

به نام خدا



دانش رنگ و انتخاب آن در دندانپزشکی ترمیمی

عناصر ضروری برای موفقیت بالینی

سرپرست مترجمین و ویراستار:

دکتر شاداب صفرزاده خسروشاهی

دندانپزشک، متخصص ترمیمی، استادیار
و هیئت علمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد تهران

مترجمین:

دکتر مریم رحیمی خوب

دندانپزشک، دستیار تخصصی ترمیمی دانشگاه آزاد تهران

دکتر ریحانه ایمانی

دندانپزشک، دستیار تخصصی ترمیمی دانشگاه آزاد تهران

دکتر بهاره فرار

دندانپزشک، دستیار تخصصی ترمیمی دانشگاه آزاد تهران



سرشناسه	: اولیوئیرا، دایانه، ویراستار - Oliveira, Dayane
عنوان و نام پدیدآور	: دانش رنگ و انتخاب آن در دندانپزشکی ترمیمی/ نویسنده [اصحیح: ویراستار] دایان اولیویرا؛ مترجمین مریم رحیمی خوب، ریحانه ایمانی، بهاره فرار؛ سرپرست مترجمین و ویراستار شاداب صفرزاده خسروشاهی.
مشخصات نشر	: تهران : رویان پژوه، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۱ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۳۲۰-۴۰۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Color science and shade selection in operative dentistry : essential elements for clinical success, ۲۰۲۲.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: دندانسازی — رنگ — Color in dentistry دندانپزشکی ترمیمی — Dentistry, Operative
شناسه افزوده	: رحیمی خوب، مریم، ۱۳۷۴ - مترجم
شناسه افزوده	: ایمانی، ریحانه، ۱۳۷۵ - مترجم
شناسه افزوده	: فرار، بهاره، ۱۳۷۱ - مترجم
شناسه افزوده	: صفرزاده خسروشاهی، شاداب، ۱۳۵۹ - مترجم، ویراستار
رده بندی کنگره	: RK۵۴
رده بندی دیویی	: ۶۱۷/۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۹۱۶۳۴۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا



دانش رنگ و انتخاب آن در دندانپزشکی ترمیمی؛ عناصر ضروری برای موفقیت بالینی

سرپرست مترجمین و ویراستار: دکتر شاداب صفرزاده خسروشاهی
مترجمین: دکتر مریم رحیمی خوب، دکتر ریحانه ایمانی، دکتر بهاره فرار

ناشر: رویان پژوه

نوبت چاپ: اول-۱۴۰۳

صفحه آرا: آتلیه رویان پژوه

چاپ و صحافی: نور

قطع و تعداد صفحات: رحلی-۱۶۱

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

بها: سایت انتشارات



شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۲۰-۴۰۴-۳

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به ناشر است و هرگونه تکثیر، بازنویسی، خلاصه برداری و یا برداشت به هر نحوی بدون اجازه کتبی از ناشر مجاز نبوده و منجر به پیگرد قانونی می باشد.

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، خیابان انقلاب، بین ۱۲ فروردین و منیری جاوید (روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران)

تلفن: ۶۶۴۸۶۳۷۳-۶۶۹۷۰۷۴۰

ساختمان کتابهای جیبی، طبقه سوم

خرید آنلاین: [www. RPpub. ir](http://www.RPpub.ir)

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۷
فصل اول: دانش رنگ.....	۹
فصل دوم: ندان طبیعی و بایو میتمیک در کامپوزیت ها.....	۲۱
فصل سوم: انتخاب رنگ دردندان پزشکی ترمیمی.....	۲۹
فصل چهارم: ارزیابی رنگ برلی اهداف تحقیقاتی.....	۴۵
فصل پنجم: فوتوگرافی دندان پزشکی ، کلید موفقیت بالینی.....	۶۳
فصل ششم: بلیچینگ.....	۸۵
فصل هفتم: بایو میتمیک دندان طبیعی با استفاده از کامپوزیت.....	۱۰۱
فصل هشتم: آتلم و پرداخت.....	۱۱۳
فصل نهم: عدم تطابق رنگ بین ترمیم و دندان طبیعی با گذشت زمان.....	۱۲۳
فصل دهم: دلم ترمیم هلی کامپوزیت.....	۱۳۷
واژه یاب.....	۱۵۷

به نام خالق علم و ادب

نمی‌توان چشم‌ها را از دیدن و گوش‌ها را از شنیدن بازداشت، اما می‌توان برای آنکه جویای دانش است، واژه بهتری نوشت و آهنگ زیباتری نواخت.

من و همکاران ارجمندم، کوشیده‌ایم تا با این ترجمه کاربردی و به دور از پیچیدگی‌های غیر ضروری، ورق کوچکی باشیم که لذت کتاب خواندن را در این عصر مجازی، به تمام فعالین علم دندانپزشکی، مخصوصاً ترمیمی و زیبایی، باز می‌گرداند.

با تشکر از همکاران عزیزم، خانم‌ها دکتر فرار، دکتر ایمانی و دکتر رحیمی بابت زحمات ارزشمندشان و انتشارات وزین و گرانقدر رویان‌پژوه بابت همراهی‌های بسیار در طی این مسیر.

و تقدیم به پدر اندیشمندم، که تا آخرین روزهای ترجمه و ویرایش این کتاب در کنارم بود و اکنون، جان رهای او، شاهد و خرسند از به ثمر رسیدن همه آن تلاش‌هاست.

در شاخه‌ای نگر که چه خوش رنگ میوه‌هاست

جان شاخه‌ای ست، میوه آن علم و فضل و رای

دل را هرآنکه نیک نگه داشت، پادشاست

جان را هرآنکه معرفت آموخت، مردم است

«پر وین اعتصا می»

دکتر شاهرخ صفرزاده خسر و شاهی

پاییز ۱۴۰۳

فصل اول

دانش رنگ

۱.۱ تعریف رنگ

رنگ، یک درک بصری است که در نتیجه نحوه انعکاس یا انتشار نور از یک جسم، بوجود می‌آید. رنگ، باوجود ظاهری ساده، در بهترین وجه، به عنوان یک علم انتزاعی شناخته می‌شود، ولی درواقع بسیار ذهنی و سابیجکتیو است.

