معرفی تست فرایبورگ به عنوان یک روش سایکوفیزیک جدید و قابل دسترس جهت ارزیابی حساسیت کانتراست

Introducing "Freiburg Test" as a New and Accessible Psychophysical Method to Evaluate Contrast Sensitivity

زهرا قربانی[1]، دکتر علی میرزاجانی[2]، دکتر ابراهیم جعفرزاده‌پور[3]

[1] کارشناس ارشد اپتومتری، گروه اپتومتری، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[2] دانشیار گروه اپتومتری و مرکز تحقیقات دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[3] دانشیار گروه اپتومتری دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

نویسنده مسئول:
دکتر علی میرزاجانی

Zahra Ghorbani,
Ali Mirzajani,
Ebrahim Jafarzadehpur

Ali Mirzajani, PhD
E-mail: mirzajani.a@iums.ac.ir

چکیده

آستانه کانتراست حداقل مقدار کانتراستی است که جهت تشخیص یک تارگت در زمینه لازم است و حساسیت کانتراست، معکوس آن می‌باشد. حساسیت کانتراست مکمل حدت بینایی در ارزیابی و بررسی عملکردهای بینایی بوده و به عنوان یک ابزار بالقوه مفید در تشخیص زودهنگام بیماریهای سیستم بینایی بکار می‌رود. امروزه روشهای بسیاری برای اندازه‌گیری حساسیت کانتراست وجود دارد که تست‌های سایکوفیزیک معمولترین روش سابجکتیو اندازه‌گیری آن می‌باشند. این تستها، اندازه‌گیری حساسیت کانتراست را در تعداد خاص و بعضاً محدود از فرکانس فضایی، یک فاصله ثابت و با یک اپتوتایپ واحد مختص خود، انجام می‌دهند، در حالیکه در تست فرایبورگ که روش جدیدتر است، این محدوده گسترده‌تر بوده به طوری که اپتوتایپ های مختلف و در تعداد بیشتری از جهات با تنوع در سطوح مختلف فرکانس فضایی، وجود دارند و اجرای تست را در فواصل مختلف دور، نزدیک و نیز بینابینی میسر می‌سازد. از مهمترین خصوصیاتی که تست فرایبورگ را از سایر تستهای حساسیت کانتراست متمایز می‌سازد، حساسیت، اعتبار و تکرارپذیری بالای این تست، و همچنین استاندارد، جدید، در دسترس و مقرون‌به‌صرفه بودن آن است که امکان اندازه‌گیری چند پارامتر از جمله حدت بینایی و حساسیت کانتراست را فراهم می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: حساسیت کانتراست؛ تست فرایبورگ؛ حدت بینایی؛ آزمون بینایی

ABSTRACT

Contrast threshold is the minimum amount of contrast required to detect a target in the field and its inverse is called contrast sensitivity. Contrast sensitivity is a complementary test of visual acuity in assessment of visual performance and applied as a potentially useful tool in the early detection of the diseases of visual system. Nowadays, there are several methods for measuring the contrast sensitivity that among them psychophysical tests are the most common. These tests measure contrast sensitivity using a specific and often limited number of spatial frequencies, a constant distance and with a specific optotype, while there is not these limitations in Freiburg test. In Freiburg test, there are various optotypes and in further directions with a variety of different levels of spatial frequency so that running the test is possible in different distances of far, near and intermediate distances. Of the most important characteristics that distinguish Freiburg contrast sensitivity test from other tests are its high sensitivity, reliability and repeatability as well as other qualities such as being standard, new, accessible and affordable. The measurements performed by Freiburg test include several important parameters such as visual acuity and contrast sensitivity.

