

Okulçağı Çocuklarında Powerrefraktör II (Plusoptix CR03) ile Saptanan Refraksiyon Kusurlarının Topcon Otorefraktometre ile Karşılaştırılması

COMPARISON OF REFRACTIVE ERRORS MEASURED BY POWERREFRACTOR II (PLUSOPTIX CR03) AND TOPCON AUTOREFRACTOMETER IN SCHOOL CHILDREN

Dr. Tuncay KÜSBECİ,^a Dr. Güliz YAVAŞ,^a Dr. S. Samet ERMİŞ,^a Dr. Mustafa ŞANLI,^a
Dr. Ümit Übeyt İNAN,^a Dr. Faruk ÖZTÜRK^a

^aGöz Hastalıkları ABD, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, AFYONKARAHİSAR

Özet

Amaç: Okul çağı çocuklarında Powerrefraktör II (Plusoptix CR03) ile saptanan refraksiyon ölçümlerini Topcon otokeratorefraktometre ile elde edilen ölçümlerle karşılaştırmak ve klinik olarak kullanımını değerlendirmek.

Gereç ve Yöntemler: Çalışmaya okul çağında olan 55 hastanın 110 gözü dahil edildi. Hastaların her iki gözüne 5 dakika ara ile 2 defa siklopentolat %1 damlatıldı. İlaç damlatıldıktan 1 saat sonra Powerrefraktör II (Plusoptix CR03) ve Topcon KR-7000P otokeratorefraktometre ile üçer defa ölçüm yapıldı. Elde edilen sferik, silindirik, silindirik aks ve sferik ekivalan değerlerinin ortalamaları alınarak istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Bulgular: Olguların ortalama yaşı 10.8±2.5 yıldır. Powerrefraktör II ile elde edilen ortalama sferik güç 1.23±1.5 dioptri (D), silindirik güç -0.28±0.8 D, sferik ekivalan değeri 1.09±1.4 D idi. Topcon otokeratorefraktometre ile elde edilen ortalama sferik güç 1.04±1.5 D, silindirik güç -0.32±0.9 D, sferik ekivalan değeri ise 0.87±1.3 D idi. Her iki cihaz arasında -0.19±0.5 D sferik (p=0.001), -0.04±0.6 D silindirik (p=0.546), 0.21±0.5 D sferik ekivalan (p=0.001) farkı saptandı. Powerrefraktör II ile Topcon otorefraktometre ile yapılan ölçümlerde, aks 0°'lik Jackson çapraz silindir gücü farkı (J₀) -0.039±0.5 D (p=0.441) ve aks 45°'lik Jackson çapraz silindir gücü (J₄₅) farkı 0.021±0.28 D idi (p=0.449).

Sonuç: Okul çağı çocuklarında Powerrefraktör II ile elde edilen refraksiyon sonuçları Topcon otokeratorefraktometre ile karşılaştırıldığında silindirik güç ve aks değerleri uyumlu bulunurken sferik ekivalan değerleri daha hipermetropik olarak saptanmıştır. Powerrefraktör II eş zamanlı binoküler ve temas olmaksızın ölçüm yapması nedeniyle avantajlı bir cihaz olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Refraksiyon; kırma kusurları

Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2007, 16:251-256

Geliş Tarihi/Received: 28.02.2007 **Kabul Tarihi/Accepted:** 16.07.2007

Bu çalışma kısmen, 28 Ekim- 1 Kasım 2006 tarihlerinde Antalya'da yapılan 40. TOD Ulusal Oftalmoloji kongresinde poster olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Tuncay KÜSBECİ
Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Göz Hastalıkları ABD,
AFYONKARAHİSAR
tkusbeci@yahoo.com

Copyright © 2007 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Ophthalmol 2007, 16

Abstract

Objective: To evaluate clinically the refractive error measured with Powerrefractor II (Plusoptix CR03) and compare with the refractive error measured with Topcon KR-7000P autorefractometer in school children.

