

تأثیر پاشندگی رنگی عدسی‌ها بر دقت بینایی

نویسندگان: Dominique Meslin Gerard Obrecht

ما میزان کاهش دقت بینایی را در پریزم اعمال شده در عدسی‌ها پلانو که دارای انحراف فزاینده هستند محاسبه کردیم. پاشندگی رنگی هر ماده‌ای معمولاً با توان تمرکز نور و یا عدد آبه (ABBE) مشخص می‌گردد.

$$V_g = \frac{(N_g - 1)}{(N_f - N_c)}$$

N_e ضریب شکست مواد برای طول موج (سبز جیوه)

$$\lambda_e = 546.07 \text{ nm}$$

N_f' ضریب شکست برای (آبی کادمیم)

$$\lambda_f = 479.99 \text{ nm}$$

N_e' و N_e ضریب شکست برای (قرمز کادمیم)

$$\lambda_e' = 643.85 \text{ nm}$$

خاصیت تمرکز نور V_e در عدسی‌های طبی مورد استفاده قرار می‌گیرد و با طول موج‌های متفاوت با طول موج‌های استاندارد تمرکز نور اپتیکی V_d تعریف می‌شود. خاصیت تمرکز نور که با توان پراکنده کننده نور در مواد مختلف رابطه‌ای معکوس دارد برابر است با انحراف یک پرتو نور چندرنگ که تقسیم بر زاویه‌ی پراکندگی رنگ‌ها می‌شود. خاصیت تمرکز نور میزان انحراف زاویه‌ای پرتو نور تک رنگ با طول موج (nm) $546/07$ و تفاوت میان انحرافات زاویه‌ای دو پرتو دیگر با طول موج‌های $479/99$ و $643/85$ است.

بنابراین خاصیت تمرکز نور از انحراف پرتو نور مستقل است و میزان پراکندگی نور در ماده‌ی مورد نظر را نشان می‌دهد. برای مقایسه‌ی مواد مختلف میزان خاصیت تمرکز نور کافی است اما نمی‌توان به‌سادگی از آن در مقایسه‌ی ابیراهی رنگی و دقت بینایی استفاده کرد، به این خاطر که خاصیت تمرکز نور نمی‌تواند تأثیرات رنگی واقعی را نشان دهد. بنابراین ترجیح می‌دهیم که از توان رنگی استفاده کنیم.

$$CP = \frac{PE}{V_g}$$

PE تأثیر منشوری است و V_e خاصیت تمرکز نور که وسعت رنگی جانبی را در دیوپترهای منشور نشان می‌دهد (Δ سانتی متر بر متر)

روش‌ها

تعدادی از منشورها که دارای توان رنگی فزاینده بودند در کنار منشورهای پلانو با زوایای مختلف و خاصیت تمرکز نور متفاوت انتخاب شدند. خواص این منشورها در جدول شماره یک فهرست شده‌اند.



ترجمه و تنظیم: مصطفی مهربان
(شرکت عادل خاورمیانه)

چکیده

عدسی‌های ساخته شده از مواد با ضریب شکست بالا، دارای میزان قابل توجهی از خاصیت پاشندگی رنگی هستند. این خاصیت در لبه‌های عدسی‌های طبی، دقت بینایی استفاده‌کنندگان از این عدسی‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با سنجش دقت بینایی در منشورهای افزایش‌دهنده‌ی توان پاشندگی رنگی، ما به رابطه‌ی میان توان پاشندگی رنگی و دقت بینایی دست یافتیم. بخش اعظم توان پراکنده‌کننده در مواد مورد استفاده در عدسی‌های طبی از این رابطه قابل محاسبه است.

لغات کلیدی: پاشندگی رنگی، میزان توان پراکنده‌کننده اپتیکی، عدسی‌های طبی، دقت بینایی

استفاده از مواد با ضریب شکست بالا مزایای بسیاری در تولید عدسی‌های طبی (عدسی‌های نازک‌تر، سبک‌تر، مسطح‌تر) دارد. اما این مواد عموماً ابیراهی رنگی جانبی نامطلوب ایجاد می‌کنند. اغلب مواد دارای ضریب شکست بالا خاصیت انسجام رنگی کمی دارند و بنابراین در این مواد پاشندگی رنگ‌های موجود در طیف نور سفید بسیار زیاد است. این موضوع باعث افزایش ابیراهی رنگی تصویر به خصوص در لبه‌های عدسی‌های متشکل از این مواد می‌شود. استفاده‌کنندگان از این عدسی‌ها در لبه‌های عدسی ابیراهی رنگی را به‌صورت تاری دید درک می‌کنند.

