

Prevalencia de discromatopsia en los discentes de la Escuela Militar de Aviación, usando la prueba clínica Farnsworth-Munsell 100 Colores

Mayor M.C. Fabián de Jesús **Cruz-Pérez**

Centro de Evaluación y Certificación Aeromédica, Hospital Central Militar, Ciudad de México

RESUMEN

Antecedentes: la percepción anormal de colores se denomina discromatopsia. La prueba Farnsworth-Munsell 100 Hue fue diseñada para evaluar la discriminación en el tono de los colores entre las personas con visión de color normal y para evaluar la discriminación cromática perdida en los sujetos con defectos congénitos del color; también es útil en la evaluación y seguimiento de los defectos adquiridos del color.

Objetivo: evaluar la agudeza visual 20/20 en ambos ojos y una adecuada discriminación de colores de los discentes de la Escuela Militar de Aviación.

Material y método: estudio observacional, transversal y descriptivo que incluyó la aplicación de la prueba Farnsworth-Munsell 100 Hue en 244 discentes de la Escuela Militar de Aviación en Zapopan, Jalisco. El tiempo para la aplicación tuvo como máximo 2 minutos por cada línea de tonos, la puntuación de errores se obtuvo mediante el software incluido en la prueba y se elaboró una gráfica polar que sirvió para conocer el color afectado. La prueba se repitió en los sujetos con algún grado de discromatopsia.

Resultados: se obtuvo una prevalencia de discromatopsia en los discentes en la primera aplicación de la prueba de 14.58%. Posteriormente se aplicó nuevamente la prueba a los 35 afectados y se integró con los 205 sanos, encontrando una prevalencia de discromatopsia de 2%.

Conclusiones: de los 35 discentes afectados, al ser reevaluados, únicamente cinco continuaron con esta afección.

Palabras clave: discromatopsia, discentes, tritán, protán, deután.

Prevalence of discromatopsy in students of Military Aviation School, Mexico, using the clinical test Farnsworth-Munsell 100 Colors

SUMMARY

Background: Abnormal perception of colors is called discromatopsy. The Farnsworth-Munsell 100 Hue test was designed to assess discrimination in the tone of the colors among people with normal color vision and to assess chromatic discrimination loss in individuals with congenital defects of color, it is also useful in assessing and monitoring acquired color defects.

Objective: To assess the visual acuteness 20/20 in both eyes and an adequate discrimination of colors of students of Military Aviation School in Zapopan, Jalisco, Mexico.

Material and method: An observational, cross-sectional and descriptive study that included the application of the clinical test Farnsworth-Munsell 100 Colors in 244 students of the Military Aviation School in Zapopan, Jalisco. The time for implementation was more than 2 minutes for each line of shades, error score was obtained by the software included in the test and obtained a polar graph that served for color affected. The test was repeated in subjects with some degree of discromatopsy.

Results: The prevalence of learners discromatopsy in the first trial application was of 14%. Subsequently the test was applied again to the 35 affected and was integrated with the 205 subjects, finding a discromatopsy prevalence of 2%.

Conclusion: Of the 35 learners assigned to be reassessed, only 5 continued with this disease.

Key words: discromatopsy, learners, tritan, protan, deutan.

Médico especialista en Medicina Aeroespacial, Jefe del Centro de Evaluación y Certificación Aeromédica, Hospital Central Militar, Ciudad de México.

Correspondencia: Mayor M. C. Fabián de Jesús Cruz Pérez
Hospital Central Militar. Blvd. Manuel Ávila Camacho s/n. 11200 México, DF

Recibido: Enero 1, 2015
Aceptado: Febrero 27, 2015

Antecedentes

La habilidad normal para discriminar el espectro de colores no es universal; existe la anormalidad en su percepción, conocida como discromatopsia o comúnmente denominada daltonismo, después que John Dalton en 1794 describió el defecto visual de colores en él, su familia y otros sujetos.¹ Los defectos congénitos relacionados con la visión de los colores rojo y verde son ligados al cromosoma X y afectan de 8 a 10% de la población masculina de raza caucásica. Entre los defectos rojo y verde, la mayor incidencia es la deuteranomalía (verde).² La frecuencia varía de acuerdo con el grupo étnico y las diferentes publicaciones, pero en general, se encuentra en 3 a 8% en raza blanca, 3% en orientales, 4% en afroamericanos, 4 a 7% en mexicanos; nativos del Congo, 1%, y Uganda, 1%.^{2,3}

