tarama yöntemidir.<sup>1-4</sup> Plusoptix S08 cihazı fotoretinoskopi yöntemini kullanan ikinci nesil bir fotorefraksiyon cihazıdır. Plusoptix S08'in en büyük avantajı, eşzamanlı binoküler ölçüm yapmasının yanı sıra hasta ile cihaz arasında herhangi bir fiziksel temas olmaması nedeni ile özellikle bebekler ve çocukların refraksiyon kusurlarının tespitine imkân sağlamasıdır. Bu cihazla elde edilen ölçüm sonuçlarının güvenilirliği sorgulanmış ve diğer cihazlarla karşılaştırmalı çalışmalar yapılmıştır.<sup>5-10</sup>

Bu çalışmada, refraksiyon kusurlarının ölçümünde Plusoptix S08 fotorefraktometre cihazı ile Canon RK-F1 otorefraktometre cihazını karşılaştırmak amaçlanmış, aynı zamanda bu konuda daha önce yapılan çalışmaların bir derlemesi yapılmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmaya, göz polikliniğine başvuran 105 hastanın 210 gözü dâhil edildi. Çalışmada Helsinki Deklarasyonuna uygun hareket edildi. Rutin oftalmolojik muayene sonrası hastaların her iki gözüne 5 dakika ara ile üç kez siklopentolat (Sikloplejin %1, Abdi İbrahim, Türkiye) damla damlatıldı. İlaç damlatıldıktan 1 saat sonra Plusoptix S08 (PlusOptix Gbmh, Nürnberg, Almanya) ve Canon RK-F1 (Canon Inc., Tokyo, Japonya) otorefraktometre

ile ölçüm yapıldı. Cihazlar farklı kişiler tarafından kullanıldı ve yapılan ölçüm sonuçları maskelendi. Plusoptix S08 ile ölçüm için hastalar cihazın kamerasına 1 m uzaklıkta ve gözleri kamera hizasına gelecek şekilde oturtuldu. Pupilla çevresinde yeşil halkaların belirmesiyle birlikte hastanın kameraya 10-15 saniye bakmasıyla ölçüm otomatik olarak yapıldı. Plusoptix S08 ile ölçümler tamamlandıktan sonra Canon RK-F1 otorefraktometre ile ölçüm yapıldı. Her iki cihazda da, sferik ve silindirik değerler 0,25 D (diyoptri) aralıklarla artış göstermekte idi.

Her iki cihazla elde edilen sferik ve silindirik güç değerlerinin ortalamaları hesaplandı. Sferik eşdeğer;  $Sferik\ eşdeğer = Sferik + [Silindir/2]$  formülü ile hesaplandı. Silindirik akslar aşağıdaki formüller kullanılarak vektöryel değerlere çevrildi.<sup>11</sup>

Aks 0°'lik Jackson çapraz silindir gücü  $J0 = -[silindir/2] \cos[2 \times aks]$

Aks 45°'lik Jackson çapraz silindir gücü  $J45 = -[silindir/2] \sin[2 \times aks]$

Refraksiyon kusuru dışında başka oküler problemi olan olgular, herhangi bir nedenle göz operasyonu geçirmiş olgular, ölçümler esnasında uyumsuz olan olgular ile yüksek refraksiyon kusuruna (miyop > -7 D, hipermetrop > +6 D) sahip olgular çalışma dışı bırakıldı.

İstatistiksel analiz MedCalc 9 (MedCalc Software, Mariakerke, Belçika) programı ile yapıldı. İstatistiksel karşılaştırmalarda eşleştirilmiş t-testi ve Wilcoxon testi kullanıldı. Her iki metotla elde edilen sferik eşdeğeri arasındaki farkların %95 güven aralığı (GA)'ndaki dağılımları ise Bland-Altman analizi ile yapıldı.<sup>12</sup>  $p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Toplam 105 hastanın 210 gözüne ölçüm yapıldı. Hastaların 56 (%53,3)'sı erkek, 49 (%46,6)'u kadın, ortalama yaş  $10,08 \pm 4,36$  (3-19) yıl idi. Cihazlara göre elde edilen refraksiyon kusuru değerleri Tablo 1'de görülmektedir.