Keywords: Contrast Sensitivity; Freiburg Test; Visual Acuity; Vision Tests

مقدمه

بسیاری از مطالعات اذعان دارند که در انواع خاصی از نوروپاتولوژیهای چشمی (مانند التهاب عصب بینایی، آب سیاه (Glaucoma)، دیابت، پارکینسون، مالتیپل اسکلروز (MS) و تنبلی چشم (Amblyopia) علی‌رغم وجود نقایصی در سیستم بینایی ممکن است حدت بینایی کاملا طبیعی باشد. در این خصوص شایان ذکر است که نقایص حساسیت کنتراست (Contrast sensitivity) حتی وقتی که حدت بینایی یا آزمایش میدان بینایی (Perimetry) طبیعی است، ظاهر و آشکار می شوند؛[1] لذا در این گونه موارد تستهای حساسیت کنتراست می توانند کاربرد کلینیکی داشته باشند.[1-5] مفهوم آستانه کنتراست در این تستها، حداقل مقدار کنتراستی است که جهت تشخیص یک تارگت لازم است و حساسیت کنتراست، معکوس آن است.[6] حساسیت کنتراست مکمل حدت بینایی در ارزیابی و بررسی تواناییهای بینایی مؤثر بوده و به عنوان یک ابزار بالقوه مفید در تشخیص زودهنگام بیماری‌های سیستم بینایی به کار می‌رود.[6-8] اندازه‌گیری حساسیت کنتراست اغلب اولین نشانه‌ها از آسیب سیستم بینایی را نشان می‌دهد؛ حتی قبل از آنکه تغییری در ظاهر ته چشم (Fundus) بوجود آید.[3] گفته شده که پیشرفت تخریبی ساختار شبکیه (Retina) می‌تواند قبل از تغییرات قابل مشاهده درمعاینات ته چشم (Ophthalmoscopy)، در جریان خون، پیگمانتاسیون و ظاهر سر عصب اپتیک، اتفاق بیفتد.[3,9]

در بررسی موارد دیگری که مثلا یک فرد نزدیک‌بین، با وجود حدت بینایی ۲۰/۲۰ از دید ضعیف شکایت دارد؛ بحث حساسیت کنتراست مطرح است،[3] و یا در بیماری مانند دیابت، تست حساسیت کنتراست ارتباط بیشتری با درجات رتینوپاتی نسبت به سایر تستهای سایکوفیزیک عملکرد بینایی مثل ریکاوری ماکولا و دید رنگ دارد و در آن، حساسیت کنتراست احتمالا بیشتر کاهش می یابد؛ هر چند که حدت بینایی طبیعی باشد.[9]

علاوه بر این، بر اساس تجارب کلینیکی این نتیجه حاصل شده است که ارزیابی حدت بینایی به عنوان تنها پارامتر برای توصیف کیفیت دید پس از روشهای جراحی انکساری و آب مروارید (cataract) ، کافی نیست و در این مورد تست حساسیت کنتراست یا حدت بینایی با کانتراست پایین، نقش مهمتری در تعیین کیفیت دید بازی می کند.[10,11] همچنین جهت برنامه‌های توانبخشی بالقوه برای دژنراسیون ماکولا و آمبلیوپی و نیز پیگیری روند پیشرفت یا درمان بیماریها، تست حساسیت کانتراست اهمیت دارد.[10,11]

اکثر اپتومتریستها و چشم‌پزشکان برای آنکه وجود نقصهای احتمالی در حساسیت کانتراست سیستم بینایی را که می‌تواند مستقیماً بر روی عملکرد هر شخص در زندگی و رفتارهایی از قبیل خواندن، رانندگی و حتی خوردن تأثیر بگذارد؛ بررسی کنند؛ از روشهای گوناگونی بهره می‌گیرند. بعضی از فاکتورها نظیر زمان، هزینه، اعتبار، میزان در دسترس بودن و آموزش برای اجرای تست، می‌توانند بر انتخاب تستهای مورد استفاده یک اپتومتریست یا چشم پزشک برای بررسی حساسیت کنتراست تأثیر بگذارند.[12]