En contraste con los defectos rojo y verde, los defectos en la visión del color azul son infrecuentes. La tritanopía o deficiencia congénita para la visión del color azul se ha estimado en una incidencia de 1 en 13,000. La tritanomalía es difícil de demostrar debido a la amplia variación en la discriminación del color azul entre la población sana. Los genes para el fotopigmento de longitud de onda corta se encuentran en el cromosoma 7 humano y se puede transmitir de manera autosómica dominante; en estos casos, la afectación en hombres y mujeres es la misma.²

En cuanto a la discromatopsia adquirida, algunos estudios la reportan en 5 a 15%.⁴ Ésta puede aparecer en enfermedades de la retina, del nervio óptico, por influencias tóxicas, o como resultado de la progresión de una enfermedad hereditaria (retinitis pigmentosa, atrofia óptica dominante, etcétera).¹

Se han descrito alteraciones en la visión de colores por exposición a plaguicidas, radiación ultravioleta solar, radiación cósmica y diversas formas de radiación no ionizante; también se han encontrado alteraciones en el espectro del verde y azul con la exposición prolongada a niveles altos de decibelios, exposición a cirugía refractiva y por último se deja abierta la posibilidad, todavía no estudiada del todo, de la afectación por exposición a fuerzas G, exposición a microondas y fuerzas magnéticas.^{4,5}

Las pruebas de tamizaje o cribado, entre ellas las láminas pseudoisocromáticas, fueron diseñadas para identificar defectos de la visión a color con rapidez y fiabilidad. Las pruebas de clasificación evalúan la gravedad del defecto. Las pruebas de diagnóstico, como el anomaloscopio, permiten clasificar con precisión el defecto; sin embargo, una prueba puede cruzar varias categorías y servir como selección y clasificación o pruebas de clasificación y diagnóstico.⁶

La detección de los defectos tritán es más difícil debido a la amplia gama de variación en la discriminación del azul entre la población sana. Los cambios relacionados con la edad y las diferencias en la lente pueden contribuir a las diferencias en la pigmentación macular.^{2,7}

Las pruebas de arreglo fueron diseñadas por Dean Farnsworth en el decenio de 1940 y gozaron de gran popularidad por ser las primeras en su ramo (*Figura 1*).

La prueba Farnsworth-Munsell 100 Hue (FM-100) fue creada para evaluar la discriminación en el tono de los colores entre las personas con visión de color normal y para evaluar la discriminación cromática perdida en los sujetos con defectos congénitos del color.

Francois y Verriest demostraron más tarde que la prueba también es útil en la evaluación y seguimiento de los defectos adquiridos del color. Esta prueba nos proporciona el grado de discriminación de colores (superior, promedio, defectuosa y severa), así como el color afectado (deután, protán y tritán), y es una prueba susceptible de aplicarse en el medio laboral.^{8,9} En México es poco conocida en el área médica; sin embargo, es útil en el ramo electrónico y en trabajadores de la industria de la pintura e igualación de colores.

Material y método

Estudio observacional, transversal y descriptivo, en el que se incluyeron 244 discentes de la Escuela Militar de Aviación (EMA), en el periodo del 1 de octubre al 30 noviembre de 2009. Las edades comprendidas fueron entre 18 y 28 años, con agudeza visual 20/20 para ambos ojos, evaluada con las láminas de Snellen, y una adecuada discriminación de colores con las láminas de Ishihara; ambas evaluaciones se realizaron al ingreso de los discentes, en el examen médico especial, en el Centro de Evaluación y Certificación Aeromédica (CECAM) por personal del servicio de Medicina Aeroespacial.

Del total, cuatro discentes fueron del sexo femenino y únicamente se excluyeron del estudio a cuatro sujetos por no cumplir con los criterios de inclusión, quedando 240 discentes para este estudio, mismo que incluyó la aplicación de la prueba clínica FM-100; para ello se adquirió la prueba



Figura 1. Farnsworth-Munsell. La prueba se aplica sobre un fondo blanco y se ordena como se observa en la imagen; se usa una luz específica.

a la casa comercial Munsell Color Services Lab of X-Rite, Inc., en su intermediario en México, a través de la compañía ECI graphics, S. de R. L. de C. V., con código de producto M8000 y factura 14570, de origen estadounidense.¹⁰

Únicamente existió un evaluador que aplicó la prueba FM-100 al total de la población. Con la finalidad de no afectar las actividades de los discentes, la prueba se aplicó en los horarios disponibles, por lo que el evaluador se desplazó a la Escuela Militar de Aviación.

