



PERCEPCIÓN ANÓMALA DEL COLOR

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Percepción anómala del color
- Características del color
- Anomalías hereditarias del color

PERCEPCIÓN ANÓMALA DEL COLOR

FUNCIÓN $V(\lambda)$

El $V(\lambda)$ o la función de eficiencia luminosa puede ser alterada en una persona con la visión del color anómala. Recordando que la función de la eficiencia de luminancia, o curva $V(\lambda)$, es con un pico ancho en forma de campana alrededor de los 555 nm. Las curvas $V(\lambda)$ para un protanope, dueteranope y tricromático se muestran en la Fig. 6-3 de Schwartz, 2004.

La curva del protanope (falta eritrolabe) se desplaza hacia las longitudes de onda más cortas. El cambio es debido a la ausencia de respuesta eritrolabe, que es sensible a longitudes de onda más largas.

La curva del dueteranope (falta chlorolabe) es casi normal, ya que la estimulación del cono M (clorolabe) no es tan importante en la función $V(\lambda)$ como la del cono L.

Como los protanopes tienen reducida la sensibilidad a las longitudes de onda largas, en comparación con tricromatas normales, las luces rojas aparecen más tenues o menos saturadas que a los tricromatas normales. Los tricromatas protanómalos muestran un cambio similar como protanope, aunque menos pronunciada. Los tricromatas dueteranómalos tienen una función $V(\lambda)$ casi normal.

PERCEPCIÓN ANÓMALA DEL COLOR (CONTINUACIÓN)

DISCRIMINACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA

La discriminación de longitud de onda para una persona anómala al color se ilustra en la Fig. 6-4 de Schwartz, 2004. La función de discriminación de longitud de onda normal (capacidad de detectar los pequeños cambios en la longitud de onda) tiene una curva en forma de W, con las sensibilidades más altas a aproximadamente 500 y 600 nm. Tanto los protanopes como los deuteranopes muestran la discriminación de longitud de onda significativamente alterada (Figura 6-4A.):

Sólo una mínima (longitud de onda de mejor discriminación de longitud de onda)

Aún peor discriminación de longitud de onda en otras longitudes de onda (valores más altos)

No hay discriminación de longitud de onda (esencialmente monocromática) por encima de aproximadamente 545 nm

Esto se relaciona esto con las características de absorción espectral de los fotopigmentos del cono (Figura 24-1 abajo). Si una persona carece o bien del pigmento del cono L o M, entonces es esencialmente monocromática más allá del rango de los conos S (aproximadamente 545 nm). Los monocromáticos son incapaces de discriminar longitudes de onda basados en la información de longitud de onda solamente. Véase la Fig. 6-5 de Schwartz, 2004.

Los tritanopes muestran una función anormal de la discriminación de longitud de onda (Véase la Fig. 6-4b de Schwartz, 2004), pero en longitudes de onda largas son relativamente buenos, ya que son todavía dicrómatas (normales) en ese rango. También son dicromáticos a longitudes de onda más cortas, pero a alrededor de 500 nm, las sensibilidades espectrales de los conos M y L son casi idénticas, por lo que la discriminación de longitud de onda es pobre en ese rango.

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

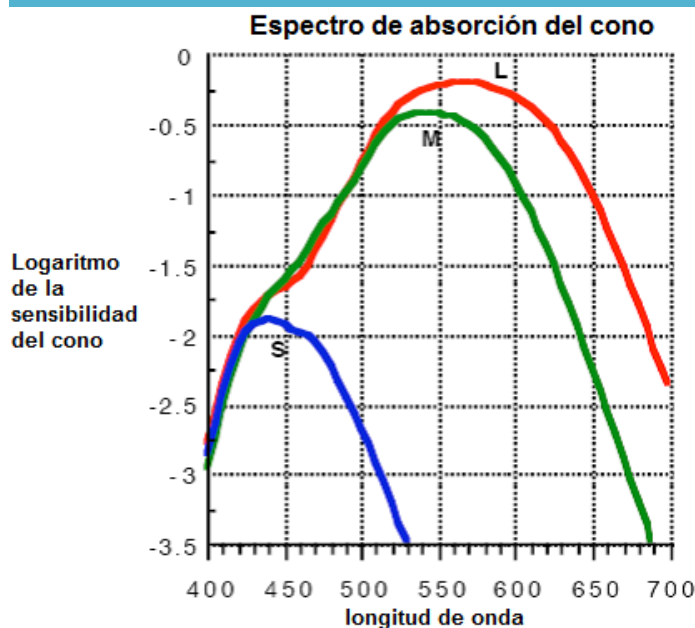


Figura 24-1: Espectro de la sensibilidad normal para L, M & S

CONFUSIÓN DEL COLOR

Debido a su limitada discriminación de la longitud de onda, los dicrómatas confunden ciertos colores. Un patrón específico de confusión del color caracteriza a cada uno de los diferentes dicrómatas. Esto se ilustra por las líneas de confusión de color en el diagrama de cromaticidad CIE que se muestran en la figura 24-2 y en la Fig. 6-6 de Schwartz, 2004.