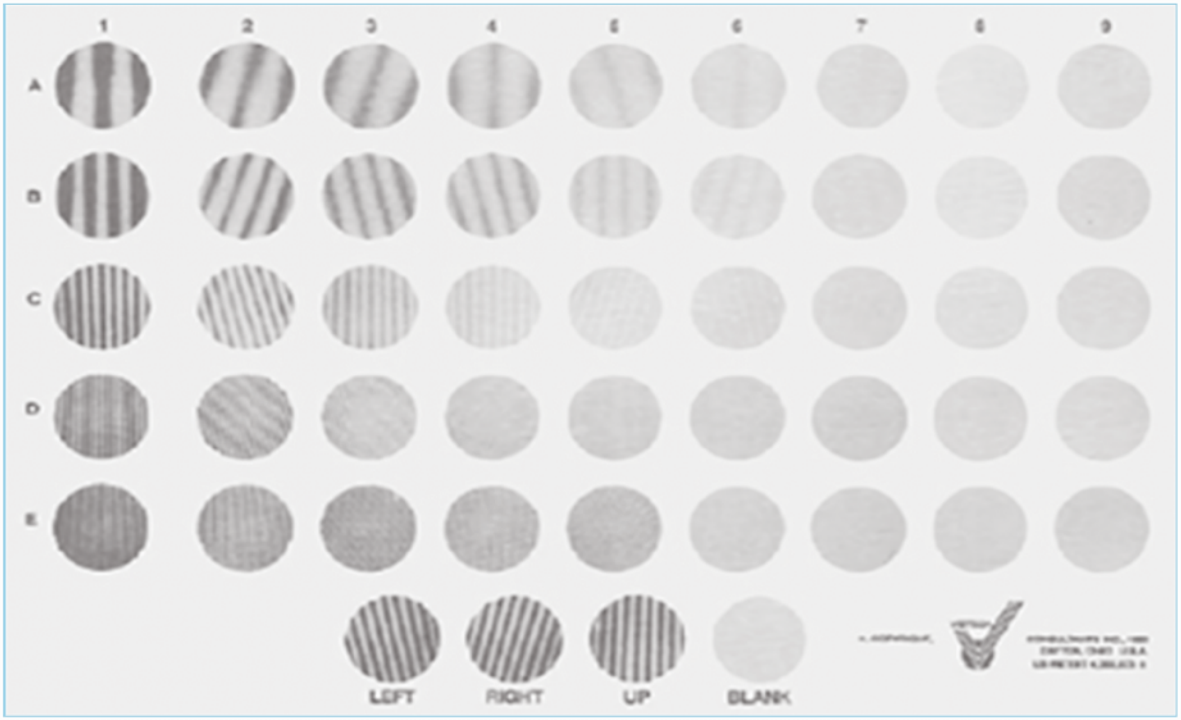
امروزه روشهای بسیاری برای اندازه‌گیری حساسیت کنتراست وجود دارد که تست های سایکوفیزیک معمولترین روش سابجکتیو اندازه‌گیری این حساسیت می باشند. هدف کلی این روشها، اندازه‌گیری آستانه است.[13] اصطلاح آستانه به شرایط محرکی که منجر به تغییر از وضعیت (بدون تحریک) به (تحریک) است؛ اطلاق می شود.[14] هدف از این پژوهش بررسی روش های سایکوفیزیک موجود و معرفی روش جدید فرایبورگ (Freiburg) همراه با بیان مزیت‌های این روش در مقایسه با روش‌های سنتی می باشد.

روش ها

در حال حاضر یکی از تستهایی که جهت ارزیابی حساسیت کانتراست استفاده گسترده ای دارد؛ چارت پلی‌رابسون می باشد.[14] همانطور که در تصویر ۱ نشان داده شده است؛ این تست شامل ۸ ردیف از ۶ حرف بزرگ اسلون (Sloan Letters) بوده که در گروههای سه‌تایی قرار دارند (در هر ردیف دو گروه). در هر گروه، کانتراست تقریباً ۰/۱۵ واحد لگاریتمی کاهش می‌یابد و محدوده کانتراست از ۱۰۰٪ (سه‌تایی چپ بالا) تا ۰/۹ (سه‌تایی راست پایین) است. مشاهده‌گر باید هر حرف را بخواند تا زمانی‌که دو تا از سه حرف را در یک گروه سه‌تایی از دست بدهد. سطح کانتراست به عنوان آخرین سه‌تایی که در آن حداقل دو حرف از سه حرف به درستی تشخیص داده شود؛ تعریف می شود.[12]

تصویر ۱. چارت پلی‌رابسون

تست دیگر، تابلوی ویستچ VCTS ۵۰۰، شامل ۵ ردیف و ۹ ستون از قطعات دایره‌ای‌شکل به صورت نوارهای تاریک و روشن حلقوی است. همانطور که در تصویر ۲ نشان داده شده است، هر ردیف یک فرکانس فضایی واحد دارد. فرکانسهای موجود در این تست ۱/۵،