El tipo de iluminación que se usó fue estándar, tipo C, o 6,740 grados Kelvin, a 25 candelas, de manera artificial con una lámpara de escritorio con luz de día, debido a que la luz natural es variable y puede influir en los resultados. El tiempo para la aplicación de la prueba fue como máximo de 2 minutos por cada línea de tonos; el análisis de los resultados se realizó en el Centro de Evaluación y Certificación Aeromédica.

La puntuación de errores se obtuvo mediante el software incluido en la prueba, en la que se vertieron los resultados de acuerdo con la numeración del orden de las cápsulas colocadas en cada caja; asimismo, se obtuvo una gráfica polar por cada discente, que sirvió para conocer el color afectado (*Figuras 2 y 3*).¹⁰⁻¹² La prueba se repitió en los sujetos con algún grado de discromatopsia, para disminuir el sesgo por distracción, estrés, nerviosismo, problemas escolares o cualquier otra situación que impidiera la concentración y el buen entendimiento de la prueba; la repetición no se realizó en el mismo día, sino en un lapso mínimo de 24 horas.⁸⁻¹⁰

Resultados

Se obtuvo una prevalencia de discromatopsia en los discentes de la Escuela Militar de Aviación en la primera aplicación de la prueba de 14%. Se clasificó de acuerdo con el grado de discriminación de colores (*Cuadro 1*).

Asimismo, al usar la gráfica polar se encontró la prevalencia de afectación por color entre los dos grupos de discriminación patológica (*Cuadro 2*). En cuanto a la edad, la más afectada fue de 21 años, con 40% del total de los participantes; sin embargo, si correlacionamos población por grupo de edad, la más afectada resultó de 18 años, con 50% de afectación de la población, y 21 años, con 22%.

En cuanto a la puntuación de errores, encontramos una media para este primer intento, de 67.17 errores, una moda bimodal de 68 y 40, y una mediana de 60. Estos resultados reflejan de manera global la ubicación de nuestra población en la percentil 50 en cuanto al número de errores y una clasificación con discriminación promedio.

Después se aplicó nuevamente la prueba a los 35 afectados y se integró con los 205 sanos con la finalidad de eliminar sesgos por falta de atención durante la prueba; se encontró una prevalencia de discromatopsia en los dis-

centes de la Escuela Militar de Aviación de 2% (*Cuadros 3 y 4*).

En este segundo intento, la prevalencia continuó afectando en mayor medida al tercer año, en 5%, posteriormente al primero, con 3%, y finalmente al segundo año, donde no se encontró ningún afectado. En cuanto a la edad más afectada, fue de 20 años, con 2 discentes; sin embargo, al tomar la población por años, la edad de 18 años, con un discente afectado, ocupó el primer lugar, con 50% de la población afectada.

La puntuación total de errores nuevamente se calculó y se encontró una media de 57.5 errores, una moda de 68 y una mediana de 56, con lo que se catalogó una media de discriminación promedio para la población.

Discusión

La prevalencia obtenida no se puede comparar con las descritas por otros autores, debido a que se trata de una población diferente; es decir, una población uniforme, con una selección previa en cuanto a sus capacidades visuales y la mayor parte de los estudios publicados se enfocan en prevalencia en poblaciones generales. Las diferencias establecidas se basan en la prevalencia por razas o regiones del mundo, pero no se ha estudiado a poblaciones cerradas, a las que se les haya practicado previamente una evaluación para discriminación de colores y donde la población reúna características similares (edad, estado físico, alimentación, agudeza visual y nivel académico).

Sin embargo, con el fin de validar los resultados se utilizó la fórmula para el cálculo de diferencia de proporciones. Con base en nuestra hipótesis de investigación, se utilizó la prevalencia obtenida en la aplicación por segunda ocasión de la prueba de 2%, en comparación con la publicada en la población civil, de 7% en México, con valor $p < 0.05$, se acepta la hipótesis de trabajo, con lo que la prevalencia de discromatopsia en los discentes de la Escuela Militar de Aviación es diferente a la encontrada en la población civil.