Todos los colores que caen en la misma línea parecen ser el mismo color. Las líneas de confusión de color convergen en un **punto co -puntual** (puntos P, D y T en la Figura 24-2)

- El protanope confunde los colores como el azul-verde (492 nm) con rojo (700 nm)
- El deuteranope confunde azul-verde (498 nm) con rojo púrpura (Ver figuras de Schwartz)

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN (CONTINUACIÓN)

Como los protanopes y deuteranopes son esencialmente monocromáticos por encima de 545 nm, ambos comparten una línea de confusión del color que va desde 545 nm a través del rojo (600-700 nm) hasta el punto co-puntual. Como los protanopes y deuteranopes confunden fácilmente rojos y verdes, ambas anomalías se refieren a veces como ceguera al color rojo-verde.

El tritanope confunde violeta (400 nm) con el amarillo (570 nm). Se les refiere a veces como ciegos al color azul-amarillo.

Se observa cuáles colores aparecen igual al blanco para los diferentes dicrómatas: cerca de 492 nm para protanopes, 498 nm para deuteranopes y 569 para tritanopes. Estas longitudes de onda son conocidas como puntos neutros.

P. ¿Se puede evidenciar un problema en el diseño de un semáforo con las siguientes longitudes de onda dominantes:

Red (650 nm), amarilla (570 nm), verde (550 nm)?

R. _____

La anomalía de color más común es la **deuteranomalía**. ¿Por qué entonces sería mejor que la luz verde del semáforo fuese verde-azul en vez de verde puro?

La confusión del color ayuda a entender cómo crear una prueba de la visión del color, como una prueba de láminas seudo isocromáticas. Basta con crear una figura hecha de puntos en un mar de puntos. Los puntos que componen la figura y el fondo deben estar compuestas de colores que se encuentran en una línea de confusión color.

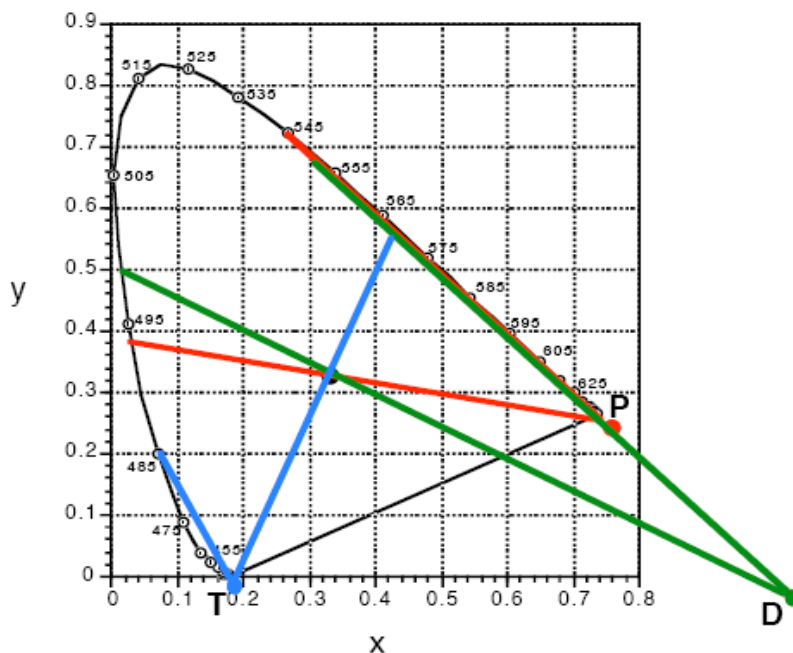


Figura 24-2: Puntos co-puntuales y algunas de las líneas de confusión. Ver Schwartz para más detalles

SATURACIÓN ESPECTRAL RELATIVA

La Fig. 6-7ª de Schwartz, 2004, muestra la saturación relativa de las diferentes longitudes de onda. Para una tricromático normal, el amarillo (~ 570 nm) parece ser el color menos saturado. La función de saturación espectral relativa para protanopes y deuteranopes se desplaza hacia longitudes de onda más cortas, y el valor mínimo de saturación se aproxima a cero. Esto significa que esas longitudes de onda son indistintas de blanco o gris.

