

ARCHIVOS DE LA SOCIEDAD
ESPAÑOLA DE OFTALMOLOGÍAwww.elsevier.es/oftalmologia

Revisión

Revisión de los principales test clínicos para
evaluar la visión del color

A. Fanlo Zarazaga*, J. Gutiérrez Vásquez y V. Pueyo Royo

Grupo GIMSO, Instituto de Investigación Sanitaria de Aragón (IIS Aragón), Servicio de Oftalmología, Hospital Universitario Miguel Servet, Zaragoza, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de marzo de 2018

Aceptado el 30 de agosto de 2018

On-line el xxx

Palabras clave:

Visión del color

Test clínicos

Revisión bibliográfica

Discromatopsia

RESUMEN

Introducción: Las deficiencias congénitas en la visión del color afectan a un 8% de la población masculina y a un 0,5% de la femenina. El estudio de la visión del color es un proceso complejo debido a diversos factores: la propia psicofísica de la visión y la dificultad de establecer modelos matemáticos para su análisis, la vaga correlación de los resultados entre unos test y otros y la influencia de factores externos como la iluminación, la condición de los test o la experiencia del examinador y del paciente. En el presente documento se realiza una revisión simplificada de los principales test disponibles en la práctica clínica para evaluar la visión del color.

Material y métodos: Tras realizar una filtrada revisión preliminar de la bibliografía relacionada con el estudio de la visión del color en el motor de búsqueda PubMed, se determinaron los test mayormente utilizados en la práctica clínica. Se realizó una interpretación atendiendo a su frecuencia de uso y el propósito para el que eran utilizados. A continuación, se procedió con un estudio bibliográfico de cada test en particular, atendiendo al diseño de los estímulos presentados, su población diana y su sensibilidad y especificidad.

Resultados: De las 95 publicaciones que mostró el buscador PubMed, en 41 de ellas los investigadores utilizaron test de colores en su metodología. De los 64 test de color utilizados, 19 eran diferentes (contando como distintos los test adaptados por grupos de investigación, 4, y aquellos realizados online, 2). El orden de empleo de los test es el siguiente: test de Ishihara (10,88%), Farnsworth-Munsell (7,04%), Farnsworth-Munsell 100 Hue (6,4%), Cambridge Colour Test (3,84%), Hardy-Rand-Rittler (3,2%), test propios desarrollados por los grupos (2,56%), el anomaloscopio (1,28%), los test online (1,28%) y, finalmente, Colour Assessment and Diagnosis (0,64%), Pflüger Trident Colour Plates (0,64%), Toothguide Training Box (0,64%), Lanthony Desaturated D-15 (0,64%), City University Test (0,64%), Universal Colour Discrimination Test (0,64%) y Rabin Cone Contrast Test (0,64%).

Conclusiones: El *gold standard* en cuanto a la evaluación de la visión del color es el anomaloscopio, instrumento incompatible con la práctica clínica diaria. Su manejo es relativamente complicado, exige disponibilidad de tiempo para su aplicación y es difícilmente comprensible por población infantil. Sin embargo, es posible alcanzar una fiel aproximación mediante la combinación de algunos de los test enumerados en este artículo. Los test expuestos son una buena alternativa para determinar la presencia de discromatopsias en ambientes cercanos a la práctica clínica diaria o en entornos menos controlados que un estudio clínico.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: afanloz@salud.aragon.es (A. Fanlo Zarazaga).<https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.006>

0365-6691/© 2018 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

El inconveniente principal del amplio elenco de test disponibles para el estudio de la visión del color es la dificultad para comparar los resultados entre test, ya que los datos publicados suelen tener unidades distintas, requiriendo experiencia para su correcta interpretación. En la actualidad, no existe unanimidad sobre qué test de color resulta ser el más completo; es recomendable utilizar al menos 2 para asegurar los diagnósticos y tener una información más completa sobre la percepción visual de los pacientes.

© 2018 Sociedad Española de Oftalmología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Review of the main colour vision clinical assessment tests

A B S T R A C T

Keywords:

Colour vision

Clinical tests

Bibliographic review

Dyschromatopsia

Introduction: Congenital colour vision deficiencies affect 8% of the male and 0.5% of the female population. The study of colour vision is a complex process due to several factors: the psychophysics of vision itself, the difficulty to establish mathematical models for its analysis, the vague correlation of results between different tests, and the influence of external factors such as lighting, the tests condition, or the experience of the examiner and the patient. In the present document, a simplified review was carried out on the main colour vision tests available in clinical practice.

Material and methods: Once a filtered preliminary review was made of the bibliography related to the study of colour vision using the PubMed search tool, the most used tests in clinical practice were selected according to their frequency of use and the purpose for which they were applied. A bibliographic study was then carried out on each particular test according to the design of the shown stimuli, its target population, and its sensitivity and specificity.

Results: From the 95 publications found using the PubMed search tool, in 41 of them, colour tests were used by researchers in their methodology. From the 64 colour tests used, 19 of them were different (with 4 of them being different tests adapted by research groups, and 2 of them carried out online).

