

DESAFÍOS DEL MÉTODO VISUAL en la selección de color

Challenges of the visual method in color selection

POR

JOSÉ A. **PARRA**¹

RONALD **MILLÁN**²

GUSTAVO **TRIVILLION**³

¹ Odontólogo, Facultad de Odontología de la Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

² Postgrado de Periodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

³ Odontólogo, Facultad de Odontología de la Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

Autor de correspondencia: Gustavo Trivillion, CC Divina Pastora, Alto Barinas Norte, Av. Francia, Local 7.

gtrivillion@gmail.com

Resumen

La percepción del color es un proceso compuesto por tres elementos principales que son el observador, la fuente de luz y el objeto. En el método visual de selección del color del diente, el operador debe comparar el color de los dientes con una guía de color y seleccionar la muestra más parecida al diente natural considerando cada una de las variables de estos tres elementos, lo que representa una tarea sensible y desafiante para el operador. El objetivo de este estudio fue compilar, seleccionar y resumir los conceptos más actuales e importantes de este método para poder facilitar al lector la comprensión y ejecución de este delicado procedimiento. Para esto, se realizó un estudio documental de tipo revisión bibliográfica narrativa, utilizando como estrategias de búsqueda en bases de datos electrónicas como Pubmed, Scielo, Research Gate y MDPI. Los términos utilizados fueron en inglés y español: “*Shade matching*”, “*Visual method*”, selección de color y método visual. Para este propósito se revisaron 36 artículos de los cuales se seleccionaron 15. Para esta selección se incluyeron artículos publicados en un periodo desde el año 2002 hasta el año 2022, así como artículos que fueran revisados por pares. A su vez, se excluyeron artículos que no fueran publicados en revistas científicas y artículos que no abarcaran el tema integralmente. En esta revisión bibliográfica, como conclusión principal, se determinó que, para el éxito en el resultado de este método, es crítico y determinante manejar y comprender la interacción de cada uno de los elementos condicionantes involucrados en el.

PALABRAS CLAVE: selección del color, guía, color, luz, método visual.

Abstract

The perception of color is a process composed of three main elements that are the observer, the light source and the object. In the visual method of tooth color selection, the operator must compare the color of the teeth with a color guide and select the sample most similar to the natural tooth considering each of the variables of these three elements, which represents a sensitive and challenging task for the operator. The purpose of this study was to compile, select and summarize the most current and important concepts of this method in order to facilitate the reader's understanding and execution of this delicate procedure. For this, a documentary study of the narrative bibliographic review type was carried out, using electronic databases such as Pubmed, Scielo, Research Gate and MDPI as search strategies. The terms used were in English and Spanish: “*Shade matching*”, “*Visual method*”, selection de color and Method visual. For this purpose, 36 articles were reviewed, of which 15 were selected. For this selection of articles published in a period of 20 years, from 2002 to 2022, as well as articles that were peer reviewed. In turn, articles that were not published in scientific journals and articles that did not fully cover the subject were excluded. In this bibliographical review, as a main conclusion, it was determined that, for the success of the result of this method, it is critical and decisive to manage and understand the interaction of each of the conditioning elements involved in it.

KEY WORDS: color selection, guide, color, light, visual method.

Introducción

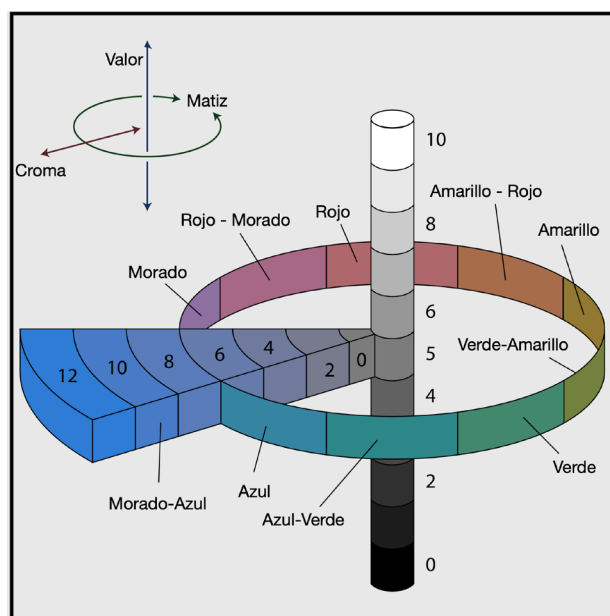
En los últimos años, la concepción de la belleza y el interés por las restauraciones estéticas se ha incrementado y mejorado ampliamente tanto entre los odontólogos como en los pacientes. Es necesario que los odontólogos proporcionen restauraciones estéticas que coincidan con los dientes naturales de un paciente¹. Debido a la disponibilidad de una amplia gama de colores de dientes naturales, es un desafío para los odontólogos proporcionar restauraciones y hacer rehabilitaciones que se combinen con el resto de los dientes naturales. Se ha observado que muchas prótesis dentales no han alcanzado el éxito debido a una selección de color inadecuada; por tanto, es imperativo que los odontólogos estén bien preparados acerca de la selección del color para obtener los mejores resultados. El cerebro humano puede distinguir casi un millón de tonos de color, mientras que alrededor de 10 millones de tonos diferentes pueden detectarse a través de los últimos dispositivos electrónicos; esto decir, que el ojo humano solo puede distinguir el 1% de estos tonos dentales, mientras que los instrumentos electrónicos pueden clasificar alrededor de 100.000 tonos dentales². Aproximadamente el 50% de los retratamientos de restauraciones estéticas son resultado de una falla en igualar los tonos con precisión³. En general, se requiere 15 minutos para tomar correctamente un color para un incisivo central, algunos odontólogos requieren de tres a diez citas para lograr una correcta combinación estética^{4,5}. Dado a todo esto y a que muchos factores sensibles determinan el éxito o fracaso de este procedimiento, los autores en esta revisión compilaron y resumieron todos los elementos mas relevantes y nuevos conceptos involucrados para exponerlos y presentarlos en una descripción narrativa compacta y entendible para unificar estos conceptos y facilitarle al lector la comprensión y ejecución de este complejo y delicado método.

Sistema Munsell y las tres dimensiones del color

El sistema de color de Munsell se basa en los pasos de la percepción visual, y cualquier color se define como un punto dentro del espacio de color tridimensional de Munsell, que fue creado por el profesor Albert H. Munsell en la primera década del siglo XX. Los atributos de este sistema son: Matiz (H), Croma (C) y Valor (V), y se escriben en la forma H V/C, que se denomina notación Munsell. Matiz es el nombre de cualquier color que se encuentra en su estado puro en el espectro, que se dividió en cinco grupos principales: rojo, amarillo, verde, azul y púrpura, junto con cinco tonos intermedios a medio camino entre los tonos principales adyacentes. El croma es el grado de intensidad de un color, donde el croma más bajo muestra la menor pureza del color. El valor es la luminosidad u oscuridad de un color que varía verticalmente a lo largo del color sólido, desde el negro (valor 0) en la parte inferior hasta el blanco (valor 10) en la parte superior. Los grises neutros se encuen-

tran a lo largo del eje vertical entre el blanco y el negro. El sistema de color de Munsell fue el primer sistema en separar el matiz, el valor y el croma en dimensiones perceptivamente uniformes e independientes, y fue el primero en ilustrar sistemáticamente los colores en un espacio tridimensional. Ha sido ampliamente utilizado en muchos campos de la ciencia del color como un sistema estándar de especificación de color⁶ (FIGURA 1).

