Archive of SID



# Accuracy and Repeatability of Refractive Error Measurements by Photorefractometry

Rajavi Z, MD[1,2]; Sabbaghi H, MSc[3*]; Shojaei Baghini A, MD[2]; Yaseri M, PhD[3]; Sheibani K, MD[2]; Norouzi G, MD[3]

*[1]Ophthalmic Epidemiology Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran; [2]Basir Eye Safety Research Center, Basir Eye Clinic, Tehran, Iran; [3]Ophthalmic Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

** Corresponding Author: sabbaghi_h@sbmu.ac.ir*

**Purpose:** To determine the accuracy of photorefraction and autorefraction as compared to cycloautorefraction and to detect the repeatability of photorefraction.

**Methods:** This diagnostic study included the right eyes of 86 children aged 7-12 years. Refractive status was measured using photorefraction (PlusoptiX SO4, GmbH, Nürnberg, Germany) and autorefraction (Topcon RM800, USA) with and without cycloplegia. Photorefraction for each eye was performed three times to assess repeatability.

**Results:** The overall agreement between photorefraction and cycloautorefraction was over 81% for all refractive errors. Photorefractometry had acceptable sensitivity and specificity for myopia and astigmatism. There was no statistically significant difference considering myopia and astigmatism in all comparisons, while the difference was significant for hyperopia using both amblyogenic (P = 0.006) and nonamblyogenic criteria (P= 0.001). A myopic shift of 1.21 diopter (D) and 1.58 D occurred with photorefraction in nonamblyogenic and amblyogenic hyperopia, respectively. Using revised cut-off points of +1.12 D and +2.6 D instead of +2.00 D and +3.50 D improved the sensitivity of photorefractometry to 84.62% and 69.23%, respectively. The repeatability of photorefraction for measurement of myopia, astigmatism and hyperopia was acceptable (intra-cluster correlation [ICC]: 0.98, 0.94 and 0.77, respectively). Autorefraction results were significantly different from cycloautorefraction in hyperopia (P < 0.0001), but comparable in myopia and astigmatism. Also, noncycloglegic autorefraction results were similar to photorefraction in this study.

**Conclusion:** Although photorefraction was accurate for measurement of myopia and astigmatism, its sensitivity for hyperopia was low which could be improved by considering revised cut-off points. Considering cut-off points, photorefraction can be used as a screening method.

**Keywords:** Accuracy; Autorefraction; Cycloautorefraction; Photorefraction; Repeatability

- Bina J Ophthalmol 2015; 21 (2): 144-153. **Received:** 23 July 2015 **Accepted:** 6 September 2015

## دقت و قابلیت تکرارپذیری فتورفرکشن در اندازه‌گیری عیوب انکساری

**دکتر ژاله رجوی[1و2]، حمیده صباغی[3*]، دکتر احمد شجاعی باغینی[2]، دکتر مهدی یاسری[4]، دکتر کورش شیبانی[5] و غزاله نوروزی[6]**

**هدف:** تعیین دقت فتو و اتورفرکشن در مقایسه با سایکلواتورفرکشن و قابلیت تکرارپذیری فتورفرکشن.

**روش پژوهش:** در این مطالعه مقایسه‌ای، ۸۶ چشم از کودکان ۷ تا ۱۲ سال بررسی شد. عیوب انکساری توسط فتورفرکتومتر (PlusoptiX SO4, GmbH, Nürnberg, Germany) و اتورفرکتومتر (Topcon RM800, USA) با و بدون سایکلوپلژی اندازه‌گیری گردید. برای ارزیابی قابلیت تکرارپذیری فتورفرکتومتر اندازه‌گیری هر چشم، ۳ بار و تحت شرایط یکسان تکرار شد.

**یافته‌ها:** توافق کلی میان فتو و سایکلواتورفرکشن در کلیه عیوب انکساری بیش‌تر از ۸۱ درصد بود. حساسیت و ویژگی فتورفرکشن در حالی که برای نزدیک‌بینی و آستیگمات قابل قبول بود، برای دوربینی آمبلیوژنیک (<۳/۵+ دیوپتر) ۴۶/۱۵ درصد و برای دوربینی غیرآمبلیوژنیک (از ۲+ تا ۳+دیوپتر)، ۶۵/۳۸ درصد بود. به دلیل وجود شیفت نزدیک‌بینی در نتایج



www.SID.ir

Archive of SID



فتورفرکشن نسبت به سایکلواتورفرکشن در عیوب انکساری دوربینی آمبلیوژنیک (P=۰/۰۰۶) و غیرآمبلیوژنیک (P=۰/۰۰۱)، تعیین معیار ۱/۱۲+ و ۲/۶+ دیوپتر بجای ۲+ و ۳/۵+ دیوپتر حساسیت فتورفرکشن تا حد ۸۴/۶۲ درصد و ۶۹/۲۳ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین قابلیت تکرارپذیری فتورفرکشن در تمامی عیوب انکساری قابل قبول بود (هم‌بستگی داخل خوشه‌ای (ICC): به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۴ و۰/۷۷ در نزدیک‌بینی، آستیگماتیسم و دوربینی). نتایج اتورفرکشن نیز مانند فتورفرکشن در مقایسه با سایکلواتورفرکشن از نظر دوربینی متفاوت بود، در حالی که از نظر نزدیک‌بینی و آستیگمات تفاوتی با سایکلواتورفرکشن نداشت.

**نتیجه‌گیری:** اگرچه فتورفرکشن در نزدیک‌بینی و آستیگمات دارای دقت بالایی است، اما حساسیت آن در دوربینی پایین می‌باشد که می‌توان با اعمال معیارهای تعیین شده، حساسیت آن را بهبود بخشید تا فتورفرکشن را به عنوان روشی مناسب در غربالگری عیوب انکساری اطفال در نظر گرفت.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۴؛ دوره ۲۱، شماره ۲: ۱۴۴-۱۵۳.

• **پاسخ‌گو:** حمیده صباغی (e-mail: sabbaghi_h@sbmu.ac.ir)

۱- استاد- چشم‌پزشک- مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بیماری‌های چشم- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران
۲- چشم‌پزشک- مرکز تحقیقات و سلامت کلینیک فوق‌تخصصی چشم‌پزشکی بصیر- تهران- ایران
۳- دانشجوی دکترای پژوهشی- مرکز تحقیقات چشم- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران
۴- استادیار- دکترای آمار زیستی- دانشکده بهداشت- دانشگاه علوم پزشکی تهران- تهران- ایران
۵- پزشک عمومی- پژوهشگر- مرکز تحقیقات و سلامت کلینیک فوق‌تخصصی چشم‌پزشکی بصیر- تهران- ایران
۶- پزشک عمومی- پژوهشگر- مرکز تحقیقات چشم- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران
تهران- پاسداران- بوستان نهم- خیابان پایدارفرد (خیابان امیر ابراهیمی)- پلاک ۲۳- مرکز تحقیقات چشم

دریافت مقاله: ۱ مرداد ۱۳۹۴
تایید مقاله: ۱۵ شهریور ۱۳۹۴

## مقدمه

عیوب انکساری در دنیای امروز به عنوان دومین علت قابل درمان نابینایی محسوب می‌شوند[۱]. هم‌چنین در طرح Vision-۲۰۲۰ارایه شده توسط سازمانی جهانی بهداشت (WHO) نیز به عنوان یکی از عوامل ایجاد کننده نابینایی قابل درمان در کنار سایر علل از قبیل آب‌مروارید، گلوکوم و انکوسرسیازیس در نظر گرفته شده است[۲]. عیوب انکساری اصلاح‌نشده، مهم‌ترین عامل ایجاد آمبلیوپی در میان کودکان است که به راحتی توسط روش‌های غربالگری دقیق و با حساسیت بالا قابل کنترل می‌باشد[۳و۴].