Plusoptix S08 ile ölçülen ortalama sferik güç  $0,49 \pm 1,88$  D iken, Canon RK-F1 ile  $-0,07 \pm 1,58$  D

**TABLO 1:** Plusoptix S08 fotorefraktometre ve Canon RK-F1 otorefraktometre ile yapılan ölçüm ortalamalarının karşılaştırılması.

Ölçüm (dioptri)	n	Plusoptix S08	Canon RK-F1	Fark	p
Sferik güç	210	0,49±1,88	-0,07±1,58	0,56±1,15	0,001*
Silindirik güç	210	-0,51±1,56	-0,43±1,30	-0,07±1,27	0,549**
Sferik eşdeğer	210	0,23±1,90	-0,28±1,73	0,52±0,96	0,001*
Silindirik aks (J0)	210	0,05±0,65	-0,12±0,54	0,17±0,67	0,006**
Silindirik aks (J45)	210	0,10±0,47	0,04±0,39	0,05±0,53	0,543**

\*Eşleştirilmiş t-testi, \*\*Wilcoxon testi, p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı.

bulundu. Cihazlar arasında ortalama sferik güç farkı  $0,56\pm 1,15$  D idi ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0,001$ ).

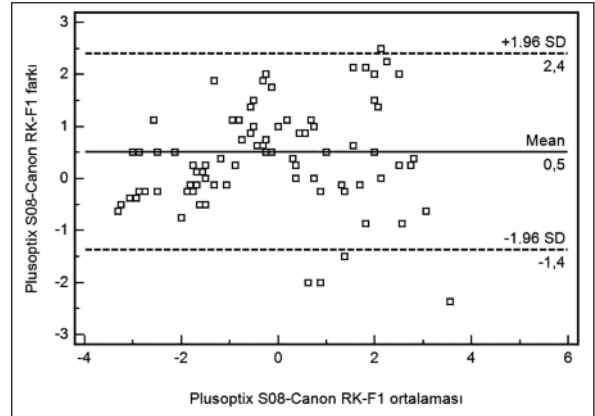
Plusoptix S08 ile ölçülen ortalama sferik eşdeğer  $0,23\pm 1,90$  D iken, Canon RK-F1 ile  $-0,28\pm 1,73$  D bulundu. Cihazlar arasında ortalama sferik eşdeğer farkı  $0,52\pm 0,96$  D idi ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0,001$ ). Ölçülen gözlerden 132 (%62,9)'sinde sferik eşdeğer farkı 1 D'nin altında iken, 78 (%37,1)'inde bu fark 1 D'nin üzerinde idi. Plusoptix S08'in Canon RK-F1'e göre daha hipermetrop ölçüm yaptığını gözlemledik.

Plusoptix S08 ile ölçülen ortalama silindirik güç  $-0,51\pm 1,56$  D iken, Canon RK-F1 ile  $-0,43\pm 1,30$  D bulundu. Cihazlar arasında ortalama silindirik güç farkı  $-0,07\pm 1,27$  D idi, fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p=0,549$ ).

Plusoptix S08 ile aks 0°'lik Jackson çapraz silindir gücü (J0) ortalama  $0,05\pm 0,65$  D iken, Canon RK-F1 otorefraktometre ile  $-0,12\pm 0,54$  D idi. Cihazlar arasında aks 0°'lik Jackson çapraz silindir güç farkı  $0,17\pm 0,67$  idi ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0,006$ ).

Plusoptix S08 ile aks 45°'lik Jackson çapraz silindir gücü (J45) ortalama  $0,10\pm 0,47$  D iken, Canon RK-F1 otorefraktometre ile  $0,04\pm 0,39$  D idi. Cihazlar arasında aks 45°'lik Jackson çapraz silindir güç farkı  $0,05\pm 0,53$  idi, fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p=0,543$ ).

Bland-Altman plot analizi ile yapılan değerlendirilmede sferik eşdeğer ölçüm farkları %95 GA'da ortalama  $\pm 1,9$  D olarak saptandı (Şekil 1).



**ŞEKİL 1:** Plusoptix S08 ve Canon RK-F1 ile elde edilen sferik eşdeğerlerinin Bland-Altman plot analiziyle elde edilen fark dağılımı  $\pm 1,9$  D arasındadır.

