

عنوان و نام پدیدآور :	رنگ در دندانپزشکی: راهنمای کلینیکی برای زیبایی پیش‌بینی‌پذیر / [استیون ج. چو... و دیگران]؛ مترجمین مهدی مشیدی، الهام رحیمی اصل؛ سرپرست مترجمین و زیر نظر وحید کریمی.
مشخصات نشر :	تهران: شایان نمودار، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری :	۲۵۶ص: مصور(رنگی).؛ ۲۲×۲۹ س.م.
شابک :	۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۳۶۱-۱
وضعیت فهرست نویسی :	فیپا
یادداشت :	عنوان اصلی: [۲۰۱۷]. Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics.
موضوع :	دندانسازی -- رنگ
موضوع :	Color in dentistry
موضوع :	دندانپزشکی زیبایی
موضوع :	Dentistry -- Aesthetic aspects
شناسه افزوده :	چو، استیون ج.
شناسه افزوده :	[Chu, Stephen J.]
شناسه افزوده :	مشیدی، مهدی، ۱۳۶۵-، مترجم
شناسه افزوده :	رحیمی اصل، الهام، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده :	کریمی، وحید، ۱۳۵۶-
رده بندی کنگره :	۹۱۳۹۶ / ۹ RK۵۴
رده بندی دیویی :	۶۱۷/۶۹۲
شماره کتابشناسی ملی :	۵۱۱۹۸۵۵

نام کتاب : رنگ در دندانپزشکی (راهنمای کلینیکی برای زیبایی پیش‌بینی‌پذیر)

سرپرست مترجمین و زیر نظر: دکتر وحید کریمی

مترجمین: مهدی مشیدی، الهام رحیمی اصل

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید: مهندس علی خزعلی

حروفچینی و صفحه‌آرایی: انتشارات شایان نمودار

طرح جلد: آلتیه طراحی شایان نمودار

شمارگان: ۱۰۰۰

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: بهار ۱۳۹۷

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۳۶۱-۱

قیمت: ۲/۲۰۰/۰۰۰ ریال



انتشارات شایان نمودار

دفتر مرکزی: تهران / میدان فاطمی / خیابان چهلستون / پلاک ۵ / طبقه دوم

تلفن: ۸۸۹۵۱۴۶۲ (خط ۴)

تهران / میدان فاطمی / خ چهلستون / خ بوعلی سینای شرقی / پ ۳۷ / بلوک B / ط همکف

تلفن: ۸۸۹۸۸۶۸

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدون اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست. این اثر تحت پوشش قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

فهرست



VII پیشگفتار

VIII مقدمه مؤلف

IX مقدمه مترجم

۱ آموزش عملی و نظری رنگ ۱

۲ نظریه رنگ ۱۰

۳ عوامل مؤثر بر رنگ ۲۷

۴ رنگ‌های متحد دندانپزشکی:

سفید، صورتی و پوست ۵۳

۵ تطبیق رنگ به روش مرسوم دیداری ۶۹

۶ تطبیق رنگ مبتنی بر تکنولوژی ۹۶



۷ فتوگرافی دیجیتال ۱۱۴

۸ انتخاب مواد ۱۲۹

۹ مدیریت کلینیکی بدرنگی های بافت نرم و سخت ۱۴۴

۱۰ زیبایی با مواد ترمیمی صورتی ۱۵۴

۱۱ بازتولید و تأیید پیش بینی پذیر رنگ ۱۶۱

۱۲ موارد بالینی ۱۷۳

پیشگفتار

شما چگونه می‌توانید داشته‌های خود را در رابطه با موضوعی که هم‌اکنون یک استاندارد در زمینه دندانپزشکی است، ارتقاء بخشید؟ سه کلینیسین و محقق برجسته - Irena Sailer, Stephen Chu, Rade Paravina - همراه با سرامیست ماهر Adam Mieszkowski در جهت تحقق این امر تلاش می‌کنند. کتاب جدید رنگ در دندانپزشکی با ارائه اطلاعات بیشتر، تشریح‌های بهتر، موضوعات وسیع‌تر، تصاویر واضح‌تر و رجوع به متخصصین دیگر در رابطه با رنگ، به بهترین شکل سعی در حصول آنچه دارد که از ویرایش جدید یک کتاب انتظار می‌رود. این کتاب شامل تکمیل شده هشت فصل از ویرایش دوم اصول رنگ (۲۰۱۰) و ۴ فصل دیگر در ارتباط با مدیریت کلینیکی بدرنگی‌های بافت سخت و نرم؛ ملاحظات زیبایی مرتبط با مواد ترمیمی صورتی؛ باز تولید و تأیید پیش‌بینی پذیر رنگ، شامل هفت گام تا انجام یک تطبیق رنگ موفق؛ و چگونگی ساخت رستوریشن‌های استتیک با استفاده از اصول تشریح شده در ۱۱ فصل نخست است. آخرین فصل این کتاب به عنوان یک راهنمای جامع برای ساخت رستوریشن‌های استتیک و فانکشنال موفق عمل می‌کند. فصول اضافی این کتاب در مقایسه با ویرایش قبلی به عمق آن افزوده و اطلاعاتی ضروری در اختیار کلینیسین قرار می‌دهد، چرا که امروزه رستوریشن‌ها علاوه بر دندان‌ها با بافت‌های اطراف نیز در ارتباط هستند.

علم و آموزش رنگ همچنان در حال گسترش است و شاید سرعت آن نسبت به تمامی دوره‌های پیشین بیشتر باشد. علت این امر فراهم بودن تکنولوژی، مواد جدید و تکنیک‌ها در زمینه طراحی و تطبیق کامپیوتری است. کاهش مستمر هزینه تکنولوژی، امکان استفاده آن را برای متخصصین در جهت به حداقل رساندن دوباره کاری‌های پرهزینه، نارضایتی بیمار و هدر رفت زمان فراهم کرده است. بنابراین، کتاب حاضر با دربرگیری موضوعات پایه و اساسی، به کلینیسین‌ها کمک می‌کند که دینامیک‌های رنگ را در بافت‌های دندان‌ها و لثه‌ای کنترل کنند که یک راهنما و مکمل فوق‌العاده برای هر متخصص است. این کتاب برای دانشجویان، رزیدنت‌ها، متخصصین مجرب و تمامی تکنسین‌های دندان‌های مفید است. موفقیت درمانی به همکاری دندان‌پزشک و تکنسین بستگی دارد. این کتاب نقشه راه رسیدن به موفقیت را در اختیار شما قرار می‌دهد.

من به همه توصیه می‌کنم که این کتاب را از ابتدا تا انتها بخوانند، تمرینات فوق‌العاده آن را انجام دهند و سپس دوباره از اول شروع به مطالعه آن کنند. در دومین دور مطالعه این کتاب، درک شما از قدرتی که رنگ در حرفه شما دارد، بسیار افزایش خواهد یافت.

Stephen F. Bergen, DDS, MSD

Professor of Prosthodontics, New York University College of Dentistry

مقدمه مؤلف

از زمانی که اولین ویرایش کتاب اصول رنگ^۱ بیش از یک دهه قبل و ویرایش دوم آن در سال ۲۰۱۰ به چاپ رسیدند، بسیاری از ابزارها و مواد مورد استفاده در دندانپزشکی رنگ و زیبایی با معرفی محصولات جدید دچار تحولات اساسی شده‌اند. هم‌زمان با سیر تکاملی تکنولوژی، دامنه تکنیک‌های تطبیق رنگ دیجیتال با استفاده از سیستم‌های مبتنی بر تکنولوژی نیز در حال گسترش است. پیشرفت‌های تکنولوژیک در صنایع دیگر نظیر فتوگرافی و نورپردازی و در دیگر زیرمجموعه‌های دندانپزشکی نظیر تصویربرداری داخل دهانی (CAD/CAM)، سفید کردن دندان‌ها و مواد ترمیمی (هم سفید و هم صورتی)، به دقیق‌تر شدن پروتکل‌های دندانپزشکی رنگ کمک کرده‌اند.

با تأسیس انجمن رنگ و ظاهر در دندانپزشکی^۲ (SCAD) و انتشار هر شش ماه یک بار ژورنال دندانپزشکی زیبایی و ترمیمی^۳ آن صرفاً به مباحث رنگ و ظاهر اختصاص دارد، دندانپزشکی رنگ مورد توجه جامعه دندانپزشکی عمومی قرار گرفت. متعاقباً، میزان مطالعه و آموزش کلینیکی در این زمینه افزایش یافت که عاملی بسیار مهم برای توسعه و تکامل هر تخصصی است. و سرانجام، پیشرفت تکنولوژی با معرفی دو برنامه رایگان توسط SCAD در جهت افزایش موفقیت در کار با رنگ از طریق آموزش عملی و نظری تکمیل گردید: the Color Matching Curriculum (ماژول CE) و the Dental Color Matcher (برنامه آنالاین).

رنگ در دندانپزشکی کتاب جدیدی است که سعی دارد این تغییرات نوآورانه را با همکاری یک مؤلف جدید، دکتر Irena Sailer از دانشگاه ژنو که نگاهی نوبه مقوله رنگ در دندانپزشکی دارد، مورد توجه و بازتاب قرار دهد. کتاب مورد نظر با فصلی درباره آموزش عملی و نظری رنگ آغاز می‌گردد و در ادامه با مباحثی مطلوب درباره رنگ دندان و لثه، تئوری رنگ و عوامل تأثیرگذار بر درک رنگ همراه می‌شود. در این کتاب، پروتکل‌های پیشنهادی استاندارد برای تطبیق رنگ مرسوم (دیداری) و مبتنی بر تکنولوژی به صورت کاربردی مورد بررسی قرار می‌گیرند و نهایتاً یک پروتکل ساده و گام به گام معرفی می‌گردد که ترکیبی است از جدیدترین و معتبرترین تکنیک‌ها برای باز تولید موفق رنگ. فصول جدیدی که در این کتاب در ارتباط با تغییر رنگ زیرلایه‌های دندان، انواع نامشابه رستوریشن‌ها و مواد، فتوگرافی دیجیتال، زیبایی لثه (صورتی) و انتخاب به‌روز مواد ارائه شده‌اند، مکملی برای پروتکل‌های مذکور بوده و منابعی ارزشمند برای تطبیق رنگ و انتقال رنگ هستند. در انتهای این کتاب، ۲۴ کیس کلینیکی از انواع شرایطی ارائه می‌شود که معمولاً به صورت روزانه با آن‌ها برخورد می‌شود.

همانند دو ویرایش قبلی، این کتاب جدید نیز به شیوه‌ای مستند و مختصر نگاشته شده است که مطالعه رنگ را تسهیل می‌نماید و به خوانندگان کمک می‌کند که مقوله رنگ را درک، بررسی و ارزیابی کنند تا بتوانند ارتباط خود با همکاران و تکنسین‌های لابراتواری را درباره رنگ ساده‌تر و دقیق‌تر کنند.