در سال ۲۰۰۵، عصب‌شناسان دانشگاه روچستر دریافتند که تعداد سلول‌های حساس به رنگ در شبکیه انسان، تا ۴۰ برابر در افراد مختلف، متفاوت است، با این حال به نظر می‌رسد که آنها، رنگ را به شیوه‌ی مشابهی درک می‌کنند. این یافته‌ها نشان داد که درک بصری رنگ، بیشتر توسط مغز انسان کنترل می‌شود تا چشم‌ها. (۱)

یک مثال عملی از اثر مغز انسان بر درک بصری، در تصویر ۱،۱ نشان داده شده است. وقتی به مربع نگاه می‌کنید، چند رنگ می‌بینید؟ اگر دو طیف متفاوت از رنگ خاکستری می‌بینید، خطی که قسمت تیره‌تر و روشن‌تر را از هم جدا می‌کند، بیوشانید. خواهید دید که مغز شما اینطور درک خواهد کرد که مربع، واقعا یک رنگ دارد. این یک توهم رنگ^۱ است که Tom cornsweet، کسی که بواسطه تحقیقاتش در حیطه ادراک بصری شناخته شده می‌شود، بیان کرد.

توهم‌های رنگ، تصاویری هستند که در آن، رنگ‌های محیطی، مغز انسان را فریب داده و باعث می‌شوند تا تفسیر

نادرستی از رنگ داشته باشد. در واقع، درک بصری رنگ‌های مختلف یک فرآیند ذهنی است که در آن، مغز به محرک‌هایی که توسط مخروط‌های حساس به رنگ در شبکیه انسان تولید شده، پاسخ می‌دهد. این مساله، نشان دهنده اهمیت آموزش رنگ در دندانپزشکی است. (۳)

۱.۲ رنگ و ابعاد آن

رنگ می‌تواند براساس ۳ پارامتر ظاهری یا ۳ بعد رنگ: هیو، ولیو (روشنی)، کروما مشخص شود (تصویر ۱،۲)

۱.۲.۱ هیو (Hue)

هیو، درک بصری محرکی است که از یک طول موج دریافت می‌شود. همانطور که در تصویر ۱،۳ نشان داده شده، هیوهای اصلی خالص^۲، قرمز، آبی، و زرد هستند که رنگ‌های اصلی یا اولیه نیز نامیده می‌شوند. ترکیب هیوهای اصلی می‌توانند، محرک‌های بصری متفاوتی تولید کنند که رنگ‌های ثانویه نامیده می‌شوند.

برای مثال، ترکیب آبی (رنگ اصلی) و زرد (رنگ اصلی)، به رنگ سبز (رنگ ثانویه) دیده و درک می‌شود. ترکیب رنگ اصلی و یک رنگ ثانویه هم می‌تواند محرک‌های بصری مختلفی به نام رنگ ثالثیه ایجاد کند.

Cornsweet Illusion



با مشاهده مربع، چند رنگ می بینید؟

با پوشاندن خطی که دو قسمت تیره و روشن را جدا کرده است، چند رنگ می بینید؟

شکل ۱،۱ ایلوژن cornsweet : ایلوژن رنگ طراحی شده توسط Tom cornsweet

کند، ماده اپک است و نمی توان درونش را دید. به وضوح، یک اشتباه در ترانسلوسنسسی ممکن است ظاهر طبیعی یک رستوریشن را در مقایسه با دندان های طبیعی، به دلیل تغییر پس زمینه آن به خطر اندازد. به همین علت، برخی نویسندگان، ترنسلوسنسسی را به عنوان چهارمین بعد رنگ توصیف می کنند. (۴)

۱.۳ درک رنگ

رنگ یک ویژگی نور نیست، بلکه درک بصری رنگ توسط مشاهده کننده است. به منظور درک رنگ، ۳ عنصر باید همزمان حاضر باشند: ۱. روشنایی ۲. یک جسم ۳. یک بیننده

۱.۳.۱ نور

۱.۳.۱.۱ ادراک روشنایی

هرچند نور سفید به چشم انسان، بی رنگ است، اما تمام رنگ های طیف طول موج مرئی را شامل می شود. (تصویر ۱،۵) بنابراین زمانی که نور سفید به یک جسم برخورد می کند، طول موج های متفاوت می توانند جذب شده، عبور کرده و یا منعکس شوند. طول موج های منعکس شده مسئول ادراک رنگ جسم خواهند بود. (تصویر ۱،۶). با این حال، منابع نوری متفاوت می توانند طول موج های متفاوتی منعکس کنند. این یعنی، همه طیف های طول موج مرئی، در منابع نوری مختلف، توسط جسم، جذب، عبور یا منعکس نمی شوند.

۱.۲.۲ ولیو (Value)

ولیو به عنوان روشنایی یا tone شناخته شده و به روشنی یا تیرگی یک رنگ اطلاق می شود، به عبارت دیگر، میزان یا کمیت نوری که منعکس شده را نشان می دهد.

۱.۲.۳ کروما (Chroma)

کروما به عنوان خلوص، شدت یا اشباعیت یک رنگ شناخته می شود. بنابراین، یک کرومای پایین تر، شدت رنگ کمتری دارد، مثل رنگ های پاستلی^۱. متقابلاً کرومای بالاتر، مربوط به رنگ های قوی تر (زنده تر) است.

۱.۲.۴ ترنسلوسنسسی (Translucency)

ترنسلوسنسسی، یک ویژگی فیزیکی است که اجازه می دهد نور از میان ماده عبور کند. ماده، می تواند با توجه به میزان نوری که به جای جذب یا انعکاس، از آن عبور می کند به سه شکل ترنسپرنت، ترنسلسنت یا اپک در نظر گرفته شود. (تصویر ۱،۴)

زمانی که ماده اجازه می دهد تا بیشتر نور از آن عبور کند، ترنسپرنت است. به این معنی که، می توان به وضوح درون ماده را دید. از طرف دیگر، زمانی که ماده به مقداری از نور اجازه عبور می دهد، ترنسلسنت در نظر گرفته می شود. یعنی، گرچه درون ماده قابل مشاهده است اما، کاملاً واضح نیست. و نهایتاً، هنگامی که هیچ نوری نمی تواند از خلال ماده عبور

۱,۳,۲ جسم

همانطور که قبلاً توضیح داده شد، هنگامی که نور به یک جسم برخورد می‌کند، طول موج‌های متفاوت، می‌توانند جذب شده، عبور کرده و یا منعکس شوند و طول موج‌های منعکس شده مسئول رنگ جسم خواهد بود. (تصویر ۱,۶)

مثلاً یک جسم زردرنگ، همه‌ی طول موج‌ها را جذب کرده و یا عبور می‌دهد ولی زرد را منعکس می‌کند.

