



Documentación

NTP 352: Neurotoxicidad: estudio de la visión cromática

Neurotoxicité: évaluation de la vision des couleurs
Neurotoxicity: colour vision evaluation

Redactora:

M^a Dolores Solé Gómez
Especialista en Medicina del Trabajo

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

El estudio del funcionamiento de la fracción nerviosa del aparato visual, muy especialmente de la visión de los colores, se muestra como un medio eficaz para verificar las alteraciones neurofisiológicas precoces y, por ende, como un método sencillo y rápido de control del efecto de ciertas sustancias neurotóxicas.

Los colores que podemos ver resultan, según Hering, de la combinación de cuatro sensaciones cromáticas fundamentales, complementarias dos a dos: rojo-verde y amarillo-azul.

En el cuadro 1 se han consignado algunas de las sustancias en las que se ha descrito una prevalencia elevada de alteraciones de la visión cromática entre los trabajadores expuestos.

Cuadro 1: Ejemplo de sustancias con repercusión en la visión cromática

ALTERACIÓN DEL EJE ROJO-VERDE
Disulfuro de Carbono, Tetracloroetileno, Dinitrotolueno, Monóxido de Carbono, Etilenglicol, Talio.
ALTERACIÓN DEL EJE AMARILLO-AZUL
Disolventes orgánicos (mezclas), Estireno, n-Hexano, Etanol, Tolueno, Plomo.

Discromatopsias adquiridas

Las alteraciones de la visión cromática pueden ser hereditarias (es decir, consecuencia de un desarrollo incompleto del sentido de la visión) o adquiridas (consecuencia de la exposición a ciertas sustancias químicas, secundarias a enfermedades oculares o sistémicas o resultado de un traumatismo craneal).

Dichas alteraciones han sido clasificadas de forma muy diversa por los expertos. A efectos

prácticos, centrándonos en las discromatopsias derivadas de la acción de las sustancias químicas sobre la retina y/o el nervio óptico, utilizaremos en esta nota técnica la interpretación de la clasificación de H. Kollner (1912) hecha por Marré (1973):

- a. Defectos en el eje Rojo-Verde: asociados en general con las vías ópticas; de carácter progresivo, interesando todos los colores pero principalmente el rojo y el verde.
- b. Defectos en el eje Amarillo-Azul: de origen retiniano, con tendencia a salvaguardar la visión del rojo y del verde. Puede combinarse con (a) dando lugar a una ceguera total de los colores.

Las principales características de las alteraciones adquiridas, en contraste con las hereditarias, según François J. (1961) y Fletcher R. (1985), quedarían resumidas en el siguiente listado:

- a. Asimétricas: la alteración puede ser monocular.
- b. Pueden acompañarse de otras deficiencias en la esfera visual: agudeza visual, campos visuales, adaptación a la oscuridad...
- c. Se afecta con mayor frecuencia el eje amarillo-azul.
- d. La proporción de afectación según sexo es 1:1
- e. La gravedad de la lesión es variable, dependiendo del grado de exposición.
- f. Puede existir una cromatopsia asociada (visión coloreada de las superficies blancas).
- g. Los colores son nombrados correctamente por los afectados en base al conocimiento previo de los mismos.
- h. La discriminación entre tonos (Hue) está alterada.
- i. La visión de los colores mejora si se aumenta el tamaño, la luminancia, el tiempo de exposición o la saturación del test de colores utilizado.
- j. Un defecto "atípico" o el relato de un cambio en la sensación cromática brusco o en el pasado sugiere una anomalía adquirida.

Exploración de la visión cromática

Indudablemente, los tests más apropiados para el estudio de las discromatopsias adquiridas son los basados en el sistema desarrollado por A.H. Munsell. Nos referimos a los tests "Farnsworth-Munsell 100 Hue" y el "Panel D-15" en sus versiones saturada y desaturada.

Si nuestro objetivo no es diagnóstico sino que pretendemos detectar de forma precoz los efectos producidos por sustancias neurotóxicas o controlar colectivos expuestos a las mismas, los tests D-15, dadas su simplicidad y rapidez, tanto de realización como de interpretación, son los más adecuados. Es más, en la esfera de las discromatopsias adquiridas, el Panel D-15 en su versión desaturada es el más recomendable, ya que ha demostrado tener una mayor sensibilidad que la versión saturada en la detección de las alteraciones no hereditarias.