1. Fundamentals of Color
2. Society for Color and Appearance in Dentistry
3. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry

مقدمه مترجم

دندانپزشکی رنگ مقوله‌ای است که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات و مطالعات بسیاری بر روی آن انجام گرفته است. اگرچه توانایی مادر دستیابی به نتایج تطبیق رنگ دقیق تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارد، اهمیت آموزش عملی و نظری رنگ نباید دست‌کم گرفته شود چراکه دندانپزشکی رنگ موضوع ساده‌ای نیست که بتوان آن را بدون آموزش عملی و نظری فراگرفت. متأسفانه، افرادی که در زمینه دندانپزشکی رنگ فعالیت دارند، کمتر تلاشی برای ارتقاء مهارت‌های خود انجام می‌دهند و مهارت‌های تطبیق رنگ و بازسازی خود را اغلب بهتر از حد واقع تصور می‌کنند. امروزه، با توجه به تحولات رخ داده در زمینه مواد و تجهیزات دندانپزشکی، وجود یک راهنمای کلینیکی برای دستیابی به زیبایی پیش‌بینی پذیر بیش از پیش احساس می‌شود. «رنگ در دندانپزشکی» به روزترین و جامع‌ترین کتابی است که تا به امروز به منظور آموزش عملی و نظری رنگ در دندانپزشکی نگاشته شده است و دربرگیرنده تمامی آنچه است که دندان‌پزشکان و تکنسین‌های لابراتواری برای موفقیت در زمینه دندانپزشکی رنگ لازم دارند. اهمیت مقوله دندانپزشکی رنگ و اهمیت کیفیت تصاویر کتاب در کنار احترام به حقوق مؤلفین، ما را بر این داشت که کپی‌رایت کتاب حاضر را از انتشارات Quintessence خریداری کنیم و کتابی همانند نسخه اصلی در اختیار جامعه دندانپزشکی و لابراتواری کشورمان قرار دهیم. امید است که دندان‌پزشکان و تکنسین‌های لابراتواری گرامی با مطالعه این کتاب، بتوانند گامی اساسی در راستای ارتقاء مهارت‌های دندانپزشکی رنگ خود بردارند.

در پایان خود را موظف می‌دانیم که از انتشارات صاحب‌نام شایان نمودار و مدیر مسئول محترم آن جناب آقای مهندس خزعلی و سرکار خانم آقازاده و دیگر عزیزان به خاطر تلاش‌های بی‌دریغشان در جهت چاپ کتاب حاضر با بهترین کیفیت تشکر و قدردانی کنیم. خوانندگان عزیز می‌توانند از طریق ایمیل esthetics@drvahidkarimi.com با سرپرست مترجمین در ارتباط بوده و نظرات، انتقادات و پیشنهادهای خود را به اطلاع ما برسانند.

وحید کریمی

اسفندماه ۹۶

فصل اول





آموزش عملی و نظری رنگ

در این فصل:

- فراگیری مهارت تطبیق رنگ
- برنامه‌ها و نشریات موجود فعلی درباره تطبیق رنگ

توانایی ما در دستیابی به نتایج تطبیق رنگ دقیق، تحت تأثیر عوامل بسیاری نظیر ذهنیت شخصی، تجهیزات تطبیق-رنگ، مواد، روش‌ها و شرایط قرار می‌گیرد. با این حال، اهمیت آموزش عملی و نظری رنگ نباید دست‌کم گرفته شود، همان‌گونه که Sproull در سال ۱۹۷۴ گفت: «تکنولوژی رنگ نه موضوع ساده‌ای است که بتوان آن را بدون آموزش فراگرفت، نه به اندازه‌ای پیچیده است که فراتر از درک دندان‌پزشکان باشد.»^۱ رنگ ظاهری رستوریشن‌ها اغلب از اهمیت بسیار بالایی در کیفیت نتیجه نهایی و پذیرش آن‌ها از سوی بیماران برخوردار است. این‌گونه است که آموزش عملی و نظری باید اولین گام فرایندی را تشکیل دهد که می‌خواهد به حصول نتیجه زیبایی قابل پیش‌بینی و مطلوب در ساخت رستوریشن‌های دندانی منجر شود.

فراگیری مهارت تطبیق رنگ

موسیقیدانان، نقاشان و دیگر هنرمندان موفق، هم از استعداد ذاتی در حرفه خود برخوردار هستند و هم به‌خوبی آموزش دیده‌اند و با این همه، همچنان به تمرین و ارتقاء مهارت‌های خود ادامه می‌دهند. اما در سوی مقابل، کمتر تلاشی برای ارزیابی مهارت تطبیق رنگ دندان‌پزشکان صورت می‌گیرد. به علاوه، آموزش رنگ اغلب حتی بخشی از برنامه درسی دانشکده‌های دندانپزشکی در مقاطع دکترای عمومی و تخصصی را نیز تشکیل نمی‌دهد.^{۱-۳} تجربه چندین ساله تطبیق رنگ در شرایط نامناسب و با استفاده از تجهیزات و روش‌های نامناسب را نمی‌توان حقیقتاً آموزش رنگ خواند. تحقیقات نشان می‌دهند که دندان‌پزشکان اغلب مهارت‌های تطبیق رنگ و بازسازی خود را بهتر از حد واقع تصور می‌کنند. هنگامی که از دانشجویان عمومی و تخصصی خواسته شد ۱۶ جفت مناظر دو مجموعه راهنمای رنگ Vita classical A1-D4 را به روش دیداری انتخاب کنند، تنها ۵۰ درصد از شرکت‌کنندگان قادر به انجام صحیح آن شدند.^۴ در یک مطالعه دیگر که از نظر نبود معادل دقیق، بسیار شبیه شرایط بالینی بود، ناظرین تنها قادر به انتخاب دومین یا سومین جفت مشابه شدند.^۵ چندین مطالعه و بررسی بر روی آموزش رنگ انجام گرفته است. اولین مطالعه که در سال ۱۹۶۷ اجرا گردید، آشکار ساخت که تنها سه دانشکده دندانپزشکی (از میان ۱۱۵ دانشکده‌ای که همکاری کردند) اقدام به برگزاری دوره علم رنگ می‌کردند و تنها ۲/۳ کلاس، به‌طور میانگین، به موضوع رنگ می‌پرداختند.^۱ در یک مطالعه دیگر، مشخص گردید که دوره‌های آموزشی اجباری و اختیاری با موضوع رنگ، به ترتیب در ۲۶ و ۱۷ درصد از ۶۹ دانشکده مشمول مطالعه برگزار می‌شد.^۲ سومین مطالعه که مربوط به تدریس رنگ در مقاطع عمومی و تخصصی می‌شد، در سال ۱۹۹۲ انجام گرفت. ۱۳۸ دانشکده دندانپزشکی در این مطالعه شرکت کردند.^۳ میانگین زمان اختصاص یافته به موضوع رنگ ۶/۶ ساعت بود و ۵۰ درصد از دانشکده‌های دندانپزشکی گزارش دادند که فاقد یک محیط color-balanced هستند. همچنین، ۸۵ درصد از شرکت‌کنندگان بر این باور بودند که به ساخت یک راهنمای رنگ جدید و سیستماتیک نیاز است. در انتها، چنین نتیجه‌گیری شد که به تلاش‌های بیشتری در زمینه بررسی، تحقیق و کاربرد علم رنگ در حرفه دندانپزشکی، به‌ویژه در مقطع عمومی، نیاز است.

چهارمین مطالعه در سال ۲۰۱۰ منتشر گردید.^۶ در این مطالعه، ۱۳۰ دانشکده دندانپزشکی از آمریکای شمالی، اروپا، آمریکای جنوبی، آسیا و آفریقا حضور داشتند. طبق این مطالعه، گزارش گردید که ۸۰ درصد از دوره‌های تحصیلی مقطع عمومی و ۸۲ درصد از دوره‌های تحصیلی مقطع تخصصی، شامل دوره‌ای درباره رنگ در برنامه خود بودند. زمان اختصاص یافته به تدریس رنگ در مقاطع عمومی و تخصصی تفاوت فراوانی داشت (به ترتیب ۴ ساعت در برابر ۵/۵ ساعت). طبق گزارش‌ها، زمان اختصاص یافته به موارد زیر نیز در دو مقطع تحصیلی تفاوت قابل توجهی داشتند که سهم مقطع تخصصی بسیار بیشتر بود: تدریس درباره پس‌تصویرهای منفی (negative afterimages)، شاخص نمود رنگ، Vita Bleachguide، راهنمای رنگ Vita 3D-Master، انتخاب دوربین دیجیتال و لنز، کامپوزیت رزین‌ها و مواد پروتز فک و صورت. Vita classical A1-D4 و Vita 3D-Master رایج‌ترین راهنماهای رنگی بودند که تدریس می‌شدند.

در چندین مطالعه اثبات شده است که دستگاه‌های تطبیق رنگ مطمئن‌تر از روش دیداری هستند که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد.^۷ باید ذکر شود که نتایج تطبیق رنگ به دست آمده در روش دیداری، در اغلب موارد کمتر از حد انتظار بیشتر افراد بودند. در دو مطالعه مشابه که در دو کشور مجزا و طبق دو فرایند تطبیق رنگ متفاوت انجام گرفت، نتایج بسیار مشابهی گزارش شدند: ۷۰ تا ۸۰ درصد از دانشجویان دندانپزشکی شرکت‌کننده، نتوانستند گزینه دارای بیشترین تطابق را از راهنمای رنگ انتخاب کنند، در حالی که حدوداً ۵۰ درصد از دانشجویان یکی از سه گزینه دارای بیشترین تطابق را انتخاب کردند. با این حال، در صد دوم بعد از آموزش عملی و نظری رنگ تا ۷۲ درصد افزایش یافت که با گزارش‌های مطالعات دیگر مبنی بر تأثیر آموزش عملی و نظری رنگ در ارتقاء مهارت‌های تطبیق رنگ افراد همسو است.^{۷,۸}

ویژگی‌ها	ناشر	فرمت
دوره آموزشی عملی و نظری؛ مفید برای دستیابی به دانش بنیادین و مهارت‌های تطبیق رنگ.	Society for Color and Appearance in Dentistry (www.scadent.org)	دوره آموزش تکمیلی نیم‌روزه، به صورت عملی و نظری
نرم افزار آموزشی جامع و ویدئوهای آموزشی آنلاین رایگان.	Society for Color and Appearance in Dentistry, Vita Zahnfabrik (www.scadent.org)	نرم افزار: آنلاین و CD
دوره آموزشی؛ مفید برای دستیابی به دانش بنیادین.	American College of Prosthodontists	DVD
تطبیق رنگ دیجیتال و تطبیق رنگ فیزیکی.	Vita Zahnguidek (www.toothguide.com)	نرم افزار آنلاین و جعبه آموزشی
وجود یک CD اینترنتی که کیفیت فراگیری مطالب کتاب را افزایش می دهد.	Mosby	کتاب و CD

برنامه ها و نشریات موجود فعلی درباره تطبیق رنگ

چندین برنامه چندرسانه‌ای آموزش عملی و نظری رنگ در حال حاضر در دسترس هستند (جدول ۱-۱). هر یک از این برنامه‌ها از ویژگی‌های منحصر به فردی برخوردار هستند، اما همه آن‌ها برای یک هدف واحد طراحی شده‌اند: آموزش عملی/نظری دندان‌پزشکان برای تطبیق رنگ. در ادامه، توضیح مختصری درباره هر یک از این برنامه‌ها ارائه می‌شود.