The most used tests were the following: Ishihara test (10.88%), Farnsworth-Munsell (7.04%), Farnsworth-Munsell 100 Hue (6.4%), Cambridge Colour Test (3.84%), Hardy-Rand-Rittler (3.2%), tests developed by the groups (2.56%), the Anomaloscope (1.28%), the online tests (1.28%) and, finally, Colour Assessment and Diagnosis (0.64%), Pflüger Trident Colour Plates (0.64%), Toothguide Training Box (0.64%), Lanthony Desaturated D-15 (0.64%), City University Test (0.64%), Universal Colour Discrimination Test (0.64%), and Rabin Cone Contrast Test (0.64%).

Conclusions: The Anomaloscope is the “gold standard” in terms of colour vision testing, despite its incompatibility with daily clinical practice. It is fairly complex to use, difficult to understand for children, and its practice requires having the time available. Nevertheless, it is possible to reach an accurate approximation through the combination of some of the tests listed in this article. The above mentioned tests are a good alternative to determine the presence of dyschromatopsia in settings closer to daily clinical practice or in less controlled settings than a clinical study. The major drawback among the wide range of tests available for the study of colour vision is the difficulty to compare results between tests, since units of the reported data are usually different, and experience is required for its correct interpretation. Currently, there is no consensus on which colour test is the most complete. It is, therefore, advisable to use at least 2 tests in order to ensure diagnoses, and have more extensive information about the visual perception of patients.

© 2018 Sociedad Española de Oftalmología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Desde que el Doctor Shinobu Ishihara publicase sus ensayos hace 100 años, se ha desarrollado un extenso elenco de

test para evaluar la percepción del color. Sin embargo, pese al avance científico y tecnológico global, es paradójico que el test más utilizado en clínica siga siendo uno desarrollado hace un centenar de años: el test de Ishihara.

Actualmente, no existe ningún test en el mercado que ofrezca una evaluación completa de la visión del color del individuo. Está fuera de las posibilidades de este artículo evaluar todos los test existentes actualmente. Los aquí revisados son adecuados para la evaluación de la visión del color, orientados a la práctica clínica diaria o a labores de investigación.

La percepción del color depende de la luz que incide sobre los 3 tipos de conos de la retina. Las longitudes de onda de mayor sensibilidad para cada tipo de cono recaen aproximadamente a 420, 530 y 560 nm. Esta sensibilidad depende del tipo de opsina que cada tipo de cono contiene. Coexisten 3 tipos de conos en una retina sana: los conos sensibles al rojo o denominados de onda larga (protán), los sensibles a tonalidades verde-amarillas o de onda media (deután) y los relativos a luz azul-violeta o de onda corta (tritán). La retina humana contiene unos 7 millones de conos; la mayor parte de ellos se encuentran localizados en la zona foveal.

Cuando un individuo padece deficiencias en la visión del color (DVC), su habilidad para discriminar tonos disminuye en unas determinadas condiciones, pudiendo suponer una limitación en su vida diaria, académica o incluso su desempeño laboral. La caracterización y profundidad del defecto visual de una persona resultará crucial para que esta pueda adaptar su entorno a su déficit visual, especialmente en edad escolar.

Las DVC o discromatopsias pueden ser congénitas o adquiridas.

Atendiendo a las deficiencias congénitas, la prevalencia de los defectos en la visión del color es de un 0,5% en las mujeres, mientras que en los hombres se eleva hasta un 8%¹. Es notablemente mayor la prevalencia masculina debido a la relación directa de la disfunción con la genética del cromosoma X.

La denominación de las DVC se relaciona con el cono cuyo funcionamiento es anómalo; la profundidad de la deficiencia se gradúa con el sufijo -anomalía (visión parcial del color relativo) o -anopia (ausencia de la visión del color), siendo las siguientes:

Protanopia/protanomalía: ausencia/déficit de la visión del rojo.

Deuteranopia/deuteranomalía: ausencia/déficit de la visión del verde.

Tritanopia/tritanomalía: ausencia/déficit de la visión del azul.

Material y métodos

Búsqueda bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de conocer cuáles son los test de color mayormente utilizados en la actualidad.

Para ello, se utilizó el motor de búsqueda PubMed y se establecieron los siguientes criterios: artículos escritos en español o inglés y publicados entre el 15 de julio de 2017 y el 15 de julio de 2018 bajo las palabras clave [colour vision test]. Únicamente se tuvieron en cuenta aquellos artículos en cuya metodología se utilizaba uno o varios test de colores.

Una vez establecidos, se procedió a realizar un estudio de la literatura concreta para cada uno de los test que los autores consideraron más relevantes por su experiencia investigadora o su utilización en la práctica clínica habitual. Se atendió además a las referencias bibliográficas incorporadas en los artículos seleccionados con el fin de rescatar otros de relevancia. En su análisis se atendió principalmente al diseño de sus estímulos, a la población diana a la que están dirigidos y a sus valores de sensibilidad y especificidad.