مسائلی که در این مبحث دارای اهمیت هستند، اول میزان ابیراهی رنگی قابل تحمل برای استفاده‌کننده است و دوم بررسی حداقل میزان تمرکز نور در موادی است که می‌توان از آن در ساخت عدسی استفاده کرد.

ابیراهی رنگی تنها در لبه‌های عدسی دیده می‌شود و دلایل اصلی پیدایش آن در این منطقه، میزان خاصیت تمرکز نور در مواد تشکیل دهنده و انحرافات منشوری در عدسی است. این انحرافات منشوری وابسته به انحنای شکل و توان عدسی هستند و بنابراین میزان تاری در لبه‌های عدسی که توسط استفاده‌کننده دریافت می‌شود با بالاتر رفتن توان عدسی کاهش می‌یابد.

هنگامی که استفاده‌کننده چشمان خود را به یک طرف متمایل می‌کند، ابیراهی رنگی جانبی را درک می‌کند که باعث مختل شدن شکل‌گیری تصویر شفاف روی شبکیه می‌شود. ابیراهی رنگی وضوح تصاویر را از بین می‌برد و جزئیات تصویر در فوویا نیز مطلوب نخواهد بود. از آنجایی که سنجش دقت بینایی یکی از راه‌های بررسی تصویر در فوویا است می‌توان از آن برای ارزیابی تأثیر ابیراهی رنگی روی بینایی استفاده کرد.

| No. | Reference Material: Sovirel/International | Refractive Index, n_e | Constringence, ν_s | Prismatic Effect, Δ (cm/m) | Chromatic Power, CP (cm/m) |
|-----|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | B2952/529-518 | 1.5314 | 51.59 | 3.5 | 0.068 |
| 2 | C2036/620-363 | 1.6241 | 36.03 | 3.5 | 0.097 |
| 3 | B2952/529-518 | 1.5314 | 51.59 | 7 | 0.135 |
| 4 | D0141/702-411 | 1.7059 | 40.82 | 7 | 0.170 |
| 5 | B2952/529-518 | 1.5314 | 51.59 | 10.5 | 0.204 |
| 6 | D4445/744/448 | 1.7479 | 44.55 | 10.5 | 0.236 |
| 7 | B2952/529-518 | 1.5314 | 51.59 | 14 | 0.272 |
| 8 | D4445/744-448 | 1.7479 | 44.45 | 14 | 0.316 |
| 9 | D0141/702-411 | 1.7059 | 40.82 | 14 | 0.344 |
| 10 | C2036/620-363 | 1.6241 | 36.03 | 14 | 0.389 |
| 11 | C8931/689-312 | 1.6943 | 30.97 | 14 | 0.453 |
| 12 | E0525/805-255 | 1.8125 | 25.30 | 14 | 0.570 |

نتایج و بحث

شکل شماره ۱ نشانگر نتایج به دست آمده از تعداد ۸ نفر داوطلب است. محور عمودی، توان رنگی در دیوپتر منشور CP را نشان می‌دهد. $RVA =$ دقت بینایی اندازه گرفته شده / یا بیشینه دقت بینایی اندازه گیری شده است. هر یک از میله‌ها یک SD را در دو طرف مختصات نشان می‌دهند.

کاهش در بینایی نسبی به صورت یکنواخت به همراه کاهش در توان رنگی رخ می‌دهند. محاسبه‌ی رابطه‌ی کاهش‌ها به معادله زیر می‌انجامد.

$$RVA = -1.246 \times CP + 1.016$$

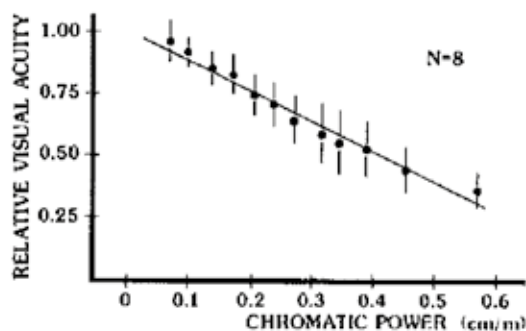
این معادله نشان می‌دهد که رابطه‌ی مستقیم میان توان رنگی و RVA وجود دارد: $r = 0.99$ با $p < 0.001$