دوره آموزشی Color Matching Curriculum (CMC؛ شکل ۱-۱) یک دوره آموزش تکمیلی (continuing education) نیم‌روزه است که توسط Society for Color and Appearance in Dentistry (SCAD) ارائه می‌شود و در صورت تقاضا، از طریق وبسایت SCAD در دسترس است.⁹ این دوره CE برای دانشجویان دندانپزشکی و دندان‌پزشکان طراحی شده است. انگیزه اصلی طراحی این دوره آموزشی CE این تصور بود که تطبیق رنگ در دندانپزشکی بالینی همچنان نیازمند آموزش و پیشرفت فراوان است. عدم تطابق رنگ رستوریشن‌ها در ناحیه قدامی یک مقوله رایج است که موجب ناامیدی بیمار و دندان‌پزشک می‌شود و اصلاح مکرر آن وقت‌گیر و هزینه‌بر است. با توجه به اینکه بیماران خواستار رستوریشن‌هایی مشابه دندان‌های طبیعی هستند، این دوره آموزشی عملی/نظری ترکیبی با تکنولوژی، برای ارتقاء نتایج کلینیکی طراحی شده است. این دوره، اطلاعاتی درباره آخرین پیشرفت‌های رخ داده در زمینه تطبیق رنگ ارائه داده و در کنار مرور روش‌های آموزشی قدیمی، جدیدترین روش‌های آموزشی را معرفی می‌کند؛ این دوره همچنین شامل یک بخش عملی درباره تطبیق رنگ به روش دیداری و ابزاری است. دوره آموزشی نام‌برده متشکل از بخش‌های زیر است:

- مفاهیم و منابع رنگ
- تطبیق رنگ دیداری
- کارگاه عملی I
- تجهیزات تطبیق رنگ
- کارگاه عملی II
- نرم افزار Dental Color Matcher (برای تمرین)

در بخش نظری دوره CMC، آموزش‌هایی به صورت گام‌به‌گام ارائه می‌گردد و به مفاهیم و منابع رنگ و روش‌ها، شرایط و تجهیزات تطبیق رنگ دیداری و ابزاری و انتقال رنگ و ظاهر دندان‌ها پرداخته می‌شود که تمامی این موارد برای کسب مهارت در تطبیق

Color Matching Curriculum – Hands on I

© Society for Color and Appearance in Dentistry (SCAD, www.scadent.org)

Participant 1-1

Group _____

Please select a single best matching tab from the shade guide, rate quality of match and difficulty level (do not share with others until asked to do so)

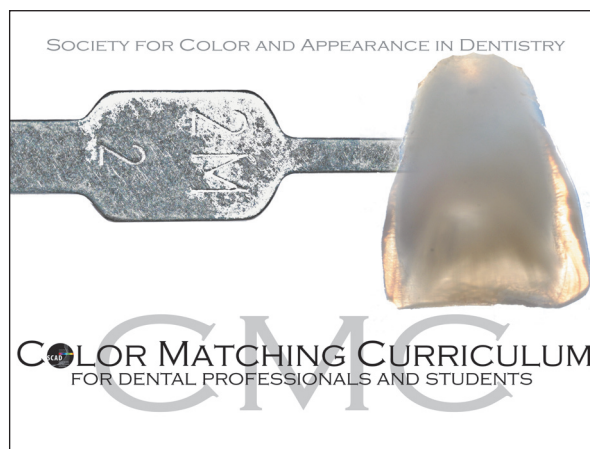
Task	Participant 1-2	Participant 1-3	Participant 1-4
Sh. match/ Sh. guide			
Quality of match (1-5)			
Difficulty level (1-5)			
Team shade match			

Quality of match: 1 – huge mismatch; 2 – poor match; 3 – good match, 4 – very good match; 5 – excellent match

Difficulty level: 1 – very difficult; 2 – difficult, 3 – moderate, 4 – fairly easy; 5 – easy

Matching pairs of tabs from 2 VITA Classical A1-D4 shade guides

Task tabs, original shade designation	Matching tabs, custom shade designation – responses	Matching tabs, custom shade designation – KEY
A1		
A2		
A3		
A3.5		
A4		
B1		
B2		
B3		
B4		
C1		
C2		
C3		
C4		
D2		
D3		
D4		



شکل ۱-۲ برگه گزارش کارگاه عملی I (تطبیق رنگ دیداری) دوره CMC

شکل ۱-۱ دوره آموزشی تطبیق رنگ، یک دوره CE نیم روزه است که از سوی (SCAD) Society for Color and Appearance in Dentistry ارائه می شود.

رنگ موفق در مطب و لابراتوار ضروری هستند. برای یادگیری بهتر، مثال‌ها و گزینه‌های تمرینی ارائه شده‌اند. برخی از اهداف آموزشی این دوره شامل درک رنگ، فراگیری شرایط و روش‌های پیشرفته تطبیق رنگ، مقایسه راهنماهای رنگ دندان‌های مختلف و آگاهی از خصوصیات رنگی مواد دندانپزشکی، بررسی روش‌های مبتنی بر تکنولوژی در مانیتورینگ بلیچینگ دندان‌ها و شناخت منابع آموزش عملی و نظری رنگ در دندانپزشکی زیبایی هستند.⁹

مرحله عملی دوره به دو بخش تقسیم می‌شود. با توجه به این حقیقت که نتایج تطبیق رنگ دندان در رویکرد یادگیری گروهی در یک محیط کلینیکی ارتقاء می‌یابد، در بخش عملی I گروه‌های چهار نفری تشکیل داده می‌شوند (شکل ۱-۲). یکی از شرکت‌کنندگان نقش بیمار را بازی کرده و سه شرکت‌کننده دیگر رنگ یکی از آنسیزورهای سانترال (دندان‌های سالم طبیعی نسبت به دندان‌های ترمیم‌شده ارجح هستند) وی را تطبیق می‌دهند. این کار چهار بار تکرار می‌شود تا هر یک از اعضای گروه یک بار نقش بیمار را بازی کنند. از تکنیک تطبیق رنگ معرفی شده در بخش نظری، در این مرحله عملی استفاده می‌شود و امکان به کارگیری بیش از یک نوع راهنمای رنگ در هر چهار دور وجود دارد. نتایج تطبیق رنگ، میزان مطابقت رنگ انتخاب‌شده (از [۱] دارای بیشترین عدم تطابق [تا ۵] دارای بیشترین تطابق) و دشواری کار (از [۱] دشوارترین تا [۵] ساده‌ترین) بر روی یک برگه کاغذ یادداشت می‌شود و به دیگر اعضای گروه اجازه مشاهده نتایج داده نمی‌شود. در پایان هر دور، سه عضو گروهی که یک دندان را تطبیق رنگ دادند، در قالب یک تیم کار کرده و نتیجه تیمی تطبیق رنگ را یادداشت می‌کنند. بعد از اتمام تمرینات عملی، هر یک از افراد نتایج تطبیق رنگ خود را گزارش می‌دهد و تمامی شرکت‌کنندگان نظرات و دیدگاه‌های خود را بیان می‌کنند.

برنامه ها و نشریات موجود فعلی درباره تطبیق رنگ



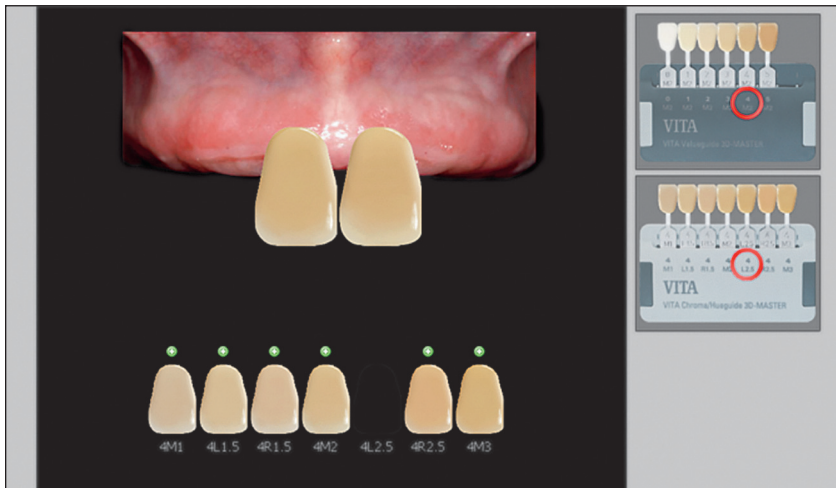
شکل ۳-۱ آزمون معاصر رنگ. (a) انتخاب جفت های متناظر از میان دو راهنمای رنگ VITA classical A1-D4 در حالی که شناسه tab های یکی از مجموعه ها پوشانده شده است. (b) جفت های انتخاب شده.



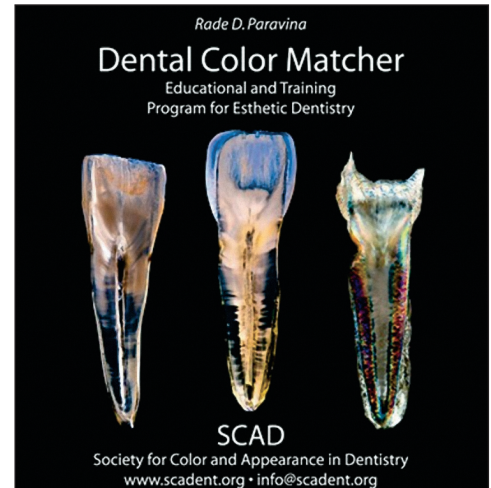
بسته به امکانات موجود، توصیه می شود در طول مرحله I بخش عملی CMC، از نور تصحیح رنگ شده (نور سقفی، زمینی، میزی یا دستی)، پیش بند خاکستری روشن و کاغذ، پارچه یا مقوای خاکستری برای استراحت چشم ها استفاده شود. در حالت ایده آل، هر یک از شرکت کنندگان در دوره آموزشی CMC باید جفت های متناظر دو مجموعه راهنمای رنگ VITA classical A1-D4 را در حالی که شناسه tab یکی از مجموعه ها پوشانده شده است، انتخاب کنند. نتایج باید ثبت گردیده و طبق ISO/TR 28642 تفسیر شوند: یک بیننده حداقل باید ۷۵٪ (۱۲ جفت) تا ۸۵٪ (۱۴ جفت) از tab ها را به درستی جفت کند تا قدرت تشخیص رنگ و بی ترتیب متوسط یا عالی تلقی گردد.^{۱۰} کارگاه عملی II به اجرا و/یا کار با یک یا چند دستگاه رنگ سنج مربوط می شود.