Descripción

El test D-15 desaturado deriva del saturado. Está compuesto por 16 pastillas de colores escogidas en el atlas de Munsell de forma que los intervalos entre tonos (Hue de Munsell) sean aproximadamente iguales, así como la luminosidad (Value de Munsell) y la saturación (Chroma de Munsell). Las coordenadas Munsell del test son R8/2.

Todas las pastillas llevan un número de orden en el reverso: P para la pastilla de referencia y de 1 a 15 para el resto de pastillas.

Condiciones de aplicación

El test se llevará a cabo sobre una mesa de exploración cuya superficie sea negra o gris mate. Se apagará la luz de la sala donde se realice el test, iluminando las pastillas de colores mediante un punto de luz situado a 30 cm, tipo C (6700K: mired 149) y de 1150 lux. Se evitarán fluorescentes o lámparas de tungsteno.

Si el trabajador es portador de corrección óptica realizará el test con la misma, salvo que los cristales sean coloreados. En dicho caso se corregirá su déficit visual mediante lentes correctoras no coloreadas. Se explorará cada ojo por separado y se comprobará cualquier alteración repitiendo el test. No existe tiempo límite para la realización del mismo.

Realización del test

Las pastillas de colores se dispondrán sobre la mesa en desorden, salvo la pastilla de referencia que se dejará dentro del estuche.

Se instruirá al trabajador para que ordene, a partir de la pastilla de referencia, el resto de pastillas por similitud cromática.

Anotación del test

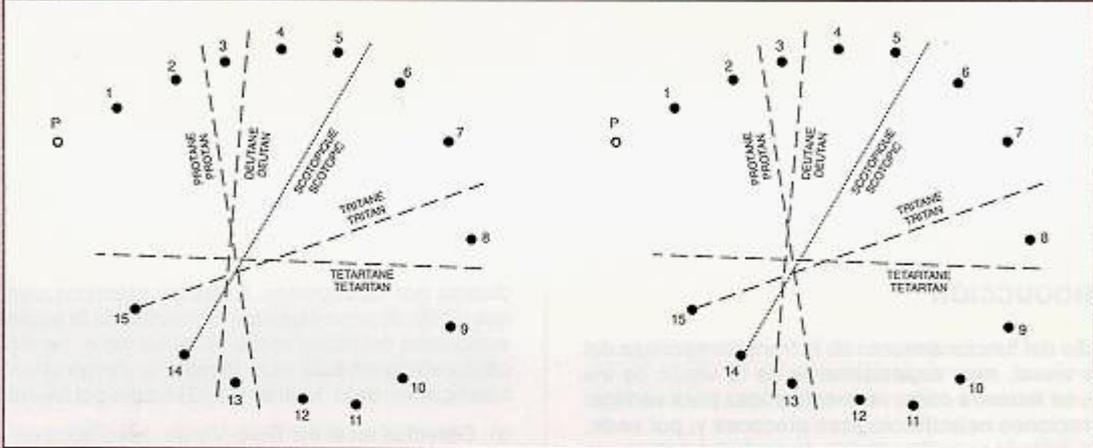
Se anotará el orden establecido por el trabajador en la hoja de respuestas (ver figura 1) y se establecerá el diagrama resultante.