No pudimos calcular la diferencia de proporciones de esta prevalencia en comparación con la encontrada en el examen aeromédico especial en 2008, de 1%, realizado en 240 aspirantes, ni con la encontrada en este año, de 2%, en 300 aspirantes, usando las cartas de Ishihara, debido a que se trata de estudios no validados; únicamente se cuenta con registros en los archivos del Centro de Evaluación y Certificación Aeromédica; además de que esta prevalencia está infraestimada, porque algunas sedes de evaluación aplicaron las láminas de Ishihara durante la primera evaluación y otras asumieron que se realizarían en el examen aeromédico especial.

A pesar de que la prueba en su instructivo anexo nos confirma que no existen errores por aprendizaje al aplicar

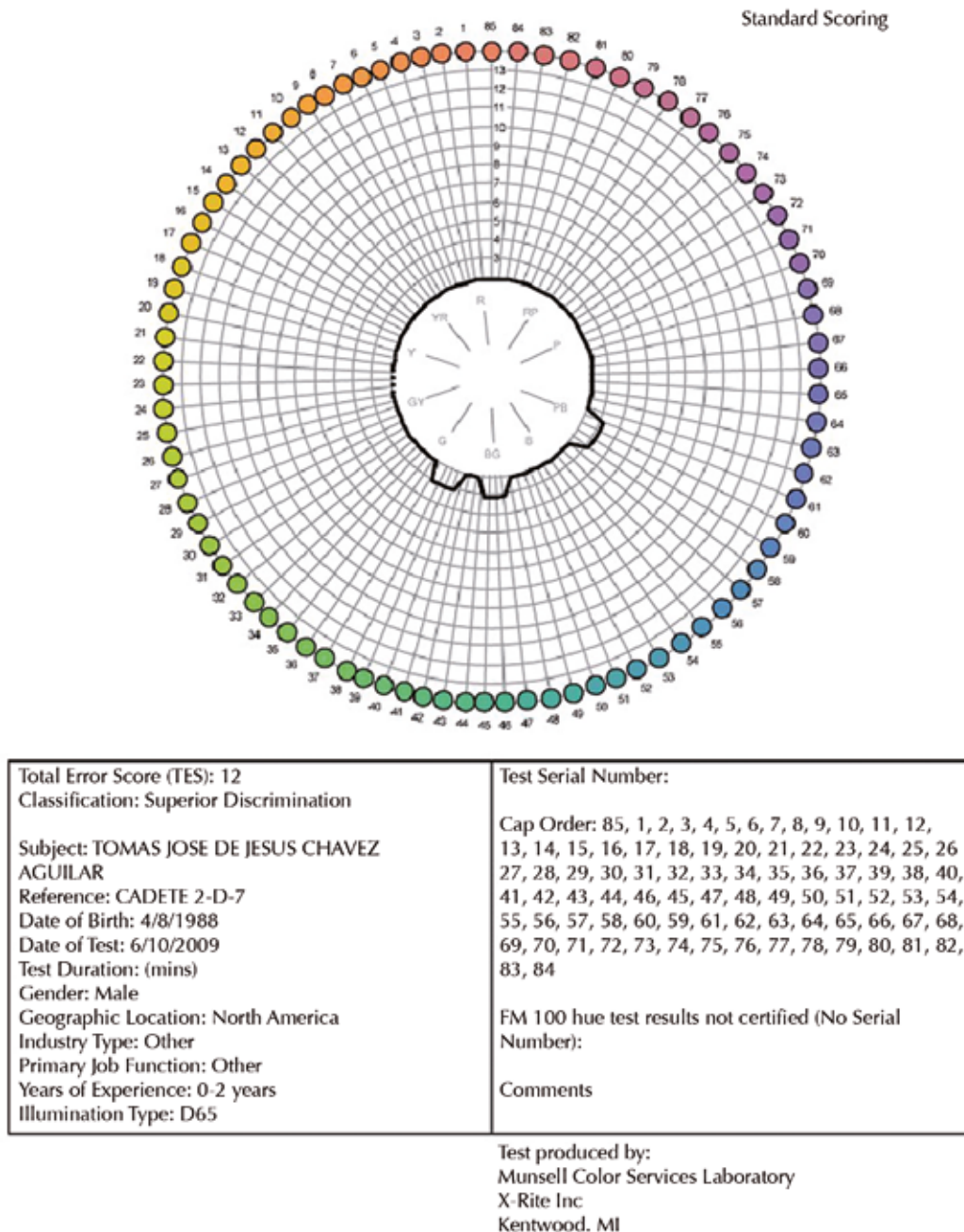


Figura 2. Gráfica polar que se obtiene del software con resultados de normalidad, con puntuación de menos de 12, clasificada como discriminación superior.