Material and Methods: One hundred ten eyes of 55 patients were included in the study. Cyclopentolat 1% was instilled two times with 5 minutes intervals to both eyes. After an hour, refractive errors were measured by Powerrefractor II and TOPCON KR-7000P autorefractometer. All measurements were repeated three times. Spheric, cylindrical power, cylindrical axes and spheric equivalent measurements were statistically compared.

Results: Mean age was 10.8±2.5 years. Mean spheric power was 1.23±1.5 D, cylindrical power was -0.28±0.8 D and spheric equivalent was 1.09±1.4 D measured by Powerrefractor II. Mean spheric power was 1.04±1.5 D, cylindrical power was -0.32±0.9 D and spheric equivalent was 0.87±1.3 D measured by Topcon KR-7000P autorefractometer. The mean difference in spheric, cylindrical, and spheric equivalent were 0.19±0.5 D (p=0.001), -0.04±0.6 D (p=0.546) and 0.21±0.5 D (p=0.001), respectively. The mean difference in Jackson cross cylindrical power was -0.039±0.5 D at 0° axes (J₀) (p=0.441), 0.021±0.28 D at 45 axes (J₄₅) (p=0.449).

Conclusion: Spheric equivalent measurements provided with Powerrefractor II were more hyperopic than Topcon KR-7000P autorefractometer results, whereas cylindrical power and cylindrical axes were consistent between two methods in school children. Powerrefractor II can be estimated as an advantageous tool because of its remote and rapid measurement of the both eyes simultaneously.

Key Words: Refraction, refractive errors

Fotoretinoskopi akomodasyon, verjans ve pupil çaplarının her iki gözde eş zamanlı, ve uzaktan objektif olarak ölçülmesine imkan veren bir yöntemdir. Powerrefraktör ise bu okulomotor triadın ölçülmesi için fotoretinoskopi yöntemini kullanan ilk ticari cihazdır. Powerrefraktörün en büyük avantajı binoküler ölçüm yapmasının

yanı sıra hasta ile cihaz arasında herhangi bir fiziksel temas olmaması ve bu sayede özellikle bebekler ve küçük çocukların refraksiyonlarının değerlendirilmesine imkan tanınmasıdır.¹⁻⁴

Powerrefraktörler kameranın optik aksı ile ışık kaynağı arasındaki ilişkiye göre kamera optik aksı açık veya kapalı olarak sınıflandırılırlar.⁵ Powerrefraktör II (Plusoptix CR03) cihazı kamera optik aksının kapalı olduğu ekzantrik fotorefraksiyon prensibi ile çalışan bir cihazdır. Her birinde dijital kamera çevresine yerleştirilmiş dokuz adet infrared light emitting diods (LED) bulunan toplam altı segment içermektedir. Ortalama 50-60 Hertz frekansta çalışarak refraksiyon ölçümü sağlamaktadır. Ölçüm yapılabilen ideal refraksiyon aralığı +5.0 ile -7.0 dioptri (D) olarak belirlenmiştir.⁶

Bu çalışmada okul çağı çocuklarında Powerrefraktör II (Plusoptix CR03) ile saptanan refraksiyon ölçümlerini Topcon KR-7000P otokeratorefraktometre ile elde edilen ölçümlerle karşılaştırmayı ve klinik olarak kullanımını değerlendirmeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntemler

Çalışmaya okul çağında olan 55 hastanın 110 gözü (27 erkek, 28 kız) dahil edildi. Herhangi bir oküler patolojisi olan olgular çalışma dışı bırakıldı. Çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Etik Kurulunca onaylandı. Tüm hasta yakınlarından çalışma ile ilgili bilgilendirilmiş onamları alındı. Rutin oftalmolojik muayene sonrası hastaların her iki gözüne 5 dakika ara ile 2 defa siklopentolat (Sikloplejin %1, Abdi İbrahim, Türkiye) damlatıldı. İlaç damlatıldıktan 1 saat sonra Powerrefraktör II (Plusoptix CR03, Almanya) ve Topcon KR-7000P (Japonya) otokeratorefraktometre ile üçer defa ölçüm yapıldı. Her cihaz farklı bir araştırmacı tarafından kullanıldı ve yapılan ölçüm sonuçları maskelendi.