با توجه به این که اندازه‌گیری حدت بینایی (VA) در کودکان با سنین پایین مشکل است و پاسخ‌های آنان قابل اعتماد نیست[۵و۶]، ارزیابی غیرمستقیم آمبلیوپی در کودکان از طریق اندازه‌گیری عیوب انکساری می‌تواند گام موثری در این زمینه باشد[۷]. همان طور که می‌دانیم سایکلواتورفرکشن روشی استاندارد در اندازه‌گیری عیوب انکساری است [۳]؛ اما کاربرد آن در برنامه‌های غربالگری دارای محدودیت‌هایی از جمله زمان‌بر بودن، نیاز به حضور پزشک در محل جهت کنترل عوارض جانبی قطره، افزایش هزینه و عوارض احتمالی می‌باشد. علاوه بر موارد ذکر شده، استفاده از این روش نیاز به همکاری کودک دارد که در برخی از کودکان امکان‌پذیر نیست[۳،۵،۸و۹].

فتورفرکتومتر مجهز به سیستم ثبت تصویر با استفاده از اشعه مادون قرمز (Infrared) می‌باشد که به صورت غیرتماسی قادر به تخمین عیوب انکساری است[۱۰]. انجمن استرابیسم و چشم‌پزشکی کودکان آمریکا (AAPOS)، این ابزار را به عنوان روشی مفید در غربالگری آمبلوپی میان کودکان و به ویژه افراد زیر ۴ سال که قادر به پاسخ‌گویی نیستند، معرفی نموده است [۱۱].

نسل اول فتورفرکتومترها قادر نبودند تا آستیگماتیسم را همانند اتورفرکتومتر با دقت بالایی اندازه‌گیری نمایند؛ البته برخی اصلاحات در اولین مدل این دستگاه که در سال ۱۹۷۴ ارایه شده بود[۱۲]، موجب ارتقای دقت آن گردید. به عنوان مثال انواع جدیدتر این دستگاه قادر به اندازه‌گیری محور آستیگمات نیز می‌باشند[۵]. هم‌چنین این دستگاه مجهز به الگوریتم‌های نرم‌افزاری پیش‌رفته جهت پردازش سریع اطلاعات و هم‌چنین ثبت خودکار تصاویر می‌باشد[۱۳].

از مزایای دیگر فتورفرکشن تشخیص استرابیسم با زاویه کم[۱۰]، انایزومتروپیا، افتادگی پلک و کدورت مدیا در دو چشم و اندازه‌گیری فاصله مردمک‌ها (IPD) می‌باشد[۱۴]. علاوه بر موارد ذکر



www.SID.ir

Archive of SID



شده این روش در فاصله کاری یک متر و یا دورتر انجام می‌شود که معاینه‌کننده را قادر می‌سازد تا عیوب انکساری کودک را با تطابق کم‌تر نسبت به اتورفرکتومتر اندازه‌گیری نماید[۱۵]. در ضمن با تحریکات صوتی و فلاش‌های نوری توجه کودک را جلب می‌نماید[۱۰] و قابلیت اندازه‌گیری عیوب انکساری در کودکان با سنین پایین و غیرهمکار و هم‌چنین بیماران با عقب‌ماندگی ذهنی دارد[۱۵].

دامنه وسیعی از حساسیت (۹۴-۶۳ درصد) و ویژگی (۹۹-۶۲ درصد) برای روش فتورفرکشن توسط Schimitzek و Haase ارایه شده است[۳]. برخی مطالعات بیان کرده‌اند که این روش دارای دقت و پایایی بالایی است[۹و۱۶] که می‌توان آن را به عنوان جایگزینی مناسب در برنامه‌های غربالگری عیوب انکساری کودکان در مقیاس وسیع به کار برد[۱۰،۱۱و۱۳]. Schimitzek و Lagreze هم‌چنین بر این باورند که فتورفرکشن، در مواردی که معاینه‌کننده قادر به رتینوسکوپی نیست و یا دستگاه اتورفرکتومتر نمی‌تواند تخمینی از عیوب انکساری فرد داشته باشد، قابل استفاده است[۵]. اگرچه که Ayse و همکاران[۱۵] معتقدند که دستگاه PlusOptiX SO4 از دقت پایینی در اندازه‌گیری عیوب انکساری در کودکان برخوردار می‌باشد[۱۵].

هدف از مطالعه حاضر، تعیین دقت و قابلیت تکرارپذیری دستگاه PlusOptiX SO4 در مقایسه با سایکلواتورفرکشن به عنوان روشی استاندارد است. هم‌چنین به منظور تعیین برتری روش‌های مختلف در غربالگری آمبلیوپی کودکان، اتورفرکتومتر نیز با روش استاندارد مقایسه می‌شود.

## روش پژوهش

در این مطالعه مقایسه‌ای، ۸۶ چشم راست از ۸۶ کودک دبستانی در محدوده سنی ۱۲-۷ سال که به درمانگاه استرابیسم مرکز چشم‌پزشکی بیمارستان امام حسین (ع) در سال ۱۳۹۳ مراجعه کرده بودند، با هدف تعیین دقت و قابلیت تکرارپذیری دستگاه فتورفرکتومتر (GmbH, Nürnberg, Germany) ۴ PlusOptiX SO مورد بررسی قرار گرفتند. کودکان مبتلا به عقب‌ماندگی ذهنی، ناهنجاری‌های چشمی، کدورت مدیای چشم، اختلال در فیکساسیون و استرابیسم با زاویه بالا (بیش‌تر از ۱۰ پریزم‌دیوپتر) عیوب انکساری بیش از محدوده اندازه‌گیری شده توسط دستگاه (۷- دیوپتر نزدیک‌بینی تا ۵+ دیوپتر دوربینی)، اختلالات مردمکی و افتادگی پلک قابل توجه به صورتی که انجام فتورفرکشن امکان‌پذیر نباشد، از مطالعه خارج شدند.

قبل از انجام هرگونه معاینه، طی ملاقات حضوری اپتومتریست با والدین کودکان، شرح‌حال کاملی از وضعیت سیستمیک و چشمی کودک اخذ گردید و جزییات مراحل معاینات برای آنان توضیح داده شد و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از کلیه آنان جمع‌آوری گردید. کلیه مراحل اجرایی این مطالعه توسط کمیته اخلاق پژوهش مرکز تحقیقات چشم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و کلینیک چشم‌پزشکی بصیر، تهران مورد تایید قرار گرفت.