۱,۳,۲,۱ انعکاس نور، جذب نور و عبور نور

بنا به گفته لاوزیه، در طبیعت، هیچ چیز، نه خلق شده و نه از بین می‌رود، بلکه تنها به حالتی دیگر تبدیل می‌شود. درک انعکاس نور، جذب و عبور نور از میان یک جسم، از این منطق پیروی می‌کند. انعکاس نور، تغییر جهت تابش الکترومغناطیسی در سطح تماس میان دو محیط متفاوت است. محیط‌های متفاوت، ضریب شکست‌های متفاوتی دارند. ضریب شکست، نسبت سرعت نور در خلا به سرعت آن در یک محیط خاص است. هرچه تفاوت میان ضریب شکست دو محیط بیشتر باشد، انعکاس نور بیشتر خواهد بود. میزان تابش الکترومغناطیسی که منعکس نمی‌شود، از میان جسم عبور کرده یا جذب می‌شود. جذب نور، انرژی تابش الکترومغناطیسی است که به انرژی درونی جسم (جاذب) تبدیل می‌شود. علت جذب تابش الکترومغناطیسی توسط جسم، هنگامی که سعی در عبور از آن دارد، برخورد الکترون‌ها با اتم‌های مجاور به گونه‌ای است که انرژی ارتعاشی آن به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود. بنابراین موج نوری که با آن فرکانس مشخص، توسط جسم جذب شده، هرگز دوباره به شکل نور آزاد نخواهد شد. در مقابل، عبور نور از یک جسم، در واقع یک انرژی تابش الکترومغناطیسی است که جذب یا منعکس نشده و می‌تواند از داخل جسم عبور کند.

و نهایتاً، چگونگی درک رنگ یک جسم توسط فرد مشاهده کننده، به اینکه کدام طول موج توسط جسم منعکس می‌شود، بستگی دارد.

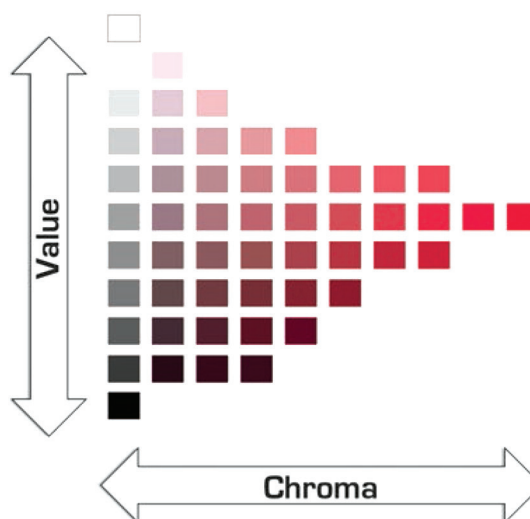
Dimensions of Color

Hue



هیو یک ویژگی رنگ است که به وسیله آن رنگ قرمز و سبز و .. از هم متمایز می‌شوند.

Value and Chroma

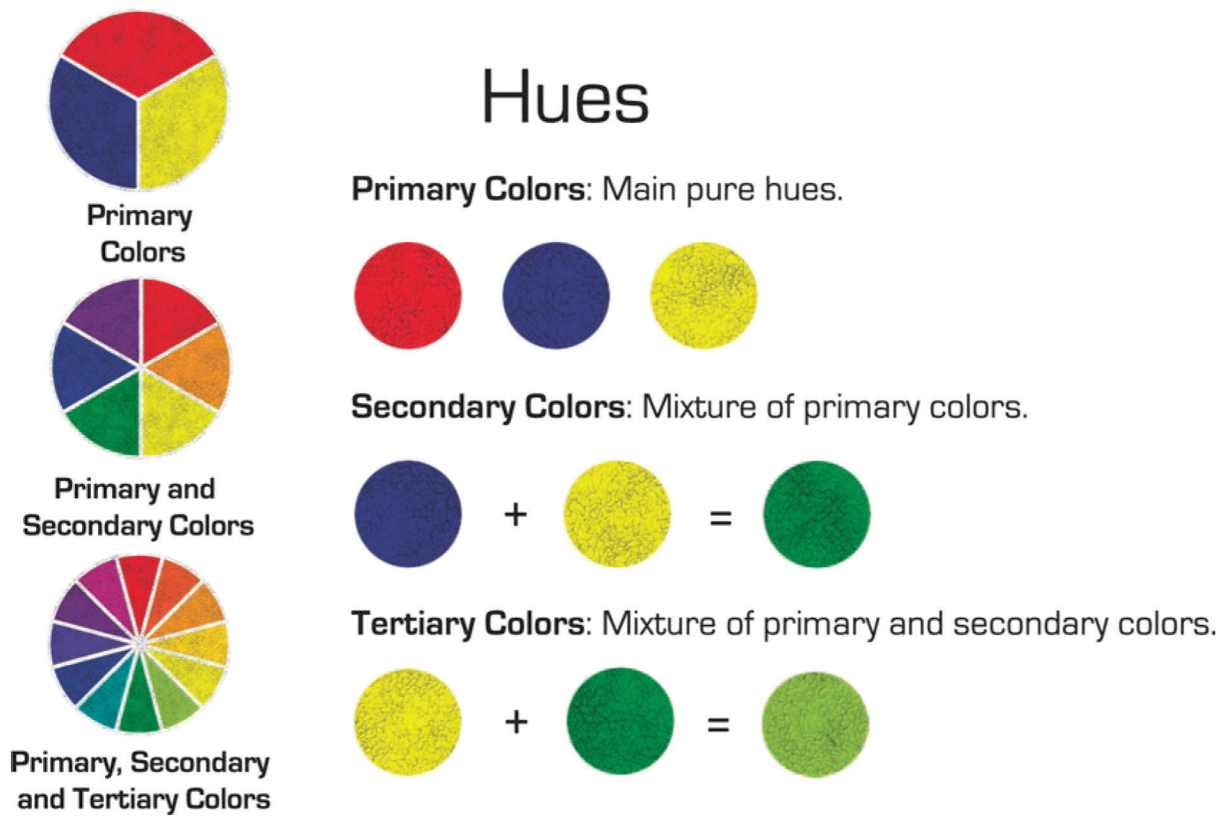


value به عنوان روشنی یا تیرگی نسبی یک رنگ تعریف می‌شود.

chroma به عنوان شدت رنگ تعریف می‌شود.

شکل ۱,۲ ابعاد رنگ : هیو - ولیو - کروما

بنابراین، رنگ یک جسم، تحت تابش نورهای مختلف، ممکن است متفاوت به نظر بیاید.



شکل ۱،۳ هیوهای رنگ های اولیه - ثانویه - ثالثیه

اپک: نور نمی تواند از درون جسم عبور کند و درون آن دیده نمی شود.

ترنسپرنت: تمام نور می تواند از جسم عبور کند و درون آن واضح دیده می شود.



ترنسلوسنت: بخشی از نور از جسم عبور می کند و درون آن با جزئیات دیده نمی شود.