نرم افزار Dental Color Matcher (SCAD و Zahnfabrik؛ شکل ۴-۱) یک برنامه آموزشی و تمرینی آنلاین رایگان است. این برنامه از طریق وبسایت SCAD (www.scadent.com) در دسترس است و به عنوان یک مکمل تمرینی برای دوره آموزشی CMC عمل می کند.^{۱۱} این نرم افزار توسط هزاران دندان پزشک و دانشجوی دندان پزشکی در بیش از ۱۰۰ کشور مورد استفاده قرار گرفته است و ترکیبی از تمرینات تطبیق رنگ و یک ویدئوی آموزش نظری را شامل می شود.

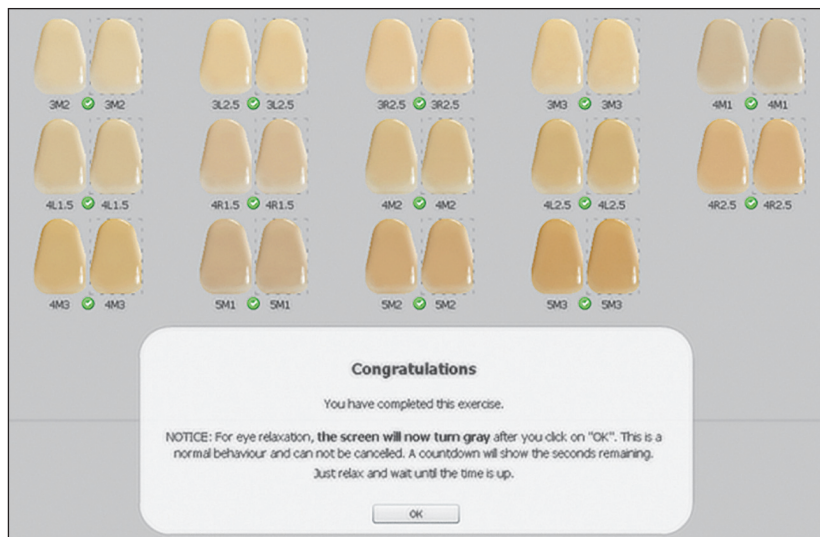
در اولین تمرین آنلاین این برنامه با عنوان «Closest match I»، از کاربر خواسته می شود که برای ۴ shade tab هدف، بهترین معادل را از میان tab های راهنمای رنگ VITA Linearguide 3D-Master انتخاب کند (شکل ۵-۱). سپس، یک ویدئوی ۲۵ دقیقه ای اطلاعاتی را درباره نقش رنگ در دندان پزشکی زیبایی معاصر، مهارت ها و موفقیت دندان پزشکان در تطبیق رنگ، ابعاد رنگ و رنگ دندان های انسان و روش های تطبیق رنگ مورد استفاده در دندان پزشکی ارائه می دهد.



شکل ۵-۱ تمرین «Closestmatch» برنامه Dental Color Match.



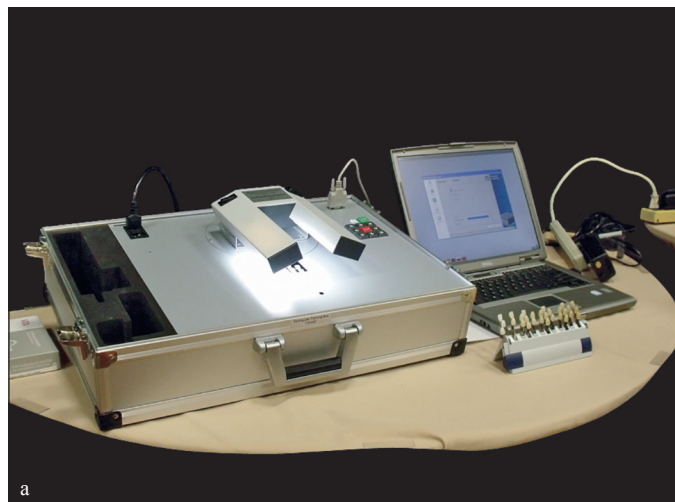
شکل ۴-۱ Dental Color Matcher یک برنامه آموزشی و تمرینی رایگان برای دندانپزشکی زیبایی است که به صورت آنلاین (www.scadent.org) و در قالب یک CD در دسترس است.



شکل ۶-۱ تمرین «Matching pairs» برنامه Dental Color Matcher.

این ویدئو به طور ویژه‌ای به عوامل تأثیرگذار بر روش دیداری، نظیر سال‌های طبابت، جنسیت، آموزش عملی و نظری، شرایط تطبیق رنگ و همچنین تکنیک‌های مورداستفاده جهت دستیابی به موفقیت پیش‌بینی‌پذیر در تطبیق رنگ دیداری اشاره دارد.¹² بعد از تماشای این ویدئو، کاربران به سراغ تمرین بعدی تحت عنوان «Matching pairs» می‌روند تا ۲۹ shade tab متناظر دو مجموعه VITA Linearguide 3D-Master را جفت کنند (۱۵ جفت روشن و ۱۴ جفت تیره؛ شکل ۶-۱). تمرین بعدی با عنوان «Exact match exercise» مشابه تمرین «Closest match» است، با این تفاوت که برای هر یک از tabهای آن یک همتای دقیق وجود دارد. گام بعدی متشکل از آزمون‌هایی است که در آن کاربران به ۱۲ سؤال چهارگزینه‌ای در ارتباط با اطلاعات ارائه شده در ویدئو پاسخ می‌دهند. در پایان برنامه آموزشی، کاربران می‌توانند در یک نظرسنجی شرکت کرده، برنامه را از طریق امتیازدهی ارزیابی کرده و نقاط ضعف و قوت آن را فهرست کنند. در صورت تقاضا، دندان‌پزشکان می‌توانند از دو ساعت آموزش تکمیلی برخوردار شوند و تمامی کاربران در انتهای برنامه یک گواهی‌نامه از سوی SCAD دریافت می‌کنند. به اساتیدی که می‌خواهند از این برنامه در آموزش دانشجویان دندانپزشکی در مقطع عمومی یا تخصصی یا آموزش تکمیلی دندان‌پزشکان استفاده کنند، پیشنهاد می‌شود که یک کد پروژه در خواست کنند (با ارسال یک ایمیل به dcm@scadent.org) که امکان ارزیابی مستقل نتایج هر یک از شرکت‌کنندگان را به آن‌ها می‌دهد.

برنامه ها و نشریات موجود فعلی درباره تطبیق رنگ



شکل ۷-۱ (a) Toothguide Training Box همراه با برنامه کامپیوتری مربوطه. (b) محیط کاری Toothguide Training Box با شرایط نوری تصحیح رنگ شده.

Contemporary Guide to Color & Shade Selection یک DVD است که از سوی انجمن پرستودنتیست‌های آمریکا منتشر شده است.¹³ این محصول عمدتاً یک ابزار آموزشی است که از مطالب آموزشی به همراه ۶۳ تصویر و ۱۲ ویدئوی آموزشی تشکیل شده است.

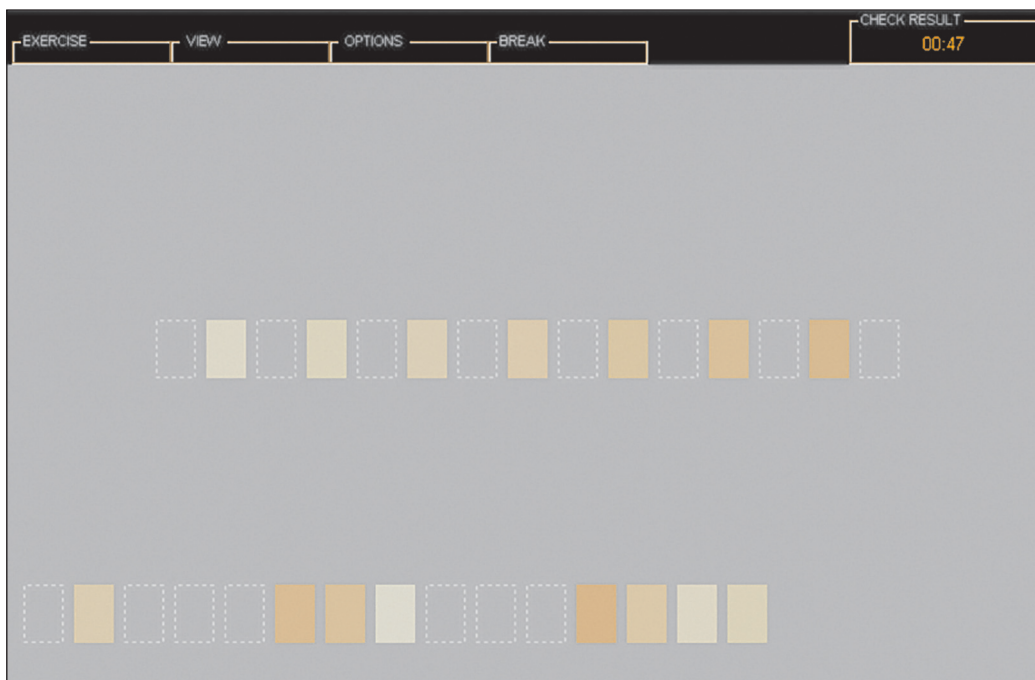
در اولین بخش از این مطالب به موضوعات عمومی رنگ پرداخته می‌شود: color triplet، کور رنگی، ترکیب رنگ‌ها، چرخه رنگ، تعریف رنگ و ارتباط میان ابعاد رنگ و دو سیستم شناسایی رنگ: Munsell و CIELAB. دومین بخش از مطالب این برنامه آموزشی به رنگ دندان‌های انسان، راهنماهای رنگ دندان‌ها و انتخاب دیجیتالی رنگ اختصاص دارد.

این DVD همچنین شامل دستورالعمل‌های دقیق برای انتخاب دیداری رنگ و روش‌های پیشنهادی است و درباره موارد زیر بحث می‌کند:

- پارامترهای منبع نور
- نوع، مقدار و موقعیت نور
- متامریسم
- رنگ‌های محیطی
- فاصله تطبیق رنگ
- زمان و مدت زمان انتخاب رنگ
- موقعیت و مشارکت بیمار
- وضعیت دندان شامل عبور نور و شاخصه‌های سطحی (تکسچر و درخشندگی)
- ترانس لوسنسی و ترانس پرنسی
- انتخاب رنگ عاج و مینا

در این مجموعه همچنین درباره چگونگی تأیید رنگ و برقراری ارتباط با تکنسین لابراتواری با استفاده از نمودارها و تصاویر دیجیتال گفتگو می‌شود.