PANEL D-15 DESATURADO Fecha _____

Nombre _____ nº HC _____

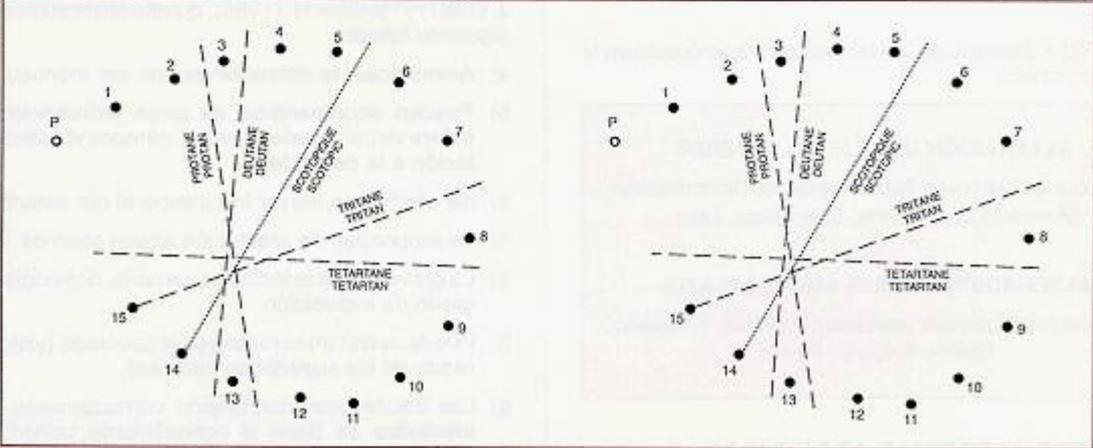
OJO DERECHO

TEST															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RETEST															



OJO IZQUIERDO

TEST															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RETEST															



DIAGNÓSTICO:

Fig. 1

Interpretación del test

El test puede tener una valoración tanto cualitativa como cuantitativa. La primera se basa en la disposición de los errores cometidos según los ejes representados en el diagrama. La segunda básicamente en el cálculo del TCDS (Total Colour Difference Score) y del CCI (Colour Confusion Index) definidos por Bowman K.J. et al (1983).

Interpretación cualitativa

Normal: la visión cromática normal se verá reflejada en el diagrama por un círculo perfecto o por la existencia de un solo error o de varios errores mínimos entre pastillas contiguas (ver figura 2).

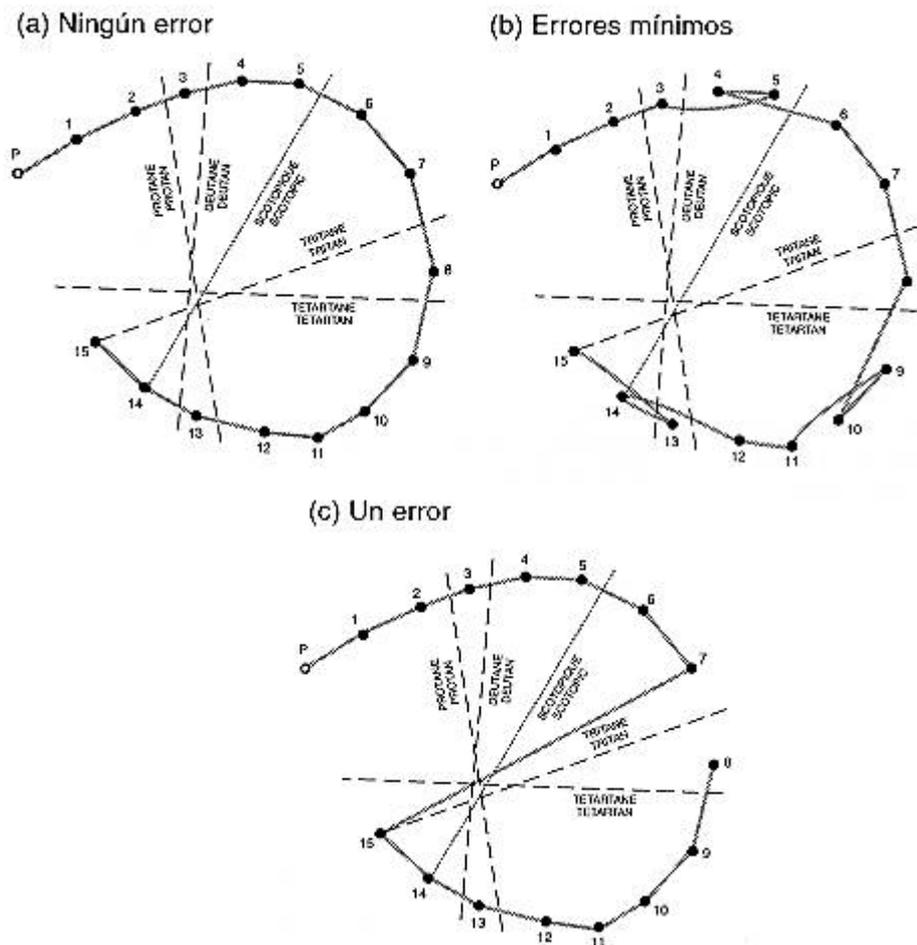


Fig. 2: Normal

Alteración en el eje Rojo -Verde: el diagrama resultante presentará líneas paralelas a los ejes Protan o Deutan (ver figura 3).