Resultados

De las 95 publicaciones que mostró el buscador PubMed, únicamente en 41 de ellas el equipo investigador utilizó test de colores. De los 64 test de color utilizados, 19 de ellos eran diferentes (contando como distintos los test adaptados por grupos de investigación, 4, y aquellos realizados online, 2). La proporción de empleo de cada uno de los test, tal y como se muestra en la figura 1, fue la siguiente:

El test mayormente utilizado es el de Ishihara, en un 10,88% de las ocasiones (n = 17), seguido del Farnsworth-Munsell D-15, en un 7,04% de los casos (n = 11), el Farnsworth-Munsell 100-Hue, en un 6,4% de los casos (n = 10), el Cambridge Colour Test, en un 3,84% (n = 6), el Hardy-Rand-Rittler, en un 3,2% (n = 5), seguidos de test propios desarrollados por los grupos en un 2,56% de los casos (n = 4); el anomaloscopio fue utilizado únicamente en 2 artículos, representando un 1,28%, y

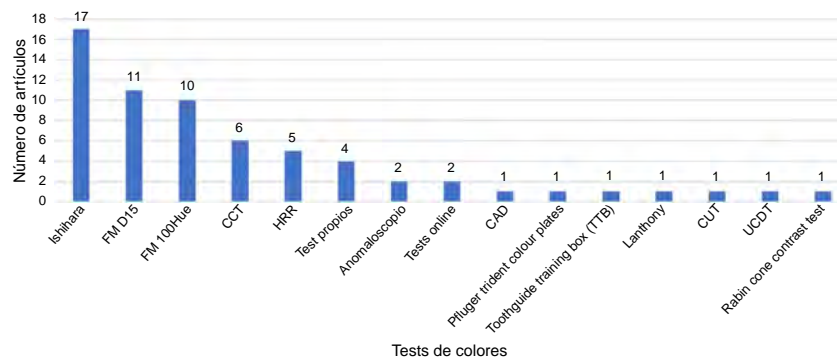


Figura 1 – Utilización de los principales test en investigación clínica.

el mismo número de artículos ($n=2$) emplearon test en plataformas online, un 1,28%. El resto de los test enumerados fueron utilizados únicamente en una ocasión, representando un 0,64%: Colour Assessment and Diagnosis; Pflüger Trident Colour Plates; Toothguide Training Box, test orientado a la práctica odontológica; Lanthony Desaturated D-15; City University Test; Universal Colour Discrimination Test, y Rabin Cone Contrast Test.

Discusión

Respecto a la revisión bibliográfica preliminar, resulta llamativo que los test utilizados con mayor frecuencia sean el test de Ishihara, desarrollado en 1917², y el test Farnsworth-Munsell 100-Hue, cuya última versión de 85 fichas data de 1957³. Es un hecho sorprendente puesto que la medicina es un área donde tecnología e innovación son aplicadas de forma casi inmediata a la práctica clínica y la investigación.

Bien es cierto que en aquellos estudios en los que se deseaban resultados precisos de umbrales de percepción se utilizaban test modernos como el Cambridge Colour Test, aunque no en mayor medida que el Farnsworth-Munsell 100-Hue.

Por otra parte, el papel desempeñado por el test de Ishihara o el Farnsworth-Munsell D-15 quedó relegado a una utilización a modo de cribado, en estudios en los que la presencia de DVC se trataba como un hallazgo, fuera de ser el propio contexto del artículo.

Otro aspecto que capta la atención es el hecho de que existan estudios publicados que incluyen test de color en versiones online de Ishihara o Farnsworth-Munsell D-15, cuya validez científica es cuestionable.

Se considera que se utilizaron 19 test de color diferentes, de los cuales 2 fueron los anteriormente comentados test online y 4 test propios, basados en adaptaciones de test presentes en el mercado. Estas adaptaciones son frecuentemente realizadas en pruebas de color dirigidas a ocupaciones específicas, como aviación, o a la evaluación de animales.

A continuación, se presenta un resumen conciso tras el estudio de algunos de los principales test para evaluar la visión del color:

Test de láminas pseudoisocromáticas

Se presentan números, letras o formas sobre un fondo con la misma luminancia. Las láminas pseudoisocromáticas están diseñadas siguiendo el principio de Stilling: el estímulo se descompone en un mosaico de manchas o puntos, induciendo ruido espacial, con diferentes luminancias entre ellos. La figura y el fondo se ubican cromáticamente en la misma línea de confusión, de esta forma, si el paciente consigue detectar el estímulo, es únicamente por discriminación cromática, ya que el resto de las pistas quedan anuladas.

Ishihara

El test de Ishihara es el más utilizado en la práctica clínica diaria. Se trata de un test sencillo, rápido y fácilmente comprensible por el paciente y que tiene un gran potencial para detectar DVC en el eje rojo-verde. El paciente debe identificar un número o seguir un camino que se observa a lo largo

de cada una de las 38 láminas que lo componen; la primera de ellas se trata de un número control que todos los sujetos detectan, sean discromatópicos o no. En algunas de las láminas no existen estímulos, ya que actúan como control. El test de Ishihara requiere una iluminación concreta, idealmente el C. I. E. Standard Illuminant C (6.800 K), para obtener unos resultados precisos⁴. Es en este punto donde los profesionales suelen ser más laxos, puesto que gran parte de las consultas donde el test es aplicado carecen de iluminantes adecuados.