یکی دیگر از برنامه‌های آموزش رنگ چندرسانه‌ای عبارت است از Toothguide Trainer software و Toothguide Training Box (Vita Zahnfabric؛ شکل ۷-۱).¹⁴⁻¹⁶ تمرینات ارائه شده در نرم‌افزار آموزشی مورد نظر دقیقاً با تمرینات جعبه آموزشی برابر هستند؛ در هر دو نوع تمرینات از ۲۶ shade tab راهنمای رنگ Toothguide 3D-Mater (Vita Zahnfabric) استفاده می‌شود. در بخش نرم‌افزاری از تصاویر shadetagها استفاده می‌شود، اما در جعبه آموزشی از shadetaهای فیزیکی استفاده می‌شود که به نور تصحیح رنگ شده و پشتیبانی کامپیوتری مجهز است. این برنامه آموزشی طبق روش سه مرحله‌ای پیشنهاد شده برای تطبیق رنگ سه بعدی (انتخاب ولیو-کروما-هیو) طراحی شده است. جهت قبولی در مرحله اول (انتخاب ولیو) به انجام ۴ تطبیق رنگ درست، مرحله دوم (انتخاب ولیو-کروما) به ۸ تطبیق رنگ درست و مرحله سوم (انتخاب ولیو-کروما-هیو) به ۱۵ تطبیق رنگ صحیح نیاز است. بعد از این مراحل، کاربر به سراغ ۱۵ تمرین ولیو-کروما-هیو از مون نهایی می‌رود.



شکل ۸-۱ مجموعه پیشرفته تمرینات آموزش رنگ.

کتاب (Esthetic Color Training in Dentistry (Mosby, 2004) و تمرینات آموزش رنگ مکمل آن که بر روی یک CD ارائه می‌شوند، برای استفاده دندان‌پزشکان و اساتید و دانشجویان دندانپزشکی طراحی شده است.¹⁷ این برنامه آموزشی از سه مجموعه مقدماتی، آموزشی و پیشرفته تشکیل شده است. هر یک از مجموعه‌های مقدماتی و آموزشی، از سه تمرین تشکیل شده‌اند که از آسان به دشوار مرتب شده‌اند. در هر یک از این شش تمرین مختلف، مهارت تطبیق رنگ افراد بر اساس تغییر جداگانه و لیو، کروما یا هیو و در موارد پیچیده‌تر، از طریق تغییر هم‌زمان یک جفت ممکن از ابعاد رنگ (ولیو/کروما، ولیو/هیو و کروما/هیو) ارزیابی می‌شود. مجموعه پیشرفته (شکل ۸-۱) از ۱۵ مستطیل با رنگ‌های مختلف تشکیل شده است که تفاوت رنگی آن‌ها از تغییر هم‌زمان در هر سه بعد نشأت می‌گیرد. نرم‌افزار مربوطه اولین و بیشترین امتیازها را ثبت می‌کند و با داشتن گزینه «صفر کردن امتیاز» امکان تمرین مجدد و شرکت کاربران دیگر را فراهم می‌کند.

آموزش عملی و نظری رنگ در مقایسه با نقطه آغازین خود در سال ۱۹۷۵، آشکارا دچار تغییرات فراوانی شده است. علاوه بر تغییرات مرتبط با آموزش عملی و نظری رنگ، کل حرفه دندانپزشکی نیز هم‌زمان تغییر کرده است. معرفی مواد، تجهیزات و تکنولوژی‌های پیشرفته و رستوریشن‌هایی با درصد هم‌رنگی دندان‌بلا موجب افزایش انتظارات بیماران و دندان‌پزشکان شده است. هنگامی که از رضایت بیمار صحبت به میان می‌آید، رنگ به عنوان یکی از پارامترهای اصلی مطرح می‌شود. همان‌گونه که Bergen اظهار داشته است: «اگرچه رنگ نقشی در موفقیت فیزیولوژیک یک رستوریشن دندان‌بلا ندارد، می‌تواند به عنوان یک عامل کنترل‌کننده در پذیرش کلی بیمار عمل کند.»¹⁹

نتایج فصل

پیشرفت‌های عظیمی در زمینه آموزش عملی و نظری دندانپزشکی رخ داد است. امروزه کتاب‌های جدید و دیگر انواع نشریات - برنامه‌های آموزشی بر روی CD، برنامه‌های آموزشی آنلاین یا تجهیزات آموزشی که در آن‌ها از shade tabهای فیزیکی استفاده می‌شود - در دسترس هستند. تمامی این نشریات و برنامه‌ها بر اساس هدف و سطح خود، آموزش عملی و نظری ارزشمندی را در زمینه رنگ ارائه می‌دهند. برنامه‌های آنلاین به طور رایگان در اختیار طیف وسیعی از کاربران (دندان‌پزشک‌ها، تکنسین‌های دندان‌پزشکی، اساتید، دانشجویان و محققین دندانپزشکی) متقاضی آموزش عملی و نظری رنگ قرار دارند. دوره آموزشی تطبیق رنگ، به عنوان یک دوره آموزش تکمیلی نیم‌روزه، آخرین و جامع‌ترین منبعی است که در دسترس دانشجویان و دندان‌پزشکان قرار دارد. دانش و مهارت‌های کسب‌شده از این برنامه‌های آموزشی مکمل مهارت‌های دندان‌پزشکان بوده و یک زیربنای مناسب برای فعالیت آن‌ها ایجاد می‌کند.

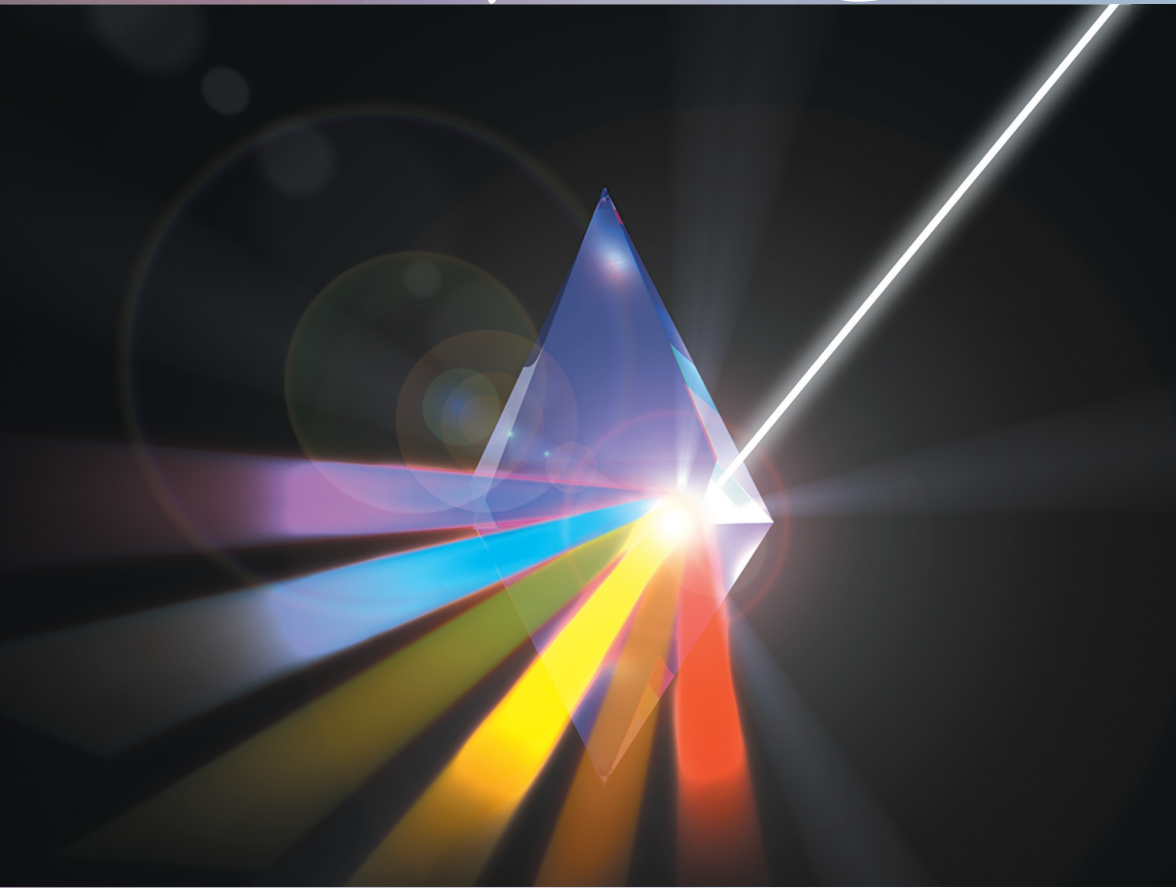
خلاصه فصل

- امکان ارتقاء نتایج تطبیق رنگ از طریق آموزش عملی و نظری رنگ وجود دارد.
- اغلب برنامه‌های عملی و نظری رنگ نسبتاً جدید هستند و متأسفانه تعداد محدودی از آن‌ها در مقاطع عمومی و تخصصی دندانپزشکی به کار گرفته می‌شوند؛ بنابراین به کارگیری برنامه‌های موجود و ایجاد تجهیزات جدید باید به عنوان گام بعدی در آموزش عملی و نظری رنگ در دندانپزشکی محسوب شوند.

References

1. Sproull RC. Color matching in dentistry. 3. Color control. J Prosthet Dent 1974;31:146-154.
2. O'Keefe KL, Strickler ER, Kerrin HK. Color and shade matching: The weak link in esthetic dentistry. Compendium 1990;11:116-120.
3. Goodkind RJ, Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. J Prosthet Dent 1992;67:713-717.
4. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. J Prosthet Dent 1998;80:642-648.
5. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. J Dent 2009;37(suppl 1):e15-e20.
6. Paravina RD, O'Neill PN, Swift EJ Jr, Nathanson D, Goodacre CJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 2009. J Dent 2010;38(suppl 2):e34-e40.
7. Clary JA, Ontiveros JC, Cron SG, Paravina RD. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. J Prosthet Dent 2016;116:91-97.
8. Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of color education and training on shade matching skills. J Esthet Restor Dent 2016;28:287-294.
9. Society for Color and Appearance in Dentistry. Color Matching Curriculum. <http://www.scadent.org/news/free-color-training>. Accessed 3 June 2016.
10. International Organization for Standardization. ISO/TR 28642 Dentistry—Guidance on Color Measurement. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.
11. Paravina RD. Dental Color Matcher: An Online Educational and Training Program for Esthetic Dentistry. <http://ec2-52-53-152-188.us-west-1.compute.amazonaws.com/>. Accessed 2 December 2016.
12. Paravina RD. Color and shade matching. In: Hilton TJ, Ferracane JL, Broome I (eds.). Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach, ed 4. Chicago: Quintessence, 2013:79-93.
13. Goodacre CJ, Paravina RD, Bergen SF, Preston JD. A Contemporary Guide to Color and Shade Selection for Prosthodontists [DVD]. Chicago: American College of Prosthodontists, 2009.
14. Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetz G, et al. Does gender and experience influence shade matching quality? J Dent 2009;37(suppl 1):e40-e44.
15. Corcodel N, Karatzogiannis E, Rammelsberg P, Hassel AJ. Evaluation of two different approaches to learning shade matching in dentistry. Acta Odontol Scand 2012;70:83-88.
16. Olms C, Jakstat H. Learning shade differentiation using Toothguide Trainer and Toothguide Training Box: A longitudinal study with dental students. J Dent Educ 2016;80:183-190.
17. Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. St Louis: Mosby, 2004.
18. Bergen SF. Color Education for the Dental Profession [thesis]. New York: New York University College of Dentistry, 1975.
19. Bergen SF. Color in esthetics. N Y State Dent J 1985;51:470-471.