در معاینات بالینی، افتادگی پلک و نیستاگموس به کمک مشاهده مستقیم مشخص گردید. حدت بینایی کودکان نیز در فاصله دور در شرایط طبیعی روشنایی نور اتاق و با استفاده از چارت اسنلن E تعبیه شده در دستگاه Yang ( T revise-Italy SIFI Diagnostic S.P.A-Via Castellana, ۷۰/e۳۱۱۰۰) به گونه‌ای که هر خط شامل ۵ حرف بود، مورد بررسی قرار گرفت. حدت بینایی در کودکانی که از عینک استفاده می‌کردند، با عینک اندازه‌گیری شد. عیوب انکساری نیز با استفاد از دستگاه PlusOptiX SO4 و در فاصله یک متری و توسط یک کارشناس مجرب انجام شد؛ برای هر فرد اندازه‌گیری ۳ بار تکرار گردید و میانگین آن در نظر گرفته شد. سپس بار دیگر عیوب انکساری هر کودک توسط دستگاه اتورفرکتومتر ( Topcon Medical, Oakland, Topcon RM-۸۸۰۰NJ, USA) و بدون سایکلوپلژی اندازه‌گیری شد. در نهایت سایکلوپلژیک رفرکشن نیز ۴۵-۳۰ دقیقه پس از چکاندن یک قطره از سیکلوپنتولات ۱ درصد و تروپیکامید ۱ درصد به فاصله زمانی ۵ دقیقه صورت گرفت که به عنوان روش استاندارد در این مطالعه در نظر گرفته شد.

در مطالعه حاضر، امتروپی به مقادیر اسفریکال دوربینی کم‌تر از ۲ دیوپتر، نزدیک‌بینی کم‌تر از ۰/۵ دیوپتر و آستیگمات کم‌تر از ۰/۷۵ دیوپتر اطلاق شد. هم‌چنین دوربینی ۲ تا ۳/۵ دیوپتر، نزدیک‌بینی ۰/۵ تا ۳ دیوپتر و آستیگمات ۰/۷۵ تا ۱/۵ دیوپتر به عنوان عیوب انکساری غیرآمبلیوژنیک در نظر گرفته شدند. عیوب انکساری آمبلیوژنیک نیز به صورت دوربینی بالای ۳/۵ دیوپتر، نزدیک‌بینی بالای ۳ دیوپتر و آستیگمات بالای ۱/۵ دیوپتر بر اساس AAPOS معین گردیدند[۷].

بر اساس محور آستیگمات نیز، محورهای در راستای ۳۰±۱۸۰ درجه به عنوان موافق قاعده (WTR)، موارد ۳۰±۹۰ درجه به عنوان مخالف قاعده (ATR) و موارد با محور بین ۳۰ تا ۶۰ درجه و ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه نیز به عنوان مایل در نظر گرفته شدند[۵و۱۰]. به منظور محاسبه تفاوت در Weighted axis نیز از فرمول زیر استفاده گردید:



www.SID.ir

Archive of SID



تفاوت Weighted axis= ۲× قدرت سیلندر استاندارد × ($a_2$ -$a_1$) که در اینجا $a_1$ و $a_2$ به ترتیب محورهای سیلندرهای هر روش مورد بررسی و استاندارد بر حسب درجه می‌باشند. در تمامی مقایسه‌های صورت گرفته در این مطالعه، سایکلواتورفرکشن به عنوان روش استاندارد در نظر گرفته شد، در حالی که در مقایسه میان دو روش اتو و فتورفرکشن، اتورفرکشن به عنوان روش استاندارد در نظر گرفته شده است.

در ادامه معاینات چشمی، وضعیت انحرافات چشمی در دو فاصله دور و نزدیک نیز با استفاده از کاور تست متناوب و کریمسکی در کودکان با حدت بینایی بیش‌تر و کم‌تر از ۲۰/۲۰۰ بررسی گردید. حرکات چشمی کودکان نیز در ۹ جهت تشخیصی نگاه به منظور تعیین اختلال در حرکات عضلات خارج‌چشمی مورد بررسی قرار گرفت. برای تشخیص اختلالات پاتولوژیک سگمان قدامی چشمی از اسلیت‌لمپ و جهت بررسی ضایعات انتهای چشمی از افتالموسکوپ مستقیم از طریق مردمک گشادشده استفاده شد. جهت تعیین قابلیت تکرارپذیری دستگاه فتورفرکتومتر PlusoptiX SO4 در اندازه‌گیری عیوب انکساری نیز برای هر کودک اندازه‌گیری ۳ بار تحت شرایط کاملاً ثابت، انجام شد.

### تحلیل آماری

در مطالعه حاضر جهت توصیف داده‌ها از میانگین، انحراف معیار، دامنه، فراوانی و درصد استفاده شد. هم‌چنین به منظور تعیین هماهنگی میان دو روش از ضریب همبستگی پیرسون، بررسی تفاوت‌های میان دو روش از آزمون t و از ICC نیز به منظور تعیین قابلیت تکرارپذیری دستگاه فتورفرکتومتر استفاده شد. برای محاسبه بهترین نقطه تمایز (Cutoff point) از منحنی‌های ROC استفاده شد. هماهنگی کلی میان دو روش با استفاده از معیارهای حاضر و هم‌چنین با نقاط تمایز (Cutoff point) تعریف شده جدید با استفاده از شاخص‌های حساسیت، ویژگی، ارزش اخباری مثبت و منفی، مثبت واقعی و کاذب، منفی واقعی و کاذب و هم‌چنین ضریب کاپا مشخص گردید. در تمامی این محاسبات سایکلوپلژیک اتورفرکشن به منظور معیار تشخیصی استاندارد تعیین شد. هم‌چنین در محاسبه فاصله اطمینان ۹۵ درصد اثر خوشه مدنظر قرار گرفت. تمامی تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار STATA ویرایش ۱۲ صورت گرفت و مقدار عددی P کم‌تر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

در این مطالعه، ۵۷ دختر (۶۶/۳ درصد) و ۲۹ پسر (۳۳/۷ درصد) مورد بررسی قرار گرفتند.

### مقایسه فتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن

جدول ۱ بیانگر اندازه‌گیری عیوب انکساری غیرآمبلیوژنیک با استفاده از دو روش فتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن در ۸۶ کودک مورد بررسی در این مطالعه است. هیچ‌گونه تفاوت معناداری در اندازه‌گیری عیوب انکساری نزدیک‌بینی و آستیگماتیسم میان دو روش مشاهده نگردید، در حالی که تفاوت قابل ملاحظه‌ای از لحاظ آماری میان دو روش مذکور در اندازه‌گیری عیوب انکساری دوربینی به دست آمد. نتایج حاصل از فتورفرکشن نشان‌دهنده تغییرات آن به میزان ۱/۲ دیوپتر و به سمت نزدیک‌بینی بوده است، که می‌توان آن را ناشی از عدم استفاده از قطره‌های سایکلوپلژیک دانست (P=۰/۰۰۱).