## TARTIŞMA

Çocukluk çağında özellikle ambliyopi gelişiminin önlenmesi, ileri yaşlarda astenopik şikâyetlerin tedavisi açısından refraksiyon kusurlarının tespiti ve tedavisi çok önemlidir. Plusoptix S08 eş zamanlı binoküler refraksiyon ölçümü sağlayan bir fotorefraktometredir. Plusoptix S08'in eşzamanlı binoküler ölçüm yapmasının yanı sıra hasta ile cihaz arasında herhangi bir fiziksel temas olmaması nedeni ile özellikle bebekler, çocuklar ve özürülülerin refraksiyon kusurlarının tespitine imkân sağlaması en büyük avantajlarıdır. Ayrıca, hızlı ölçüm alabildiğinden toplum taramalarında kullanımı önerilmiştir.<sup>1,2</sup>

Bu cihazla elde edilen ölçüm sonuçlarının güvenilirliği sorgulanmış ve diğer cihazlarla karşılaştırılmalı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunda, fotorefraktometrenin sferik güç ve sferik

eşdeğer ölçümlerini diğer cihazlara göre daha hipermetropik aldığı gösterilmiştir. Allen ve ark. erişkinlerde sikloplejisiz olarak fotorefraktometre (Nidek PowerRefractor) ile ölçülen değerlerin otorefraktometreden (Nidek AR600-A) 0,32 D daha hipermetropik olduğunu göstermiştir.<sup>6</sup> Gekeler ve ark., fotorefraktometre ile yaptıkları sikloplejisiz ölçümlerde otorefraktometreye (Canon R-1) göre sferik değerleri 0,43 D, silindirik değerleri 0,33 D daha hipermetropik saptamışlardır.<sup>9</sup> Erdurmuş ve ark., sikloplejisiz olarak ölçülen fotorefraksiyon (Plusoptix CR03) ve otorefraksiyon (Topcon KR-8800) ölçümleri arasındaki sferik eşdeğer farkının 0,31 D olduğunu bildirmişlerdir.<sup>7</sup> Küsbeci ve ark., sikloplejinli olarak ölçülen fotorefraktometre (Plusoptix CR03) ölçümlerinin otorefraktometreden (Topcon KR-7000P) sferik eşdeğerinin 0,21 D daha hipermetropik bulunduğunu bildirmişlerdir.<sup>5</sup> Abrahamsson ve ark., fotorefraktometre (PowerRefractor) cihazının otorefraktometreye (Topcon RM A2000) göre 0,42 D daha hipermetropik ölçüm yaptığını tespit etmişlerdir.<sup>4</sup> Arıcı ve ark., sikloplejisiz yapılan ölçümlerde fotorefraktometre (Plusoptix S08) ile otorefraktometre (Potec PRK-6000) arasındaki ortalama sferik eşdeğer farkını çocuklarda 0,49 D, erişkinlerde 0,63 D olarak bildirmişlerdir.<sup>13</sup> Günaydın ve ark., fotorefraktometre (Plusoptix S08) ile yapılan sikloplejisiz ölçümlerde sferik güç ve sferik eşdeğerinin otorefraktometreye (Topcon RM-A7000B) göre sırasıyla 0,78 ve 0,85 D daha hipermetropik olduğunu bildirmişlerdir.<sup>14</sup> Biz de çalışmamızda, bu çalışmalarla uyumlu olarak, fotorefraktometre ile ölçülen sferik güç farkının 0,56 D, sferik eşdeğer farkının 0,52 D daha hipermetropik olduğunu tespit ettik.

Bu çalışmalardan farklı olarak, Hunt ve ark. fotorefraktometre (PowerRefractor) ile otorefraktometre (Shin-Nippon SRW-5000) arasındaki ortalama sferik eşdeğer farkını -0,20D, ortalama sferik güç farkını -0,14 D olarak bulmuşlardır.<sup>3</sup>

Silindirik güç ve aks değerlerinde fotorefraktometre cihazının diğer cihazlarla uyumlu ölçümler aldığını gösteren çalışmalar bildirilmiştir.<sup>5,7,9,13,14</sup>

Hunt ve ark. ise fotorefraktometre (PowerRefractor) ve otorefraktometre (Shin-Nippon