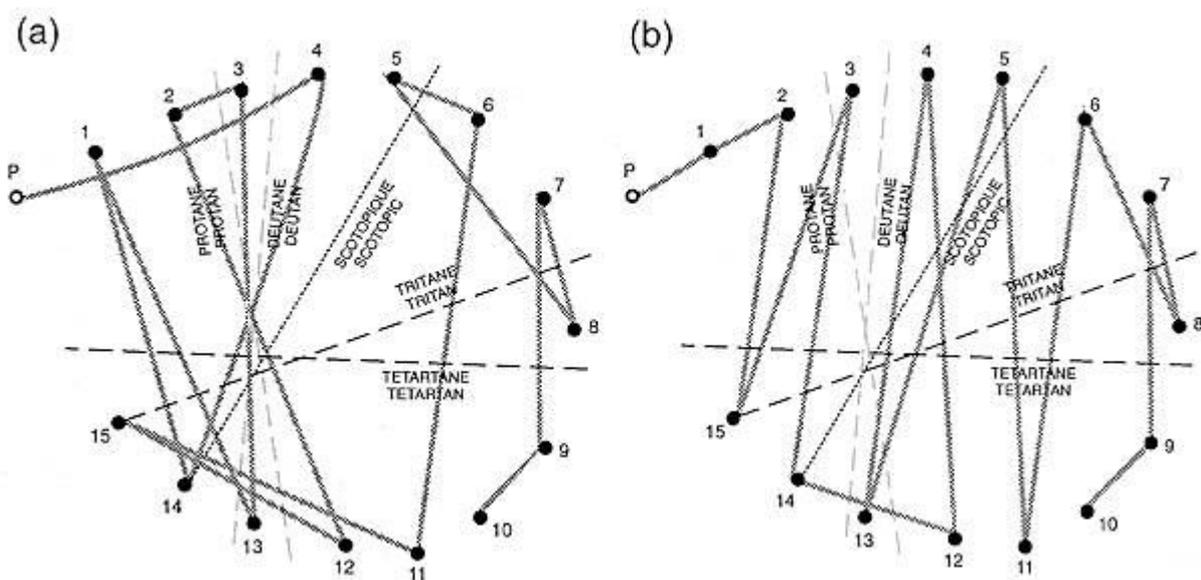


Fig. 3: Alteración en el eje Rojo-Verde

Alteración del eje Amarillo-Azul: el diagrama resultante presentará líneas paralelas a los ejes Tritan o Tetartran (ver figura 4).