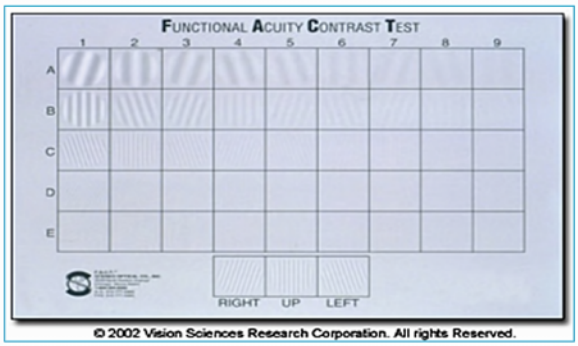


تصویر ۲. تابلوی ویستچ VCTS 500

۳/۰، ۶/۰، ۱۲/۰ و ۱۸ سیکل در درجه هستند وکانتراست با استپ ۰/۱۲ واحد لگاریتمی از چپ به راست، در هر ردیف کاهش می‌یابد. هر یک از نوارهای تاریک و روشن، با جهت عمودی، شیب ۱۵ درجه مایل به چپ یا راست قرار دارد. مشاهده‌گر باید جهت هریک از نوارهای تاریک و روشن را شفاهی و یا با اشاره دست، مشخص نماید. سطح کانتراست به عنوان آخرین نوار تاریک و روشنی که در یک ردیف تشخیص داده می‌شود، تعریف می‌شود. اگر دو پاسخ صحیح متوالی به دنبال یک پاسخ اشتباه باشد؛ آستانه دومین پاسخ غلط، مد نظر خواهد بود.[۱۲]

از سایر تستهای اندازه‌گیری حساسیت کانتراست، تست فانکشنال حدت و کانتراست است. در این تست میزان کانتراستی را که یک فرد می‌تواند جهات نوارهای تاریک و روشن نشان داده شده در فرکانسهای فضایی مختلف شناسایی کند، ارزیابی می‌شود. این تست شباهت بسیاری به تابلوی ویستچ که قبلا توضیح داده شد دارد. تصویر ۳ که این تست را نشان می‌دهد شامل تارگتهای دایره‌ای‌شکل است که در یک ماتریکس ۵ × ۹ قرار دارند و در هر ردیف کانتراست از چپ به راست کاهش می‌یابد. این تست در ۵ فرکانس فضایی ۱/۵، ۳، ۶، ۱۲ و ۱۸، حساسیت کانتراست را اندازه می‌گیرد. از بالا به سمت پایین چارت، فرکانس فضایی افزایش می‌یابد. این تست بر خلاف تست فرایبورگ که در همه فواصل قابل اجراست؛ تنها می تواند در فاصله نزدیک (۱۶ اینچ) و دور (۱۰ فوت) انجام گیرد.[۱۵،۱۶]

در این تست، به منظور تعیین حدت بینایی، اپتوتایپهای لندولت سی (Landolt C) یا تامبلینگ ای (Tumbling E) (که البته بستگی به انتخاب هر یک، توسط مجری در قسمت تنظیمات برنامه دارد



تصویر ۳. تست فانکشنال حدت و کانتراست

(تصویر ۵)) با جهات تصادفی شکاف (gap) و اندازه های مختلف، در صفحه نمایشگر به نمایش در می‌آید و از مشاهده‌گر خواسته می‌شود که جهت نماد (سیمبل)ها را بیان کند.[۱۲،۱۷،۱۸،۲۰-۲۲] اپتوتایپ‌های لندولت سی در تصویر ۶ و اپتوتایپ‌های تامبلینگ ای در تصویر ۷ نشان داده شده است. تست فرایبورگ در قسمت اندازه‌گیری حساسیت کانتراست، آستانه کانتراست را تخمین می‌زند. در این قسمت، تارگتها یا نمادها، بسته به انتخاب مجری، به صورت لندولت سی و یا نوارهای تاریک و روشن هستند. اگر مجری نوارهای تاریک

و روشن را به عنوان سیمبل تست برگزیند باید مقدار فرکانس فضایی آن را هم تعیین کند. در حین انجام تست، دیامتر تارگت ثابت نگه داشته می‌شود یا فرکانس فضایی تغییر نمی‌کند، اما کانتراست آن در