شکل ۱،۴ مفاهیم ترانسپرنتی، ترنسلوسنتی و اپسیتی

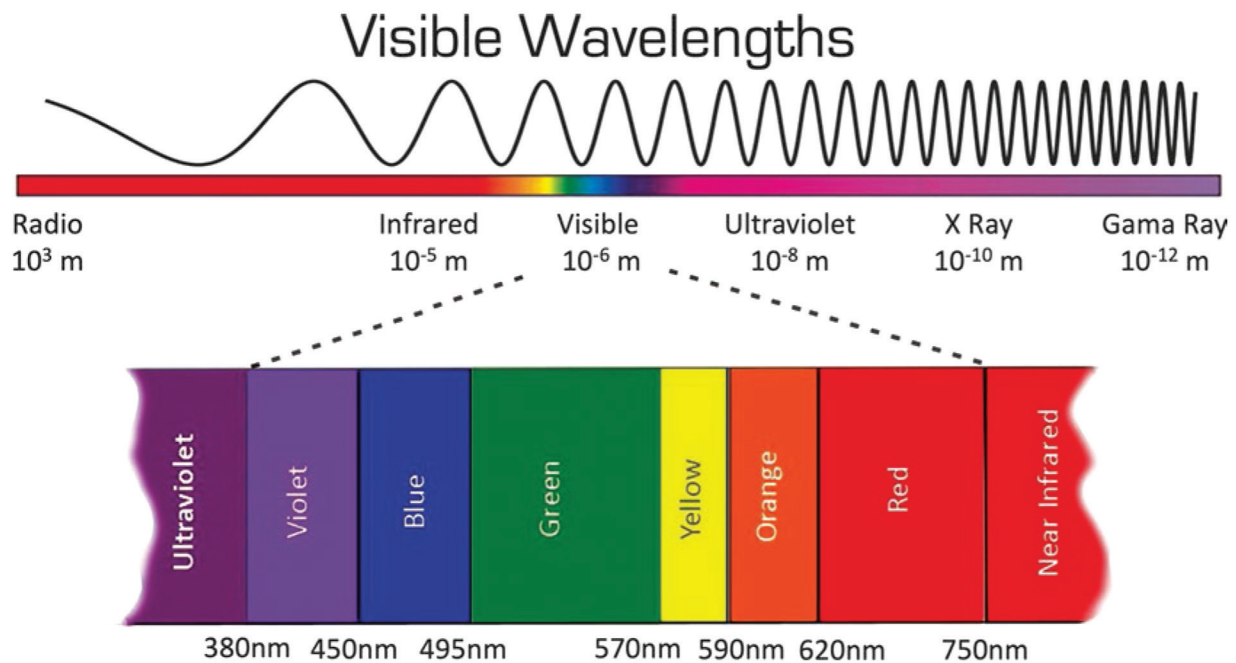
در مواد با ترنسلوسنتی بالا، نوری که داخل ماده پراکنده می شود، می تواند dichroism (دو رنگ تابشی) ایجاد کند. در این حالت، جسم از روبرو آبی رنگ (اپالسنس)، ولی از پشت درخششی به رنگ قرمز مایل به زرد دارد. (ضد اپالسنس)

۱،۳،۲،۲ اپالسنس - ضد اپالسنس^۱

همانطور که قبلاً اشاره شد، اجسام می توانند براساس میزان نوری که به جای جذب یا انعکاس، از آنها عبور می کند، به سه نوع ترنسپرنت، ترنسلوسنت یا اپک در نظر گرفته شوند.

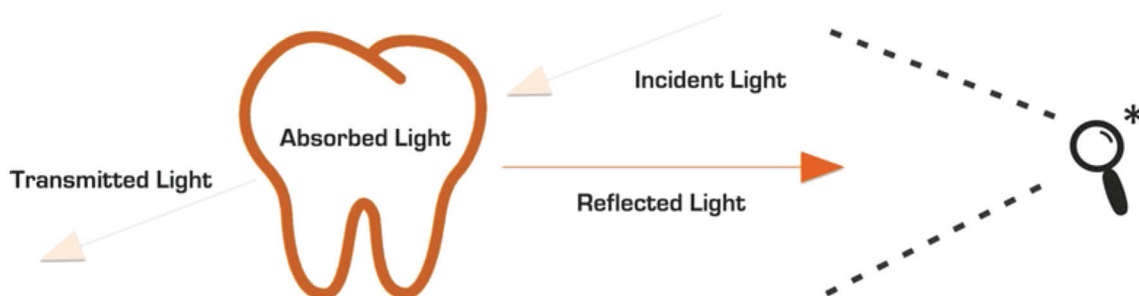
1. counter-opalescence

(تصویر ۱,۷)



شکل ۱,۵ طیف طول موج‌های مرئی و درک رنگ

Light Properties



زمانی که نور به جسم برخورد می‌کند، طول موج‌های متفاوتی جذب می‌شوند، عبور یا منعکس می‌شوند. طول موج‌های منعکس شده مسئول درک رنگ اجسام هستند.

شکل ۱,۶ جذب، انعکاس و عبور نور و درک رنگ

را دید که از فرم حدود خارجی ماملون (mamelon) عجایی انسيزال تبعیت می‌کند. کامپوزیت‌های خاصی که ترنس‌لوسنت یا اپالسنس نامیده می‌شوند، می‌توانند برای بازسازی مجدد این پدیده به کار روند. همچنین، ویژگی ترنس‌لوسنسسی چند لایه‌ای (multilayering) دندان‌ها، می‌تواند رنگی را ایجاد کند که از زوایای مختلف، متفاوت به نظر می‌رسد. این پدیده goniochr-omism نامیده می‌شود. (۷)

این پدیده به علت نوعی از پراکندگی نوری خاص، به نام اثر تیندال (Tyndall) اتفاق می‌افتد. در اثر تیندال، طول موج بلند نور (زرد-قرمز) بیشتر از میان ماده عبور کرده و طول موج کوتاه (آبی) بیشتر منعکس می‌شود. مینا یک بافت با ترنس‌لوسنسسی بالاست که مسئول اپالسنسسی هاله انسيزال است (incisal halo). این پدیده در یک سوم سرویکال و میانی دندان‌ها به علت حضور عاج، که بسیار اپک است، دیده نمی‌شود. (۵,۶)

با این حال، در یک سوم انسيزال، می‌توان هاله اپالسنسسی

از جذب اشعه در ناحیه فرابنفش طیف است که با چشم انسان دیده نمی‌شود. پس هنگامی که دندان در معرض نور فرابنفش قرار می‌گیرد، فلورسنس بودن عاج، درخشش رنگ متفاوتی را ایجاد می‌کند.

بنابراین، اگر ماده ترمیمی این ویژگی را نداشته باشد، هنگام تابش فرابنفش، تفاوت رنگ دندان طبیعی و ماده ترمیمی دیده خواهد شد. (تصویر ۱،۸)

با این حال، امروزه همه‌ی کامپوزیت‌های دندانی به علت افزودن عناصر زمینی نادر به ترکیباتشان، خاصیت فلورسنس دارند.