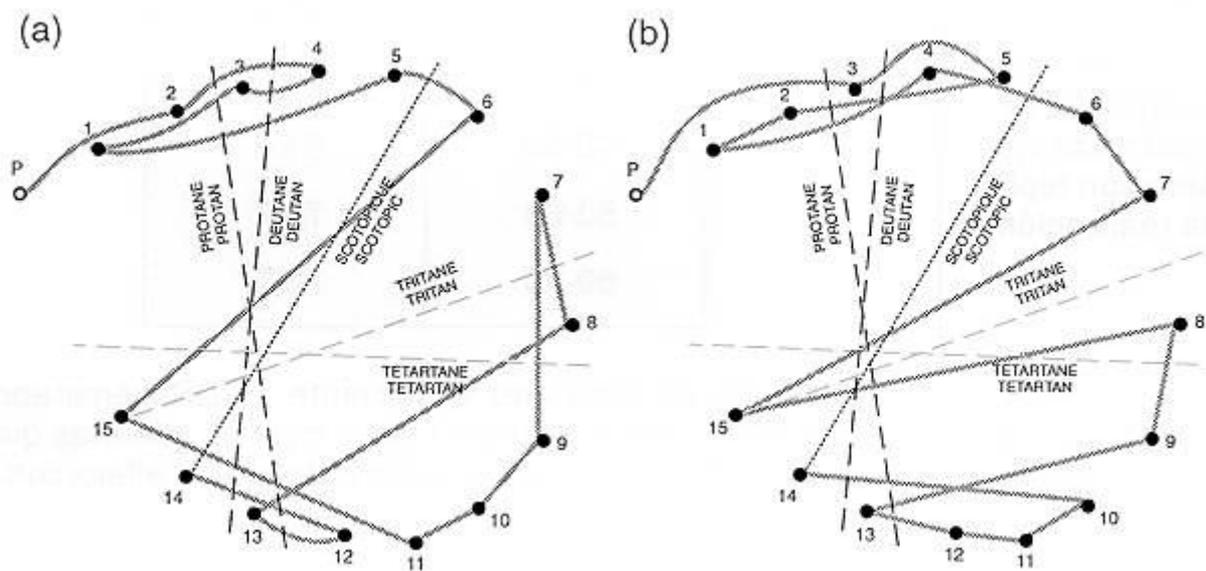


Fig. 4: Alteración en el eje Amarillo-Azul

Alteración de ambos ejes: el diagrama resultante será una combinación de las dos categorías anteriores (ver figura 5).

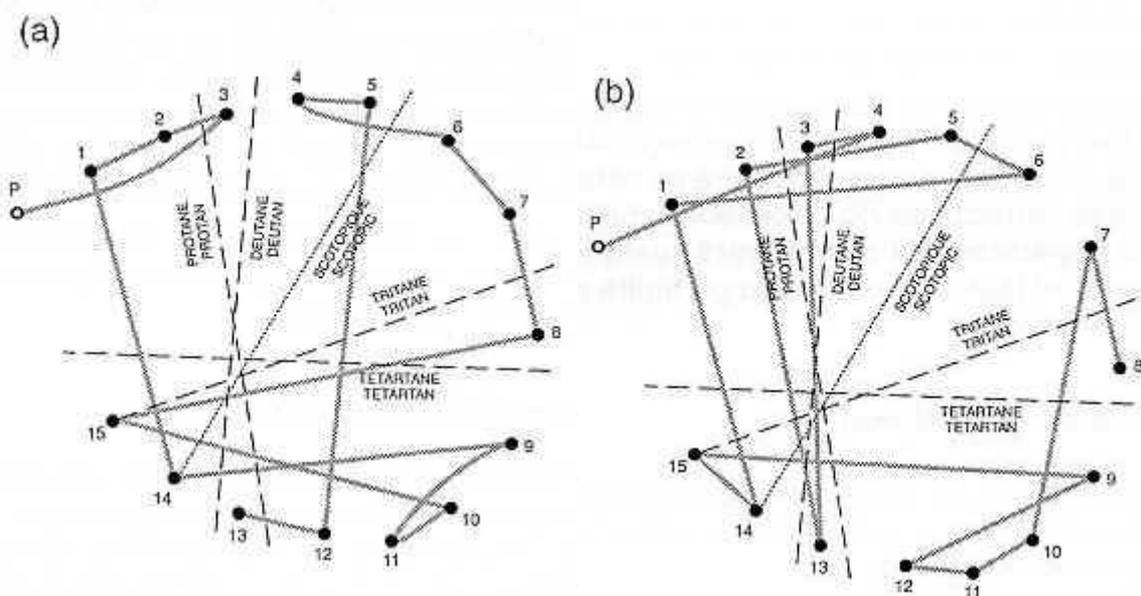


Fig. 5: Alteración en ambos ejes

Interpretación cuantitativa

El método cuantitativo está basado en el cálculo de la suma de las diferencias cromáticas de las pastillas adyacentes según el orden obtenido por el sujeto explorado (ver cuadro 2).