SRW-5000) cihazı ile elde edilen silindirik ve 0° akstaki Jackson çapraz silindir güç değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu bildirmişlerdir.<sup>3</sup> Biz de çalışmamızda, 0° akstaki Jackson çapraz silindir güç değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu tespit ettik. Bu fark, fotorefraktometre ile yapılan ölçümlerimizin sikloplejinli olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Özellikle çocuklardaki refraksiyon kusurlarının tespitinde hâlâ altın standart olarak kabul edilen sikloplejinli retinoskopi ile de karşılaştırmalı çalışmalar yapılmıştır. Daha önceki çalışmalarda cesaret verici sonuçlar alınmış olmasına rağmen, son çalışmalar fotorefraksiyon cihazının sonuçlarının standart sikloplejik retinoskopiyle karşılaştırılabilir olmadığını göstermiştir.<sup>1,10,15-22</sup> Erdurmuş ve ark. Plusoptix CR03 ile retinoskopiye karşılaştırdıkları çalışmada, sferik eşdeğerlerinin %82'sinin +1,00 D içinde olduğunu tespit etmişlerdir.<sup>21</sup> Plusoptix CR03 cihazı ile yapılan sikloplejisiz ölçümlerin daha miyop olduğu sonucuna varmışlardır. Kıyak Yılmaz ve ark. ise bu değeri %51,5 olarak bulmuşlardır.<sup>22</sup> Bu çalışmada, Plusoptix S04 ile sikloplejisiz ölçümlerin miyopiye, sikloplejinli ölçümlerin de hipermetropiye kaydığı bildirilmiştir. Silindirik güç ve eksen ölçümleri arasında fark olmadığı gözlemlenmiştir. Hunt ve ark. fotorefraktometre (PowerRefractor) ve retinoskopiye karşılaştırdıkları çalışmalarında sferik, silindirik ve 0° akstaki Jackson çapraz silindir güç değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu bildirmişlerdir.<sup>3</sup>

Plusoptix S08 cihazına bir önceki versiyonlarından farklı olarak akomodasyonu azaltan bir mod eklenmiş, bu şekilde daha sağlıklı ölçüm alınabileceği bildirilmiştir.<sup>14</sup> Günaydın ve ark., çalışmalarında otorefraktometre ile yapılan sikloplejisiz ölçümlerde daha fazla miyopiye kaymanın olduğunu, Plusoptix S08 ile elde edilen ölçümlerin sikloplejinli otorefraktometre ile elde edilenlere daha yakın sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.<sup>14</sup> Bundan dolayı Plusoptix S08'in otorefraktometreden daha düşük akomodatif uyarı etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.<sup>14</sup> Çalışmamızı planlarken, özellikle çocuklarda sikloplejinli muayenenin daha sağlıklı sonuç vermesinden dolayı sikloplejinli ölçümler aldık. Bazı hastalarda büyük pupilladan do-

layı cihaz ölçüm alamadı. Ancak bunların sayısı, Günaydın ve ark.nın çalışmasında bildirildiği gibi ciddi oranda değildi.<sup>14</sup> Bizim bu yönde bir karşılaştırma yapmamamız ise bir eksiklikti.

Plusoptix S08 cihazının bazı sınırlamaları mevcuttur. Büyük pupilladan (8 mm'nin üzerinde) ve -7 D miyop, +6 D hipermetrop üzerinde ölçüm yapamaması, ortam aydınlatmasından etkilenmesi ve 10°C'nin üzerinde bakış deviasyonu olan hastalarda ölçüm alamaması cihazın sınırlamalarıdır.