Es el más utilizado para detectar visión anormal del color por su facilidad de administración y rapidez, así como porque su sensibilidad y especificidad son relativamente altas. Sin embargo, es menos fiable en la determinación del tipo y la severidad del defecto y no evalúa los defectos en el eje tritán⁵. El test Ishihara cuenta con una versión infantil dirigida a niños de entre 4 y 6 años y a personas sin capacidades lectoras o con dificultades de comunicación. Se compone de 10 láminas que incorporan cuadrados o círculos.

Pese a no tener validez diagnóstica, es posible aplicar la versión para adultos en niños en caso de no poseer la versión infantil. Aunque no conozcan los números, normalmente entienden el concepto de seguir caminitos con el dedo, por tanto, si son capaces de recorrer el trazo de los distintos números con seguridad, es probable que no exista alteración de la visión del color. En caso de duda, se puede volver a asegurar la comprensión de la dinámica con la tarjeta control.

A la hora de la gradación y determinación del tipo de defecto visual se generan ciertas dudas. El examinador debe determinar el tipo de defecto y su severidad dependiendo de las respuestas dadas por el paciente, de acuerdo con la tabla de corrección que incorpora el test. En la práctica clínica es tremendamente eficaz para detectar la presencia de DVC, sin embargo, a la hora de establecer si el paciente es deután o protán y su profundidad, surgen dudas y difícilmente se llega a un diagnóstico sólido de acuerdo con las respuestas del paciente. La determinación del tipo de defecto se basa en la respuesta a las últimas 4 láminas que presentan números de 2 cifras; en función de si son los números de la izquierda o de la derecha los que se observan con mayor intensidad, el paciente será deután o protán. El defecto será grave si el sujeto solo puede ver uno, derecho o izquierdo, o medio si aprecia uno de los 2 con mayor intensidad.

En la práctica, este método es tremendamente subjetivo, pues en ocasiones los pacientes no son capaces de expresar cuál de los 2 observan con mayor claridad y es poco frecuente el caso en el que únicamente detectan uno de los 2 números.

Richmond Hardy-Rand-Rittler

Evalúa la visión del color para los 3 ejes de color: deután, protán y tritán. La última versión está compuesta por 24 láminas que contienen uno o 2 símbolos: una cruz, un círculo o un triángulo. El paciente debe decir qué símbolo observa y su localización. El objetivo del test es que el paciente no detecte las figuras cuyos puntos siguen la cromaticidad de su línea de confusión afecta. Clasifica al paciente en DVC grave, media y leve. Esta versión juega con la saturación para realizar la clasificación; aquellos que, pese a aumentar la saturación, no observen las figuras tendrán un defecto con mayor profundidad^{6,7}.

Color Vision Testing Made Easy

Fue desarrollado en 1994 por T. L. Waggoner. Se trata de un test destinado a población infantil, especialmente de 3 a 6 años. Cuenta con figuras fácilmente reconocibles por los niños, en lugar de números. El test consta de 2 partes: la primera consiste en reconocer figuras sencillas (estrella, círculo, cuadrado), pudiendo haber varias de ellas en alguna de las 9 láminas. La segunda parte está compuesta por 3 láminas con figuras algo más complejas (perro, barco, casa).

El niño debe colocarse a unos 75 cm y reconocer en menos de 3 s las figuras. Permite el reconocimiento de defectos protán y deután, así como una gruesa clasificación de la deficiencia visual⁸.

Neitz Test of Color Vision

Desarrollado por Neitz Laboratories en 2001, está dirigido a la evaluación de DVC de forma simultánea en grupos de niños. Está compuesto por una hoja de papel con 9 casillas; el niño debe seleccionar en una casilla inferior la forma de estímulo que observa entre las varias opciones posibles (círculo, triángulo, cuadrado, diamante o ninguna forma). Analiza defectos en protán, deután y tritán y es apto para niños mayores de 4 años. Destaca por su facilidad de administración y la rapidez de realización, siendo suficiente con unos 2 min por niño. Se considera que cerca del 20% de los niños suele cometer errores en su primer intento, por lo que se recomienda aplicar una segunda vez para mayor fiabilidad^{9,10}.

Cambridge Colour Test

Se trata de un examen controlado por ordenador que evalúa la visión en los 3 ejes: protán, deután y tritán. Muestra una forma de «C» con la apertura en 4 direcciones de forma aleatoria que va variando de cromaticidad respecto al fondo. El paciente debe indicar la dirección de la apertura de la «C» pulsando una de las 4 teclas existentes (arriba, abajo, izquierda o derecha). Este test presenta una ventaja clara respecto a aquellos alfanuméricos con orden establecido, pues se evita memorizar las respuestas para posteriores evaluaciones.

Al tratarse de una respuesta simple, el test consigue salvar la limitación que presentan otros para dirigirse a población analfabeta o infantil, relativa a los caracteres alfanuméricos.

El test debe ser realizado a una distancia determinada, de forma que la apertura de la «C» subtienda un grado. En caso de evaluar a población con baja visión, se recomienda utilizarlo a una distancia más cercana.

El test determina, en aproximadamente 20 min, el máximo umbral cromático para cada eje con el que el paciente es capaz de reconocer la orientación de los estímulos. No obstante, el test incorpora un rápido cribado para determinar la presencia de DVC¹¹.