Cuadro 2: Diferencias cromáticas entre cada pastilla del D-15 desaturado y el resto

Panel D-15 (Desaturado)	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P	-	3,3	6,7	9,9	11,9	14,4	17,7	21,0	21,6	19,7	15,2	13,2	12,0	10,0	8,6	6,7
1		-	3,4	6,8	9,0	11,7	15,6	19,6	21,0	19,9	16,4	15,0	14,0	12,4	11,4	9,8
2			-	3,6	6,1	9,0	13,4	18,2	20,5	20,2	17,8	16,9	16,2	15,0	14,3	12,9
3				-	2,6	5,6	10,2	15,5	18,5	19,1	17,9	17,7	17,3	16,7	16,3	15,3
4					-	3,0	7,7	13,3	16,7	17,9	17,6	17,9	17,8	17,5	17,5	16,8
5						-	4,8	10,8	14,8	16,7	17,5	18,3	18,5	18,6	18,9	18,5
6							-	6,2	10,9	14,0	16,6	18,2	18,9	19,7	20,5	20,6
7								-	5,5	9,9	14,7	17,1	18,3	19,9	21,3	22,1
8									-	5,1	11,3	14,2	15,7	17,9	19,6	20,9
9										-	6,7	9,9	11,6	14,0	15,9	17,6
10											-	3,2	4,9	7,6	9,6	11,6
11												-	1,8	4,5	6,6	8,7
12													-	2,7	4,8	7,0
13														-	2,1	4,3
14															-	2,3
15																-

El TCDS es una información cuantitativa acerca del número y del tipo de transposiciones hechas por el examinado: A mayor TCDS mayor alteración. Las cifras de normalidad dependen de las condiciones de realización de la prueba. A modo orientativo, sirvan las cifras obtenidas, según edad, por Bowman et al (1984).

EDAD	TCDS
10-20	61.1
20-30	58.8
30-40	62.0
40-50	64.8
50-60	70.7
60-70	73.5

El CCI no es más que el cociente $TCDS_{\text{examinado}} / TCDS_{\text{ideal}}$. Un CCI igual a 1 sería normal, mientras que un CCI superior a 1 sería representativo de alteración.

Ejercicios

Vamos a calcular el valor del TCDS y del CCI de los ejemplos gráficos correspondientes a las letras (a) y (b) plasmados en las figuras 2, 3 y 4.

Ejercicio 1

Los datos de los ejemplos (a) y (b) de la Figura 2 serían los consignados en la tabla siguiente:

NORMAL	
(a)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
(b)	1 2 3 5 4 6 7 8 10 9 11 12 14 13 15

Ejemplo (a)

El TCDS es el resultado de la suma de las diferencias cromáticas entre pastillas adyacentes. Así pues el TCDS del ejemplo (a) resultará de la suma de las diferencias cromáticas entre P y 1; 1 y 2; 2 y 3; 3 y 4.....14 y 15.

Si buscamos el valor de dichas diferencias en el cuadro 2 vemos que el TCDS resulta de la suma siguiente:

$$3,3 + 3,4 + 3,6 + 2,6 + 3,0 + 4,8 + 6,2 + 5,5 + 5,1 + 6,7 + 3,2 + 1,8 + 2,7 + 2,1 + 2,3 = 56,3$$

Este es el $TCDS_{\text{ideal}}$ del test D-15 desaturado ya que la secuencia es la correcta, sin ningún error. El CCI será pues igual a 1 ($56,3 / 56,3$).

Ejemplo (b)

El TCDS resultará de la suma de las diferencias cromáticas entre P y 1; 1 y 2; 2 y 3; 3 y 5; 5 y 4; 4 y 6; 6 y 7.....13 y 15.

Gráfico (b) : $TCDS = 79,2$

Gráfico (b) : $CCI = 79,2 / 56,3 = 1,4$

Ejercicio 2

Los datos correspondientes a la figura 3 serían los siguientes:

		ROJO-VERDE														
(a)		4	14	1	13	3	2	12	15	11	6	5	8	7	9	10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(b)		1	2	15	5	14	12	4	13	5	11	6	8	7	9	10

Gráfico (a) TCDS = 165,3 CCI = 2.9

Gráfico (b) TCDS = 179,5 CCI = 3.2

Ejercicio 3

Los datos correspondientes a la figura 4 serían los siguientes:

		AMARILLO-VERDE														
(a)		2	4	3	1	5	6	15	11	10	9	7	8	13	12	14
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(b)		3	5	2	1	4	6	7	15	8	9	13	12	11	10	14

Gráfico (a) TCDS = 118.8 CCI = 2.1

Gráfico (b) TCDS = 130.3 CCI = 2.3

Conclusiones

En esta NTP nos hemos limitado a describir el test "Panel D-15 desaturado". La introducción del mismo en el protocolo de Vigilancia médica de trabajadores expuestos o su uso en estudios epidemiológicos requerirá, dependiendo de los objetivos y de los recursos, del control de otras variables (edad, exposición, alcohol, medicación...) o de la realización de otros tests o pruebas complementarios.