- Para el protanope, la función de saturación cae a cero en ~ 492 nm
- Para el deuteranope cae a cero en ~ 498 nm
- El punto neutro del tritanope es de ~ 569 nm

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN (CONTINUACIÓN)

Las longitudes de onda donde los colores parecen ser blanco se llaman los **puntos neutros** (mencionados anteriormente).

En la Fig. 6-7b Schwartz, 2004 muestra que los tricrómatas anómalos muestran un cambio similar en sus funciones de saturación relativas, pero no tienen puntos neutros.

IDENTIFICACIÓN DEL COLOR

Los dicrómatas y tricrómatas anómalos pueden tener pocas dificultades para la identificación de los colores de los objetos en la vida real, ya que basan la identificación del color en otros factores aprendidos de la experiencia, como el contexto, la forma de objeto, la luminancia relativa, etc. Por ejemplo, pueden identificar fácilmente el color de diferentes frutas.

Cuando estas señales están ausentes, y se ven obligados a depender de la longitud de onda solamente, es probable que cometan errores.

La Fig. 6-8 de Schwartz, 2004, muestra una banda de colores que representan cómo puede aparecer el espectro para las personas con visión normal y anómalo color. La anchura de las bandas representa el lapso de longitudes de onda que parecen ser el mismo color. Cuando la discriminación de la longitud de onda es mejor, las bandas son estrechas.

TRICRÓMATA NORMAL

- Espectro completo del rojo al violeta
- Dos regiones de muy buena discriminación de longitud de onda ~ 500 and 600 nm

PROTANOPE

- Monocromático por encima de 545 nm
- Mala saturación del color (casi blanco) alrededor de los 492 nm
- La discriminación de longitud de onda corta es mala - todas parecen azul
- El espectro se corta a aproximadamente 650 nm debido a la ausencia del eritrolabe

DEUTERANOPE

- Monocromático por encima de 545 nm y la mala saturación del color (casi blanco) alrededor de los 498 nm
- La discriminación de longitud de onda corta es mala - todas parecen azul
- El espectro se extiende a 700 nm como en los normales.

La protanomalía está entre la tricromacia normal y la protanopia. La deuteranomalía está entre la tricromacia normal y la deuteranopia.

ANOMALÍAS HEREDITARIAS DEL COLOR

- Las anomalías protan y deutan (rojo-verde) se transmiten como un rasgo recesivo en el cromosoma X.
- El defecto sólo se expresa cuando dos cromosomas X'X' afectadas están presentes (en la mujer; raro) o si el cromosoma X' afectado está emparejado con un cromosoma Y (X'Y, en el hombre; más común)
- Por lo tanto, las anomalías del color rojo-verde se ven principalmente en los hombres (8% de los hombres); la incidencia en las mujeres es de aproximadamente 0,4%

- A pesar de que la anomalía no se puede expresar en una hembra con un par X'X, ella lo puede transmitir a sus hijos
- Cualquier hombre que hereda una anomalía color, lo hereda del gen anómalo de su madre

Al revisar la Fig. 6-9 de Schwartz, 2004, se puede predecir el patrón de herencia para cada caso posible.

Entre las cuatro anomalías rojo-verde (protanopia, deuteranopia, protanomalia, deuteranomalia), la más común es la deuteranomalia (incidencia del 5% en los hombres). Las otras tienen una incidencia en hombres de un 1% cada una (Tabla 6-2 de Schwartz, 2004).

La tritanopia y tritanomalia heredadas son muy poco frecuentes (incidencia masculina 0,005%) y se transmiten como rasgos autosómicos dominantes.

ANOMALÍAS HEREDITARIAS DEL COLOR (CONTINUACIÓN)

ACROMATOPSIA

En esta condición, el paciente aparentemente no tiene percepción del color, y por lo general tiene otras anomalías visuales graves incluidas la mala AV, nistagmus y fotofobia. Hay varios tipos:

- **Monocromatismo de bastones** (acromacia típica) - Condición hereditaria (autosómica recesiva) muy raras en la que el paciente sólo tiene bastones. Tendrá mala AV, nistagmus, fotofobia y la percepción del color anormal
- **Monocromatismo de conos azules** (disfunción incompleta de conos congénita o monocromacia de conos) - condición hereditaria rara (recesiva ligada a X); tiene bastones y conos S solamente
- **Monocromatismo de conos verdes** - tiene bastones y sólo conos M. Muy raro.
- **Monocromatismo de conos rojos** - tiene bastones y conos L solamente. Muy raro.

LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004