FIGURA 1. Sistema de color Munsell

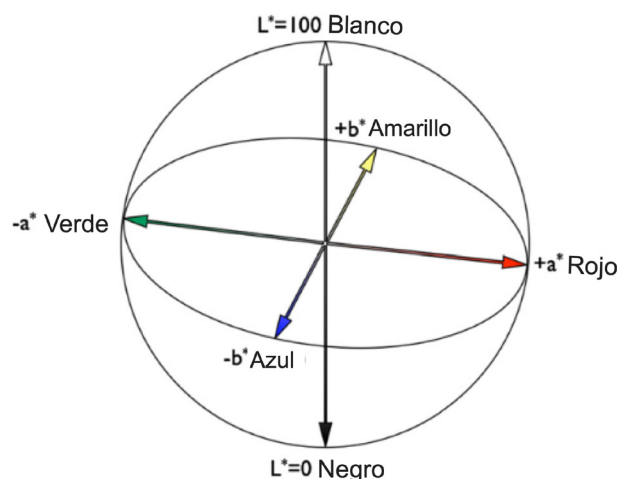


Sistema de color CIELAB

El sistema de orden de colores CIELAB fue desarrollado por la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, Comisión Internacional de Iluminación) en 1931. Se utiliza generalmente en la investigación del color y se basa en la estandarización del color de las fuentes de luz y de los observadores. Un tono específico se define por su ubicación dentro del sistema CIELAB utilizando tres coordenadas: L^* , a^* y b^* . La escala de color CIELAB es una escala de color aproximadamente uniforme⁶.

El eje L^* va de arriba hacia abajo. El máximo para L^* es 100, que representa el negro. Los ejes a^* y b^* no tienen límites numéricos específicos. El a^* positivo es rojo. El a^* negativo es verde. El b^* positivo es amarillo, el b^* negativo es azul (FIGURA 2). Los valores delta (ΔL^* , Δa^* y Δb^*) indican cuánto difieren entre sí un estándar y una muestra en L^* , a^* y b^* . La diferencia de color total ΔE , que se calculó usando la siguiente ecuación, $\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$, es un valor único donde se toman en cuenta las diferencias entre L^* , a^* y b^* de la muestra y el estándar⁶. Es importante para cuantificar la diferencia de color entre dos especímenes. En condiciones controladas, el ojo humano puede percibir un valor ΔE de 1 o superior. Si dos objetos se colocan uno al lado del otro en un entorno controlado, la diferencia de color más pequeña detectada

FIGURA 2. Diagrama del espacio de color CIELAB



por los observadores humanos es un valor ΔE de 1⁷. Sin embargo, en condiciones clínicas, se ha demostrado que un ΔE de 3,3 es el límite superior para que los ojos humanos detecten diferencias de color⁸. El valor ΔE superior a 3,7 indica una coincidencia deficiente según las observaciones clínicas, y la diferencia de color entre los objetos observados se puede ver fácilmente⁹.

Para determinar el color dental es prioritario evaluar la interacción de las dimensiones luminosidad (L), croma (C) y matiz (h) del color. Con fines prácticos es más fácil manejar los valores $L^*C^*h^*$, ya que hacen referencia directa a las características cromáticas de interés como son la luminosidad (L), el croma (C) y el matiz (h). El valor de croma (C) se expresa directamente en la dimensión C y no requiere ser calculado mediante la fórmula arriba expuesta. Asimismo, el valor de tonalidad, es decir, la desviación del rojo (+a) hacia el amarillo (+b), puede expresarse mucho más fácilmente con la dimensión angular (h)¹⁰ (FIGURA 3A). La zona de los tonos de los dientes en el espacio cromático del sistema CIELAB ha sido descrita al principio como un espacio en forma de plátano. Este espacio cromático dental está situado entre el rojo y el amarillo claros y se extiende de forma un poco alargada y paralelamente al eje de luminosidad¹¹ (FIGURA 3B).

Los tres componentes de la percepción del color

Los componentes que intervienen en la percepción del color son: El observador, la fuente de iluminación y el objeto. Dentro de cada uno de ellos se encuentran además diferentes elementos condicionantes que intervienen todos a la vez, de tal manera que todos deben ser tomados en cuenta simultáneamente con el fin de no cometer errores que conduzcan nuestro trabajo al fracaso. Además de otros factores del entorno que influyen también en la percepción¹¹.

FIGURA 3A. Ubicación del color mediante los valores $L^*C^*h^*$ en el espacio de color CIELAB

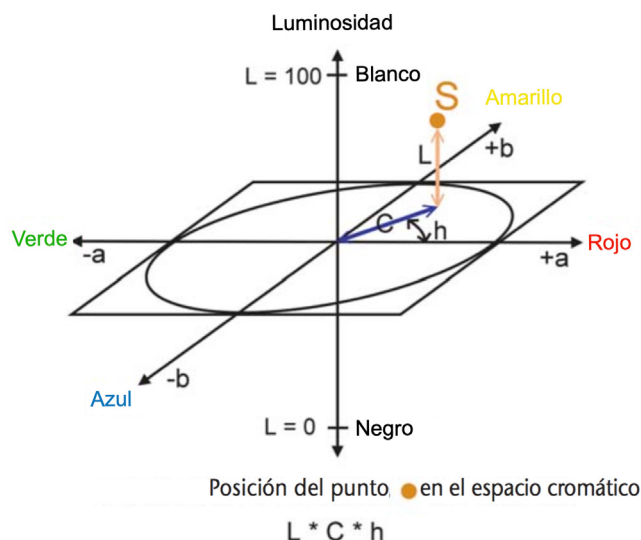
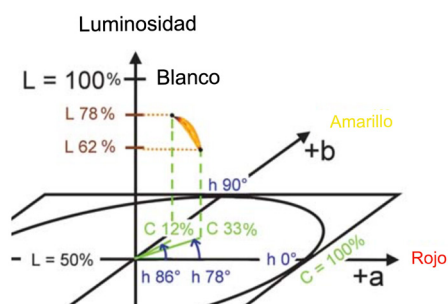


FIGURA 3B. Diagrama representativo de los tonos de los dientes en el espacio de color CIELAB



El Observador

La percepción del color depende en gran medida de la fisiología humana. Los seres humanos apreciamos el color de un objeto al percibir mediante los ojos la luz que se refleja en él, o que lo atraviesa o ambas a la vez¹¹.

La fatiga sistémica física o mental del observador compromete la percepción visual. Las sucesivas observaciones de color o el tratamiento de muchos pacientes que requieren una evaluación del color durante un solo día de trabajo pueden ser la causa principal de errores en este paso¹².

Condicionantes del observador

El ojo humano

La luz de un objeto entra en el ojo y actúa sobre los receptores de la retina (bastones y conos). Los impulsos de estos se pasan al centro óptico del cerebro, donde se hace una interpretación. Por lo tanto, la combinación de sombras es subjetiva: diferentes individuos tienen diferentes interpretaciones del mismo estímulo. En condiciones de poca iluminación, solo se utilizan las varillas (visión escotópica). Estos receptores permiten hacer una interpretación del brillo (pero no del color) de los objetos. Los bastones son más sensibles a los objetos azul verdosos. La visión del color depende de los conos, que están activos en condiciones de mayor iluminación (visión fotópica). El cambio de visión fotópica a escotópica se denomina adaptación a la oscuridad y dura unos 40 minutos¹³. El área con más conos está en el centro de la retina, que está libre de bastones. Los bastones empiezan a predominar hacia la perife-

ria. Esto significa que el campo de visión central es más perceptivo del color. Aunque no se conoce el mecanismo exacto de la visión del color, existen tres tipos de conos, sensibles a la luz roja, verde y azul, que forman una imagen de forma muy similar al efecto aditivo de los píxeles en una imagen de televisión¹⁴. La visión del color disminuye rápidamente cuando una persona mira un objeto. El color original parece estar cada vez menos saturado hasta que parece casi gris. Esto se debe a la fatiga retinal que es rápida y produce incapacidad para distinguir con precisión el matiz y croma, por lo que el color puede ser percibido como descolorido¹⁵. Por esto la primera impresión suele ser la mejor opción y las pruebas de comparación de colores deben limitarse a 5 segundos¹⁵. Para contrarrestar este efecto se recomienda también que la selección de color se realice preferiblemente por las mañanas, cuando la fatiga ocular es mínima¹⁶⁻¹⁹.