جدول ۲ نتایج حاصل از عیوب انکساری آمبلیوژنیک اندازه‌گیری شده توسط دو روش فتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن را ارایه می‌دهد. در این جدول نیز هیچ‌گونه تفاوت معناداری میان دو روش ذکر شده در موارد نزدیک‌بینی و آستیگماتیسم مشاهده نگردید، اما این تفاوت در موارد دوربینی معنادار بود (۱/۵۸ دیوپتر و P=۰/۰۰۶).

حساسیت، ویژگی و سایر شاخص‌های دیگر دستگاه PlusoptiX SO۴ در اندازه‌گیری عیوب انکساری در جدول ۳ نمایش داده شده است. حساسیت روش فتورفرکشن از ۴۶/۱۵ درصد تا ۹۴/۷۴ درصد و ویژگی آن نیز از ۸۸/۱۴ درصد تا ۱۰۰ درصد بود. ارزش اخباری مثبت و منفی این روش نیز به ترتیب برابر با ۷۰/۸۳ درصد تا ۹۶/۱ درصد و ۸۵/۲۵ درصد تا ۱۰۰ درصد محاسبه گردید. هم‌چنین قابل ذکر است که توافق کلی میان دو روش نیز بالای ۸۱ درصد به دست آمد. بالاترین مقدار ضریب کاپا نیز برای آستیگماتیسم در محدوده ۰/۷۵ تا ۱/۵ دیوپتر محاسبه گردید که این میزان به ترتیب برای عیوب انکساری نزدیک‌بین کاهش یافت و کم‌ترین مقدار آن برای دوربینی به دست آمد. بیش‌ترین تفاوت در خواندن در افراد دوربین ملاحظه شد (جدول ۳).



www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱- مقایسه مقادیر اندازه‌گیری‌شده عیوب انکساری غیرآمبلیوژنیک بین دو روش فتورفرکشن با مایکواتورفرکشن.**

| Power (D) | | عیوب انکساری کروی | | عیوب انکساری آستیگماتیسم | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | دوربینی (۳٫۵+ تا ۲+) | نزدیک‌بینی (۰٫۵- تا ۳-) | موافق/ مخالف قاعده (۰٫۷۵ تا ۱٫۵) | مایل (۰٫۷۵ تا ۱٫۵) |
| سایکلواتورفرکشن | تعداد (درصد) | ۲۶ (۳۰٫۶) | ۹ (۱۰٫۶) | ۳۷ (۴۳٫۵) | ۴ (۴٫۷) |
| | انحراف معیار±میانگین | ۳٫۶۲±۱٫۴۹ | -۱٫۶۷±۱٫۱ | -۱٫۵۸±۱٫۱۹ | ۰±۰٫۲۵- |
| فتورفرکشن | تعداد (درصد) | ۲۵ (۲۹٫۱) | ۸ (۹٫۳) | ۳۸ (۴۴٫۲) | ۶ (۷) |
| | انحراف معیار±میانگین | ۲٫۹۵±۰٫۹۸ | -۲٫۰۹±۰٫۸۱ | -۱٫۹۹ ±۱٫۱۱ | -۰٫۲۹±۰٫۱ |
| اختلاف | مقدار | -۱٫۲۱ | ۰٫۱۷ | -۰٫۰۶ | -۰٫۱۹ |
| | | -۰٫۵۶ تا -۱٫۸۷ | ۰٫۵۷ تا -۰٫۲۴ | ۰٫۱ تا -۰٫۲۲ | ۰٫۱۹ تا -۰٫۵۷ |
| مقدار P | حدود اطمینان ۹۵ درصد | ۰٫۰۰۱ | ۰٫۳۷۳ | ۰٫۴۳۶ | ۰٫۲۱۵ |

در این مطالعه تعداد ۵۰ و ۴۴ چشم خارج از محدوده تعیین شده برای عیوب انکساری کروی (۰/۵- تا ۲+ دیوپتر) و آستیگماتیسم (کم‌تر از ۰/۷۵ دیوپتر) بوده‌اند.

**جدول ۲- مقایسه عیوب انکساری آمبلیوژنیک اندازه‌گیری شده توسط فتورفرکشن و اتورفرکشن با سایکلواتورفرکشن**

| عیوب انکساری (دیوپتر) | | عیوب انکساری کروی | | عیوب انکساری آستیگماتیسم | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | دوربینی (۳٫۵+≥ اسفر) | نزدیک‌بینی (۳-≤ اسفر) | موافق/مخالف قاعده (۱٫۵≥ آستیگمات) | مایل (۱≥ آستیگمات) |
| سایکلواتورفرکشن (۱) | تعداد (درصد) | ۲۹ (۱۶٫۳) | ۲ (۱٫۱) | ۴۱ (۲۳) ۴۱ | ۹ (۵٫۱) |
| (استاندارد) | انحراف معیار±میانگین | ۴٫۷۲±۱٫۲ | -۴±۰ | -۲٫۵۷±۱٫۲۳ | -۰٫۳۳±۰٫۱۳ |
| فتورفرکشن (۲) | تعداد (درصد) | ۷ (۸٫۱) | ۱ (۱٫۲) | ۲۳ (۲۶٫۷) | ۷ (۸٫۱) |
| | انحراف معیار±میانگین | ۴٫۱۵±۰٫۵۵ | -۳٫۲۵± | -۲٫۴۲±۰٫۹۸ | -۰٫۳۹±۰٫۲ |
| اختلاف (۱و۲) | مقدار | -۱٫۵۸ | - | ۰٫۰۱ | -۰٫۱۹ |
| | حدود اطمینان ۹۵ درصد | -۲٫۶۱ تا -۰٫۵۴ | - | ۰٫۲۷ -۰٫۲۴ تا | ۰٫۱۹ -۰٫۵۷ تا |
| مقدار P | | ۰٫۰۰۶ | - | ۰٫۹۲۳ | ۰٫۲۱۵ |
| اتورفرکشن (۳) | تعداد (درصد) | ۱۱ (۶٫۹) | ۲ (۱٫۳) | ۴۱ (۲۵٫۶) | ۸ (۵) |
| | انحراف معیار±میانگین | ۰٫۹± ۴٫۴۳ | ۰٫۳۵ ± -۴٫۲۵ | ۱٫۲۶ ± -۲٫۶۲ | ۰٫۱۶ ± -۰٫۴۷ |
| اختلاف (۱ و ۳) | مقدار | -۱٫۷۲ | -۰٫۲۵ | ۰٫۱۷ | ۰٫۰۸ |
| | حدود اطمینان ۹۵ درصد | -۲٫۰۸ تا -۱٫۳۵ | -۳٫۴۳ تا ۲٫۹۳ | ۰٫۴ تا -۰٫۰۷ | ۰٫۴۴ تا -۰٫۲۸ |
| مقدار P | | ۰ | ۰٫۵ | ۰٫۱۵۳ | ۰٫۴۲۳ |
| اختلاف اختلافات (۳ و ۲) | انحراف معیار±میانگین | ۰٫۱۵±۱٫۹۶ | - | -۰٫۱۵±۰٫۷۷ | -۰٫۲۵±۰٫۴۳ |
| | حدود اطمینان ۹۵ درصد | -۱٫۰۳ تا ۱٫۳۴ | - | ۰٫۵۱ تا ۰٫۲ | ۱٫۳۳- تا ۰٫۸۳ |
| مقدار P | | ۰٫۷۸۲ | - | ۰٫۳۷ | ۰٫۴۲۳ |

همبستگی بالایی میان دو روش فتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن در اندازه‌گیری آستیگماتیسم (r=۰٫۹۴۶) و پایین‌ترین میزان همبستگی میان این دو روش در موارد دوربینی بود (تصویر ۱، r=۰٫۵۸۸).