dos veces la prueba,¹⁰ quisimos corroborar esa información. Para tal efecto utilizamos la prueba t de Student, con una hipótesis de investigación: la puntuación de errores del personal con discromatopsia en el primer examen difiere de manera significativa con la puntuación obtenida en la segunda evaluación.

Para esto obtuvimos las medias de las puntuaciones de error, que fueron de 136.69 en el primer intento y de 70.4 en el segundo; una variancia de 995.18694 y 1079.04, respectivamente, con lo que obtuvimos una t de 8.6110; calculamos los grados de libertad y fueron 68; por lo tanto, con un nivel

de confianza de 0.01, se confirma que existe una probabilidad de 99% de que la puntuación de errores del personal con discromatopsia en el primer examen difiere de manera significativa con la puntuación obtenida en la segunda evaluación.

Podemos inferir, entonces, que nos enfrentamos a una prueba en la que las instrucciones claras, el nivel de atención del evaluado, el estrés o cualquier distracción objetiva interfieren de manera significativa en la puntuación de error.

Se asociaron los resultados con puntaje de errores por arriba de 100 del primer intento con su segundo intento,

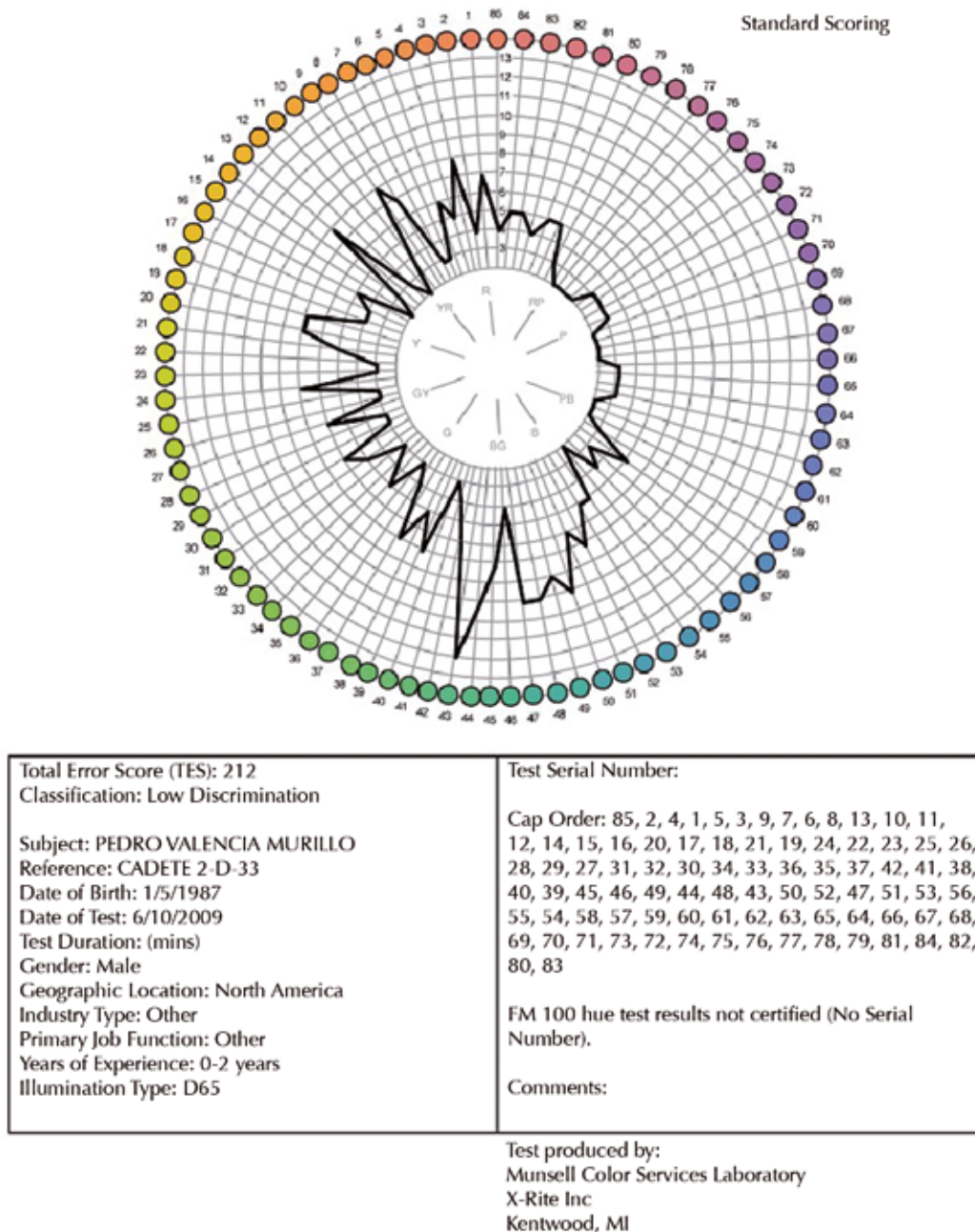


Figura 3. Gráfica polar que se obtiene del software con resultados de tritán con discriminación severa.

Cuadro 1. Prevalencia por grado de discriminación

Grado	Frecuencia	%	% acumulado
Discriminación superior	10	4	4.2
Discriminación promedio	195	81	85
Discriminación defectuosa	32	13	99
Discriminación severa	3	1	100

Cuadro 2. Prevalencia por color afectado

Color afectado	Frecuencia	%	% acumulado
Deután	9	3	3
Protán	3	1	5
Tritán	23	9	14
Sin alteraciones	205	85	100

Deután=verde; protán=rojo; tritán=azul.

Cuadro 3. Prevalencia por grado de discriminación en el segundo intento

Grado	Frecuencia	%	% acumulado
Discriminación superior	11	4	4
Discriminación promedio	224	93	97
Discriminación defectuosa	5	2	100
Discriminación severa	0	0	100

Cuadro 4. Prevalencia de afectación por color en el segundo intento

Color afectado	Frecuencia	%	% acumulado
Deután	2	0.83	0.83
Protán	0	0	0.83
Tritán	3	1	2