Colour Assessment and Diagnosis

Se trata de un test dinámico realizado en pantalla de ordenador en el que la cromaticidad de la figura (un cuadrado que subtende un ángulo de $2 \times 2^\circ$ a los 50 cm de distancia a la pantalla) varía de forma continua sobre un fondo gris neutral, durante los 90 s que dura la versión reducida del test¹².

El cuadrado de color se desplaza a lo largo de la pantalla de forma que el sujeto debe comentar verbalmente el momento en el que deja de ver la figura, así como el instante en el que la

vuelve a ver. El test se debe realizar en una habitación oscura, con la única iluminación de la pantalla del ordenador. El test es únicamente válido para identificar DVC en los ejes rojo-verde, puesto que su efectividad en el eje tritán no ha sido probada¹³.

Test de ordenación

Consiste en ordenar un conjunto de fichas siguiendo un patrón cromático. Normalmente el test muestra la primera ficha de la serie y la última; el paciente debe tratar de seguir una escala progresiva de cromaticidad.

Farnsworth-Munsell 100-Hue

Está formado por 85 fichas de colores separados en 4 gamas y evalúa la visión del color en los 3 ejes. Tras ser realizado, se determina un valor denominado *total error score* y se clasifica al paciente en uno de los 3 tipos de capacidad discriminativa: pobre, media y superior. Antiguamente, el eje de discromatopsia se determinaba a través de un gráfico de forma prácticamente subjetiva. El examinador debía observar la tendencia de los errores realizados por el paciente hacia una de las líneas de confusión y, con ello, determinar el defecto. Por otra parte, el valor del *total error score* era utilizado para establecer la profundidad de la discromatopsia presente. En la actualidad, la corrección del test se lleva a cabo mediante un *software* que añade las fórmulas de Vingrys, King-Smith y Bowman a la clásica representación gráfica, de forma que el proceso de corrección reduce subjetividad.

Puesto que el test es capaz de evaluar la discriminación cromática para los 3 ejes (protán, deután y tritán), el Farnsworth-Munsell 100-Hue adquiere un importante rol en el seguimiento de deficiencias adquiridas en la visión del color¹⁴ y en la determinación de capacidades de discriminación cromática elevadas para diferentes ocupaciones⁴.

La principal desventaja que el test presentaba, antes de la incorporación del *software* de corrección, era el tiempo que implicaba la revisión de la versión analógica y la determinación del eje de confusión sobre el que recae el defecto. Por otra parte, hasta el desarrollo de las fórmulas anteriormente comentadas, no era posible establecer una diferencia clara entre dicrómatas o tricrómatas anómalos atendiendo al *total error score*¹⁵. El principal punto negativo recae en el hecho de que manipular las fichas del test conlleva un desgaste del pigmento que implicará pérdida de fiabilidad en los resultados tras su uso continuado, además de la necesidad de utilizar una iluminación determinada para su realización de forma correcta.

En la práctica clínica resulta un test que requiere un mínimo de destreza manual y comprensión; por tanto, no es posible aplicarlo en niños o personas mayores o con dificultades motoras. El tiempo de administración se ve generalmente aumentado en los pacientes discromatópicos debido a la continua duda que estos muestran en su realización, respecto a sujetos tricromáticos.

Basándonos en la experiencia clínica, suele ser sencillo determinar la presencia o no de discromatopsia, sin embargo, en un buen número de casos es realmente complicado establecer si el defecto es protán o deután. Las fórmulas que el *software* incorpora ayudan enormemente, no obstante, dependiendo de cómo el paciente ordena las fichas, pueden

evidenciar que el resultado de la prueba es ambiguo. En esos casos la única manera de establecer el tipo de defecto es observar el gráfico e interpretar la dirección en la que se distribuyen los errores, hacia las líneas de confusión de rojos, verdes o azules, requiriendo experiencia y subjetividad. En esta situación, sería recomendable aplicar otro test para determinar el tipo de discromatopsia que presenta el paciente con mayor seguridad.

Farnsworth-Munsell D-15

El test Farnsworth-Munsell D-15 está compuesto por una selección de 15 de las 85 fichas que componen el Farnsworth-Munsell 100-Hue. El test es capaz de diferenciar de forma gruesa deficiencias protán, deután y tritán, además de aproximar la severidad del defecto. Al existir una importante diferencia cromática de una ficha a otra, es probable que personas con DVC leve no sean detectadas por el test¹⁶. Existe una versión del D-15 dirigida a pacientes con baja visión, cuya única diferencia radica en que las piezas tienen un tamaño considerablemente mayor (3,3 cm de diámetro).

Lanthony Desaturated D-15

Tras el éxito de la versión reducida del Farnsworth-Munsell, apareció el test Lanthony Desaturated D-15, formato en el que la diferencia de cromaticidad entre las fichas es notablemente más sutil; además, presenta una saturación menor en las tonalidades seleccionadas. Resulta de utilidad para subclasificar aquellos pacientes que pasan el Farnsworth-Munsell D-15 con sospecha de DVC¹⁷.

Test de comparación

Se basan en pedir al paciente que encuentre los 2 tonos de color que subjetivamente le parecen idénticos.