Edad

Las habilidades para igualar tonos se vuelven desfavorables debido al envejecimiento porque la córnea y el cristalino del ojo se vuelven amarillos con la edad, lo que transmite un sesgo amarillo-marrón. Este cambio comienza a la edad de 30 años; se vuelve más evidente a los 50 años y tiene importancia médica después de los 60 años. Después de los 60 años, muchas personas tienen problemas para distinguir los colores azul y morado. Las imágenes se observan más amarillentas y parduscas con el aumento de la edad del ojo²⁰.

Diferencia binocular

La diferencia binocular es la diferencia de percepción entre el ojo izquierdo y el derecho. Para probar la diferencia binocular, dos objetos se colocan uno al lado del otro bajo una iluminación uniforme. Pueden parecer diferentes, por ejemplo, el de la derecha puede parecer un poco más claro que el de la izquierda. La colocación de pestañas de color encima o debajo (en lugar de al lado) del diente que se va a emparejar ayudará a eliminar el error causado por la diferencia binocular²¹.

Daltonismo

El área más compleja e incomprensible de la sensación del color es la detección de energía radiante por parte de los receptores del ojo humano y la interpretación de esta estimulación visual por parte del cerebro humano. El daltonismo es causado por una deficiencia o ausencia de uno o más de los tres tipos de pigmentos fotosensibles capaces de detectar el rojo, el verde y el azul¹¹.

Estado de animo

Es generalmente conocido que la emoción puede afectar el diámetro pupilar, causando dilatación o constricción y esto tiene un efecto directo en la discriminación del color²¹.

Posición del observador

El ojo del dentista debe estar al nivel del diente del paciente. Con respecto a la distancia de coincidencia de tonos, el oftalmólogo debe evaluar la agudeza visual para la visión de cerca a la distancia de lectura estándar de 25 a 33 cm. La distancia de visualización debe permitir un ángulo de visualización de no menos de 2°. Un diente debe verse a lo largo de su eje normal (la línea de visión perpendicular a la superficie), utilizando una fuente de luz difusa²¹.

Distancia entre el observador y el objeto

Una distancia de 61 cm (2 pies) a 183 cm (6 pies) desde la cavidad bucal se considera ideal para igualar el tono¹⁶⁻¹⁹. El paciente debe colocarse en el sillón dental de manera que los dientes del paciente estén al nivel de los ojos del operador. El operador debe pararse directamente frente al paciente, con la luz enfocada en los dientes¹⁶⁻¹⁹.

Medicación del observador

El abuso de drogas, alcohol y cafeína afectará no solo el juicio, sino también la percepción del color. Los medicamentos pueden actuar sobre cualquier parte del sistema visual desde la corteza visual hasta la retina. Viagra, un fármaco utilizado para tratar la disfunción eréctil, es conocido por hacer que la visión tenga un tinte azul. De especial preocupación para las médicas son los efectos secundarios causados por los anticonceptivos orales, es decir, defectos de discriminación rojo-verde o amarillo-azul. El uso prolongado de anticonceptivos orales provocará una disminución en la percepción del color de azules y amarillos²¹.

Duración del tiempo de observación

De acuerdo con la fisiología de la visión humana, el pigmento de la visión se agota rápidamente en el mecanismo de percepción del color, por lo que la comparación de tonos no debe durar más de 5 segundos. Para seleccionar una pestaña adecuadamente o un grupo de pestañas de tono durante un período tan corto, es esencial una buena discriminación visual entre las pestañas⁶⁴. Por lo tanto la primera impresión suele ser la mejor opción y las pruebas de comparación de colores deben limitarse a 5 segundos, a la vez para evitar la fatiga ocular²¹.

La fuente de iluminación

La fuente lumínica es el más importante de los factores que influyen en la percepción del color²². La naturaleza de la fuente de luz es esencial, de hecho, el espectro de la misma influirá de forma decisiva en la apreciación cromática. La luz ideal para la toma de color clínica será aquella más próxima al espectro de luz solar diurna, es por ello que una correcta iluminación natural es deseable en el momento de la toma de color. La calidad de la luz ambiental se mide comúnmente por la temperatura de color y el índice de reproducción cromática (CRI)²³. Para los casos de utilización de luz artificial debe evitarse

el empleo de fuentes de luz por incandescencia, como las bombillas corrientes o halógenas, ya que emiten un espectro con mucha proporción de colores próximos al rojo, que puede alterar la apreciación cromática. Es importante el uso de las denominadas fuentes de luz “día” que son fuentes de luz corregidas, que ofrecen temperaturas de color de 5.000K a 6.500K, y que se conocen comúnmente como luz día D50 y D65 respectivamente, y que están indicadas para todos los procesos que exijan una correcta percepción cromática¹¹.

Condicionantes de la fuente de iluminación

La intensidad de la luz

La intensidad de las condiciones de luz también es importante. Si la cantidad de luz (medida en pies-candela lm/ft^2) es demasiado pequeña, los detalles finos se pierden y el ojo tiene dificultad para percibir el tono. Por lo general, la iluminación del techo en el consultorio dental no es lo suficientemente intensa como para verlo todo. Con dientes que tienen sutiles variaciones de color, necesita la intensidad adecuada. Una intensidad y un deslumbramiento demasiado grandes disminuyen la precisión de la reproducción del color. Las luces de la unidad dental no deben usarse para la reproducción de color. Son demasiado brillantes y causan deslumbramiento. El resplandor fatigará así tus ojos; También está contraindicado la selección de color inmediatamente después de usar una lámpara de unidad dental. La luminosidad ideal para igualar los tonos dentales es de 75 a 250 pies-candela²⁴⁻²⁸. Para tener una intensidad de 150 pies-candela en el consultorio al nivel del sillón dental, se necesitarían de diez a doce focos de cuatro pies. Puede ser necesario en una habitación de 10x10 pies con techos de 8 pies^{24,29-30-31}.

Temperatura del color

Cuando el hierro negro se calienta gradualmente, comenzará a brillar, primero con un tono rojo, luego amarillo, blanco y azul. Si graficamos el aumento de temperatura de este radiador de hierro negro, relacionamos la temperatura con el cambio de color y establecemos una escala de temperatura de color. Dicha escala existe y se usa comúnmente para indexar el color de las fuentes de luz en Kelvin, que es equivalente a grados centígrados más 2730. La temperatura de color ideal para la reproducción cromática es 5500 Kelvin. La luz a esta temperatura puede describirse como una sensación de temperatura media y se considera luz “blanca”. La temperatura de color es la longitud de onda promedio de la luz ambiental. Debido a que la temperatura de color es un promedio, no significa que todas las longitudes de onda están presentes ni en cantidades iguales²³.