Sin alteraciones	235	97	100

Deután=verde; protán=rojo; tritán=azul.

mismos que fueron 35 de los discentes evaluados, y al tener dos resultados por cada uno se correlacionaron 70 resultados (*Cuadro 5*).

Conclusiones

La visión del color en los pilotos aviadores es de suma importancia; la información sensorial que necesita un piloto al volar una aeronave es cercana a 80%, atribuida al sistema visual, por lo que los métodos para diagnosticarla y reclutar adecuadamente al personal deben revisarse periódicamente.^{12,13} La prevalencia de discromatopsia en los discentes de la Escuela Militar de Aviación para este estudio fue de 14% en la primera aplicación de la prueba y de 2.08% en la segunda aplicación.

En relación con el color afectado, pudimos notar que existe prevalencia mayor al azul o tritán, que fue de 9% al primer intento y de 1% al segundo intento. Esto podemos entenderlo debido a que las láminas de Ishihara no detectan problemas tritán (azul), por lo que resulta importante en un futuro contar con esta prueba, que ayudaría a valorar este

Cuadro 5. Resultados de correlación entre los 35 afectados en sus dos intentos

Promedio de errores en el primer intento	136.69
Promedio de errores en el segundo intento	70.4
Puntuación de errores mejorados entre la primera y la segunda oportunidad	66.29
Porcentaje de mejoría	48%
Similitud de color afectado entre una prueba y otra	26 de 35 (74%)
Discrepancia de afectación de un color a normalidad	9%
Discrepancia de afectación de un color a otro diferente	17%

defecto. En segundo lugar se obtuvo en 3% deután o verde en la primera aplicación y en la segunda fue de 0.8%; esto concuerda con la bibliografía, que describe que en los defectos congénitos (verde y rojo), es más frecuente encontrar verde o deután. La clasificación por grado de discriminación arrojó resultados interesantes en la primera aplicación de la prueba, con discriminación superior de 4%, y discriminación media o promedio de 81%. Estos resultados se elevaron al aplicar por segunda vez la prueba, a 4 y 93%, respectivamente. El grado de discriminación severa no apareció en la segunda aplicación de la prueba.