تحلیل آماری این نتایج با استفاده از دانشجویان و آزمون‌های Wilcoxon (نمونه‌های جفتی) برای این ۸ داوطلب نشان می‌دهد، ابیراهی رنگی به طور قابل توجهی بر دقت بینایی زمانی که مقدار آن به 0.1Δ (برابر با 6Δ دیوپتر منشور شیشه کران) می‌رسد، تأثیر می‌گذارد.

این نتیجه کاملاً با فرضیه‌ی مورگان^۲ (I) منطبق است. زمانی که حتی در نبود اطلاعات تجربی، او می‌پنداشت میزان ابیراهی رنگی اگر بیشتر از 0.1Δ بشود دقت بینایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ژالیه^۳ همچنین مقدار 0.1Δ را آستانه تحمل ابیراهی رنگی در عدسی‌های دودید می‌داند. بنابراین تأثیر ابیراهی رنگی کم‌تر از 0.1Δ بر دقت بینایی ناچیز و قابل تحمل است.

رابطه‌ی برقرار شده میان دقت بینایی نسبی و توان رنگی را نمی‌توان به‌سادگی و در همین حالت استفاده کرد. زیرا توان رنگی با توان تمرکز نور و تأثیرات منشوری در عدسی در ارتباط مستقیم است. این رابطه را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد.

$$RVA = -1.246 \times (PE/Ve) + 1.016$$



شکل ۱- نمودار نتایج به دست آمده از تعداد ۸ نفر داوطلب

میزان دقت بینایی ۸ داوطلب با استفاده از ۱۲ پریمز انتخابی سنجیده شد. این سنجش با استفاده از مقیاس دقت حلقه‌های لندولت^۱ که با اسلاید نشان داده می‌شدند و آزمون‌های ذهنی برای مشخص کردن آستانه‌ی بینایی استفاده شد. این مقیاس به کار گرفته شده متشکل از ۱۹ سطح مدرج با استفاده از تقسیمات لگاریتم و با دقت یک‌صدم هستند. حلقه‌ها به‌صورت مجزا و در چهار جهت: بالا، پایین، چپ، و راست نمایش داده شدند. روش آزمون ذهنی که روشی کاملاً تطبیقی بود با استفاده از میکرو رایانه انجام شد. این روش برای محدود ساختن آستانه‌ی دقت در میان دو سطح متوالی در مقیاس مورد استفاده قرار گرفت. آستانه‌ی دقت با دریافت $62/5$ درصد پاسخ درست مشخص شد. در هر سنجش، نمایش حلقه‌های لندولت تا زمانی که هر یک از حلقه‌ها ۱۵ بار از بالا تا پایین و یا برعکس نشان داده شد ادامه یافت و نتیجه‌ی مطلوب $62/5$ درصد از پاسخ‌های درست را نشان داد. دقت بینایی در میان دو سطحی که به آستانه نهایی نزدیک بود مشخص شد.

کنتراست حلقه‌ها 0.9 و نور پس‌زمینه که در آن حلقه‌ها نمایش داده شدند 380 cd/m^2 (طبق سنجش انجام شده با نورسنج Pitchard) و نور محیط که در آن اسلایدها به نمایش درآمدند 175 تا 200 LUX مشخص شد.

برای سنجش دقت بینایی، هریک از داوطلبان در فاصله‌ی ۵ متری از صفحه‌ی نمایش نشانده شدند. در حالی که قاب‌های آزمایشی که دید دور را تصحیح می‌کند به‌صورت زده بودند و منشورهای مورد مطالعه جلوی یک چشم در حالی قرار داده شده بود که چشم دیگر آن‌ها بسته بود. هر منشور دیافراگمی به اندازه‌ی $7/5 \text{ mm}$ روی سطح جلویی خود داشت و طوری روی قاب قرار داده شده بود که زاویه‌ی محور بینایی داوطلب بر سطح پشتی آن عمود بود. این نحوه‌ی قرارگیری منشور انحراف‌های مربوط به زاویه‌ی منشور، آستیگماتیسم مایل، ابیراهی کما و ابیراهی رنگی را محدود می‌کند. ۸ داوطلبی که در این آزمایش شرکت کردند (۴ مرد و ۴ زن) میانگین سنی ۲۷ سال داشتند و همگی دارای ساختار بینایی کامل بودند.