منحنی‌های ROC به منظور تعیین بهترین نقطه تمایز در غربالگری آمبلیوپی ترسیم شده‌اند. همان طوری که نشان داده شده بیش‌ترین مساحت زیر منحنی متعلق به عیوب انکساری نزدیک‌بینی در محدوده ۰٫۵ تا ۳ دیوپتر (تعداد= ۹) در میان عیوب انکساری غیرآمبلیوژنیک است که بیانگر قابلیت بالای دستگاه PlusoptiX SO۴ در اندازه‌گیری عیوب انکساری نزدیک‌بین می‌باشد (تصویر ۲). تصویر ۳ تفاوت دو روش فتو و سایکلواتورفرکشن را نمایش می‌دهد.



www.SID.ir

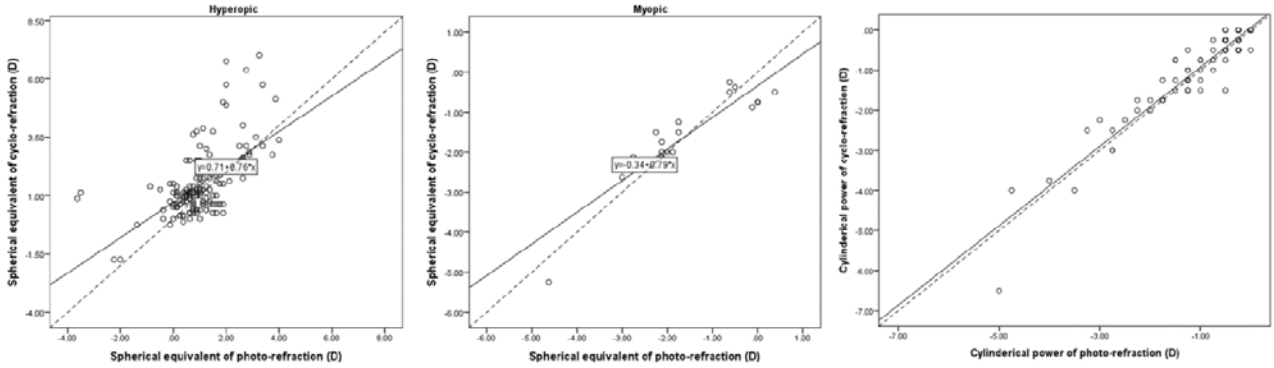
Archive of SID



**جدول ۳- شاخص‌های دقت فتورفرکشن در اندازه‌گیری عیوب انکساری و تعیین مقادیر نقاط تمایز Cutoff point در مقایسه با سایکلواتورفرکشن**

| عیوب انکساری (دیوپتر) | عیوب انکساری کروی | | | | عیوب انکساری آستیگماتیسم | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | دوربینی | | نزدیک‌بینی | | موافق/ مخالف قاعده | |
| | (≥+۳/۵) | (+۲ تا +۳/۵) | (≤-۳)* | (-۰/۵ تا -۳) | (≥۱/۵) | (۰/۷۵ تا ۱/۵) |
| فرکانس | ۱۳ | ۲۶ | - | ۹ | ۲۲ | ۳۸ |
| حساسیت (درصد) | ۴۶/۱۵ | ۶۵/۳۸ | - | ۶۶/۶۷ | ۸۱/۸۲ | ۹۴/۷۴ |
| ویژگی (درصد) | ۱۰۰ | ۸۸/۱۴ | - | ۹۷/۳۷ | ۹۳/۶۵ | ۹۳/۶۲ |
| ارزش اخباری مثبت (درصد) | ۱۰۰ | ۷۰/۸۳ | - | ۷۵ | ۸۱/۸۲ | ۹۲/۳۱ |
| ارزش اخباری منفی (درصد) | ۹۱/۱۴ | ۸۵/۲۵ | - | ۹۶/۱ | ۹۳/۶۵ | ۹۵/۶۵ |
| مثبت واقعی | ۶ | ۱۷ | - | ۶ | ۱۸ | ۳۶ |
| منفی واقعی | ۷۲ | ۵۲ | - | ۷۴ | ۵۹ | ۴۴ |
| مثبت کاذب | ۰ | ۷ | - | ۲ | ۴ | ۳ |
| منفی کاذب | ۷ | ۹ | - | ۳ | ۴ | ۲ |
| توافق کلی | ۹۱/۷۶ | ۸۱/۱۸ | - | ۹۴/۱۲ | ۹۰/۵۹ | ۹۴/۱۲ |
| Prescreening prevalence | ۱۵/۲۹ | ۳۰/۵۹ | - | ۱۰/۵۹ | ۲۵/۸۸ | ۴۴/۷۱ |
| شاخص کاپا (Kappa) | ۰/۵۹ | ۰/۵۵ | - | ۰/۶۷ | ۰/۷۵ | ۰/۸۸ |
| نقطه تمایز (Cutoff points، دیوپتر) | ۲/۶ | ۱/۱۲ | - | ۰/۳۷۵ | -۱/۳۷۵ | -۰/۶۲۵ |
| سطح زیر منحنی | ۰/۹۲۸ | ۰/۸۶۷ | - | ۰/۹۷۶ | ۰/۹۷۱ | ۰/۹۵۴ |
| حساسیت برای نقطه تمایز (دیوپتر) | ۶۹/۲۳ | ۸۴/۶۲ | - | ۱۰۰ | ۸۱/۸۲ | ۹۴/۷۴ |
| ویژگی برای نقطه تمایز (درصد) | ۹۴/۴۴ | ۶۷/۸ | - | ۸۲/۸۹ | ۹۳/۶۵ | ۹۳/۶۲ |
| ارزش اخباری مثبت (درصد) | ۶۹/۲۳ | ۵۳/۶۶ | - | ۴۰/۹۱ | ۸۱/۸۲ | ۹۲/۳۱ |
| ارزش اخباری منفی (درصد) | ۹۴/۴۴ | ۹۰/۹۱ | - | ۱۰۰ | ۹۳/۶۵ | ۹۵/۶۵ |
| مثبت واقعی | ۹ | ۲۲ | - | ۹ | ۱۸ | ۳۶ |
| منفی واقعی | ۶۸ | ۴۰ | - | ۶۳ | ۵۹ | ۴۴ |
| مثبت کاذب | ۴ | ۱۹ | - | ۱۳ | ۴ | ۳ |
| منفی کاذب | ۴ | ۴ | - | ۰ | ۴ | ۲ |
| توافق کلی | ۹۰/۵۹ | ۷۲/۹۴ | - | ۸۴/۷۱ | ۹۰/۵۹ | ۹۴/۱۲ |
| شاخص کاپا | ۰/۶۴ | ۰/۴۵ | - | ۰/۵۱ | ۰/۷۵ | ۰/۸۸ |

* به دلیل این که هیچ یک مقدار عیوب انکساری بیماران مورد مطالعه در این گروه قرار نگرفت، لذا انجام محاسبات آماری امکان پذیر نبوده است.