## SONUÇ

Sonuç olarak Plusoptix S08, eşzamanlı binoküler ölçüm yapması, hasta ile cihaz arasında herhangi bir fiziksel temasın olmaması, özellikle bebekler ve çocuklarda hızlı ölçüm almasıyla toplum taramalarında kullanılabilir bir cihazdır. Bunun yanında, silindirik güç ölçümlerinde benzer sonuçlar alınmasına rağmen sferik güç ölçümlerinin daha hipermetropik olduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Schimitzek T, Haase W. Efficiency of a video-autorefractometer used as a screening device for amblyogenic factors. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240(9):710-6.
- Choi M, Weiss S, Schaeffel F, Seidemann A, Howland HC, Wilhelm B, et al. Laboratory, clinical, and kindergarten test of a new eccentric infrared photorefractor (PowerRefractor). *Optom Vis Sci* 2000;77(10):537-748.
- Hunt OA, Wolffsohn JS, Gilmartin B. Evaluation of the measurement of refractive error by the PowerRefractor: a remote, continuous and binocular measurement system of oculomotor function. *Br J Ophthalmol* 2003;87(12):1504-8.
- Abrahamsson M, Ohlsson J, Björndahl M, Abrahamsson H. Clinical evaluation of an eccentric infrared photorefractor: the PowerRefractor. *Acta Ophthalmol Scand* 2003;81(6):605-10.
- Küsbeci T, Yavaş G, Ermiş SS, Şanlı M, İnan ÜÜ, Öztürk F. [Comparison of refractive errors measured by Powerrefractor II (Plusoptix CR3) and Topcon autorefractometer in school children]. *Turkiye Klinikleri J Ophthalmol* 2007;16(4):251-6.
- Allen PM, Radhakrishnan H, O'Leary DJ. Repeatability and validity of the PowerRefractor and the Nidek AR600-A in an adult population with healthy eyes. *Optom Vis Sci* 2003;80(3):245-51.
- Erdurmuş M, Yağcı R, Aydın B, Karadağ R, Durmuş M. [Comparison of photorefraction and autorefractometer measurements in children]. *MN Ophthalmology* 2006;13(4):263-7.
- Gwiazda J, Weber C. Comparison of spherical equivalent refraction and astigmatism measured with three different models of autorefractors. *Optom Vis Sci* 2004;81(1):56-61.
- Gekeler F, Schaeffel F, Howland HC, Wattam-Bell J. Measurement of astigmatism by automated infrared photorefractometry. *Optom Vis Sci* 1997;74(7):472-82.
- Schimitzek T, Lagrèze WA. Accuracy of a new photorefractometer in young and adult patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243(7):637-45.
- Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optom Vis Sci* 1997;74(6):367-75.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10.
- Arıcı C, Türk A, Ceylan OM, Mutlu FM, Altınsoy Hİ. [Comparison of refractive errors measured by Plusoptix S08, Potec PRK-6000 and Nidek ARK-30 Hand-Held Autorefractometer in school-age children and adult population]. *Turk J Ophthalmol* 2010;40(6):328-32.
- Tutaş Günaydın N, Oral AY, Öskan S, Özgür ÖR, Arsan AK. [Comparison of the Topcon Autorefractor, Nikon Retinomax Autorefractor and Videoretinoscopy (Plusoptix S 8) in school-age children]. *Turkiye Klinikleri J Ophthalmol* 2011;20(3):125-30.
- Bobier WR, Braddick OJ. Eccentric photorefractometry: optical analysis and empirical measures. *Am J Optom Physiol Opt* 1985;62(9):614-20.
- Howland HC. Optics of photorefractometry: results from ray tracing. *Am J Optom Physiol Opt* 1985;62(9):621-5.
- Hsu-Winges C, Hamer RD, Norcia AM, Wesemann H, Chan C. Polaroid photorefractive screening of infants. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1989;26(5):254-60.
- Bobier WR, Campbell MC, McCreary CR, Power AM, Yang KC. Geometrical optical analysis of photorefractive methods. *Ophthalmol Physiol Opt* 1992;12(2):147-52.
- Schulz E. Symposium Proceedings Abstracts of papers presented at the Symposium (to honor Prof. Dr. Wolfgang Haase on his 60th birthday) on Visual Development and 'Update' in Strabismus. *Strabismus*. 1994;2(3):147-68.
- Schimitzek T, Krizok T. [Accuracy of measurements of video-refractometry in higher ametropia]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2001;218(6):438-44.
- Erdurmuş M, Yağcı R, Karadağ R, Durmuş M. A comparison of photorefractometry and retinoscopy in children. *J AAPOS* 2007;11(6):606-11.
- Ayşe YK, Onder U, Suheyla K. Accuracy of Plusoptix S04 in children and teens. *Can J Ophthalmol* 2011;46(2):153-7.