Powerrefraktör II cihazının bulunduğu muayene odasının ortam aydınlatması ölçüm süresince 40 lux olacak şekilde ayarlandı.³ Ölçümü etkileyebilecek diğer ışık kaynakları ortamdaki uzaklaştırıldı. Powerrefraktör II ile ölçüm için hastalar cihazın kamerasına 1 metre uzaklıkta ve gözleri kamera hizasına gelecek şekilde oturtuldu. Ekran menü-

sünde C mode (interaktif ölçüm modu) işaretlendi. Hasta ile kamera arasındaki mesafe ekran üzerindeki uzaklık değerlendirme panelinden kontrol edildi. Tüm hastaların pupil özellikleri, ekran üzerindeki sikloplejinli ölçüm butonuna basılarak işaretlendi. Başlat düğmesine basılarak kamera aktif hale getirildi ve ölçüme başlandı. Pupilla çevresinde yeşil halkaların belirmesiyle birlikte hastanın kameraya 10-15 saniye süre ile bakılmasıyla ölçüm yapıldı. Monitörde önce kırmızı renkte oluşan refraksiyon değerlerinin yeşil renge dönmesi sonucu cihazın sesli uyarı vermesi ile otomatik olarak sabitlendi. Sferik ve silindirik değerler 0.12 D aralıklarla artış göstermekteydi. Powerrefraktör ile ölçümler tamamlandıktan sonra Topcon KR-7000P otokeratorefraktometre ile ölçüm yapıldı.

Her iki metodla elde edilen sferik, silindirik değerler ile aks ve sferik ekivalan değerlerinin ortalamaları hesaplandı. Silindirik aksların istatistiksel olarak değerlendirilmesi için veriler aşağıdaki formüller kullanılarak vektöryel değerlere çevrildi.^{6,7}

$$\text{Sferik ekivalan} = \text{Sferik} + [\text{silindir}/2];$$

$$\text{Aks } 0^\circ\text{lik Jackson çapraz silindir gücü } J_0 = (-[\text{silindir}/2] \cos[2xaks]);$$

$$\text{Aks } 45^\circ\text{lik Jackson çapraz silindir gücü } J_{45} = (-[\text{silindir}/2] \sin[2xaks])$$

olarak hesaplandı. Elde edilen ortalama değerler eşleştirilmiş t testi kullanılarak istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Her iki metodla elde edilen sferik ekivalan değerleri arasındaki farkların %95 güven aralığındaki dağılımları ise Bland-Altman analizi ile değerlendirildi.⁸ $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Ortalama yaş 10.8 ± 2.5 yıldır (6-14 yaşları arasında). Powerrefraktör II ile yapılan sferik değerler +6.50 ile -4.0 D, silindirik değerler ise +1.25 ile -5.0 D arasındaydı. Powerrefraktör II ile elde edilen ortalama sferik güç 1.23 ± 1.5 D, silindirik güç -0.28 ± 0.9 D, sferik ekivalan değeri ise 1.09 ± 1.4 D idi. Topcon otokeratorefraktometre ile elde edilen ortalama sferik güç 1.04 ± 1.5 D, silindirik güç -0.32 ± 0.9 D, sferik ekivalan değeri ise 0.87 ± 1.3 D

idi. Powerrefraktör II ile Topcon otorefraktometre arasında -0.19 ± 0.5 D sferik ($p=0.001$), -0.04 ± 0.6 D silindirik ($p=0.546$), 0.21 ± 0.5 D sferik ekivalan ($p=0.001$) farkı mevcuttu.