بیشینه‌ی توان مورد نیاز برای دید دور 0.50 و بیشینه‌ی آستیگماتیسم 0.75 تعیین شد. دقت بینایی داوطلبان از میان هر یک از منشورهای مورد مطالعه ۳ بار مورد سنجش قرار گرفت. در شروع و پایان هریک از سنجش‌ها، دقت بینایی هر داوطلب با استفاده از یک منشور پلانوی آزمایشی که دارای یک دیافراگم $7/5 \text{ mm}$ مانند منشورهای مورد استفاده در آزمون طراحی شده، سنجیده شد.

درجه دید جانبی نیاز به حرکات سر زیادی است بنابراین مناطق جانبی عدسی در حالت عادی قرارگیری چشم به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نتایج به دست آمده به وسیله‌ی ما نشان می‌دهد که مواد دارای توان تمرکز نور کم‌تر در مقایسه با موادی که معمولاً استفاده می‌شوند نیز می‌توانند در تولید عدسی‌های طبی مورد استفاده قرار گیرند. این موضوع با عدم وجود نارضایتی در بین استفاده‌کنندگان از عینک تأیید می‌شود. بیشتر آن‌که پذیرش بالای عدسی‌هایی با توان تمرکز نور کم توسط استفاده‌کنندگان به خاطر توانایی بالای سیستم بینایی در تطابق با پاشندگی رنگی است.

بررسی‌های هلد^۶ (6) نشان می‌دهد که انطباقی هاله رنگ در استفاده‌کنندگان از عدسی و یا منشورهایی که پاشندگی رنگی بالایی دارند و حاشیه رنگین کمانی عدسی‌ها که در روز اول برای استفاده‌کنندگان قابل مشاهده است پس از چند هفته دیده نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

سنجش دقت بینایی در منشورهایی که دارای توان افزایشی هستند، تأثیرات ابیراهی رنگی را بر دقت بینایی نشان می‌دهد. رابطه میان توان رنگی و دقت بینایی تأثیر توان تمرکز نور لنز طبی را نشان می‌دهد. بر این اساس انحراف‌های مربوط به بخش رنگی از آنچه که در باور عمومی قالب است، از اهمیت کم‌تری برخوردار است. به این نتیجه می‌رسیم که مواد با توان تمرکز نور کم (عدد آبه‌ی پایین) را می‌توان در طراحی عدسی‌های طبی مورد استفاده قرار داد. این امر به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهد که عدسی‌های نازک‌تر، مسطح‌تر و سبک‌تر تولید کنند که برای استفاده‌کننده مزایا و راحتی بیشتری دارد.

منابع

- 1- Morgan MW. The Optics of Ophthalmic Lenses. Chicago: Professional Press, 1978:198.
- 2- Jalie M. The Principles of Ophthalmic Dispensing. Chicago: Professional Press, 1979:69.
- 3- Brooks CW, Borish IM. System for Ophthalmic Dispensing. Chicago: Professional Press, 1979:69
- 4- Afandor AJ, Aitsebaomo P. The range of eye movements through progressive multifocals. Optom Mon(ceased 1985) 1982;73:82—7
- 5- Grešty MA. Coordination of head and eye movements to fixate continuous and intermittent targets Vision Res 1974;14:395
- 6- Held R. the rediscovery of adaptability in the visual system: effects of extrinsic and intrinsic chromatic aberration. In: Charles SH, ed Visual Coding and Adaptability. New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc, 1980:69—94