Anomaloscopia de Nagel

Se trata del *gold standard* para identificar y diagnosticar DVC en la visión del rojo y el verde. De forma monocular, el paciente observa un círculo subdividido en 2 mitades, una inferior regulable y otra superior con un color fijo (determinado por el examinador en cada caso). El paciente debe tratar de igualar la parte inferior de color variable con la superior impuesta en el examen. El campo visual que subtiende el ocular del test es de 2°.

La interpretación de los resultados es sencilla: un rango de emparejamiento pequeño entre la mitad superior y la inferior significará un mayor umbral discriminatorio, por tanto, una visión del color de mayor calidad. De forma contraria, un umbral pobre o una visión del color deficiente se corresponderá con un rango notablemente más amplio¹⁸. Se considera que el test es apto cuando el emparejamiento es tricromático y el umbral es igual o menor de 4 unidades¹⁹.

Actualmente existen nuevos modelos, como el HMC Anomaloskop MR de OCULUS, que incorporan la fórmula de Moreland para el diagnóstico de deficiencias en el azul-verde²⁰.

Otros test

City University Test

Se trata de un test en formato papel, originalmente desarrollado para niños en 1980. El test emplea el principio de elección forzada, puesto que se debe escoger qué color es el más parecido al presentado¹⁶. En su segunda edición, los estímulos de sus 10 páginas se componen de un círculo central de un color determinado, rodeado de otros 4 con colores variables; se debe seleccionar el más parecido al estímulo central²¹. Los colores presentados corresponden a los del test Farnsworth-Munsell D-15, uno de los 4 periféricos es el color adyacente en el D-15 y los otros 3 pertenecen a cada una de las líneas de confusión (protán, deután y tritán). Se ha descrito que el test presenta mejor precisión diagnóstica con deuteránopes que con protánopes respecto al Farnsworth-Munsell D-15²².

Mollon-Reffin Minimalist Test

Diseñado por Mollon y Reffin en 1991, está dirigido a población infantil. Está compuesto por 5 círculos distractores (de diferentes tonalidades de gris) y un círculo de color objetivo (rojo, verde o azul de diferentes saturaciones). El niño debe seleccionar cuál de los círculos tiene color; en caso de acertar, el examinador cambiará por círculos correspondientes con una menor saturación hasta alcanzar el umbral de discriminación.

El proceso se repite para los 3 tipos de DVC. El test permite detectar defectos protán, deután y tritán, así como cuantificar el defecto²³.

Cone Contrast Test

Test desarrollado para determinar la sensibilidad al contraste del color para cada eje, siendo capaz de clasificar el tipo de discromatopsia del paciente. El test se realiza por ordenador y presenta letras coloreadas; progresivamente disminuye el contraste respecto al fondo hasta determinar el umbral para el reconocimiento de dichas letras. En su realización, aparece una letra en el centro de la pantalla y el paciente debe reconocerla y nombrarla en voz alta. Se realiza de forma monocular y el *software* incorpora un sistema de procesamiento de voz, de forma que pasa a la siguiente en caso de detectar una respuesta correcta. En caso de no verse una letra el paciente debe decir la palabra «no».

El test se compone de 20 letras, cada una de las cuales se presenta durante 1-1,6 s (la duración aumenta conforme disminuye el contraste). Todas las letras tienen la misma legibilidad, pertenecen al test Bailey-Lovie ETDRS para agudeza visual y siguen las normas impuestas por la *British Standards Institution*²⁴.

Una vez realizado el test, se obtiene una puntuación de 0-100, siendo 100 la máxima sensibilidad. El proceso dura unos 3 min por ojo²⁵.

University of Waterloo Colored Dot Test

El test contiene 20 láminas, de las cuales 3 son de demostración, una de referencia y 16 conforman el test. El tamaño del test es relativamente grande, similar al tamaño del Farnsworth-Munsell D-15, dirigido a pacientes con baja visión. Las láminas están compuestas por 3 discos grises de diferentes luminancias y un disco coloreado²⁶.

Tabla 1 – Resumen de los test presentados en el artículo

Nombre del test	Digital o convencional	Tritán	Sensibilidad	Especificidad	Edad recomendada
Ishihara	Convencional	No	0,93	0,98	A partir de 6 años ²⁸
Richmond	Convencional	Sí	1,0	0,96 (en su cuarta edición)	A partir de 3 años ⁷
Hardy-Rand-Rittler	Convencional	No	0,90	1,0	Entre 5 y 7 años ²⁹
Color Vision Testing Made Easy	Convencional	Sí	1,0	0,86	A partir de 4 años ¹⁰
Neitz Test of Color Vision	Convencional	Sí	No disponible	No disponible	No disponible
Cambridge Colour Test	Digital	Sí	No disponible	No disponible	No disponible
Colour Assessment and Diagnosis	Digital	No	0,93	1,0 ²⁶	No disponible
Farnsworth Munsell 100-Hue	Convencional	Sí	1,0 (versión convencional)	0,83 (versión convencional)	A partir de 8 años ⁷
Farnsworth Munsell D-15	Convencional y digital	Sí	No disponible	No disponible	A partir de 8 años ⁷
Lanthony	Convencional y digital	Sí	No disponible	No disponible	A partir de 8 años ⁷
Desaturated D-15	Convencional	Sí	0,95	0,83	A partir de 4 años ⁷
City University Test	Convencional	Sí	0,90	1,0	A partir de 5 años ⁸
Mollon-Reffin	Convencional	Sí	0,90	1,0	A partir de 5 años ⁸
Minimalist Test	Convencional	Sí	0,95	0,83	A partir de 4 años ⁷
Cone Contrast Test	Digital	Sí	1,0	1,0	A partir de 5 años ²⁵
University of Waterloo Colored Dot Test	Convencional	Sí	Comparable a Lanthony	Comparable a Lanthony	A partir de 3 años ²⁷
			Desaturated D-15 ²⁷	Desaturated D-15 ²⁷	