Powerrefraktör II ile aks 0° 'lik Jackson çapraz silindir gücü (J_0) ortalama -0.012 ± 0.36 , aks 45° 'lik Jackson çapraz silindir gücü (J_{45}) ortalama 0.030 ± 0.3 iken Topcon otorefraktometre ile ölçülen 0° 'lik Jackson çapraz silindir gücü (J_0) ortalama 0.027 ± 0.29 D, aks 45° 'lik Jackson çapraz silindir gücü (J_{45}) ortalama 0.008 ± 0.28 D idi. Powerrefraktör II ve Topcon otorefraktometre ile yapılan ölçümlerde, aks 0° 'lik Jackson çapraz silindir gücü farkı (J_0) -0.039 ± 0.5 ($p=0.441$) ve aks 45° 'lik Jackson çapraz silindir gücü farkı (J_{45}) farkı 0.021 ± 0.28 ($p=0.429$) idi (Tablo 1, Şekil 1). Bland-Altman plot analizi ile yapılan değerlendirmede sferik ekivalan ölçüm farkları, %95 güven aralığında ortalama ± 1.10 D olarak saptandı (Şekil 2).

Tartışma

Powerrefraktör II, eş zamanlı binoküler refraksiyon ölçümü sağlayan bir videorefraktometredir. Özellikle erken yaşta gelişen refraksiyon hatalarının ve buna bağlı ortaya çıkacak ambliyopilerin tespit edilmesi için kitle taramalarında kullanımı önerilmiştir.^{1,2}

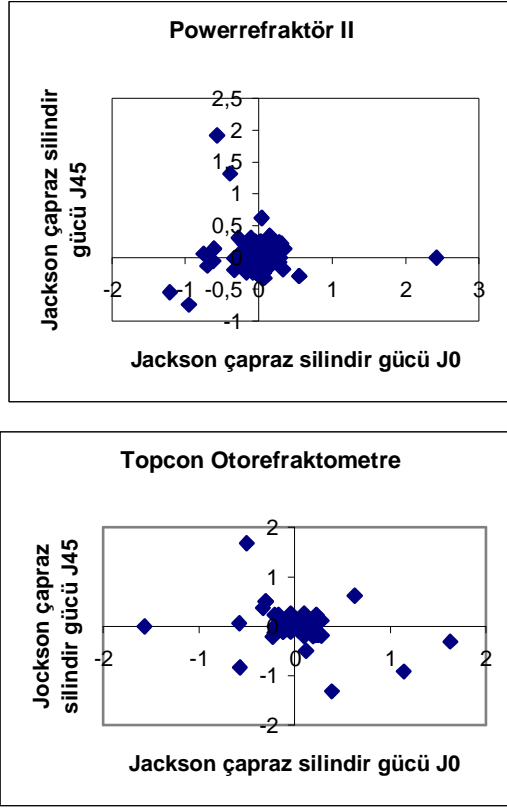
Çocuklarda siklopetolat kullanılarak yapılan sikloplejili retinoskopik muayene diğer metodlara göre altın standart olarak kabul edilmektedir.^{9,10} Çocukluk çağında yapılan refraksiyon muayenesinde sikloplejik muayenenin, Powerrefraktör II ile yapılan ölçümlerde de önemini koruduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır. Abrahamsson ve ark.⁴ Powerrefraktör ile sikloplejili ve sikloplejisiz ola-

rak yapılan ölçümler arasında hem sferik hem de silindirik değerler açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğunu vurgulamışlardır. Siklopetolat ve tropikamid ile yapılan ölçümler arasında ise fark olmadığı belirtilmiştir.