شکل ۱،۷ اثر تیندال: اپالسنس و ضد اپالسنس

۱،۳،۲،۳ فلورسنس

از طرفی دیگر، عاج مسئول اثر طبیعی دیگری در دندان، به نام فلورسنس است. فلورسنس، تابش یک طول موج مرئی پس



شکل ۱،۸ اثر فلورسنس کامپوزیت‌های متفاوت

از طول موج قرار می‌گیرند، ابتدا حساس‌ترین سلول مخروطی نسبت به این طیف طول موج خاص، تحریک می‌شود.

۱،۳،۳،۲ خستگی بینایی

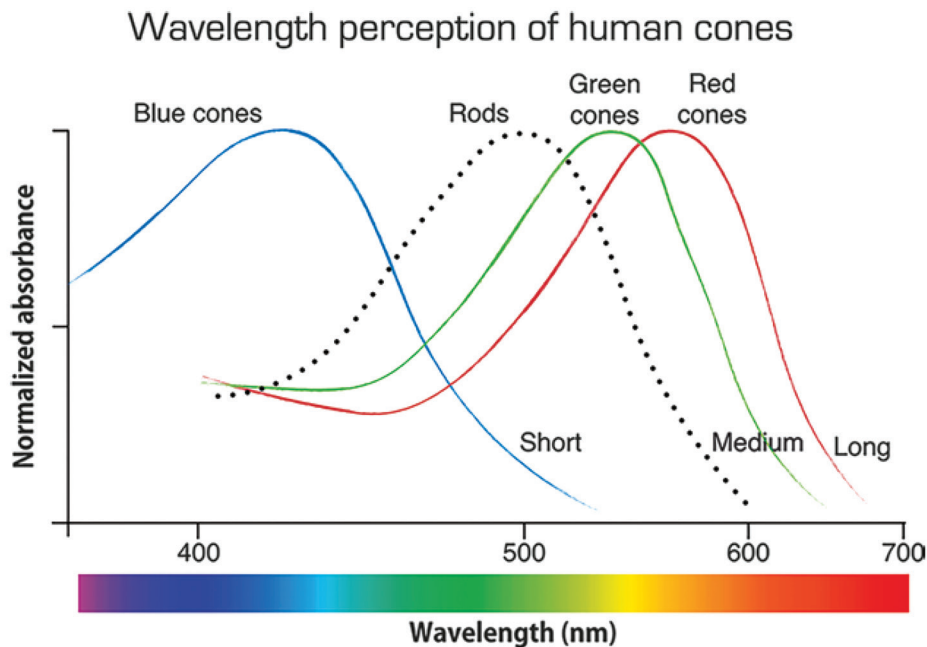
با این وجود، همانطور که قبلاً گفته شد، زمانی که یک مخروط انتخابی خاص، برای تماشای طولانی مدت تحریک می‌شود، سبب خستگی این سلول‌ها می‌گردد. سپس، گیرنده رنگ دیگری که خسته نشده، محرک‌ها را دریافت می‌کند و مغز رنگ دیگر را به درستی درک نخواهد کرد.

۱،۳،۳،۳ بیننده

۱،۳،۳،۱ پدید هلی بصری

چشم انسان مسئول دریافت محرک‌هایی از طول موج‌های متفاوت طیف نور و تخلیه ایمپالس‌های عصبی هدایت شده به مغز است. ۳ نوع سلول مخروطی در چشم انسان وجود دارند که به طول موج کوتاه (آبی)، طول موج متوسط (سبز) و طول موج بلند (قرمز) حساس‌تر هستند. (تصویر ۱،۹)

با وجود نامگذاری سلول‌های مخروطی به آبی، سبز و قرمز، هر نوع سلول نه تنها یک رنگ، بلکه گستره وسیعی از طول موج‌ها را با درجه متفاوتی از حساسیت حس می‌کند. به همین دلیل، مخروط‌های انتخابی متفاوت می‌توانند به وسیله طیفی از طول موج‌های مشابه، در سطوح متفاوتی تحریک شوند. بنابراین، وقتی سلول‌های مخروطی در معرض طیف معینی



شکل ۱.۹ طول موج های مختلف جذب سلول حسی روی شبکیه انسان

۱.۳.۳.۳ جنسیت

انسان ها بطور یکسان، قادر به درک صدها رنگ هستند. با وجود اینکه یافته ها مبهم اند، اما جنسیت ممکن است روی درک رنگ اثر داشته باشد. بنابراین، ممکن است، مردان و زنان ظاهر رنگ را به شکل متفاوتی تجربه کنند. عموماً انتظار می رود زنان، درجات رنگی بیشتری را نسبت به مردان درک کنند.

یک رنگ بنفش ساده برای یک مرد، ممکن است برای یک زن بنفش کمرنگ (یاسی یا lavender) به نظر برسد. عصب شناسان می گویند زنان در تشخیص تفاوت میان رنگ ها بهترند. از طرفی، محققان زبان شناس معتقدند که زنان، دایره لغات وسیع تری برای توصیف رنگ نسبت به مردان در اختیار دارند. اما زنان ثابت کرده اند که در تشخیص تفاوت های اندک میان طیف تیره روشن یک رنگ، که برای مردان یکسان به نظر می رسند، بهترند.

دانشمندان براین باورند که پاسخ این سوال، در هورمون های متفاوت زنان و مردان است که قادرند تکامل کورتکس بینایی را تغییر دهند. برعکس، کودکان، معمولاً به صورت تصادفی رنگ ها را طبقه بندی می کنند. که احتمالاً دلیل آن، کمتر قرارگرفتن در معرض گروه های رنگی و آموزش عمومی رنگ

است. (۸،۹)

۱.۳.۳.۴ تجربه

همانطور که گفته شد، قرارگرفتن در معرض گروه های رنگی و آموزش های عمومی رنگ، مستقیماً بر نحوه درک و نامگذاری رنگ موثر است. بنابراین، با وجود اینکه انسان ها می توانند صدها طیف رنگی را به یک اندازه درک کند، هرچه تحصیلات بیشتری در این زمینه داشته باشند، دقت بیشتری داشته و تفاوت های کوچک تر را درک کرده و حتی آن تفاوت ها را کمتر می پذیرند. تصویر ۱.۱۰ درجات رنگی مختلف را، در کنار هم، از یک راهنمای رنگ بلیچینگ با اشیاعیت در مقیاسی هلالی نشان می دهد. سعی کنید تفاوت ها در کروما را تشخیص دهید.