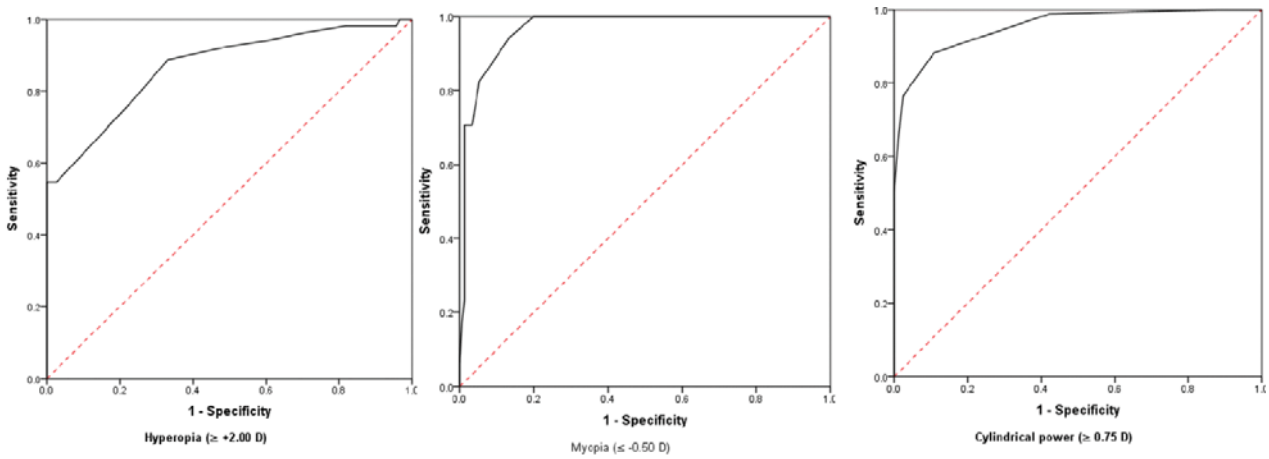

تصویر ۱- همبستگی بین فوتورفرکشن و سایکواتورفرکشن برای نزدیک‌بینی، دوربینی و آستیگماتیسم (به ترتیب r=۰/۵۸۱، r=۰/۹۱۵، r=۰/۹۴۶ و برای تمام موارد P<۰/۰۰۱)



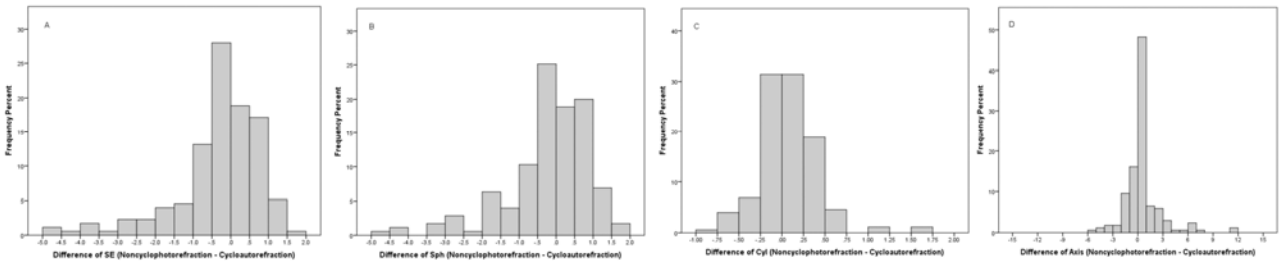
www.SID.ir

Archive of SID






تصویر ۲- منحنی‌های ROC برای عیوب انکساری غیرآمبلیوژنیک توسط فوتورفرکشن




تصویر ۳- تفاوت فراوانی بین فوتورفرکشن و سایکواتورفرکشن

SE: معادل کروی، Sph: اسفر و Cyl: سیلندر

### تکرارپذیری دستگاه PlusoptiX SO4

جدول ۴ میانگین، انحراف معیار و میانه اندازه‌گیری عیوب انکساری در ۸۶ کودک با استفاده از PlusoptiX SO4 را نشان می‌دهد. معیار ICC (همبستگی داخل خوشه‌ای) تعیین‌شده، نشان‌دهنده قابلیت تکرارپذیری این دستگاه در اندازه‌گیری عیوب انکساری نزدیک‌بینی، آستیگماتیسم و دوربینی است (۰/۷۷، ۰/۹۴ و ICC:۰/۹۸).

**جدول ۴- قابلیت تکرارپذیری دستگاه PlusoptiX SO4 در اندازه گیری عیوب انکساری**

| | نزدیک بینی (دیوپتر) | | دوربینی (دیوپتر) | | آستیگماتیسم (دیوپتر) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دفعات اندازه‌گیری | انحراف معیار±میانگین | میانه (دامنه) | انحراف معیار±میانگین | میانه (دامنه) | انحراف معیار ± میانگین | میانه (دامنه) |
| I | ۰/۷۴± -۱/۱۲ | -۱/۲۵ (-۲/۲۵ تا ۰) | ۰/۵۵±۰/۸۶ | ۰/۷۵ (۰ تا ۴/۲۵) | ۰/۶± -۰/۵۱ | -۰/۲۵ (-۴/۵ تا ۰) |
| II | ۰/۷۲±-۱/۰۳ | -۱ (-۲/۲۵ تا ۰) | ۰/۵۷±۰/۹ | ۰/۷۵ (۰ تا ۳/۲۵) | ۰/۶۳±-۰/۵۲ | -۰/۲۵ (-۴/۷۵ تا ۰) |
| III | ۰/۸۴±-۰/۹۵ | -۱ (-۲/۵ تا ۰/۲۵) | ۰/۵۹±۰/۹۴ | ۰/۷۵ (-۰/۲۵ تا ۴) | ۰/۶۴±-۰/۵۳ | -۰/۲۵ (-۴/۷۵ تا ۰) |
| همبستگی داخل خوشه‌ای | ۰/۹۸۱ | | ۰/۷۷۴ | | ۰/۹۴ | |
| ضریب تغییرات (درصد) | ۴۰ | | ۳۰ | | ۳۷ | |

### مقایسه دو روش فتورفرکشن و اتورفرکشن

تفاوت قابل ملاحظه‌ای در اندازه‌گیری تمامی انواع عیوب انکساری حتی موارد دوربینی میان دو روش مذکور مشاهده نگردید.