عنوان مقاله: تأثیر پاشندگی رنگی عدسی‌ها بر دقت بینایی

موضوع: مقاله‌ی تخصصی

نویسنده یا مترجم: مصطفی مهربان

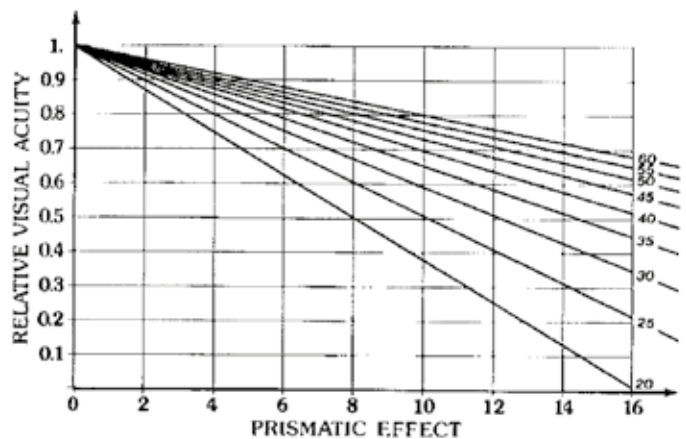
مدت زمان مطالعه: ۲۰ دقیقه



که در آن PE تأثیر منشوری و Ve توان تمرکز نور مواد اپتیکی است. شکل شماره ۲ دقت بینایی نسبی را به‌عنوان عملکردی از تأثیرات منشوری در توان‌های متفاوت تمرکز نور نشان می‌دهد. از این نتایج هیچ‌گونه برداشت قطعی در مورد مقدار قابل تحمل ابیراهی رنگی در عدسی‌های طبی نمی‌توان داشت و نمی‌توان نوع مواد اپتیکی برای ساخت عدسی‌ها را مشخص نمود.

اما بیابید یک فرد نزدیک‌بین با نمره‌ی ۱۰- دیوپتر را در نظر بگیریم که به یک شیء با اختلاف از مرکز ۹ درجه نگاه می‌کند، جایی که تأثیرات منشوری در حدود 4Δ است. شکل ۲ و معادله‌ی شماره ۱ نشان می‌دهند که برای مقادیر توان تمرکز نور کنونی ۶۰ و ۴۰، دقت بینایی در نزدیک‌بین به ترتیب ۹۳/۳۰ تا ۸۹/۱ درصد باقی می‌ماند.

برای توان تمرکز غیرمعمول ۳۰ تا ۸۵ درصد از دقت بینایی حفظ خواهد شد. نزدیک‌بین ۱۰- دیوپتر ما که به یک شیء با اختلاف ۹ درجه از مرکز نگاه می‌کند در آماج توان رنگی ۰/۱۳ قرار می‌گیرد که باعث افت بینایی از ۱ به ۰/۸۵ می‌شود، در حالی که پیشینه‌ی دقت بینایی را در مرکز عدسی حفظ می‌کند.



شکل ۲- کاهش تیزی در اثر ایجاد ابیراهی رنگی منشوری

عدسی‌های طبی به گونه‌ای طراحی می‌شوند که مرکز اپتیکی آن‌ها ۳ تا ۴ میلی‌متر پایین‌تر از مرکز مردمک قرار گیرد⁽³⁾. بنابراین در حالت عادی چشم در آماج مقدار کمی از ابیراهی رنگی است. به این خاطر که بیشتر حرکات عمودی چشم به سمت پایین است چشم به راحتی با مرکز اپتیکی عدسی همسو شده و در آماج کم‌ترین ابیراهی رنگی قرار می‌گیرد.

یادآوری این نکته که در این قسمت نباید هیچ ابیراهی رنگی مختل کننده‌ای وجود داشته باشد حائز اهمیت است. این قسمت از عدسی برای تشکیل تصویر در فوویا باید پیشینه‌ی دقت را داشته باشد.

به این ترتیب هماهنگی حرکت چشم‌ها و سر اهمیت زیادی دارند. به این خاطر که این حرکات، منطقه‌ی دید معمول استفاده‌کننده از عینک را مشخص می‌کند و در نتیجه آن منطقه اپتیکی عدسی نیز مشخص می‌شود که باید عاری از هرگونه ابیراهی رنگی باشد.

افندور و ایتسبامو⁽⁴⁾، سنجش دامنه حرکتی چشم‌ها در استفاده‌کنندگان رده سنی ۴۰ سال با چشم سالم یا مبتلا به پیرچشمی با توان (±7.5) در حدود ۱۳ درجه تعیین کردند. گرسی⁽⁵⁾ در یافت که برای ۱۴