Al analizar los datos de los 35 discentes afectados en el primer intento, nos dimos cuenta de que existe 48% de mejoría entre una aplicación y otra, si tomamos en cuenta la bibliografía que refiere que existe mejoría en la re-prueba, sin especificar los grados de avance, y por otro lado, el instructivo del fabricante del producto manifiesta que no existe mejoría por aprendizaje. De los 35 discentes afectados, al ser reevaluados, únicamente cinco continuaron con la afectación, por lo que concluimos que es difícil diferenciar si la mejoría notable se deba al aprendizaje o a la falta de atención por parte del evaluado, o de algún otro factor.

Asimismo, al correlacionar el tipo de color afectado entre la primera aplicación de la prueba y la segunda, encontramos una similitud de color de 74% entre una aplicación y otra; discrepancia de un color afectado a normalidad de 9% y discrepancia de un color a otro diferente de 17%. También notamos que al mejorar la puntuación de errores se podía brincar de afectación de un color a normalidad o de afectación de un color a otro diferente. Esto es importante, porque podemos tener la certeza que la re-prueba servirá para eliminar sesgos por falta de atención o por una mala explicación del examen, sin perder la orientación por color afectado entre una prueba y otra.

Ninguna de las cuatro mujeres incluidas en el estudio resultó afectada en la segunda aplicación y sólo una cumplió con la clasificación de discriminación superior; no tuvo mayor significación un análisis más profundo, debido a que se trataba sólo de 2% de la población.

Al final determinamos que esta prueba es útil como complemento a las láminas de Ishihara, que se deben seguir las instrucciones precisas para su aplicación y que al obtener un resultado con enfermedad, se deberá repetir la prueba con el fin de eliminar los sesgos y confirmar el diagnóstico. Además, la aplicación de esta prueba en el medio aeronáutico y laboral será un elemento indispensable para disminuir los errores del factor humano durante el vuelo.

Referencias

1. Flores RA, Swayne R, Sánchez AL, Cadillo RG. Estudio de discromatopsia en postulantes de la Marina de Guerra del Perú. Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna 1999;12:80.

2. Melamud A, Hagstrom S, Traboulsi E. Color vision testing. *Ophthalmic Genet* 2004;25:59-187.
3. Citirik M, Acaroglu G, Batman C, Zilelioglu O. Congenital color blindness in young Turkish men. *Ophthalmic Epidemiol* 2005;12:133-137.
4. Delpero WT, O'Neil H, Casson E, Hovis J. Aviation relevant epidemiology of color vision deficiency. *Aviat Space Environ Med* 2005;76:127-133.
5. Amado F Carvallo B, Lodoño JL, Restrepo H, Silva JI. Prevalencia de discromatopsia adquirida y exposición a plaguicidas y a radiación ultravioleta solar. *Rev Fac Nac Salud Pública* 1997;15:69-93.
6. Thyagarajan S, Moradi P, Membray L, Laidlaw DA. Technical note: The effect of refractive blur on colour vision evaluated using the Cambridge Color Test, the Ishihara Pseudoisochromatic Plates and the Farnsworth Munsell 100 Hue Test. *Ophthalmic Physiol Opt* 2007;27:315-319.
7. Demicheli H, Lorenzelli J. Manifestaciones oculares secundarias y tóxicas producidas por medicamentos usados por vía general. *Rev Med Uruguay* 1986;3:278-287.
8. Sharma R, Mishra YC, Verma GL, Goswami U. Evaluation of acquired colour defects by F.M. 100 hue test. *Indian J Ophthalmol* 1982;30:371-373.
9. 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;86:1408-1411.
10. Munsell Color Services Lab of X-rite, Inc. Munsell color FM 100 Hue Color Vision Test start Up Guide, Copyright 2008 X-Rite. Version 3.0100 Hue Test Scoring Tool Farnsworth Munsell.
11. Squire TJ, Rodriguez M, Evans AD, Barbur JL. Color vision tests for aviation: Comparison of the anomaloscope and three lantern types. *Aviat Space Environ Med* 2005;76:421-429.
12. International Civil Aviation Organization. International standards and recommended practices, Annex 1. Office of Aviation Medicine Federal Aviation Administration 2001.
13. González Manrique M. Test de visión cromática asistido por ordenador. *Boletín de la Sociedad Oftalmológica de Madrid* 2007;47.