### مقایسه دو روش اتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن

جدول ۲ نشان‌دهنده تفاوت قابل ملاحظه دو روش فوق در اندازه‌گیری دوربینی در میان عیوب انکساری آمبلیوژنیک است؛ به گونه‌ای که توسط اتورفرکشن به اندازه ۱/۷۲ دیوپتر نسبت به

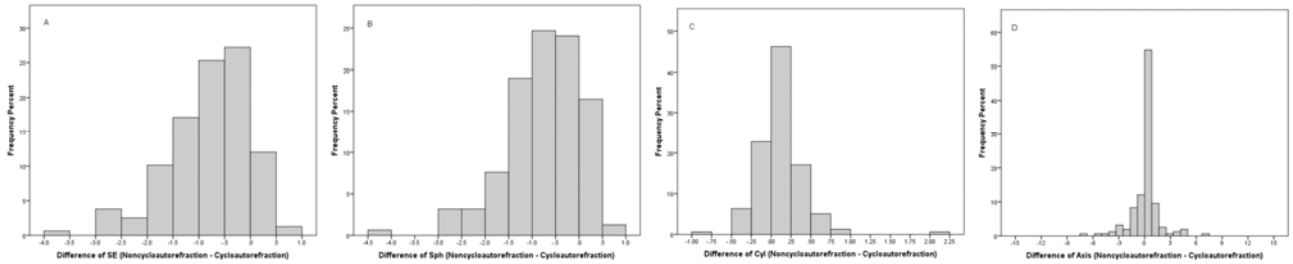


www.SID.ir

Archive of SID



سایکلواتورفرکشن شیفت نزدیک‌بینی دیده شد (P<۰/۰۰۱). تصویر ۴ نشان‌دهنده تفاوت دو روش ذکر شده است.




تصویر ۴- تفاوت فراوانی بین اتورفرکشن و سایکواتورفرکشن

## بحث

غربالگری کودکان در سنین پایین نقش مهمی در کاهش شیوع آمبلیوپی دارد[۱۸و۱۷،۱۰]؛ به گونه‌ای که استفاده از روش‌های با حساسیت و ویژگی مطلوب در این راستا ضروری است[۱۰]. در مطالعه حاضر، سه روش فتورفرکشن و اتورفرکشن (با و بدون استفاده از سایکلوپلژی) برای اندازه‌گیری عیوب انکساری استفاده گردید. در هیچ یک از مقایسه‌های صورت گرفته، تفاوت قابل توجه آماری در اندازه‌گیری عیوب انکساری نزدیک‌بین و آستیگمات دیده نشد. در حالی که این تفاوت در مقایسه هر کدام از موارد فتورفرکشن و اتورفرکشن نسبت به سایکلواتورفرکشن در مقدار دوربینی دیده شد. هم‌چنین بر اساس معیارهای نقطه تمایز محاسبه شده، فتورفرکشن می‌تواند به عنوان روشی جایگزین در غربالگری آمبلیوپی استفاده گردد (جداول ۱و ۲).

در این مطالعه به منظور جلوگیری از ابیراهی‌های محیطی ناشی از مردمک گشاد شده، از فتورفرکشن بدون استفاده از سایکلوپلژی بر اساس توصیه ارایه شده توسط شرکت سازنده دستگاه استفاده شده است. زیرا با مردمک گشاد شده اندازه‌گیری عیوب انکساری خارج از محور بینایی (off-axis) انجام می‌شود و تعیین آستیگماتیسم را مشکل می‌نماید[۱۵و۵]. بر اساس مطالعه Erdurmus و همکاران[۱۸] مشخص شد که انجام فتورفرکشن در مردمک‌های با اندازه بیش از ۸ میلی‌متر با استفاده از فتورفرکتومتر PlusoptiX CRO۳ مشکل است. در مطالعه Ayse و همکاران[۱۵] نیز نتایج با دقت پایینی در اندازه‌گیری عیوب انکساری به ویژه موارد آستیگماتیسم در صورت استفاده از PlusoptiX SO۴ به همراه سایکلوپلژی به دست آمد. دو دانشمند Schimitzek و Lagreze[۵] معتقدند که استفاده از سایکلوپلژی می‌تواند منجر به افزایش دقت فتورفرکشن در اندازه‌گیری دوربینی شود، در حالی که دقت آن در تعیین قدرت و محور آستیگمات کاهش می‌یابد. علاوه بر این، استفاده از قطره‌های سایکلوپلژیک نیاز به نظارت پزشک جهت کنترل عوارض جانبی احتمالی قطره دارد که در این صورت منجر به افزایش هزینه و عوارض غربالگری می‌گردد.

در مطالعه حاضر، به منظور تعیین روش ارجح در غربالگری عیوب انکساری دو روش فتورفرکشن و اتورفرکشن با سایکلواتورفرکشن (به عنوان روش استاندارد) مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت مشاهده شد که روش‌های فتورفرکشن و اتورفرکشن تفاوتی با یکدیگر در مقایسه با سایکلواتورفرکشن ندارند و فتورفرکشن می‌تواند به عنوان جایگزین اتورفرکشن در غربالگری باشد، در صورتی که رعایت مقادیر نقطه تمایز به عمل آید.

در مطالعه حاضر توافق کلی میان دو روش فتورفرکشن و سایکلواتورفرکشن از ۸۱/۱۸ درصد تا ۹۴/۱۲ درصد در هر دوی معیارهای آمبلیوژنیک و غیرآمبلیوژنیک عیوب انکساری بوده است (جدول ۳)؛ که مشابه با نتایج ارایه شده ۸۹/۷ درصد[۹]، ۸۴ درصد[۱۹] و ۹۴ درصد[۱۳] در سایر مطالعات می‌باشد. هم‌چنین همبستگی بالایی میان دو روش در اندازه‌گیری نزدیک‌بینی و آستیگمات حاصل شد (تصاویر ۱ و ۲) که مشابه با مطالعه قبلی نویسنده[۹] و مطالعه ارایه شده توسط Erdurmus و همکاران[۸] می‌باشد.

در این مطالعه نیز همانند سایر مطالعات[۱۶و۱۵،۹،۸،۵]، اختلاف در مقادیر اندازه‌گیری شده دوربینی‌های آمبلیوژنیک (۱/۵۸- دیوپتر) و غیرآمبلیوژنیک (۱/۲۱- دیوپتر) وجود داشت (جدول‌های ۱ و ۲). با توجه به این که فتورفرکشن در فاصله یک متری انجام می‌شود و می‌تواند منجر به تطابق یک دیوپتر در فرد شود، وجود شیفت نزدیک‌بینی در حدود یک دیوپتر قابل توجیه است. شیفت



www.SID.ir

Archive of SID



نزدیک‌بینی در مطالعات Erdurmus و همکاران[8] در حدود ۰/۷ دیوپتر بود، وجود این اختلاف را می‌توان ناشی از بررسی افراد در محدوده سنی متفاوت و نابرابری تعداد افراد دوربینی در دو مطالعه دانست. Schaeffel و همکاران[16] نیز شیفت نزدیک‌بینی برابر با ۲/۴ دیوپتر را حتی با استفاده از لنزهای فاگ کننده ۳+ دیوپتر گزارش کردند. Arthur و همکاران[13] نیز مقادیر بالاتری از شیفت نزدیک‌بینی را در موارد با دوربینی بالاتر به دست آوردند که در مطالعه حاضر دوربینی بالا مورد بررسی قرار نگرفته است. Schimitzek و Lagreze[5] نیز شیفت نزدیک‌بینی برابر با ۱/۲۵±۰/۷۳- دیوپتر را نشان دادند که به دلیل بازه سنی بیش‌تر در مطالعه آن‌ها (۸۱-۲ سال) نسبت به مطالعه حاضر بوده است.