Índice de reproducción cromática

No es necesario representar todas las longitudes de onda para producir luz blanca. La luz blanca se puede producir simplemente mezclando los tres colores primarios de luz rojo, verde y azul-violeta. La luz ambiental es un conjunto variable de muchas longitudes de onda diferentes. La iluminación artificial puede aproximarse a la luz blanca (5500K) pero el espectro completo de longitudes de onda no está necesariamente presente. No puede ver los colores reflejados (longitudes de onda) de un diente si esas longitudes de onda no están presentes en el espectro de luz ambiental^{32,33}. Si las condiciones ambientales tienen solo un rango pequeño del espectro de longitudes de onda de luz, entonces todo lo que se refleja son las longitudes de onda presentes. Si la luz roja no está bien representada en el espectro, no podrá ver los rojos en el objeto que desea comparar. El índice de reproducción cromática (CRI) es la medida de la integridad del espectro de luz. Una medida de 100 indica que está presente todo el espectro de luz visible y ultravioleta cercano. Aunque no podemos ver el espectro UV cercano al visible, comúnmente se absorbe y emite fluorescencia en longitudes de onda en el espectro visible. Las bombillas fluorescentes tienden a estar entre 3000 y 4200 K y, aunque tienen algunos picos espectrales en los azules, son demasiado intensos en los rojos. La lámpara de unidad dental incandescente promedio tiene un CRI de 75 y un promedio de 3800K^{26,34,35}. Teóricamente, la luz ideal para tomar una pantalla es con una mezcla de luz de igual energía. La mezcla de energías iguales es una mezcla igual equilibrada de todas las longitudes de onda visibles. Siendo realistas, un CRI superior a 93 será adecuado.

Metamerismo

El metamerismo ocurre cuando la percepción del color de dos objetos es diferente porque una de las variables de la tríada de color (objeto, fuente de luz u observador) se altera mientras que las otras dos permanecen iguales. El fenómeno de que dos objetos coincidan en color bajo una condición, pero muestren diferencias aparentes bajo otra se denomina metamerismo³⁶. Hay dos tipos de metamerismo: el de objetos y el de observadores. El metamerismo de objetos ocurre cuando los dos elementos parecen iguales en una condición de iluminación, pero se ven diferentes cuando se cambia la fuente de luz. En términos dentales, ocurre cuando la corona coincide con la dentición natural bajo luz incandescente, pero, cuando se ve bajo luz fluorescente o con corrección de color, parece no coincidir con los dientes naturales. Para evitar el metamerismo, los objetos deben tener las mismas curvas de reflectancia espectral, ya que solo los materiales con curvas de distribución de energía espectral idénticas coincidirán con todas las fuentes de luz²¹. La combinación de colores no requiere que la fuente de luz y los objetos tengan el mismo espectro de reflectancia. Por lo tanto, para obtener una determinación de tono aceptable, es recomendable que el observador (técnico, clínico y asistente)

observe la combinación de colores en tres condiciones de iluminación diferentes: luz diurna, color, luz corregida y luz tenue³⁷. El metamerismo del observador ocurre cuando la fuente de luz permanece igual y el observador cambia, causado por un estímulo visual humano o un estímulo instrumental. Dado que la percepción del color depende de las sensibilidades de respuesta espectral fisiológica de los conos en la fovea y de la interpretación psicológica del cerebro, se recomienda que un tercer observador (asistente, técnico, amigo o familiar) evalúe el color seleccionado antes de la cementación de cualquier restauración definitiva²¹.

El Objeto

En la percepción del color el objeto juega un papel determinante. Para el caso de la determinación del color en odontología podemos decir que la mayoría de los dientes, tienen superficies irregulares con convexidades y concavidades. Las convexidades tienden a desgastarse y volverse suaves con características reflectantes especulares. El impacto visual de un diente proviene de estos reflejos especulares que le dan al diente su forma visual. Las concavidades tienden a recoger la luz reflejándose hacia adentro y tienden a estar sin pulir, difuminando así la luz y menos retornos a los ojos del espectador²³.

Condicionantes del objeto

La condición del objeto

El diente de interés y los adyacentes deben estar libres de placa y otros depósitos y manchas superficiales. El diente debe humedecerse con saliva ya que la deshidratación da como resultado una apariencia más blanca. El diente se vuelve más seco después de la aplicación del dique de goma y, por lo tanto, se debe realizar una selección de color antes de iniciar el aislamiento absoluto¹⁶⁻¹⁹.

Translucidez o densidad

Los dientes humanos se pueden clasificar por grados variables de translucidez, como el gradiente entre opaco y transparente. Por lo general, al aumentar la translucidez de la corona, en consecuencia, disminuye su valor porque se refleja una menor cantidad de luz hacia el ojo. Con translucidez aumentada, la luz atraviesa la superficie y se dispersa dentro de la restauración. La translucidez del esmalte difiere según el ángulo de aparición, la superficie de una textura y pulido, la longitud de onda y el nivel de sequedad³⁸. La translucidez del esmalte también es una característica relacionada con el índice de refracción del esmalte ($RI = 1,62$) y la composición espacial intercrystalina. La desmineralización altera la reflectividad fisiológica del esmalte, y la diferencia de IR entre el esmalte sano y la zona desmineralizada genera alteraciones de color³⁹.

Espesor

El grosor de la dentina, el tamaño de la cámara pulpar y la vitalidad del tejido pulpar son diferentes durante las diferentes etapas del desarrollo dental. Los adolescentes generalmente tienen una cámara pulpar más grande que se vuelve roja. Con la formación de dentina secundaria, la cámara pulpar disminuye de tamaño y los dientes se vuelven menos rojos con la edad⁴⁰.

Pulido y textura de la superficie

Reducir el brillo de la superficie de una pieza de vidrio de ventana transparente lijando en húmedo o grabando producirá un aspecto blanco escarchado. Cuando la luz golpea la superficie del vidrio grabado, se dispersa o se dobla de manera irregular. Esta dispersión de la luz en la superficie provoca un aumento de la opacidad. La luz no se aleja de la superficie, sino que se refleja. A medida que el vidrio se vuelve menos translúcido, el valor aumenta. El efecto neto es que más luz regresa al espectador a medida que disminuye el brillo. Es importante tener en cuenta que la textura de la superficie y no el brillo determina la reflexión especular. Aunque el brillo de la superficie se ha vuelto rugoso, el vidrio permanece plano y tiene una textura baja, por lo que seguirá siendo un reflector especular. Pulir el esmalte rugoso de una restauración de porcelana es una forma sutil de reducir el valor al hacer que la porcelana sea más translúcida⁴¹. Las superficies súper pulidas pueden parecer brillantes debido a la reflexión especular, pero también son más translúcidas porque la luz no se dispersa en la superficie. Una superficie puede tener nueve combinaciones diferentes de textura y brillo, textura pesada media y baja y brillo alto, medio y bajo. Una textura de superficie pesada producirá un valor más bajo al redirigir los reflejos lejos del espectador o con reflejos dobles hacia adentro, y un brillo de superficie alto también hace que un diente o una corona sean más oscuros y translúcidos. Debido al impacto que tienen en las propiedades ópticas del diente, el médico inteligente los anotará en su prescripción de laboratorio²³.

Opalescencia

La opalescencia es la propiedad óptica de un material en el que parece ser de un color en el reflejo de la luz, mientras que en la transmisión de la luz parece ser de otro color. Este impacto distintivo se ve con mayor frecuencia en el esmalte, lo que mejora el brillo, la vivacidad y la percepción de profundidad de los dientes³⁸.