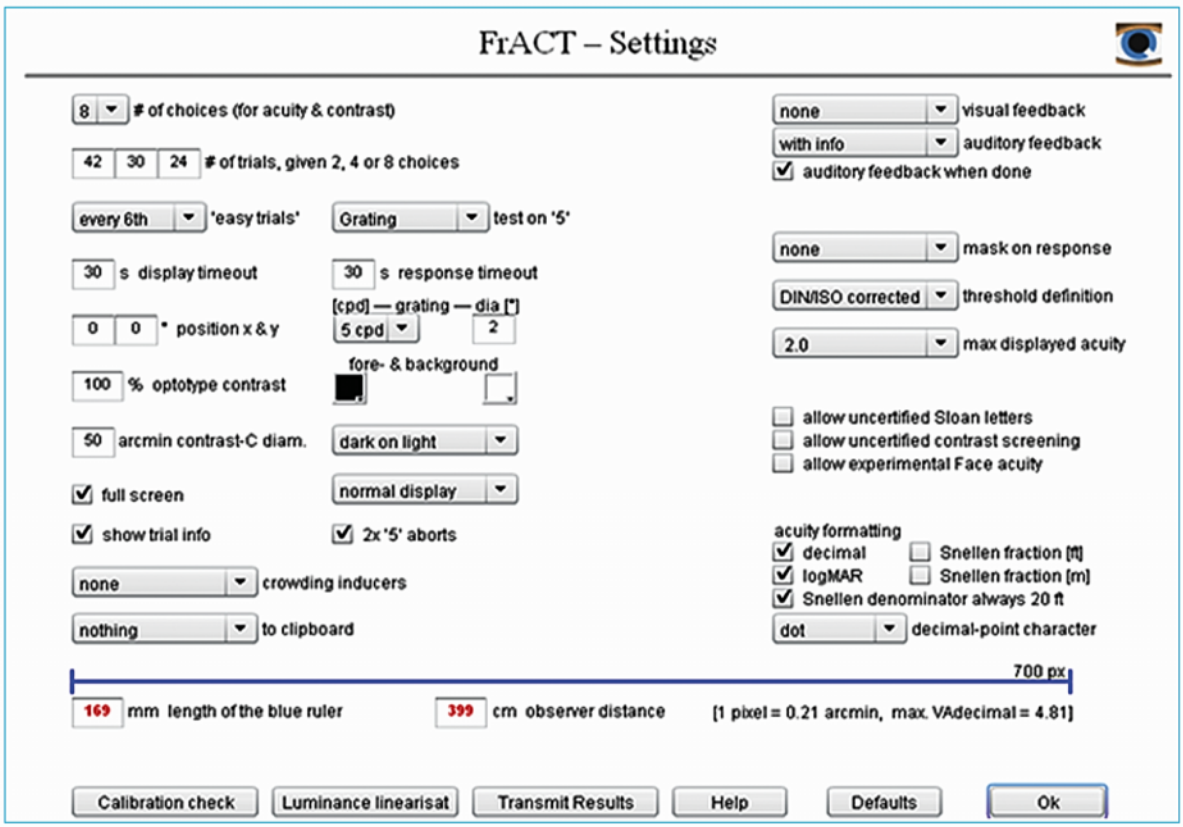
تصویر ۴. سیستم رایانه‌ای استفاده‌شده برای تست فرایبورگ

هر آزمایش یا هر نمایش سیمبل (trial) به وسیله تغییر سطح لومینانس سیمبل‌ها، تنظیم می‌شود. وقتی که فرد پاسخ صحیح می دهد کانتراست در نمایش سیمبل بعدی، به وسیله افزایش لومینانس سیمبل، کاهش می‌یابد و وقتی که مشاهده‌گر پاسخ اشتباه دهد کانتراست از طریق کاهش لومینانس سیمبل در نمایش بعدی، افزایش می یابد.

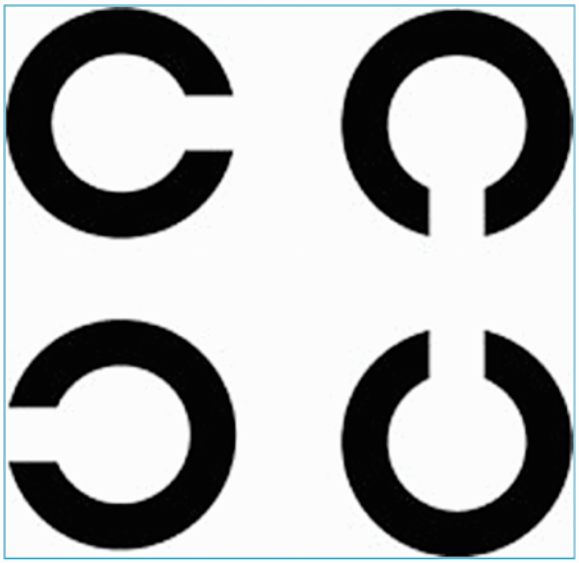
در نهایت این تست با نمایش هر ۳۰ تارگت، آستانه کانتراست مایکلسون را بر حسب درصد بیان می کند.[۱۹] فرمول زیر، عکس نسبت کانتراست مایکلسون را نشان می‌دهد؛ جمع روشنایی تارگت و زمینه (background and target luminance) تقسیم بر تفاوت آنها.[۱۹]