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، دستگاه PlusoptiX SO۴ دارای حساسیت و ویژگی قابل قبولی در اندازه‌گیری نزدیک‌بینی و آستیگمات در غربالگری آمبلیوپی می‌باشد (جدول ۳)؛ هرچند که انجام یک سری تغییرات در معیارهای دوربینی می‌تواند منجر به افزایش حساسیت این دستگاه در اندازه‌گیری دوربینی گردد. بر اساس منحنی‌های ROC مقادیر استاندارد ۱/۱۲+ به جای ۲+ و ۲/۶+ به جای ۳/۵+ محاسبه و تعیین گردید که منجر به افزایش حساسیت PlusoptiX SO۴ از ۶۵/۳۸ درصد به ۸۴/۶۲ درصد و از ۴۶/۱۵ درصد به ۶۹/۲۳ درصد می‌گردد.

بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، فتورفرکشن روشی دقیق و با قابلیت تکرارپذیری قابل قبول در اندازه‌گیری انواع عیوب انکساری به ویژه موارد نزدیک‌بینی و آستیگمات است (جداول ۴-۱)؛ که نتایج حاصل از آن مشابه با مطالعه Allen و همکاران[20] می‌باشد. به علت تعداد کم موارد نزدیک‌بینی موجود در مطالعه حاضر، بررسی‌های بیش‌تر در این راستا ضروری است.

## نتیجه‌گیری

دقت دستگاه PlusoptiX SO۴ و اتورفرکتومتر برای تعیین عیوب انکساری نزدیک‌بینی و آستیگمات قابل‌قبول می‌باشد، اگرچه حساسیت هر دو روش در اندازه‌گیری دوربینی در مقایسه با سایکلواتورفرکشن به عنوان روش استاندارد پایین است که در صورت استفاده از نقطه تمایزهای محاسبه شده، کاربرد آن‌ها در موارد دوربینی نیز دارای حساسیت قابل قبولی خواهد بود. بنابراین در صورت اعمال نقاط تمایز (cut-off) محاسبه شده، از فتورفرکشن می‌توان به عنوان روشی جایگزین در غربالگری کودکان استفاده نمود.

## تقدیر و تشکر

مطالعه حاضر مورد حمایت مالی مراکز تحقیقاتی چشم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و کلینیک فوق‌تخصصی چشم‌پزشکی بصیر قرار گرفته است.

نویسندگان از کلیه کودکان مشارکت‌کننده در اجرای این مطالعه و خانواده آنان و هم‌چنین از افراد مشارکت‌کننده در این مطالعه خانم‌ها شادی اکبریان، معصومه کلانتریون، سیمین کلانتریون، بهار خیری، شیرین محبی و بهار صفدری جهت همکاری در جمع‌آوری اطلاعات کمال تشکر و قدردانی را دارند.

## منابع

1. Dandona R, Dandona L. Refractive error blindness. *Bull World Health Organ* 2001;79:237-243.
2. Foster A, Resnikoff S. The impact of vision 2020 on global blindness. *Eye (Lond)* 2005;19:1133-1135.
3. Schimitzek T, Haase W. Efficiency of a video-autorefractometer used as a screening device for amblyogenic factors. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240:710-716.
4. Salcido AA, Bradley J, Donahue SP. Predictive value of photoscreening and traditional screening of preschool children. *J AAPOS* 2005;9:114-120.
5. Schimitzek T, Lagrèze WA. Accuracy of a new photo-refractometer in young and adult patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243:637-645.
6. Leman R, Armitage MD, Arnold RW. The Receiver-Operator Curve for Flip-Card Surround HOTV in Younger School Children: Validation of a Simple Flip Card for School Acuity Testing. *Am Orthopt J* 2005; 55:128-135.
7. Donahue SP, Arnold RW, Ruben JB. AAPOS Vision Screening Committee. Preschool vision screening: what should we be detecting and how should we report it? Uniform guidelines for reporting results of preschool vision screening studies. *J AAPOS* 2003;7:314-316.
8. Erdurmus M, Yagci R, Karadag R, et al. A comparison of photorefraction and retinoscopy in children. *J AAPOS* 2007;11:606-611.
9. Rajavi Z, Parsafar H, Ramezani A, et al. Is noncycloplegic photorefraction applicable for screening refractive amblyopia risk factors? *J Ophthalmic Vis Res* 2012;7:3-9.
10. Matta NS, Singman EL, Silbert DI. Performance of the Plusoptix vision screener for the detection of amblyopia risk factors in children. *J AAPOS* 2008;12:490-492.
11. Matta NS, Singman EL, Silbert DI. Performance of the plusoptiX S04 photoscreener for the detection of



www.SID.ir

Archive of SID



amblyopia risk factors in children aged 3 to5. *J AAPOS* 2010;14:147-149.
12. Howland HC, Howland B. Photorefraction: a technique for study of refractive state at a distance. *J Opt Soc Am* 1974;64:240-249.
13. Arthur BW, Riyaz R, Rodriguez S, et al. Field testing of the plusoptiX SO4 photoscreener. *J AAPOS* 2009;13:51-57.
14. Miller JM, Dobson V, Harvey EM, et al. Cost-efficient vision screening for astigmatism in native american pre school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:3756-3763.
15. Ayse YK, Onder U, Suheyla K. Accuracy of Plusoptix S04 in children and teens. *Can J Ophthalmol* 2011;46:153-157.
16. Schaeffel F, Mathis U, Brüggemann G. Noncycloplegic photorefractive screening in pre-school children with the "PowerRefractor" in a pediatricpractice. *Optom Vis Sci* 2007;84:630-639.
17. Kvarnström G, Jakobsson P, Lennerstrand G. Visual screening of Swedish children: an ophthalmological evaluation. *Acta Ophthalmol Scand* 2001;79:240-244.
18. Kvarnström G, Jakobsson P, Lennerstrand G, et al. Preventable vision loss in children: A public health concern? *Am Orthopt J* 2006;56:3-6.
19. Clausen MM, Arnold RW. Pediatric eye/vision screening. Referral criteria for the pedia vision plus optixs 04 photoscreener compared tovisual acuity and digital photoscreening. Kindergarten computer photoscreening. *Binocul Vis Strabismus Q* 2007;22:83-89.
20. 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;80:245-251.



www.SID.ir