Fluorescencia

Un material que ha absorbido luz u otras ondas electromagnéticas emitirá luz cuando sea fluorescente. Es un tipo de luminiscencia. En muchos casos, la emisión de luz tiene una longitud de onda más larga. Debido a que hay una mayor concentración de material orgánico en la dentina de un diente humano, esta condición ocurre predominantemente allí. Por lo tanto, el croma es menor cuanto más luminiscente es la dentina³⁸.

Elementos del entorno del objeto

Se deben evitar los entornos de colores brillantes, ya que interfieren con la combinación de colores adecuada al influir en los colores de la luz reflejada en el objeto. Se puede usar un paño para enmascarar colores indeseables en la ropa y las joyas del paciente. El lápiz labial debe eliminarse para que no afecte la percepción del color. Un color gris muy claro proporciona el fondo ideal para la combinación de colores. Las superficies con alto brillo producen deslumbramientos molestos y deben evitarse¹⁶⁻¹⁹.

La determinación del color del diente

La selección del color es una evaluación subjetiva que depende de múltiples factores adicionales a los que influyen en la percepción del color como tal. Para este proceso se deben tomar en cuenta otros factores adicionales como por ejemplo la guía de color, ya que en este paso se realiza una evaluación comparativa entre dos objetos. Es mucho lo que está en juego a la hora de equilibrar objetivos realistas con los del paciente y las expectativas estéticas. Los errores pueden resultar problemáticos para el dentista y el paciente⁴².

Técnicas de selección de color

Técnica instrumental

El análisis de color instrumental, por otro lado, ofrece una ventaja potencial sobre la determinación de color visual porque las lecturas instrumentales son objetivas, se pueden cuantificar y se obtienen más rápidamente. Se han utilizado espectrofotómetros y colorímetros con modificaciones en un intento de superar los problemas con la igualación visual de tonos en odontología. Los colorímetros fotoeléctricos triestímulo tienen el potencial de eliminar algunas de las deficiencias del método visual y se ha demostrado que brindan mediciones precisas y repetibles; sin embargo, no son a prueba de errores. En odontología, los resultados de un dispositivo colorimétrico pueden verse alterados debido a que la luz de iluminación estandarizada emitida por el dispositivo puede dispersarse, absorberse, transmitirse, reflejarse e incluso desplazarse lateralmente como resultado de las propiedades ópticas translúcidas de los dientes y las cerámicas dentales²¹.

Técnica visual

La técnica visual consiste en el uso de guías de colores para adquirir la coincidencia más cercana a un diente natural^{43,44}. La evaluación visual del color y la translucidez es el método que se aplica con mayor frecuencia en odontología⁴³. Los estudios han demostrado que este método, que se usa con frecuencia, es difícil de aplicar con precisión y, a menudo, produce resultados poco confiables e inconsistentes^{45,46}. El color aparente de un objeto no solo está influenciado por sus propiedades físicas, la naturaleza de la luz a la que está

expuesto el objeto y la evaluación subjetiva del observador; la variabilidad de dos de los tres factores (por ejemplo, la iluminación y la subjetividad del observador) puede hacer que el mismo objeto (por ejemplo, un diente) se vea muy diferente. Comprender los tres factores principales (iluminación, subjetividad de la visión humana y el objeto) que influyen en el resultado de la igualación visual de color puede mejorar la precisión y confiabilidad de este proceso⁴⁷. En este sentido, se ha sugerido la combinación de técnicas visuales y digitales para una correcta igualación del color de los dientes⁴⁸.

Guías de colores

El método convencional de selección de colores es mediante el uso de guías visuales de colores, que son la forma más famosa y conveniente de seleccionar los colores dentales. Son rentables y fácilmente disponibles; también combinan de manera competente el color de la dentición con una guía de colores de referencia estandarizada. La selección del color del diente por el método de la pestaña de color depende completamente de la observación del ojo humano. Las guías de color mas reconocibles actualmente son la Vita Classic (Bad Säckingen, Alemania: VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.), Vita Toothguide 3D-Master (Bad Säckingen, Alemania: VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.), y Chromascop (Buffalo, NY: Ivoclar Vivadent Inc.)⁴⁹.

Guía de colores Vita Classic

Según el matiz, 16 pestañas se organizan en cuatro grupos y dentro de los grupos correspondientes al croma. Dado que existen algunas limitaciones con la guía de colores Vita clásica, la guía de colores Vita 3D-Master es la más utilizada entre las pestañas de colores disponibles en el mercado. Proporciona diferencias de color superiores y estandarizadas^{50,51-52}.

A pesar de su creación empírica en el año 1956, la guía VITA Classic A1-D4 es una de las guías de color de dientes mas utilizadas en la actualidad para la selección de color con propósito restaurador debido a la estandarización de esta codificación por parte de la mayoría de los fabricantes de materiales restauradores en el mercado⁵³⁻⁵⁴. Se ha demostrado que el estándar de juicio para la discriminación del color se hace mas efectivo cuando hay un rango menor de matices⁵⁵⁻⁵⁶. Se ha comprobado también que los cinco colores más utilizados de esta guía para restauraciones de resina compuesta son el A1, A2, B2, A3, y A3.5. Estos por sí solos cubren el 73,85%⁵⁷. Esta estadística se comprobó con otro estudio sobre 15.836 coronas metalceramicas comparándolas con el diente adyacente⁵⁸. Otro estudio que evaluó los tonos seleccionados para 2.500 coronas de metalcerámica mostró que el 43 % de los tonos seleccionados estaban en el rango de tonos A y el 25 % en el rango de tonos B⁵⁹. Mientas que Ostervemb (2011), indica que el 80% de todas las restauraciones pueden ser hechas usando solo los tonos A y B⁵⁷. Por otro lado también indica que una reorganización de la guía de colores según el tono, subdividida se-

gún DE2000, reduce significativamente el tiempo necesario para tomar una muestra de color⁵⁷. No hay duda de que una disposición lógica de las pestañas de colores es una de las características más importantes de la guía de colores⁶⁰⁻⁶³. De acuerdo con la fisiología de la visión humana, el pigmento de la visión se agota rápidamente en el mecanismo de percepción del color, y la combinación de tonos no debe durar más de 5 segundos a la vez. Para seleccionar una pestaña de tono adecuadamente o un grupo de pestañas de tono durante un período tan corto, es esencial una buena discriminación visual entre las pestañas⁶⁴. La división de grupos facilita la discriminación de las pestañas dentro de los diferentes grupos por lo que se recomienda la creación de estas divisiones⁶⁵. Existen diferentes formas de distribuir las pestañas en la guía de color VITA Classical A1-D4, sin embargo, estas redistribuciones son de poca ayuda debido a la incompatible e irregular distribución de los tonos encontrados en esta guía con respecto al espacio de color CIELAB en el que se encuentran los dientes naturales⁶⁶.

Guía dental Vita 3D-Master

Consta de 26 pestañas separadas en cinco grupos según la luminosidad del color. Los números (1, 2, 3, 4 y 5) delante de las letras representan el número de grupo y el nivel de luminosidad; un número más bajo indica una mayor luminosidad. Los números (1, 1,5, 2, 2,5 y 3) debajo del número de grupo representan el nivel de croma; las pestañas más cromáticas se indican con números más grandes. Tres tonos de decoloración (OM1, OM2 y OM3) indican más luminosidad, tres niveles de croma y tono medio. El principal contraste entre la Vita clásica y la Vita 3D-Master es que la guía de tonos de la Vita clásica se basa en el matiz y la Vita 3D-Master se basa en el valor. La guía de colores Vita 3D-Master se considera superior a la guía de colores Vita clásica. Contiene un espectro de luminosidad mejorado y pestañas cromáticas adicionales. La latitud del matiz se expande contra los espectros rojizos. Además, las pestañas de tonos se distribuyen uniformemente y se mejora la división de grupos⁶⁷⁻⁶⁹.