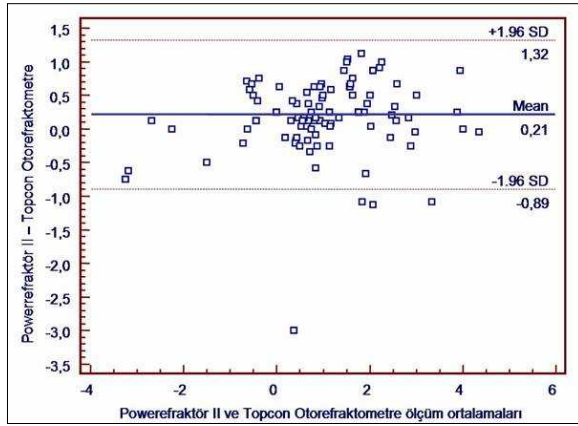
Schimitzek ve Lagreze.⁶ powerrefraktör ile retinoskopi arasında siklopleji ile yaptıkları ölçümlerde sferik ekivalan değerlerini ortalama -0.12 D, sikloplejisiz olarak ise ortalama -0.73 D daha düşük olarak saptamıştır. Allen ve ark.¹¹ yetişkinlerde sikloplejisiz olarak yapılan powerrefraktometre ölçümlerinin otorefraktometreden 0.32 D daha hipermetropik olduğunu göstermiştir. Abrahamsson ve ark.⁴ yaşları 6 ay ile 5 yaş arasında değişen 150 olguda Powerrefraktör ile retinoskopi ya da Topcon RM A2000 otorefraktometre ile elde edilen refraksiyon değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, 142 olguda (sikloplejili ve sikloplejisiz) sferik ekivalan değerlerindeki farkın 1 dioptrinin (ortalama sferik ekivalan farkı $+0.42$ D) altında olduğunu tespit etmişlerdir. Hunt ve ark.³ ise Powerrefraktör ile Shin-Nippon SRW-5000 otorefraktometre arasında sferik ekivalan değerlerinin (ortalama sferik ekivalan farkı -0.20 D) istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Bizim olgularımızda powerrefraktometre ile ölçülen sferik ekivalan değerleri $+0.21$ D daha hipermetropik olarak saptandı. Çalışmamızda sferik ekivalan farkının diğer çalışmalara göre daha düşük saptanmasının nedeninin, ölçümlerin tamamının siklopleji ile yapılmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Topcon otorefraktometre ile elde ettiğimiz sferik ekivalan değerlerinin daha düşük olması ise hastanın ölçüm sırasında akomodasyonunun az da olsa uyarılmış olması ile açıklanabilir.

Tablo 1. Powerefraktör ve TOPCON KR-7000P otorefraktometre ile yapılan ölçüm ortalamalarının dağılımı.

Ölçüm (Dioptri)	Powerrefraktör	TOPCON KR-7000P	Fark	p değeri
Sferik	1.23 ± 1.5	1.04 ± 1.5	-0.19 ± 0.5	0.001
Silindirik	-0.28 ± 0.8	-0.32 ± 0.9	-0.04 ± 0.6	0.546
Sferik ekivalan	1.09 ± 1.4	0.87 ± 1.3	0.21 ± 0.5	0.001
Silindirik aks (J_0)	-0.012 ± 0.3	0.027 ± 0.2	-0.039 ± 0.5	0.441
Silindirik aks (J_{45})	0.030 ± 0.3	0.008 ± 0.28	0.021 ± 0.2	0.429



Şekil 1. Powerrefraktör II ve Topcon otofektometre ile ölçülen silindirik aks değerlerinin vektöryel dağılımları (Aks 0° (J₀) ve 45° (J₄₅) silindirik güç (dioptri))



Şekil 2. Powerrefraktör ve Topcon otofektometre ile yapılan ölçümlerde elde edilen sferik ekivalan farklarının Bland& Altman analizi ile dağılımı. %95 güven aralığı kesik çizgilerle gösterilmiştir. Her iki metodla elde edilen sferik ekivalan farklarının dağılımı ± 1.10 D arasındadır.

Çocuklarda ilk bir yaş içerisinde astigmatizma insidansı yaklaşık %50 civarındadır ve düzeltilmemiş astigmatizmanın sıklıkla meridyonel ambi-