A la hora de realizar el test, se presentan al mismo tiempo la lámina de referencia (toda compuesta por discos grises de diferentes luminancias) y una lámina test donde uno de los 4 círculos tiene color y el resto son grises. El paciente debe nombrar aquel que tiene color; la probabilidad de acertar por azar se reduce al 12,5%.

El test puede ser útil para detectar el 35% de defectos congénitos en la visión rojo-verde en niños. En adultos, demostró alcanzar cifras de sensibilidad y especificidad comparables al Farnsworth-Munsell D-15²⁷.

En la tabla 1 se recogen la sensibilidad y la especificidad para cada uno de los test recogidos en la presente revisión bibliográfica. También se muestra si presentan formato digital o convencional, si son capaces de evaluar la visión del color en el eje tritán (puesto que todos son capaces de establecer la visión cromática en los ejes deután y protán) y la edad a la que están dirigidos.

Conclusión

Resulta paradójico que, pese al desarrollo tecnológico global, el test para evaluar la visión del color más utilizado actualmente siga siendo el test de Ishihara, desarrollado hace 100 años, seguido por el Farnsworth-Munsell D-15 y el test Farnsworth-Munsell 100-Hue, publicado hace unos 60 años.

Por otra parte, el anomaloscopio, considerado el *gold standard* para la evaluación de la visión del color, se utiliza en un porcentaje reducido de los artículos publicados. Esto puede deberse al amplio elenco de test disponibles, cuya sensibilidad y especificidad han quedado demostradas respecto a este, añadiendo que su administración resulta más sencilla y rápida, es posible dispensarlos a un mayor rango de población y su coste económico es menos elevado.

Para lograr una evaluación clínicamente precisa de la visión del color es conveniente utilizar el anomaloscopio; sin embargo, es posible alcanzar una fiel aproximación mediante la combinación de algunos de los test enumerados en este artículo. Los test expuestos son una buena alternativa para determinar la presencia de discromatopsias en ambientes más cercanos a la práctica clínica diaria o en entornos que requieran menos precisión que un estudio clínico, incluso colegios. No hay que olvidar que en ambientes donde no exista un control total sobre factores externos como la luz ambiental, la corrección óptica del paciente o el deterioro de materiales, la evaluación perderá fiabilidad.

En este sentido, la tendencia a utilizar test digitales como el Cambridge Colour Test seguramente siga en aumento, puesto que dichos dispositivos salvan factores externos influyentes en la evaluación, como las fuentes de iluminación externas, el deterioro de los materiales o la posible subjetividad inducida en corrección por parte del examinador. Al tratarse de un dispositivo digital, la corrección es automática y la valoración de la visión cromática del sujeto es matemáticamente precisa.

Una de las principales desventajas a la hora de evaluar la visión del color con diferentes test es que los resultados obtenidos entre unos y otros difícilmente son comparables entre sí. Este hecho se debe a que no todos los test exploran las mismas áreas del espacio de color ni presentan estímulos a lo largo de las líneas de confusión de forma igualmente precisa. Del mismo modo, las unidades en las que se reportan los resultados entre test rara vez son comunes. Lo frecuente es que cada test utilice sus propias unidades para clasificar la visión del color del paciente. Por otra parte, la influencia de las condiciones externas puede suponer diferencias significativas en los resultados de las diferentes pruebas.

La elección de un test u otro para evaluar la visión cromática debe realizarse atendiendo al propósito del examinador. En caso de simplemente necesitar determinar la presencia

o ausencia de discromatopsia, los test más recomendables son aquellos rápidos de aplicar o con versiones reducidas tipo cribado, atendiendo a los ejes que evalúan, la edad de la población diana a la que están dirigidos y su sensibilidad y especificidad.

En el caso de desear un estudio completo de la percepción cromática, será recomendable la utilización de test con pruebas tipo umbral como el Cambridge Colour Test o el Farnsworth-Munsell 100-Hue. Del mismo modo, para rápidas evaluaciones con el fin de determinar únicamente la presencia de DVC, test como el Ishihara, el Richmond Hardy-Rand-Rittler o aquellos con versiones cribado como el Cambridge Colour Test pueden ser suficientes.

En cualquier caso, puesto que no existe unanimidad sobre qué test de color resulta ser el más completo, es recomendable utilizar al menos 2 para asegurar los diagnósticos y tener una información más completa sobre la percepción visual de los pacientes.