فصل دوم

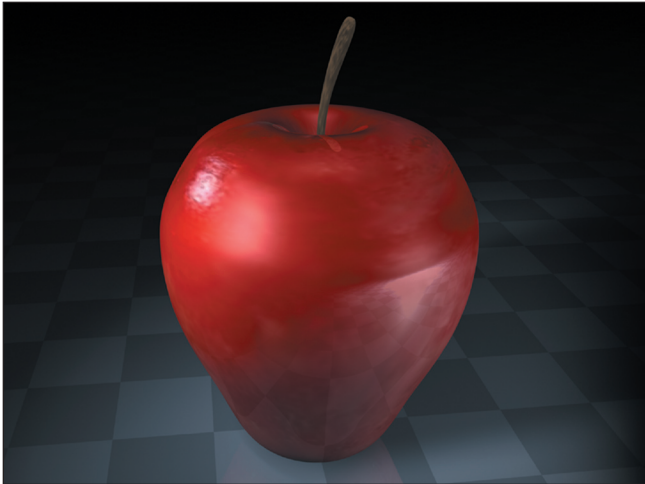




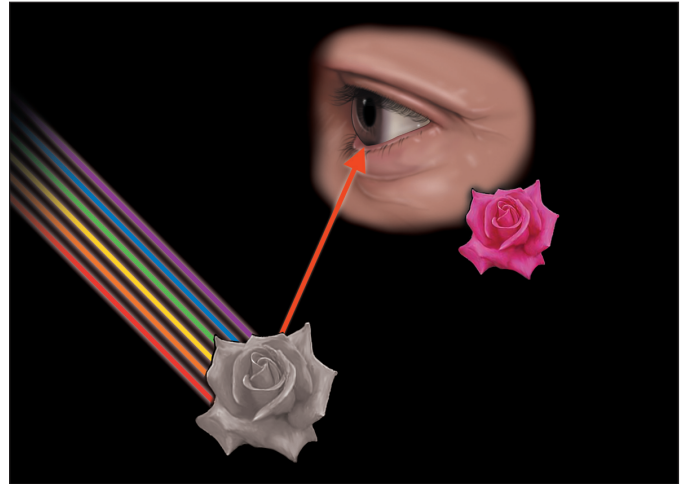
نظریهٔ رنگ

در این فصل:

- فیزیک رنگ
- درک رنگ
- ترکیب رنگ
- رنگ در دندانپزشکی



شکل ۲-۲ یک سیب قرمز. توصیف رنگی ارائه شده برای این سیب (قرمز)، ماهیتی شخصی و قابل بحث دارد که از یک واکنش هیجانی یا احساسی نشأت می گیرد.



شکل ۲-۱ طول موج های نوری که جسم (گل رز) انعکاس می دهد، موجب مشاهده رنگ (صورتی) توسط بیننده می شوند.

انسان های بسیاری برای مدت ها درباره این سؤال تعمق نموده اند: اگر یک درخت در جنگل بیافتد و کسی آنجا حضور نداشته باشد که صدای آن را بشنود، آیا افتادن درخت همچنان صدا خواهد داشت؟ در نظریه رنگ، این سؤال بدین صورت مطرح می شود: اگر گلبرگ های یک گل رز صورتی باشند و کسی نظاره گر آن ها نباشد، آیا آن ها همچنان صورتی خواهند بود؟ طبق دیدگاه نظریه پردازان رنگ، جواب این سؤال نه است. علت این پاسخ شگفت آور این است که وجود یک رنگ، نیازمند تعامل میان سه عامل نور، جسم و بیننده است (شکل ۲-۱). اگر این سه عامل وجود نداشته باشند، طبق آن چه که ما می دانیم رنگ وجود نخواهد داشت.

رنگ، احساسات احساسی و هیجانی را تحریک می کند. توصیف رنگ، ماهیتی شخصی (subjective) دارد؛ افراد دارای دید رنگی طبیعی، یک جسم را شبیه یکدیگر می بینند، اما نه درست عین هم. به عنوان مثال، سیب نشان داده شده در شکل ۲-۲ را در نظر بگیرید. احتمالاً بیشتر افراد رنگ آن را قرمز متصور خواهند شد؛ بقیه افراد ممکن است یک گام فراتر گذاشته و رنگ آن را به صورت قرمز کران بری یا قرمز یاقوت درخشان توصیف کنند. در اغلب موارد، دستیابی به یک اتفاق نظر صرفاً از طریق ارزیابی دیداری دشوار است. درک یک شخص از رنگ توسط عوامل متعددی، شامل کیفیت روشنایی، تأثیرات پس زمینه، کوررنگی، تفاوت دید میان دو چشم، خستگی چشم، سن و عوامل فیزیولوژیکی دیگر (به فصل ۳ مراجعه کنید) تحت تأثیر قرار می گیرد. اما حتی به هنگام نبود این ملاحظات فیزیکی، هر بیننده ای طبق تجربیات گذشته خود در رابطه با رنگ و منابع رنگ، تفسیر متفاوتی از یک رنگ خواهد داشت. همچنین، هر فرد، در توصیف رنگ یک جسم از الفاظ متفاوتی استفاده می کند.

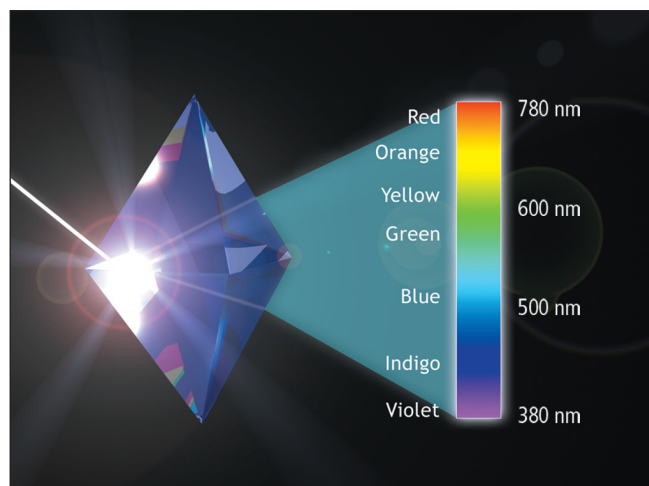
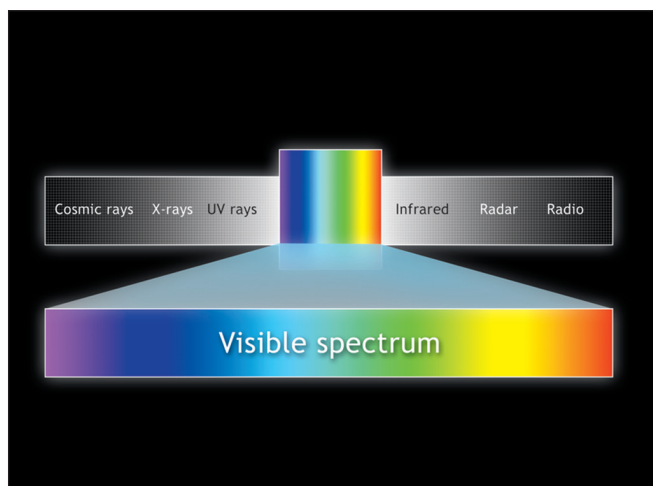
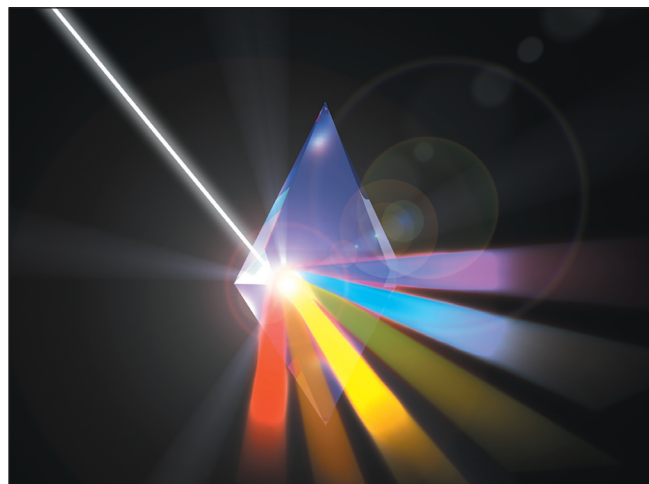
با این حال، رنگ، ابعاد علمی و قابل سنجشی نیز دارد که فراگیری آن ها توسط یک دندان پزشکی حائز اهمیت است. فراگیری دانش پایه درباره چگونگی درک و باز تولید رنگ به دندان پزشکی در ارزیابی و تطبیق رنگ دندان ها کمک خواهد کرد.

فیزیک رنگ

اگرچه رنگ عموماً به عنوان یک هنر شناخته می شود، در و رای آن یک علم حقیقی وجود دارد. آیزاک نیوتن اولین شخصی بود که فیزیک رنگ را تشریح نمود. او دریافت که پرتوی نور سفید با عبور از یک منشور، می تواند به رنگ های با طول موج های سازنده اش تجزیه شود (شکل ۲-۳). نیوتن مجموعه رنگ های پیوسته حاصله را با عنوان طیف توصیف کرد و آن ها را به ترتیب، قرمز، نارنجی، زرد، سبزی،

فیزیک رنگ

شکل ۳-۲ عبور نور از یک منشور، موجب تجزیه آن به فرکانس های رنگی یا طول موج های سازنده اش می شود.



شکل ۵-۲ طیف نور مرئی به عنوان بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس

شکل ۴-۲ طول موج های نور مرئی از ۳۸۰ نانومتر (بنفش) تا ۷۸۰ نانومتر (قرمز) را شامل می شود.