yopiye yol açabileceği belirtilmiştir. Çocukluk çağında yapılan refraksiyon ile ilgili taramalarda astigmatizmanın varlığının saptanması önemlidir.¹²⁻¹⁵ Klinik kullanımdaki cihazların astigmatizma saptanmasındaki etkinlikleri değişkenlik göstermektedir. Givazda ve Weber,¹⁶ üç farklı otofektometriyi değerlendirdikleri çalışmalarında Canon otofektometre ile ölçtükleri silindirik değerlerin Nidek ve Grand Seiko otofektometreler ile uyumlu olmadığını belirlemiştir. Gekeler ve ark.¹⁷ ise ekzantrik fofektör ve Canon otofektometre ile ölçülen silindirik güç ve aks değerlerinin korele olduğunu belirlemiştir. Powerrefraktometre ile sikloplejik kullanılmadan yapılan silindirik güç ve aks ölçümleri yüksek doğrulukla gerçekleştirilirken siklopleji kullanarak yapılan silindirik güç ve aks ölçümlerinin hatalı olması dilate pupillada oluşan periferik aberasyonların ölçümleri etkilemesi ile açıklanmaktadır. Schimitzek ve Lagreze,⁶ Powerrefraktör ile yaptıkları ölçümlerde silindirik güç ve aks değerlerinin retinoskopi ile yapılan ölçümlere göre siklopleji sonrası etkilendiğini ve silindirik gücün 0.17 D daha düşük saptanırken silindirik aksta yaklaşık 0.44 D (13°) fark bulmuşlardır. Çalışmamızda ise silindirik değerler ve silindirik aksların vektöryel analizinde her iki cihaz arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptamadık.

Powerrefraktometre ve Topcon otofektometre ile ölçülen sferik ekivalan değerleri arasındaki farkların dağılımı Blant-Altman analizi ile ± 1.10 D arasındaydı. Benzer şekilde Hunt ve ark.³ Powerrefraktometre ve subjektif refraksiyon arasındaki sferik ekivalan farklarının dağılımını ± 1.12 D saptarken Abrahamsson ve ark.⁴ Powerrefraktometre ve Topcon RM-A2000 otofektometre arasındaki sferik ekivalan farklarının dağılımını ± 1.0 D olarak belirlemiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde iki metodla da elde ettiğimiz sferik ekivalan farklarının dağılımı literatür ile uyumlu bulunmuştur.

Powerrefraktör ideal ölçüm aralığı +5.0 ile -7.0 D olarak tanımlanmıştır.⁶ Çalışmamızda ölçtüğümüz sferik değerler + 6.5 ile -4.0 D arasında değişmekteydi. Özellikle +6.0 D üzerindeki bir hipermetrop olguda ölçüm süresi belirgin şekilde

uzundu. Hunt ve ark.nın³ yaptıkları çalışmada powerrefraktometre ile elde edilen sferik veriler +4.0 ile -8.0 D arasında değişirken ölçülen en yüksek silindirik değer -4.50 D olarak belirtilmiştir. Powerrefraktör ile belirtilen refraksiyon aralığının üzerinde refraksiyon kusuru olan olgularda belirli dioptrik güçte gözlük takılarak refraksiyonun ölçüm yapılan sınırların arasına çekilmesiyle ölçüm gerçekleştirilebilir. Ancak gözlük camları pupilla önünde infrared ışınların dağılımında bozukluğa yol açarak ölçüm kalitesini etkileyebilmektedir. Abrahamsson ve ark.⁴ özellikle yüksek refraksiyon kusuru olan olgularda otorefraktometre ile yapılan ölçüm farklılıklarının 5 dioptriye kadar çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda bu derece yüksek ölçüm farkları saptamamakla beraber yüksek refraksiyon kusuru olan olgularda yapılan ölçümlerde daha dikkatli olunması gerekmektedir.

Powerrefraktör ile sağlıklı ölçüm yapılabilmesi için gözlerin bakış deviasyonları arasındaki açı 10°'den daha az olmalıdır. Pupil genişliği sikloplejisiz ölçümlerde 3-7 mm arasında olmalı ve pupillayı kapatan herhangi bir ortam opasitesi bulunmamalıdır. Gözlerin ve pupillaların yeterince açık olması da ölçüm süresini kısaltabilmektedir. Çalışmamız süresince yaptığımız ölçümlerde bu noktalara dikkat edilmesi sayesinde ölçüm sürelerinin daha önce belirtilen ölçüm sürelerinde gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Hastaların yaşı küçüldükçe tanımlanan ideal ölçüm şartlarından uzaklaşmakta ve süre uzayabilmektedir.