La necesidad de colaboración por parte del paciente, la posible dificultad en la comprensión de los test o la duración del examen son algunas de las limitaciones que obstaculizan el desarrollo de test orientados a población infantil. De hecho, no se dispone de test de visión del color para menores de 3 años.

Con seguridad, en un futuro próximo se desarrollarán herramientas capaces de evaluar la visión del color sin necesidad de colaboración por parte del paciente, permitiendo a los profesionales diagnosticar problemas visuales desde los primeros años de vida, necesidad categórica de cara al abordaje temprano de enfermedades o adaptación del ambiente escolar y educativo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Simunovic MP. Colour vision deficiency. *Eye*. 2009;24:747-55.
2. Cohen JD, Matthen M. *Color ontology and color science*. Cambridge, MA: MIT Press; 2010.
3. Kinneer PR, Sahraie A. New Farnsworth-Munsell 100 hue test norms of normal observers for each year of age 5-22 and for age decades 30-70. *Br J Ophthalmol*. 2002;86:1408-11.
4. Birch J. *Diagnosis of defective colour vision*, 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2002.
5. Murphy RA. Comparing color vision testing using the Farnsworth-Munsell 100-Hue, Ishihara compatible, and digital TCV software. *College of Optometry*. 2015;9.
6. Cole BL, Lian KY, Lakkis C. The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test. *Clin Exp Optom*. 2006;89:73-80.
7. French A, Hons BO, Rose K, Neuro G, Doba DO, Thompson K, et al. The evolution of colour vision testing. *Aust Orthod J*. 2008;39:7-15.
8. Pompe MT, Kranjc BS. Which psychophysical colour vision test to use for screening in 3-9 year olds? *Zdrav Vestn*. 2012;81:170-7.
9. Neitz M, Neitz J. A new mass screening test for color-vision deficiencies in children. *Color Res Appl*. 2001;26 Suppl 1:S239-49.
10. Block SS, Lee D, Hoepfner J, Birr A. Comparison of the Neitz Test of Color Vision to the Ishihara Color Vision tests and the anomaloscopic classification. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45:1384.
11. Mollon JD, Regan BC. *Cambridge Colour Test Handbook*. 2000. Version 1.1. [consultado 23 Abr 2017]. Disponible en: <https://sites.oxy.edu/clint/physio/article/cambridgecolourtesthandbook.pdf>
12. Barbour J. The measurement of colour discrimination using psychophysical and pupillometric methods. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1992;12:82-3.
13. Seshadri J, Christensen J, Lakshminarayanan V, Bassi CJ. Evaluation of the new web-based "Colour Assessment and Diagnosis" test. *Optom Vis Sci*. 2005;82:882-5.
14. Aronson JK, Ford AR. The use of colour vision measurement in the diagnosis of digoxin toxicity. *Q J Med*. 1980;49:273-82.
15. Birch J. Use of the Farnsworth-Munsell 100-Hue test in the examination of congenital colour vision defects. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1989;9:156-62.
16. Dain SJ. Clinical colour vision tests. *Clin Exp Optom*. 2004;87:276-93.
17. Satue M, Rodrigo MJ, Obis J, Vilades E, Gracia H, Otin S, et al. Evaluation of progressive visual dysfunction and retinal degeneration in patients with Parkinson's disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58:1151-7.
18. Birch J. Failure of concordance of the Farnsworth D15 test and the Nagel anomaloscope matching range in anomalous trichromatism. *Vis Neurosci*. 2008;25:451-3.
19. Squire TJ, Rodriguez-Carmona M, Evans AD, Barbur JL. Color vision tests for aviation: Comparison of the anomaloscope and three lantern types. *Aviat Space Environ Med*. 2005;76:421-9.
20. OCULUS HMC-Anomaloskop. Equipos de Test Visual. Datos Técnicos. 2017. [consultado 14 May 2017]. Disponible en: <https://www.oculus.de/es/productos/equipos-de-testvisual/hmc-anomaloskop/datos-tecnicos/>.
21. Fletcher R. *The City University Colour Vision Test*. 2nd ed. London: Keeler; 1980.
22. Oliphant D, Hovis JK. Comparison of the D-15 and City University (second) color vision tests. *Vision Res*. 1998;38:3461-5.
23. Mollon JD, Astell S, Reffin JP. *A minimalist test of colour vision*. Dordrecht: Springer; 1991. p. 59-67.
24. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Opt*. 1976;53:740-5.
25. Rabin J, Gooch J, Ivan D. Rapid quantification of color vision: The Cone Contrast Test. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52:816-20.
26. Mistry K. An investigation to determine the influence of illumination sources on colour discrimination in normal subjects and smokers [tesis doctoral]. Birmingham: Aston University; 2015.
27. Hovis JK, Leat SJ, Heffernan S, Epp K. The validity of the University of Waterloo Colored Dot Test for Color Vision Testing in adults and preschool children. *Optom Vis Sci*. 2002;79:241-53.
28. Birch J, McKeever LM. Survey of the accuracy of new pseudoisochromatic plates. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1993;13:35-40.
29. Cotter SA, Lee DY, French AL. Evaluation of a new color vision test: Color Vision Testing Made Easy. *Optom Vis Sci*. 1999;76:631-6.