شکل ۱.۱۰ shade tab های راهنمای رنگ بلیچینگ با اشیاعیت در یک

مقیاس هلالی

۱,۳,۳,۵ سن

حساسیت سلول‌های شبکیه، با افزایش سن، کاهش یافته و سبب می‌شود طیف‌های متفاوت رنگ، کمتر مورد توجه قرار گیرد. (۱۰)

همزمان، مسیر عصبی خاصی در مغز، این کاهش را جبران می‌کند و درک رنگ در طول مدتی ثابت باقی می‌ماند. (۱۱) به همین دلیل، ناهنجاری‌های دیدن رنگ در افراد جوان‌تر از ۷۰ سال بسیار ناشایع هستند. با این وجود، چون هیچ درمانی برای این کاهش تشخیص رنگ وابسته به سن، وجود ندارد، دندانپزشکان باید در میانه دهه ۷۰ از این محدودیت آگاه باشند.

۱,۳,۳,۶ پدید ه‌هایی که بر درک رنگ اثر می‌گذارد

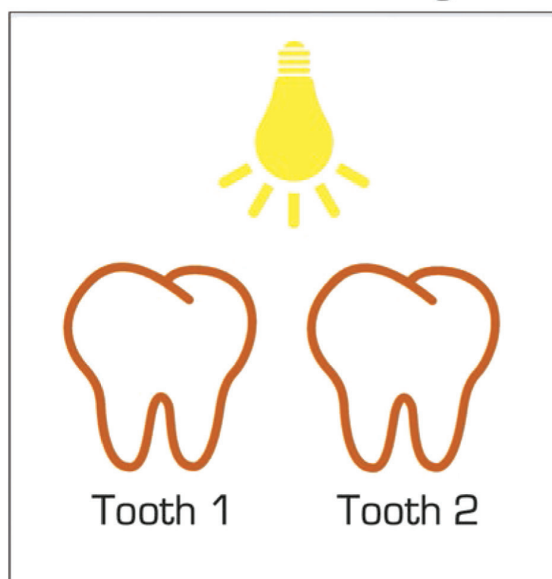
متا مریسم

زمانی که نور به یک جسم برخورد می‌کند، طول

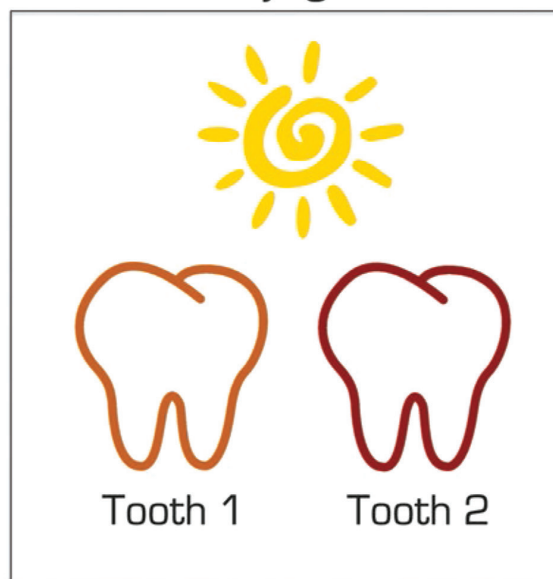
موج‌های متفاوت می‌توانند جذب، عبور و یا منعکس شوند. طول موج‌های منعکس شده مسئول درک رنگ جسم خواهند بود (تصویر ۱,۶) منابع نوری مختلف، می‌توانند طول موج‌های متفاوتی بازتاب کنند و رنگ جسم زیر منابع نوری مختلف، متفاوت به نظر می‌رسد. در بعضی موارد، رنگ دو جسم با دو رنگ متفاوت، تحت تابش یک منبع نوری، با یکدیگر منطبق است اما تحت منبع نوری دیگر، یکسان نیست. (۱۱) این پدیده به عنوان متامریسم (metamerism) شناخته می‌شود (۱۴-۱۲) و اهمیت منبع نوری حین انتخاب رنگ در دندانپزشکی را نشان می‌دهد. (۱۵)

Metamerism Effect

Incandescent Light



Daylight



رنگ دندان‌ها در یک منبع روشنایی مطابقت دارند، اما در یک منبع نور دیگر مطابقت ندارند.

شکی ۱,۱۱ پدیده متامریسم

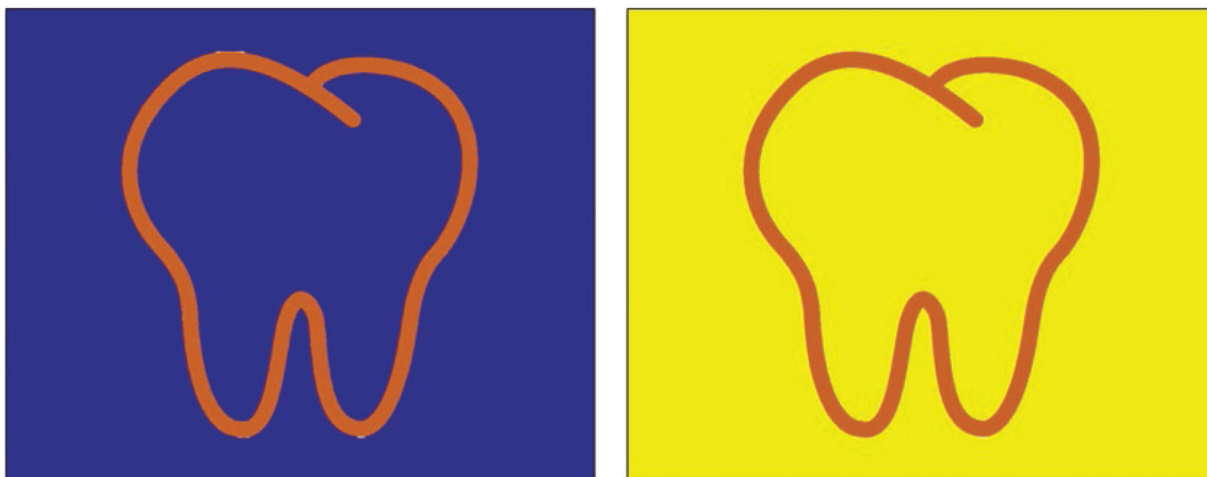
اثر Bezold-Brucke

با افزایش شدت نور، بسته به رنگ اصلی جسم، درک رنگ، بیشتر به سمت آبی یا زرد متمایل می‌شود. پس اگر جسمی زرد رنگ باشد، تمایل دارد پررنگ‌تر از آنچه هست به نظر

درک هیو می‌تواند با تغییر شدت نور تغییر کند. این پدیده به عنوان brucke-bezold شناخته می‌شود. (۱۷-۱۶)

برسد (۱،۱۲) این پدیده می‌تواند در انتخاب یک رنگ اشباع‌تر از رنگ اصلی دندان‌ها، تاثیر بگذارد. در شدت‌های نوری کمتر، درک رنگ به سمت قرمز/سبز تغییر می‌کند.