Chromascop

Chromascop utiliza un sistema de numeración para identificar los tonos. Se organiza en grupos según la tonalidad (100 = blanco, 200 = amarillo, 300 = naranja, 400 = gris, 500 = marrón). El croma se indica mediante otro conjunto de números, 10 son valores altos con croma bajo, mientras que 40 son valores bajos con croma alto¹⁷.

Guías de colores personalizadas

La guía de colores estándar no puede abarcar toda la gama de valores de tonalidad y croma de la dentición humana. Es útil para el 85% de la selección de color, siendo necesaria su alteración o preparación de pestañas de color personalizadas para el 15% restante. Los materiales compuestos de resina, cerámica o acrílico se utilizan para fabricar guías de colores personalizadas.

Las modificaciones de la guía de colores se pueden realizar utilizando colorantes superficiales o mediante abrasión superficial con óxido de aluminio. Se pueden usar marcadores de líneas finas y lápices de colores para reproducir las variaciones mínimas entre tonos, translucidez análoga y colores de denominación³⁸.

Guías de colores extendidas y dentina

El sistema Dentina se puede utilizar para la fabricación de coronas y carillas translúcidas de cerámica sin metal. Esta guía de colores ayuda a comunicar un tono específico al laboratorio dental. Se utilizan materiales de muñón de colores especiales correspondientes al tono de la dentina, lo que permite al técnico evaluar la estética de la restauración²³. La guía de colores ampliada comprende las pestañas de todos los materiales utilizados para fabricar la restauración. También se puede utilizar para ampliar la elección del tono⁷⁰.

Lineamientos generales para la selección de color mediante la técnica visual

Al hacer coincidir los dientes, la forma, la geografía de la superficie y el valor son las características más importantes. Cree un entorno de colores neutros. Al mirar un rojo brillante, los conos de nuestros ojos se saturarán y se fatigarán rápidamente dando una imagen secundaria del color complementario azul verdoso. Su evaluación del color de los dientes será demasiado azul²³. El color de las paredes de los quirófanos y del laboratorio puede alterar la percepción del color. En una habitación azul, se ve más naranja de lo que realmente está presente, ya que el complemento del azul es el naranja. El color de fondo ideal es el gris neutro^{71,72}. El gris neutro no tiene color complementario y es relajante para los conos. Esto es más crítico con los dientes envejecidos que tienen una superficie brillante que refleja el color de cualquier color colocado muy cerca^{24,35,72,73}. Sostenga el borde incisal del diente de muestra contra el borde incisal del diente a comparar. Esto aísla eficazmente las pestañas de color de los dientes para que no se reflejen entre sí^{35,74}. Debido a la variabilidad de la luz del día, se debe usar una fuente de luz difusa, con corrección de color y de intensidad ajustable. Use un babero gris para cubrir la ropa del paciente y retire o cubra cualquier lápiz labial⁷⁵. Sin una fuente de luz que se acerque a 5500K, CRI de 100, con la luminosidad adecuada, tanto para usted como para su laboratorio, no es posible obtener una reproducción cromática superior. Ver los dientes bajo iluminación difusa minimizará la distorsión de la luz reflejada. La reflexión de las superficies especulares de un diente revela más el color de la luz que ilumina que el color del diente⁷⁶. Los niveles de luz bajos, incluso si tiene que entrecerrar los ojos, son los mejores para evaluar el valor. Si la luz es demasiado fuerte, la alta reflectividad de la superficie bucal leerá valores incorrectos altos²⁶. Se debe utilizar primero la guía de valores. El valor es la dimensión más importante de la reproducción del color^{77,80}. La pestaña de color debe colocarse paralela al diente que se

empareja y con la misma posición relativa del borde. Si es posible, debe estar en el mismo plano que el diente, no delante de él o parecerá más claro y no detrás de él o aparecerá más oscuro²¹.

Toda la selección de la guía de colores debe realizarse antes de encender la luz de la unidad dental. Esta luz es demasiado brillante y causa fatiga ocular debido al deslumbramiento⁸¹. Los bastones son muy sensibles incluso con pequeñas cantidades de luz. Los conos solo se activan con niveles de luz más altos. Cuando los conos están funcionando, el matiz y el croma pueden confundir la discriminación de valores. Otra razón para seleccionar el color antes del tratamiento es la deshidratación. El valor aumenta y el croma y la translucidez disminuyen a medida que los dientes se secan durante el tratamiento. Esta es la razón por la que las restauraciones a veces son muy claras. Las primeras impresiones son las mejores debido a la fatiga ocular. No mire fijamente los dientes durante más de 5 segundos para evitar la acomodación del tono⁷³. Visualizar los dientes con los labios relajados (luz indirecta) y reflejados (con luz directa). La evaluación con luz apagada o no directa determinará la cantidad de brillo de la dentina. Al elegir el tono con una pestaña de color, observe el tercio medio del diente. Las diferencias entre las pestañas de color y el color natural de los dientes aumentan cerca de la raíz y el borde incisal. El mejor fondo para la selección del matiz y croma es el gris de 18% o más ligero.

Conclusión

La correcta selección del color es un paso crucial para realizar odontología restauradora y estética predecible. Muchos factores deben ser tomados en cuenta para el método visual de selección de color. El operador debe tener amplio conocimiento y comprensión de estos factores para poder controlar y minimizar los errores de este proceso. El estudio de Baharin (2013) reveló que, para el diente anterior la posición del paciente, las condiciones de iluminación y la cantidad de lecturas adquiridas afectan el resultado de la selección del tono⁸². La fuente lumínica es el factor más importante para la correcta selección o toma del color en la práctica clínica²². Según Dancy *et al* (2003), no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la evaluación visual convencional y la técnica fotocolorimétrica en la igualación de tonos⁸³. Sin embargo, Hardan *et al* (2022), describe que la evaluación del tono visual es menos precisa y reproducible en comparación con la evaluación espectrofotométrica del tono⁸⁴. Los estudios de Li (2007) concluyeron que la consistencia de la concordancia de tonos no se puede garantizar ni con el método visual ni con el método del colorímetro⁸⁵. Ya que no parece haber un consenso en cuanto a la técnica más confiable podemos concluir que la técnica visual sigue siendo una técnica vigente y confiable siempre y cuando se

conozcan y controlen todos los factores involucrados anteriormente expuestos en este artículo. Debido al origen empírico y la dificultad en la selección del color con la guía VITA Clásica A1-D4, y tomando en cuenta que esta guía sigue siendo la más utilizada en la actualidad, diferentes trabajos coinciden en la importancia de un correcto filtrado y redistribución de las pestañas de esta guía. Los estudios de Kijima S, Henzan H y Niu ZY (1990), demuestran que el estándar de juicio para la discriminación del color se hace más efectivo cuando hay un rango menor de matices⁵⁶. Al mismo tiempo que Paravina *et al* (2001) indican que la división de grupos en esta guía facilita la discriminación de las pestañas dentro de los diferentes grupos⁶³. Es por esto, y basado en la separata de Baltzer A y Kaufmann-Jinoian V (2004), donde los autores sugieren filtrar esta guía excluyendo los tonos C y D y agrupar los tonos A y B de la siguiente manera: Grupo 1: A1 y B1, grupo 2: A2 y B2, grupo 3: A3, B3 y B4, grupo 4: A3.5 y A4. Los autores recomiendan también seleccionar primero el grupo valor y luego el matiz. Para este caso no aplicaría seleccionar el croma ya que la guía estaría comprendida de un solo croma por cada matiz.