$$(L\ max + L\ min) / (L\ max - L\ min)$$

مفهوم تغییرات کانتراست و نیز فرکانس فضایی در تصاویر ۸ و ۹ به خوبی به نمایش درآمده است. شکل ۸، کاهش یا افزایش کانتراست را در یک فرکانس فضایی واحد و تصویر ۹، نوارهای تاریک و روشن را با دو مقدار متفاوت از فرکانسهای فضایی کم و زیاد، نشان می‌دهد. این نکته را هم باید عنوان نمود که در این تست، برای اندازه‌گیری آستانه کانتراست، سطح روشنایی محیط در حد روشنایی اندک (low ambient) مورد نیاز است و امکان اندازه‌گیری به صورت تک‌چشمی و یا دوچشمی (monocular, binocular) میسر می‌باشد.



تصویر ۵. صفحه تنظیمات در تست فرایبورگ



تصویر ۶. لندولت سی

از توضیحاتی که در مورد رایجترین تستهای اندازه‌گیری حساسیت کانتراست بیان شد مشخص می‌شود که این تستها اندازه‌گیری حساسیت کانتراست را در تعدادی خاص و بعضاً محدود از فرکانس فضایی، یک فاصله ثابت و با یک اپتوتایپ واحد مختص خود، انجام می‌دهند، در حالیکه در تست فرایبورگ این محدوده گسترده‌تر بوده و شامل فرکانسهای فضایی ۱، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵ سیکل در درجه است. در این تست، امکان انتخاب اپتوتایپ‌های مختلف وجود دارد و اپتوتایپ‌ها در جهات مختلف و تعداد بیشتری از جهات، برخلاف بسیاری از تستها، نمایش داده می‌شوند؛ که این خود دقت اندازه گیری را بالا می برد. به علاوه، قابلیت اجرای فرایبورگ در فواصل مختلف دور یا نزدیک و نیز بینابینی فراهم بوده و می‌توان فرصت پاسخ فرد را با توجه به نوع مشکل و شرایط هر فرد (اینکه فرد سالم یا بیمار باشد و حتی در بیماران مختلف) تغییر داد و تنظیم کرد و همچنین فیدبک‌های بینایی و شنوایی را فعال یا غیرفعال نمود. علاوه بر ویژگی مهم انعطاف‌پذیری که از این تست دیده می‌شود باید عنوان کرد که در پایان هر تست، نتیجه تست به سرعت محاسبه شده و به نمایش درمی‌آید.

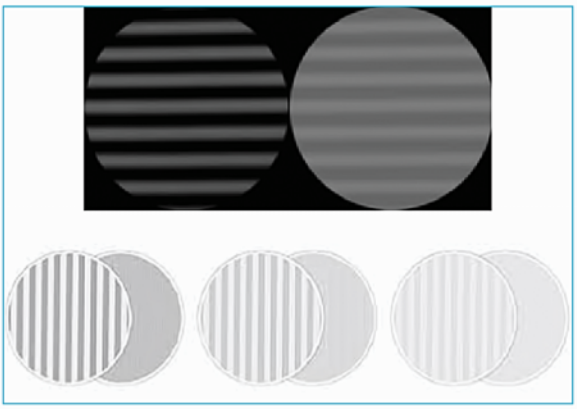
بحث و نتیجه گیری

تست کانتراست و حدت بینایی فرایبورگ، یک تست کنترل‌شده‌ی رایانه‌ای جدید است که در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته و از حساسیت، اعتبار و تکرارپذیری بالایی برخوردار است.[۷،۲۳] از دیگر مزایای مهم این تست می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. قابلیت دانلود رایگان از اینترنت:
(www.uki.uni-freiburg.de/aug/bach/fat/download.html)

۲. امکان نصب بر روی یک رایانه شخصی، به طوریکه به‌غیر از رایانه، یک صفحه کلید و نمایشگر مناسب، به هیچ تجهیزات افزوده‌ای