Bezold Brucke Shift



رنگ هر دو قلب از نظر فیزیکی معادل است، اما ظاهر آنها توسط پس زمینه آبی و زرد تغییر می‌کند، سپس، همان رنگ، هنگامی که با آبی یا زرد احاطه شده باشد، تیره تر یا روشن تر به نظر می‌رسد.

شکل ۱،۱۲ پدیده Bezold-Brucke

اثر Stiles-crawford

Stiles-crawford پدیده‌ای است که در آن، نوری که به نزدیکی کناره مردمک چشم می‌رسد، در مقایسه با نوری با شدت مشابه، که به نزدیکی مرکز مردمک چشم می‌رسد، پاسخ کمتری از گیرنده نوری ایجاد می‌کند.

این پدیده در دندانپزشکی بسیار حیاتی است، زیرا رنگ دندان مولتی کروماتیک (چندرنگ) بوده و بسته به زاویه‌ای که رنگ دندان مشاهده می‌شود، درک رنگ می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

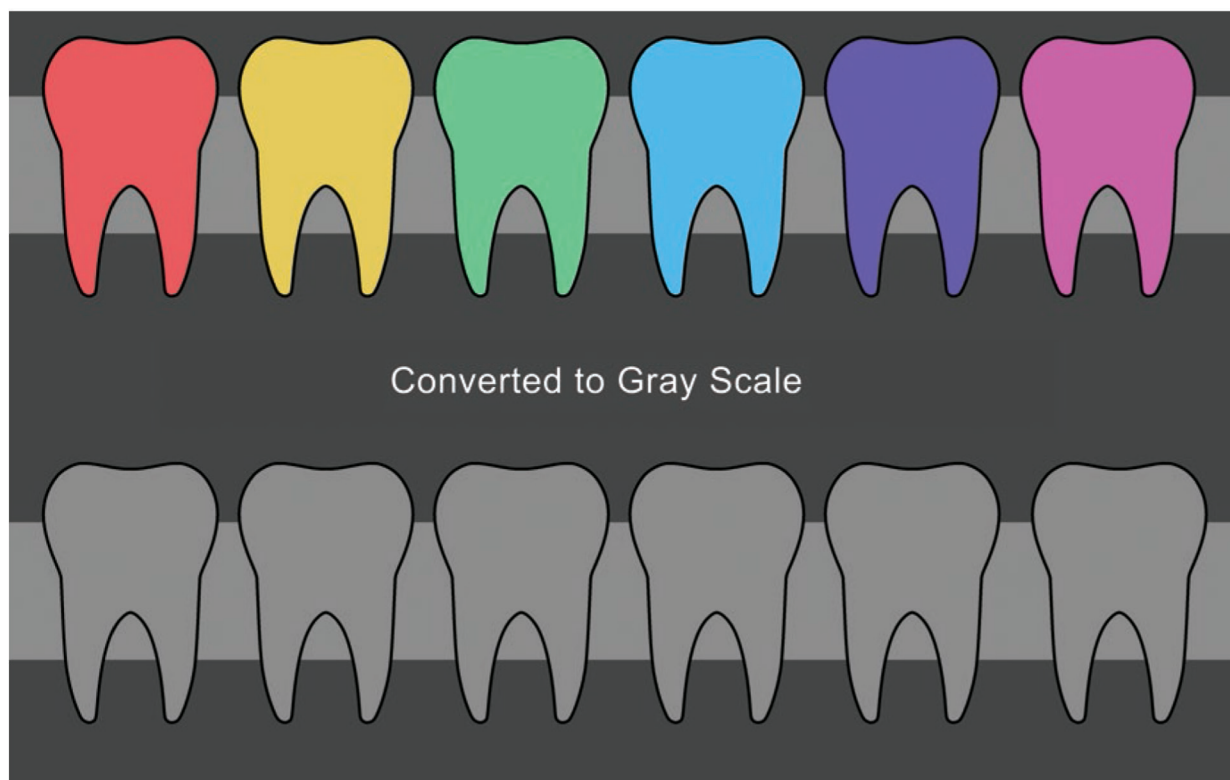
اثر Aubert یا abney

Aubert یا Abney، به عنوان اثر خلوص هیو^۱ شناخته شده است. این پدیده، تغییر هیو درک شده را، زمانی که نور سفید به یک منبع نور مونوکروم اضافه می‌شود، توصیف می‌کند. افزودن نور سفید سبب اشباعیت زدایی نور مونوکروم حین دریافت آن توسط چشم می‌شود. به همین دلیل، پدیده تغییر هیو، بیشتر یک اثر فیزیولوژیک است تا یک اثر فیزیکی (۱۹)

اثر Helmholtz-kohlrausch

پدیده فیزیولوژیک دیگری است که در آن، با تابشی مشابه، نور رنگی، درخشانتر از نور سفید به نظر می‌رسد (۲۰). این پدیده در پیگمان‌های رنگی و چاپ نیز دیده می‌شود. زمانی که رنگ‌ها اشباع تر و پررنگ تر باشند، چشم انسان آن را به عنوان روشنایی و کرومای رنگ تفسیر کرده و مغز را فریب می‌دهد تا بپذیرد که رنگ‌ها درخشان تر هستند (تصویر ۱،۱۳) توجه کنید که brightness و lightness دو مفهوم متفاوت هستند.

Brightness، شدت رنگ جسم بدون توجه به منبع نور است. Lightness درخشندگی جسم با توجه به بازتاب نور روی آن است. استثنا هنگامی است که بیننده نسبت به سبز و قرمز کوررنگ است پس قادر به تشخیص تفاوت‌های میان lightness رنگ‌ها نیست.



شکل ۱،۱۳ اثر Helmholtz-Kohlrausch

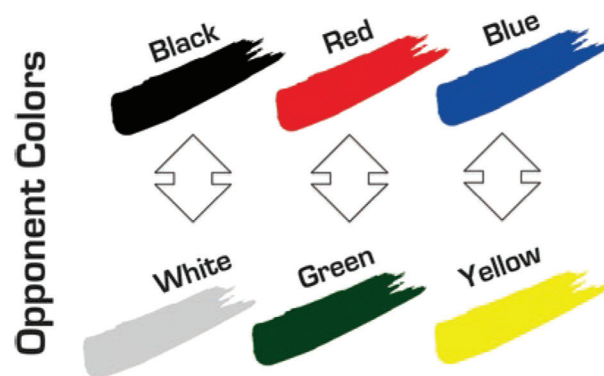
را دریافت کرده و مغز به نادرستی، رنگ متضاد را درک می‌کند. این پدیده به عنوان تئوری رنگ متضاد شناخته شده و در دندانپزشکی هم مشاهده می‌شود. از آنجایی که رنگ رابردم معمولاً روشن است ممکن است درک رنگ دندان را تغییر داده و منجر به انتخاب رنگ نادرست شود.