Bibliografía

1. Özat PB, Tuncel İ, Eroğlu E. Repeatability and reliability of human eye in visual shade selection. *J Oral Rehabil.* 2013 Dec;40(12):958-64. doi: 10.1111/joor.12103. Epub 2013 Oct 15. PMID: 24127905.
2. Terry, D.A.; Geller, W.; Tric, O.; Anderson, M.J.; Tourville, M.; Kobashigawa, A. Anatomical form defines color: Function, form, and aesthetics. *Pract. Proced. Aesthetic Dent* 2002; 14: 59-68
3. Sagars J. Shade matching for today's dentistry. *Dent Econ* 2002; 1:62-67
4. McLaren E. Q and A. *Dental Equipment & Materials* 2002; 1:52-60
5. Schechter I. Dental Summit. June 14th, 2002, <https://www.dentistrytoday.com/sp-2014354136/>
6. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH, Hung CC. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *Kaohsiung J Med Sci.* 2012 Sep;28(9):490-4. doi: 10.1016/j.kjms.2012.04.006. Epub 2012 Jul 7. PMID: 22974668.
7. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979; 4:83-91
8. Ruyter IE, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987; 3:246-251
9. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989; 68:819-822
10. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. La determinación del color del diente. *Separata Quintessenz Zahntechnik* 2004;30(7):200
11. Pascual-Moscardó A, Camps-Alemany I. Aesthetic dentistry: Chromatic appreciation in the clinic and the laboratory. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11:E363-368
12. Jouhar R, Ahmed MA, Khurshid Z. An Overview of Shade Selection in Clinical Dentistry. *Applied Sciences.* 2022; 12(14):6841
13. Wyszecki G, Stiles WS: *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd ed, p. 519. New York, Wiley & Sons, 1982
14. Land EH: The retinex theory of color vision. *Sci Am* 1977; 237:108
15. Shu SJ. The Science of Color and Shade Selection in Aesthetic Dentistry. *Dentistry Today. Aesthetic section.* September 2002. <https://www.dentistrytoday.com/sp-2014354136/>

16. Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020 Apr-Jun;20(2):131-140. doi: 10.4103/jips.jips_399_19. Epub 2020 Apr 7. PMID: 32655217; PMCID: PMC7335029.
17. Basavanna R, Gohil C, Shivanna V: Shade selection. *Int J Oral Health Sci.* 2013, 3:26-31.
18. Bhat V, Prasad DK, Sood S, Bhat A: Role of colors in prosthodontics: application of color science in restorative dentistry. *Indian J Dent Res* 2011; 22:804-809
19. Clark E. Tooth color selection. *J Am Dent Assoc* 1933; 20:1065-1073
20. Redmond T, Zlatkova MB, Garway-Heath DF, Anderson RS. The effect of age on the area of complete spatial summation for chromatic and achromatic stimuli. *Investig. Ophthalmology Vis. Sci.* 2010; 51: 6533–6539. [CrossRef] [PubMed]
21. Agrawal V, Kapoor S. Color and Shade Management in Esthetic Dentistry. *Universal Research Journal of Dentistry.* 2013. 120-127. 10.4103/2249-9725.123975
22. Dagg B, O'Connell N, Claffey D, Byrne C, Gorman. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. 2004 Blackwell Publishing Ltd. *Journal of Oral Rehabilitation* 2004; 31: 900–904
23. Fondriest James. Shade matching in restorative dentistry: The science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23:467-479
24. Preston, J. Light and lighting in the dental office. *Dental Clinics of N. America* 1978; 22(3):431-451
25. Sproull, R. Color Matching in Dentistry. Part I. *J Prosthet Dent*; 1973; 29:416-424
26. Miller, LL: Esthetic dentistry development program. *J. of Esthet. Dent*; 1994; 6(2):47-60
27. Preston, J, Bergen, S. Color Science and Dental Art. St. Louis: Mosby, 1980:31-45
28. Barna GJ, Taylor JW, King GE, Pelleu GB Jr. The influence of selected light intensities on color perception within the color range of natural teeth. *J Prosthet Dent.* 1981 Oct;46(4):450-3. doi: 10.1016/0022-3913(81)90456-x. PMID: 6975371
29. Daniel R. Overheim and David Wagner, 'The origin of Colour' in *Light and Color*, John Wiley and Sons, Inc. Canada, 1982, p. 5-21
30. Wasdyke, Paul. The unique characteristics of lighting technology explained. *CEE News*, 1990.
31. Council on Dental Materials Report on Shade Matching. *JADA* 1981; 102:209-210
32. Rossing TD, Chiaverina CJ. *Light science: Physics and the visual arts.* 1999 Springer-Verlag, New York.
33. Glick, K. Color and Shade Selection in Cosmetic Dentistry: Part III Establishing the Proper Environment and Technique. *J. of AACD* 1994:14-20
34. Rainwater, C. *Light and Color.* Golden Press, Racine, Wisconsin 1971; 100-118.
35. Ray, NJ. Some aspects of colour and colour matching in dentistry. *J. of Irish Dent. Assoc* 1994;40(1):16-19
36. Capa N, Malkondu O, Kazazoglu E, Calikkocaoglu S. Evaluating factors that affect the shade-matching ability of dentists, dental staff members and laypeople. *J Am Dent Assoc* 2010; 141:71-76.
37. Denissen H, Dozic A. Photometric assessment of tooth color using commonly available software. *Eur J Esthet Dent* 2010; 5:204-215.
38. Rajan, N.; Rajan, A.; Singh, G.; Rani Krishna, S. Shade selection—Basic for Esthetic Dentistry: Literature Review. *Int. J. Contemp Res Rev* 2020, 11, 20863–20868. [CrossRef]
39. Puleio F, Fiorillo L, Gorassini F, Iandolo A, Meto A, D'Amico C, Cervino, G, Pinizzotto M, Bruno G, Portelli M, et al. Systematic Review on White Spot Lesions Treatments. *Eur J Dent* 2022, 16:41–48. [CrossRef]
40. Zhao Y, Zhu J. In vivo color measurement of 410 maxillary anterior teeth. *Chinese J. of Dent. Res* 1998; 1(3):49-51
41. Geller, W. Polishing porcelain makes a crown smoother, more translucent, and improves the color. *QDT* 1983;7(6): 384-387
42. Shu SJ. The Science of Color and Shade Selection in Aesthetic Dentistry. *Dentistry Today.* Aesthetic section. September 1, 2002. <https://www.dentistrytoday.com/sp-2014354136/>