Özellikle çocuklar ve genç erişkinlerde akomodasyonun etkinliği yapılan refraksiyon ölçümlerinde belirgin şekilde rol oynamakta ve sferik ekivalan değerlerini etkilemektedir. Bu nedenle küçük yaş gruplarında yüksek sferik kusuru olan olgularda yapılan ölçümlerin diğer objektif retinoskopi yöntemleriyle sikloplejili olarak tekrar değerlendirilmesi gerekebilir. Powerrefraktometre temas olmaksızın ölçüm yaptığından cihazlarla temasta bulunmaktan korkan çocuklarda refraksiyonun değerlendirilmesinde ve binoküler ölçüm sağlanması sebebiyle kısa süren muayeneye imkan vermesi nedeniyle de avantajlı gözükmektedir. Bu avantajları yanında kolay taşınabilir olması nede-

niyle, ambliyopi, anizometri gibi problemlerin ortaya konması için yapılan saha taramalarında rahatlıkla kullanılabilir.

Sonuç olarak, okul çağı çocuklarında Powerrefraktör ile elde edilen refraksiyon sonuçları klinikte yaygın şekilde kullanmakta olduğumuz bir başka objektif refraksiyon metodu olan otokorefraktometre ile karşılaştırıldığında silindirik güç ve silindirik aks değerleri uyumlu bulunurken sferik ekivalan değerleri daha hipermetropik olarak saptanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Schimitzek T, Haase W. Efficiency of a video-autorefractor used as a screening device for amblyogenic factors. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240:710-6.
2. Choi M, Weiss S, Schaeffel F, Seidemann A, Howland H, Wilhelm B & Wilhelm H. Laboratory, clinical and kindergarten tests of a new eccentric infrared photorefractor. *Optom Vis Sci* 2000;77:537-748.
3. 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;87:1504-8.
4. Abrahamsson M, Ohlsson J, Maria Bjorndahl M, Abrahamsson H. Clinical evaluation of an eccentric infrared photorefractor: The PowerRefractor. *Acta Ophthalmol Scand* 2003;81:605-10.
5. Hamer RD, Norcia AM, Day SH. Comparison of on- and off-axis photorefractometry with cycloplegic retinoscopy in infants. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1992;29:232-9.
6. Schimitzek T, Lagreze WA. Accuracy of a new photorefractometer in young and adult patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:637-45.
7. 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;74:367-75.
8. Bland JHS, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
9. Twelker JD, Mutti DO. Retinoscopy in infants using a near noncycloplegic technique, cycloplegia with tropicamide 1%, and cycloplegia with cyclopentolate 1%. *Optom Vis Sci* 2001;78:215-22.
10. Williams C, Lumb R, Harvey I, et al. Screening for refractive errors with the Topcon PR2000 pediatric refractometer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41:1031-7.
11. 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;80:245-51.
12. Saunders KJ. Early refractive development in humans. *Surv Ophthalmol* 1995;40:207-16.

13. Cordonnier M, Dramaix M. Screening for refractive errors in children: accuracy of the hand held refractor Retinomax to screen for astigmatism. *Br J Ophthalmol* 1999;83:157-61.
14. Gwiazda J, Bauer J, Thorn F, et al. Meridional amblyopia does result from astigmatism in early childhood. *Clin Vis Sci* 1986;1:145-52.
15. Atkinson J, Braddick O, Bobier B, et al. Two infant screening programmes: prediction and prevention or strabismus and amblyopia from videorefractive screening. *Eye* 1996;10:189-98.
16. Gwiazda J, Weber C. Comparison of spherical equivalent refraction and astigmatism measured with three different models of autorefractors. *Optom Vis Sci* 2004;81:56-61.
17. Gekeler F, Schaeffel F, Howland HC, et al. Measurement of astigmatism by automated infrared photoretinoscopy. *Optom Vis Sci* 1997;74:472-82.