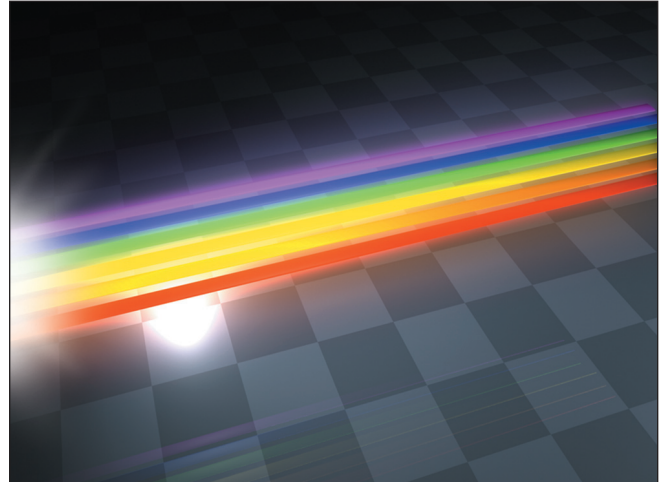
آبی، نیلی و بنفش نام گذاری نمود که به طور رایج بارمز حفظی Roy G. Biv به خاطر سپرده می شوند. این طول موج ها توسط سه نوع سلول گیرنده رنگ با نام های مخروطی S، L، M و در چشم انسان درک می شوند که به ترتیب، عمدتاً به نورهای قرمز، سبز و آبی حساس هستند. چشم انسان تنها قادر به درک این طول موج ها از نور بوده و به این دلیل به آن طیف نور مرئی گفته می شود. از دیدگاه علم فیزیک، نور مرئی متشکل از طول موج هایی در بازه حدوداً ۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر است (اشکال ۴-۲ و ۵-۲). هر یک از رنگ ها توسط طول موج یا فرکانس آن تعیین می شود (جدول ۱-۲).

موفقیت قابل توجه نیوتن در مطالعه علم رنگ، اذهان را متوجه منبع نور ساخت.^{۱۰} مشاهده وی ساده بود: نور سفید دربرگیرنده تمامی رنگ ها است. اگر یک جسم رنگ خاصی داشته باشد، به این علت است که نور رسیده به چشم های ما به هنگام مشاهده جسم، به طریقی توسط آن تغییر یافته است. به عبارت دیگر، تعامل نور با جسم است که امکان درک رنگ را میسر می سازد؛ بنابراین، بدون نور، رنگی وجود نخواهد داشت.

جدول ۱-۲ طول موج های رنگ ها

رنگ	طول موج (nm)*
قرمز	۶۲۰-۷۵۰
نارنجی	۵۹۰-۶۲۰
زرد	۵۷۰-۵۹۰
سبز	۴۹۵-۵۷۰
آبی	۴۵۰-۴۹۵
بنفش	۳۸۰-۴۵۰

$$*1 \text{ nm} = 0.000001 \text{ mm.}$$



شکل ۶-۲ انتشار نور.

سایکوفیزیک یک علمی است که به روابط ریاضی میان محرک های فیزیکی و احساسات تحریک شده توسط آن ها می پردازد. رنگ یک احساس سایکوفیزیک است که توسط نور مرئی در چشم ایجاد شده و توسط مغز تفسیر می گردد. فرایند درک رنگ را می توان به طور ساده چنین تشریح نمود: نور از یک منبع نور منتشر می شود. نور منتشر شده ممکن است مستقیماً به چشم رسد یا ممکن است با یک جسم برخورد کرده یا از آن عبور کند. اگر نور مورد نظر با یک جسم برخورد داشته باشد، بخشی از آن توسط جسم جذب می شود. طول موج هایی که جذب نمی شوند (آن هایی که منعکس شده، عبور کرده یا مستقیماً به چشم می رسند)، توسط سلول های گیرنده موجود در چشم دریافت شده و به عنوان یک رنگ خاص در مغز شناخته می شوند. در ادامه، مراحل این فرایند به طور جداگانه و با جزئیات بیشتر توضیح داده می شود.

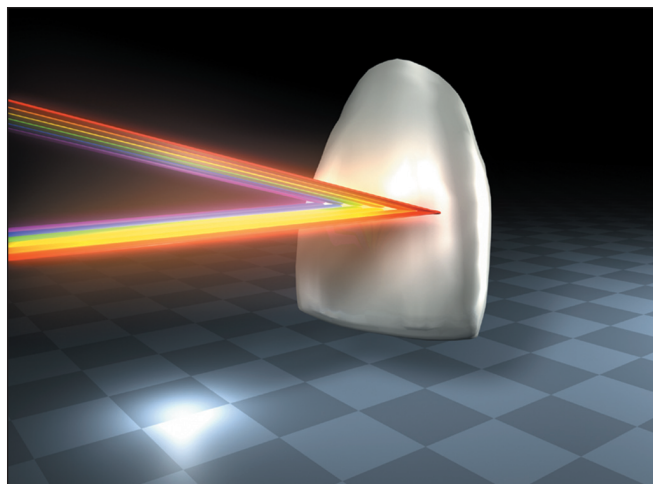
انتشار

انتشار نور از یک منبع توسط یک فرایند شیمیایی یا فیزیکی رخ می دهد (شکل ۶-۲). هر فرایندی نسبت به فرایندهای دیگر، نور بیشتری در طول موج های خاص آزاد می کند. برای تولید رنگ کاملاً سفید، منبع نور باید تمامی طول موج ها را با شدت برابر منتشر کند. در برخی موارد، اجسام انتشاری برای تولید رنگ های خاص طراحی می شوند. این اشیاء، مانند مانیتورهای کامپیوتر، از طریق ترکیب طول موج های متفاوتی از نورهای قرمز، سبز و آبی، به انتشار نور و تولید رنگ می پردازند. این فرایند در این فصل به طور دقیق تر مورد بحث قرار خواهد گرفت.^{۱۱}

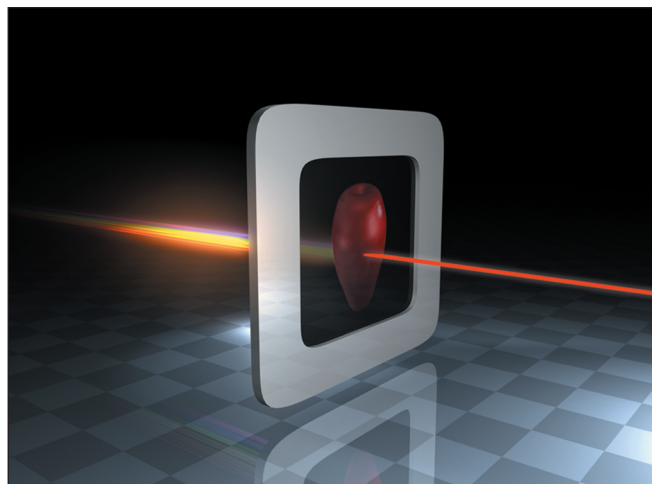
هیچ منبع نوری قادر به انتشار نور کاملاً سفید (تمامی طول موج ها با شدت برابر) نیست. این پدیده درک رنگ را تحت تأثیر قرار می دهد چراکه تنها برخی از طول موج ها (رنگ ها)، تولید شده و با اجسام برخورد می کنند که این امر بیانگر علت تفاوت رنگ یک جسم به هنگام مشاهده آن توسط منابع نوری مختلف است (به فصل ۳ مراجعه کنید).

انتقال و جذب

انتقال نور زمانی رخ می دهد که نور از یک ماده ترانس پرنیت یا ترانس لوسنت، مانند یک اسلاید یا فیلم عبور کند (شکل ۷-۲). اگر نور به هنگام عبور با مولکول ها یا ذرات بزرگ موجود در مواد برخورد کند، برخی از طول موج های آن جذب خواهند شد. تراکم و ساختار موادی که نور از آن ها عبور می کند، تعداد شعاع نوری و طول موج هایی (رنگ هایی) که جذب می شوند را تعیین می کند؛ طول موج هایی



شکل ۲-۸ انعکاس نور.



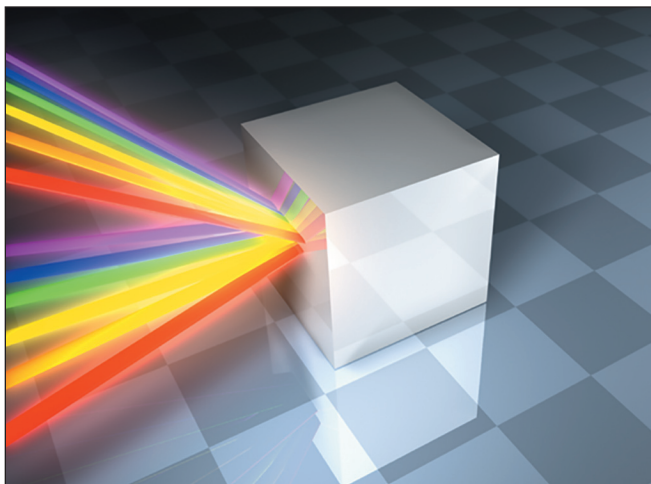
شکل ۲-۷ انتقال نور.

که انتقال داده می شوند، رنگ مشهود را تعیین می کنند. اگر مواد تشکیل دهنده جسم کاملاً ترانس پرنت باشند، تمام نور انتقال داده می شود و رنگ سفید مشاهده می شود (اگر منبع نور سفید باشد). اگر مواد کاملاً اوپک باشند، تمام نور جذب شده و رنگ سیاه مشاهده می شود (اگر شیء هیچ نوری را منتشر نکند). با این وجود، در اکثر موارد، برخی از طول موج ها (رنگ ها) جذب شده و برخی دیگر انتقال داده می شوند. اگر این چنین باشد، رنگی که مشاهده می شود معادل طول موج های خواهد بود که انتقال داده می شوند. به عنوان مثال، اگر یک جسم طول موج های قرمز را جذب کرده و سبز و آبی را انتقال دهد، ترکیبی از رنگ سبز و آبی (که به آن فیروزه ای یا cyan گفته می شود) مشاهده خواهد شد.

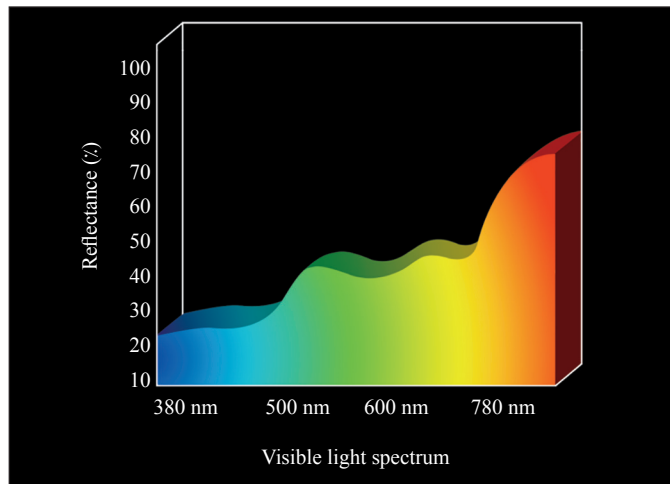
انعکاس

انعکاس زمانی رخ می دهد که شعاع نور با یک جسم جامد برخورد کرده و سپس پس زده شوند (شکل ۲-۸). انعکاس فرایندی است که در آن پرتو نور توسط لایه سطحی (انعکاس سطحی) یا لایه درونی (انعکاس حجمی) برگشت داده می شود. در فرایند تطبیق رنگ دندان، انعکاس حجمی مطرح است: به دلیل ترانس لوسنس مینا، نور عمده تا توسط عاج انعکاس داده می شود. از نظر زاویه انعکاس، نور منتشر شده می تواند به یکی از دو صورت آینه ای یا پراکنده منعکس شود. انعکاس آینه ای از سطوح صاف رخ می دهد و در آن زاویه تابش نور با زاویه انعکاس آن برابر است، با این تفاوت که مثلاً اگر نور از سمت چپ تابیده شده باشد، انعکاس آن به سمت راست خواهد بود. در انعکاس پراکنده، انعکاس نور با هر زاویه ای متفاوت از زاویه انتشار آن صورت می گیرد که این نوع از انعکاس از سطوح زبر، شامل سطوح زبر میکروسکوپی رخ می دهد. انعکاس کلی از مجموع انعکاس آینه ای و پراکنده حاصل می شود.