به همین دلیل انتخاب رنگ باید قبل از بکارگیری رابردم باشد (۴). در غیر این صورت، قرارگیری طولانی مدت در معرض رنگ روشن رابردم، می‌تواند حساسیت یک مخروط انتخابی خاص را از بین برده و در عوض، مخروط انتخابی رنگ متضاد را، حین انتخاب رنگ دندانی که تحت ایزولاسیون کامل است، تحریک کند.

رنگ‌های متضاد شامل آبی و زرد، قرمز و سبز، سیاه و سفید هستند. (تصویر ۱،۱۴) برای درک بهتر این تئوری، یک مثال عملی در تصویر ۱،۱۵ آورده شده است.

شایان ذکر است که ایزولاسیون کامل محیط کار هم، سبب دهیدراتاسیون دندان‌ها می‌شود. دندان‌های طبیعی هنگامی که مرطوب باشند، انعکاسی بسیار براق دارند. بنابراین، رنگ دندان، زنده به نظر می‌رسد. در غیاب بزاق، زبری سطح دندان، نور را

Opponent Color Theory



شکل ۱،۱۴ تئوری Opponent-color: رنگ‌های متضاد

تئوری رنگ متضاد (Opponent-color)

چشم انسان، به وسیله گیرنده‌های متفاوت در شبکیه (مخروط‌ها)، محرک‌هایی با طول موج متفاوت دریافت می‌کند. مخروط‌های انتخابی مخصوصی برای طول موج‌های متفاوت وجود دارد. با تحریک یک مخروط انتخابی خاص برای تماشای طولانی مدت، سلول‌های مخروطی دچار خستگی می‌شوند. سپس، گیرنده رنگ‌های متضاد، که خسته نشده‌اند، محرک‌ها

نوری و حساسیت سیستم بینایی انسان را توضیح می دهد. (۲۱) قانون Von Kries معمولاً در تهیه تصاویر دوربین ها بکار می رود. دوربین هایی که تنظیمات نوری ندارند، ممکن است رنگ متفاوتی را ثبت کنند. بنابراین، یک روش اصلاحی، که به نام white balance شناخته می شود، برای شبیه سازی ویژگی تطابق رنگ چشم انسان بکار می رود.

پراکنده می کند و رنگ، ظاهری پاستلی (گچی) خواهد داشت.

قانون Von Kries

این قانون، هنگام انتخاب رنگ دندان، توانایی تطابق رنگ بینایی انسان را برای تنظیم تغییرات در روشنایی، جهت حفظ رنگ ظاهریک جسم، توضیح می دهد. تئوری های مختلفی، پدیده ثبات رنگ، تحت منابع نوری متفاوت را توصیف می کنند. قانون Von Kries ارتباط بین منابع

Opponent-Color Theory



مثال تمرینی: پرچم دوم را بپوشانید و تقریباً ۳۰ ثانیه به مرکز پرچم اول نگاه کنید. سپس بلافاصله به یک کاغذ سفید ساده نگاه کنید و پلک بزنید تا تصویر بعدی پرچم برزیل را مانند پرچم دومی که پوشانده شده بود ببینید.

شکل ۱.۱۵ تست تئوری Opponent-color: مثال تمرینی

References

1. Hofer H, Carroll J, Neitz J, Neitz M, Williams DR. Organization of the human trichromatic cone mosaic. J Neurosci. 2005;25(42):9669–79.
2. Cornsweet T. Visual perception. New York: Academic Press; 1970.
3. Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of color education and training on shade matching skills. J Esthet Restor Dent. 2016;28(5):287–94.
4. Dudea D, Gasparik C, Botos A, Alb F, Irimie A, Paravina RD. Influence of background/surrounding area on accuracy of visual color matching. Clin Oral Investig. 2016;20(6):1167–73.
5. Pop-Ciutrla IS, Ghinea R, Perez Gomez Mdel M, Colosi HA, Dudea D, Badea M. Dentin scattering, absorption, transmittance and light reflectivity in human incisors, canines and molars. J Dent. 2015;43(9):1116–24.
6. Pop-Ciutrla IS, Ghinea R, Colosi HA, Dudea D. Dentin translucency and color evaluation in human incisors, canines, and molars. J Prosthet Dent. 2016;115(4):475–81.
7. Chiridon WM, O'Brien WJ, Robertson RE. Mechanisms of gonochromism relevant to restorative dentistry. Dent Mater. 2009;25(6):802–9.

8. Abramov I, Gordon J, Feldman O, Chavarga A. Sex & vision I: spatio-temporal resolution. *Biol Sex Differ*. 2012;3(1):20.
9. Abramov I, Gordon J, Feldman O, Chavarga A. Sex & vision II: color appearance of monochromatic lights. *Biol Sex Differ*. 2012;3(1):21.
10. Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Lott LA, Hewlett SE, Brabyn JA. Longitudinal increase in anisometropia in older adults. *Optom Vis Sci*. 2014;91(1):60–7.
11. Wueger S. Colour constancy across the life span: evidence for compensatory mechanisms. *PLoS One*. 2013;8(5):e63921.
12. Feng X, Xu W, Han Q, Zhang S. LED light with enhanced color saturation and improved white light perception. *Opt Express*. 2016;24(1):573–85.
13. Kim SH, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Metameric effect between dental porcelain and porcelain repairing resin composite. *Dent Mater*. 2007;23(3):374–9.
14. Akbarinia A, Gegenfurtner KR. Color metamerism and the structure of illuminant space. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2018;35(4):231–8.
15. Clary JA, Ontiveros JC, Cron SG, Paravina RD. Influence of light source, polarization, education and training on shade matching quality. *J Prosthet Dent*. 2016;116(1):91–7.
16. Imhoff SM, Volbrecht VJ, Nerger JL. A new look at the Bezold–Brucke hue shift in the peripheral retina. *Vis Res*. 2004;44(16):1891–906.
17. Pridmore RW. Bezold–Brucke hue-shift as functions of luminance level, luminance ratio, interstimulus interval and adapting white for aperture and object colors. *Vis Res*. 1999;39(23):3873–91.
18. Westheimer G. Retinal light distributions, the stiles-Crawford effect and apodization. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2013;30(7):1417–21.
19. Kurtenbach W, Sternheim CE, Spillmann L. Change in hue of spectral colors by dilution with white light (Abney effect). *J Opt Soc Am A*. 1984;1(4):365–72.
20. Corney D, Haynes JD, Rees G, Lotto RB. The brightness of colour. *PLoS One*. 2009;4(3):e5091.
21. MacAdam DL. Chromatic adaptation. In: *Color measurement*. Springer series in optical sciences, vol. 27. Berlin: Springer; 1985.