تصویر ۷. تامبلینگ ای

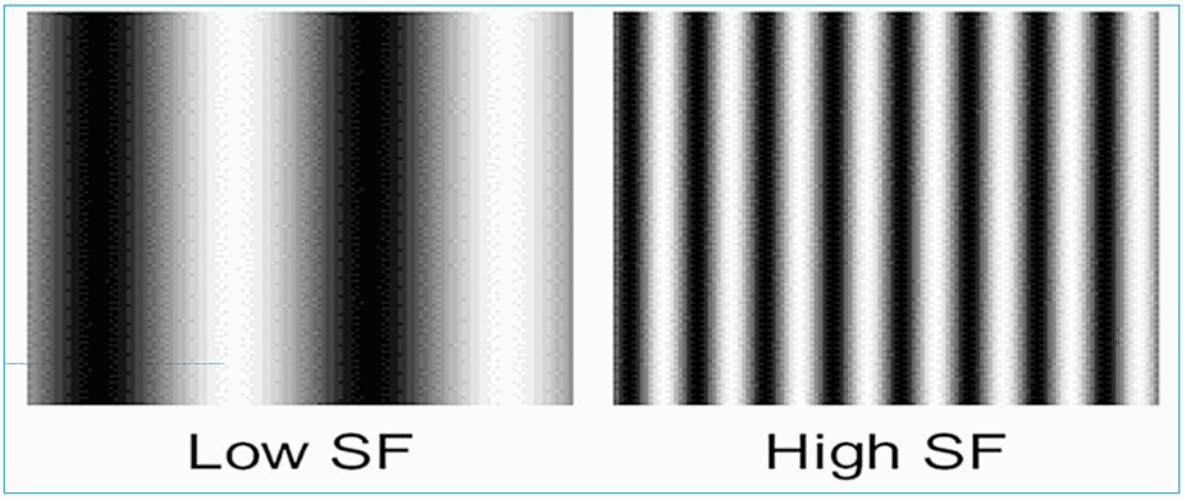


تصویر ۸. تغییرات کانتراست در فرکانس فضایی ثابت

نیاز ندارد و با توجه به اندازه نمایشگر و قدرت تفکیک (Resolution) فضایی آن امکان تنظیم‌شدن دارد.[۱۷،۱۸،۲۰]

۳. در قسمت تنظیمات برنامه، امکان تنظیم و یا فعال کردن پارامترهای مختلفی از جمله اندازه محرک، پهنای صفحه (بخشی از صفحه که به صورت گرافیکی می‌تواند دستکاری شود)، فاصله مشاهده‌گر برحسب سانتی‌متر، تعداد آزمایش، فیدبک بینایی و شنوایی، زمان پاسخ برای مشاهده‌گر و ... وجود دارد. وقتی که تنظیمات لازم توسط کاربر صورت گرفت امکان حداقل آموزش برای مجری تست و نتایج سریع فراهم خواهد بود.[۱۲]

با توجه به قابلیتهایی که برای این تست برشمرده شد، این تست می‌تواند با حداقل هزینه در کلینیکها یا مجموعه‌های تحقیقاتی تنها با کمک یک رایانه شخصی به اجرا درآید.[۱۲] در خاتمه، از آنجایی که تست کانتراست و حدت بینایی فرایبورگ، ویژگیهای مهمی از قبیل استاندارد، جدید، در دسترس و مقرون به صرفه بودن و امکان اندازه گیری چند پارامتر از جمله حدت بینایی، حساسیت کانتراست و . . . را دارد؛ می تواند جهت بررسی یک پارامتر مهم و مؤثر در عملکرد سیستم بینایی یعنی حساسیت کانتراست، در افراد و محیطهای مختلف از جمله کلینیک‌های اپتومتری و چشم پزشکی و یا مراکز تحقیقاتی، نسبت به دیگر تستها در اولویت قرار گیرد و مشکلات عمده‌ای از جمله هزینه بالا، عدم دسترسی و اجرای آسان و کندی ارزیابی‌های سایر روش‌ها را مرتفع سازد.



تصویر ۹. نمایش دو سری از نوارهای تاریک و روشن با فرکانس‌های فضایی کم و زیاد

لطفا به این مقاله از ۱ تا ۲۰ امتیاز دهید.
کد این مقاله: ۶۴۰۸
شماره پیامک مجله: ۳۰۰۰۷۸۳۸
نحوه امتیازدهی: امتیاز-شماره مقاله
نمونه صحیح امتیازدهی (چنانچه امتیاز شما ۲۰ باشد): ۲۰-۶۴۰۸

References:

1. Lesmes LA, Lu ZL, Baek J, Albright TD. Bayesian adaptive estimation of the contrast sensitivity function: the quick CSF method. J Vis. 2010;10:17.1-21.
2. Howe JW, Mitchell KW. The objective assessment of contrast sensitivity function by electrophysiological means. Br J Ophthalmol. 1984;68:626-38.
3. Liou SW, Chiu CJ. Myopia and contrast sensitivity function. Curr Eye Res. 2001;22:81-4.
4. Bulens C, Meerwaldt JD, van der Wildt GJ, Keemink CJ. Spatial contrast sensitivity in clinical neurology. Clin Neurol Neurosurg. 1988;90:29-34.
5. Jafarzadehpur E, Mirzajani A, Hatami M, Musavian R, Abbasi E. Comparison of Blue-Yellow Opponent Color Contrast Sensitivity Function between Female Badminton Players and Non-athletes. Asian J Sports Med. 2013;4:107-13.
6. Aparicio JA, Arranz I, Matesanz BM, Vizmanos JG, Padierna L, González VR, et al. Quantitative and functional influence of surround luminance on the letter contrast sensitivity function. Ophthalmic Physiol Opt. 2010;30:188-99.
7. Qazanfari A, Jafarzadehpur E, Deilami NK, Karami H, Mirzajani A. Evaluation of Contrast Sensitivity in Thalassemic Patients. J Mazandaran Univ Med Sci. 2013;23:44-50. (In Persian)
8. Mirzajani A, Soroush S, Jafarzadehpour E, Boush S, Soltansanjari A. Comparative Study Between Visual Functions of Affected and Unaffected Eyes in Acute Unilateral Optic Neuritis. Modern Rehab J. 2013; 7(2);54-60. (In Persian)
9. Gartaganis SP, Psyrojannis AJ, Koliopoulos JX, Mela EK. Contrast sensitivity function in patients with impaired oral glucose tolerance. Optom Vis Sci. 2001;78:157-61.
10. Bühren J, Terzi E, Bach M, Wesemann W, Kohnen T. Measuring contrast sensitivity under different lighting conditions: comparison of three tests. Optom Vis Sci. 2006;83:290-8.
11. Woodhouse JM. Practical applications of the contrast sensitivity function. Ophthalmic Physiol Opt. 1983;3:311-4.
12. Neargarder SA, Stone ER, Cronin-Golomb A, Oross S 3rd. The impact of acuity on performance of four clinical measures of contrast sensitivity in Alzheimer's disease. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci. 2003;58:P54-62.
13. Heckenlively, J. and G. Arden, Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision. 2006.
14. Haymes SA, Roberts KF, Cruess AF, Nicolela MT, LeBlanc RP, Ramsey MS, et al. The letter contrast sensitivity test: clinical evaluation of a new design. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2006;47:2739-45.
15. Seichepine DR, Neargarder S, Miller IN, Riedel TM, Gilmore GC, Cronin-Golomb A. Relation of Parkinson's disease subtypes to visual activities of daily living. J Int Neuropsychol Soc. 2011;17:841-52.
16. Shoemaker RC, House D, Ryan JC. Defining the neurotoxin derived illness chronic ciguatera using markers of chronic systemic inflammatory disturbances: a case/control study. Neurotoxicol Teratol. 2010;32:633-9.
17. Lange C, Feltgen N, Junker B, Schulze-Bonsel K, Bach M. Resolving the clinical acuity categories "hand motion" and "counting fingers" using the Freiburg Visual Acuity Test (FrACT). Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2009;247:137-42.
18. Schulze-Bonsel K, Feltgen N, Burau H, Hansen L, Bach M. Visual acuities "hand motion" and "counting fingers" can be quantified with the freiburg visual acuity test. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2006;47:1236-40.
19. Dennis RJ, Beer JM, Baldwin JB, Ivan DJ, Lorusso FJ, Thompson WT. Using the Freiburg Acuity and Contrast Test to measure visual performance in USAF personnel after PRK. Optom Vis Sci. 2004;81:516-24.
20. Loumann Knudsen L. Visual acuity testing in diabetic subjects: the decimal progression chart versus the Freiburg visual acuity test. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2003;241:615-8.
21. Kurtenbach A, Langrová H, Messias A, Zrenner E, Jägle H. A comparison of the performance of three visual evoked potential-based methods to estimate visual acuity. Doc Ophthalmol. 2013;126:45-56.
22. Bach M. The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2007;245:965-71.
23. Terzi E, Bühren J, Wesemann W, Kohnen T. Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System (FF-CATS). A new test to determine contrast sensitivity under variable ambient and glare luminance levels. Ophthalmologe. 2005;102:507-13. (In German)