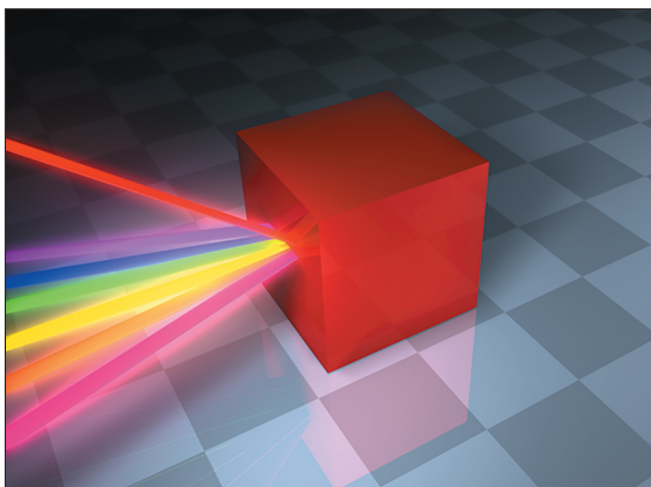
بسته به ساختار مولکولی یا تراکم جسم، ممکن است برخی از طول موج های (رنگ های) خاص به جای انعکاس، جذب شوند. طول موج هایی که منعکس می شوند، رنگ مشهود را تشکیل می دهند (شکل ۲-۹). از لحاظ نظری، جسمی که تمام نور دریافتی را منعکس کند، به صورت سفید مشاهده خواهد شد (شکل ۱۰-۲) و جسمی که تمام نور را جذب کند، به صورت سیاه مشاهده خواهد شد (شکل ۱۱-۲). با این حال، در اغلب موارد، جسم برخی از طول موج ها (رنگ ها) را جذب کرده و برخی دیگر را انعکاس می دهد (شکل ۱۲-۲). اگر چنین اتفاقی رخ دهد، جسم مورد نظر به رنگ طول موج های منعکس شده مشاهده خواهد شد. به عنوان مثال، جسمی که طول موج های سبز را جذب می کند اما طول موج های آبی را انعکاس می دهد، به صورت ترکیبی از رنگ قرمز و آبی (که به آن سرخابی یا magenta گفته می شود) مشاهده خواهد شد.



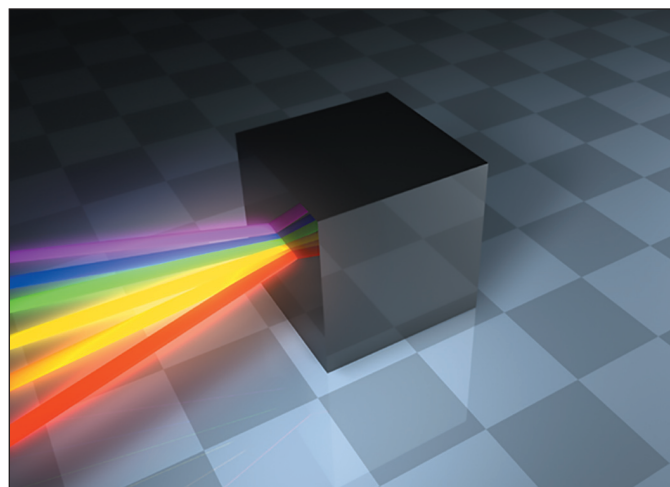
شکل ۱۰-۲ یک جسم کاملاً سفید، تمامی طول موج های نور را منعکس می کند.



شکل ۹-۲ نمودار درصد طول موج های نوری که توسط یک جسم انعکاس داده می شود. هر ۱۰ نانومتر در بازه طیف نور مرئی (۳۸۰ تا ۷۸۰ نانومتر)، ۱ درصد در نظر گرفته می شود. الگوی حاصله، منحنی طیفی (spectral curve) نامیده می شود که معادل شناسه رنگی یک جسم است.



شکل ۱۲-۲ یک جسم قرمز، نور قرمز را منعکس کرده و بقیه طول موج ها را جذب می کند.



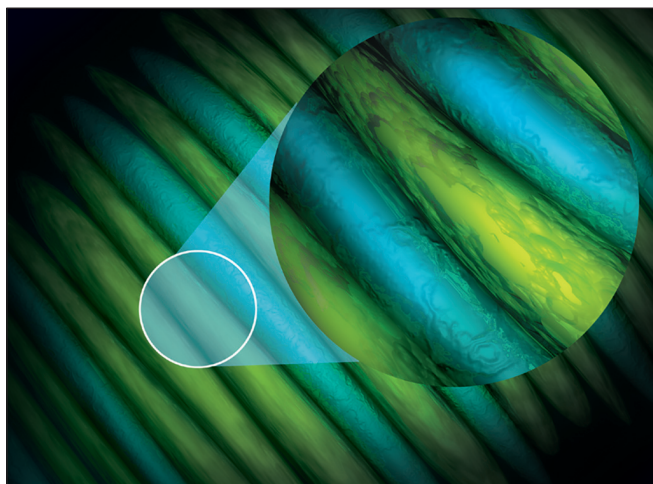
شکل ۱۱-۲ یک جسم کاملاً سیاه، تمامی طول موج های نور را جذب می کند.

خصوصیات سطحی یک جسم می تواند انعکاس، انتقال و جذب نور را تحت تأثیر قرار دهد. شرایط خارجی نظیر کیفیت روشنایی و کیفیت دید چشم تأثیری بر این موارد ندارند.

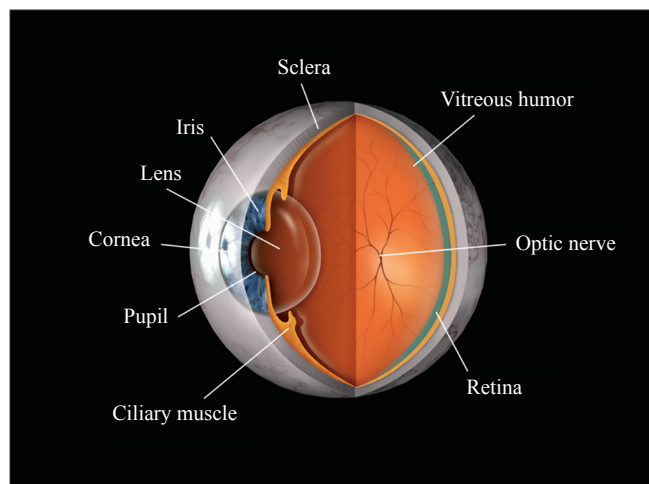
درک رنگ

طول موج هایی که از طریق انتشار، انتقال یا انعکاس به چشم انسان می رسند، توسط سلول های گیرنده شبکیه چشم، با نام سلول های استوانه ای و مخروطی، دریافت می شوند (اشکال ۱۳-۲ و ۱۴-۲). درک رنگ توسط سیستم دیداری انسان، عمدتاً به شرایط نوری

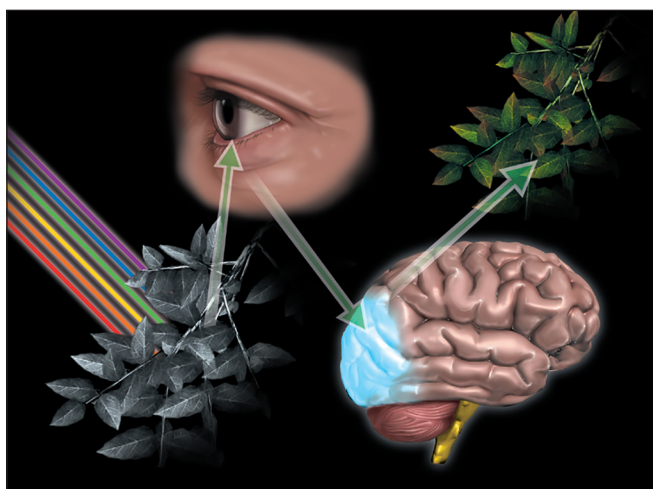
درک رنگ



شکل ۱۴-۲ تعداد سلول‌های مخروطی (آبی) موجود در شبکیه کمتر از سلول‌های استوانه‌ای (سبز) است.



شکل ۱۳-۲ شبکیه چشم انسان شامل سه نوع سلول مخروطی و همچنین سلول استوانه‌ای است. سلول‌های مخروطی مسئول درک رنگ و سلول‌های استوانه‌ای مسئول درک روشنایی و تاریکی هستند.



شکل ۱۵-۲ درک رنگ در مغز انسان اتفاق می‌افتد.

محیطی بستگی دارد:

- در نور کم (دید اسکوتوپیک)، تنها سلول‌های استوانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که حداکثر حساسیت آن‌ها در ۵۰۷ نانومتر است. از آنجایی که در این حالت تنها یک نوع گیرنده نور (سلول‌های استوانه‌ای) با منحنی حساسیت طیفی باریک مورد استفاده قرار می‌گیرد، ما نمی‌توانیم در شب رنگ‌ها را تشخیص دهیم.
- در نورهای متوسط و زیاد (دید مزوپیک و فتوپیک)، چشم انسان از سه نوع سلول مخروطی (سلول‌های مخروطی L، S، و M) با منحنی‌های حساسیت طیفی متفاوت استفاده می‌کند که به ترتیب دارای بیشترین حساسیت در ۴۲۰، ۵۳۰، و ۵۶۰ نانومتر هستند. به منظور دید رنگ، سیگنال‌های دریافتی از سه نوع سلول استوانه‌ای در مغز ترکیب شده و یک محرک دیداری را به وجود می‌آورند که به عنوان یک رنگ درک می‌شود. وجود سه نوع سلول مخروطی، امکان دید سه‌رنگی را میسر می‌سازد (شکل ۱۵-۲).

نکته کلیدی قابل توجه این است که الگوی طول موج دریافت شده توسط چشم برابر با شناسه رنگ است. این شناسه توسط اطلاعات طیفی جمع‌آوری شده از طول موج‌های نور منعکس شده یا عبور کرده از جسم فرمول‌بندی می‌شود. این شناسه، بر اساس درصد انعکاس و محدوده انتشار طول موج رسم شده و منحنی انعکاس طیفی نامیده می‌شود (شکل ۹-۲). بنابراین، در شکل ۲-۲، خود