43. Van der Burgt TenP, TB JJ, Borsboom PCF, Kortsmit WA. Comparison of New and Conventional Methods for Quantification of Tooth Color. *J. Prosthet. Dent* 1990; 63:155–162. [CrossRef]
44. Preethi Suganya S, Manimaran P, Saisadan D, Dhinesh Kumar C, Abirami D, Monnica V. Evaluation of Shade Selection with Digital and Visual Methods. *J. Pharm. Bioallied. Sci* 2020; 12:319–323. [CrossRef] [PubMed]
45. Culpepper WD: A comparative study of shade- matching procedures. *J Prosthet Dent* 1970; 24:166
46. Geary JL, Kinirons MJ: Colour perception of labo- ratory-fired samples of body-coloured ceramic. *J Dent* 1999; 27:145-150
47. Wee A. Description of color science, color replication progress and esthetics. In book: *Contemporary Fixed Prosthodontics* 2006. Edition: 4th Publisher: Mosby Inc. Editors: R SF, L MF, F J https://www.researchgate.net/publication/236651844_Description_of_color_science_color_replication_progress_and_esthetics
48. Jorquera GJ, Atria PJ, Galán M, Feureisen J, Imbarak M, Kernitsky J, Cacciuttolo F, Hirata R, Sampaio CSA. Comparison of Ceramic Crown Color Difference between Different Shade Selection Methods: Visual, Digital Camera, and Smartphone. *J. Prosthet. Dent* 2021. [CrossRef]
49. Alnusayri M, Sghaireen, M, Mathew M, Alzarea B, Bandela V. Shade Selection in Esthetic Dentistry: A Review. *Cureus* 2022, 14:23331.
50. Todorov R, Yordanov B, Peev T, Zlatev S. Shade guides used in the dental practice. *J. IMAB* 2020; 26:3168–3173. [CrossRef]
51. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013. PMID: 14738829.
52. Sulaiman AO, Adebayo GE: Most frequently selected shade for advance restoration delivered in a tertiary hospital facility in southwestern Nigeria. *Ann Ib Postgrad Med.* 2019; 17:157-161.
53. Kalantari MH, Ghorashian SA, Mohaghegh M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shadepilot. *Eur J Dent.* 2017 Apr-Jun;11(2):196-200. doi: 10.4103/ejd.ejd_195_16. PMID: 28729792; PMCID: PMC5502564.
54. Hombesh MN, Praveen B, Sinha HV, Prasanna BG, Sachin B, Chandrashekar S: Two years survivability of VITA 3D master shade matching guides after disinfection with isopropyl alcohol: an in vitro study. *J Conserv Dent* 2019; 22:275-280.
55. McLaren E A. «El color y la comunicacion,» *Dental Tribune* 2012; 2 - 8
56. Kijima S, Henzan H, Niu ZY. Study of estimation of color recognition on the dentist. On the ability of subjects to dis- criminate color in terms of hue, value and chroma. *Meikai Daigaku Shigaku Zasshi* 1990;19(3):377–382.
57. Østervemb. Shade Guide Optimization—A Novel Shade Arrangement Principle for both Ceramic and Composite Shade Guides When Identifying Composite Test Objects. *Journal Compilation* 2010; 23(1):2011.
58. Guo H, Wang F, Feng H, et al. [The investigation of color selection of 4340 cases of ceramic restorations]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2000;18(3):174–177
59. Smith PW, Wilson NH. Shade selection for single-unit anterior metal ceramic crowns: a 5-year retrospective study of 2,500 cases. *Int J Prosthodont* 1998;11(4):302–306
60. Bergen SF. Color education for the dental profession. Master's thesis. New York: University of New York College of Dentistry, 1975.
61. Preston JD. Current status of shade selec- tion and color matching. *Quintessence Int* 1985; 16:47-58
62. Miller L. Organizing color in dentistry. *J Am Dent Assoc.* 1987 Dec;Spec No:26E-40E. doi: 10.14219/jada.archive.1987.0315. PMID: 2447140.
63. Paravina RD, Stankovic D, Aleksov LJ, Mladenovic D, Ristic K. Problems in stan- dard shade matching and reproduction procedure in dentistry: a review of the state of the art. *Facta Universitatis* 1997; 4:12-16.
64. Preston JD, Bergen SF. Color science and dental art: a self-teaching program. St. Louis: CV Mosby, 1980.

65. Rade D, Paravina et Al. Dental Color Standards: Shade Tab Arrangement. *Journal Of Esthetic and Restorative Dentistry* 2001; 13(4):254-263
66. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. La determinación del color del diente. *Separata Quintessenz Zahntechnik*. Volumen 30 / Julio de 2004
67. Corcodel N, Rammelsberg P, Jakstat H, Moldovan O, Schwarz S, Hassel AJ: The linear shade guide design of Vita 3D- master performs as well as the original design of the Vita 3D-master. *J Oral Rehabil* 2010; 37:860-865
68. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, de Parga JA, Celemín-Viñuela A: Clinical study of the 3D-master color system among the Spanish population. *J Prosthodont* 2018, 27:708-715
69. Parameswaran V, Anilkumar S, Lylajam S, Rajesh C, Narayan V. Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems. *J Indian Prosthodont Soc*. 2016 Oct-Dec;16(4):352-358. doi: 10.4103/0972-4052.176537. PMID: 27746599; PMCID: PMC5062144.
70. Paolone G, Orsini G, Manauta J, Devoto W, Putignano A: Composite shade guides and color matching. *Int J Esthet Dent*. 2014; 9:164-182
71. Lemire, P and Burk, B: *Color in dentistry*. Hartford, Connecticut, 1975. The J. M. Ney Co.
72. Jun, S: Communication is vital to produce natural looking metal ceramic crowns. *J. of Dental Technology* 1997;14(8):15-20.
73. Ancowitz, S, Torres, T, Rostami, H: Texturing and Polishing: The Final Attempt at Value Control. *Dent. Clinics of America* 1998; 42(4): 607-613
74. Naoki Aiba, CDT. Personal communication. 6/01
75. Jun, SK: Shade Matching and communication in conjunction with segmental porcelain build-up. *Pract. Perio. Aesthetic. Dent* 1999; 11(4):457-464.
76. O'Brien, W: Double layer effect and other optical phenomena related to esthetics. *Dental Clinics of N. America* 1985; 29(4): 667-673
77. McLaren, E. The 3D-Master Shade-Matching System and the Skeleton Buildup Technique: Science Meets Art and Intuition. *QDT1999*. pp55-68. 23.
78. McLaren, EA: Provisionalization and the 3-D Communication of Shape and Shade. *Contemp. Esthet. And Rest. Practice*. 2000. 48-60.
79. Miller, LL. ShadeMatching. *J Esthet Dent* 1993;5(4):143- 153
80. Sorensen JA, Torres TJ: Improved Color Match- ing of metal ceramic restorations. Part I: A Systematic method for shade determination. *J. Prosthet. Dent* 1987; 58(2):133-139
81. McCulloch, AJ and McCulloch, RM: Communicating shades: A clinical and technical perspective. *Dental Update, Surrey, UK*. 26(6):247-252.
82. Baharin, S.A.; Tey, Y.D.; Tan, W.J. Anterior Tooth Shade Selection Procedure: Influence of Light Sources and Patient's Position. *Sains Malays*. 2013, 42, 7–11.
83. Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent*. 2003;15(2):114-21; discussion 122. doi: 10.1111/j.1708-8240.2003.tb00327.x. PMID: 12762475.
84. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Lukomska-Szymanska M, Monjarás-Ávila AJ, Zarow M, Jakubowicz N, Jorquera G, Ashi T, Mancino D, Kharouf N, Haikel Y. Novel Trends in Dental Color Match Using Different Shade Selection Methods: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel)*. 2022 Jan 8;15(2):468. doi: 10.3390/ma15020468. PMID: 35057185; PMCID: PMC8778907.
85. Li, Q.; Wang, Y.N. Comparison of Shade Matching by Visual Observation and an Intraoral Dental Colorimeter. *J. Oral Rehabil*. 2007, 34, 848–854. [CrossRef] [PubMed]