Bibliografía

(1) ATCHINSON, D.A.; BOZIMAN, K.J.; VINGRYS A.J.

Quantitative scoring methods for D15 Panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies

Optometry and Vision Science, 1991, 68(1), 41-48

(2) BOWMAN, K.J.

A method for quantitative scoring of the Farnsworth Panel D-15

Acta Ophthalmologica, 1982, 60, 907-916

(3) BOZIMAN, K.J.; COLLINS, M.J.; HENRY, C.J.

The effect of age on performance on the panel D-15 and desaturated D-15: a quantitative evaluation

Doc Proc Ophthalmol Ser, 1984, 39, 227-231

(4) COLLIN, B.

Recognition of acquired colour defects using the Panel D-15

The Australian Journal of Optometry, december 1966, 342-347

- (5) CHIA, S.E. ; JEYARATNAM, J. ; ONG, C.N. ; NG, T.P. ; LEE, H.S.
Impairment of color vision among workers exposed to low concentrations of styrene
Am J Ind Medicine, 1994, 26(4), 48-488
- (6) FALLAS, C. ; FALLAS, J. ; MASLARD, P. ; DALLY, S.
Subclinical impairment of colour vision among workers exposed to styrene
Br J Ind Med, 1992, 49, 679-682
- (7) FLETCHER R. ; VOKE, J.
Defective colour vision : fundamentals, diagnosis and management
Bristol: Adam Hilger Lid, 1985
- (8) FRANÇOIS, J ; VERRIEST G.
On acquired deficiency of colour vision
Vision Res., 1961, 1, 201-219
- (9) GOBBA, F. ; GALASSI, C. ; IMBRIANI, M. ; GHITTORI, S. ; CANDELA, S. ;
CAVALLERI, A.
Acquired dyschromatopsia among styrene-exposed workers
J Occup Med, 1991, 33, 761- 765
- (10) KOLLNER, H.
Stroungen des Farbensinnes ihre Unische Bedeutung und Irhe Diagnose
Berlin : Karger, 1912
- (11) LANTHONY, P.; DUBOIS-POULSEN, A.
Le Farnsworth-15 désaturé
Bull. Soc. Qphtalmol. Fr, 1973, 73, 861-866
- (12) LANTHONY, P.
The desaturated panel D-15
Doc. ophthalmol., 1978,46(1), 185-189
- (13) LEGAULT-BÉLANGER, S. ; BACHAND, M. ; BÉDART, S. ; BRABANT, C. ; DE
GROSBOIS, S. ; MERGLER, D.
**Perte de discrimination chromatique chez des travailleurs soumis à une exposition
complexe et variable aux solvants organiques**
Arch. mal. prof, 1988, 49 (7-8), 475-482
- (14) MARRE, M.
The investigation of acquired colour vision deficiencies
London: Adam Hilger Ud, 1973.
- (15) MERGLER, D. ; BLAIN, L. ; LAGACÉ, JP.
Solvent related colour vision loss : an indicator of neural damage?
Int Arch Occup Environ Health, 1987, 59, 313-321
- (16) MERGLER, D. ; BLAIN, L.
Assessing color vision loss among solvent-exposed workers
Am J Ind Medicine, 1987, 12, 195-203
- (17) MERGLER, D.; BÉLANGER, S.; DE GROSBOIS, S.; VACHON, N.
Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure

among printshop workers

Toxicology, 1988, 49, 341-348

(18) RAITTA, C.; TEIR, H.; TOLONEN, M.; NURMINEN, M.; HELPIÖ, E.; MALMSTRÖM, S.
Impaired color discrimination among viscose rayon workers exposed to carbon disulfide

J.O.M, 1981, 23(3), 189-192

(19) VINGRYS A.J.; KING-SMITH, P.E.

A quantitative scoring technique for Panel tests of color vision

Investigative Ophthalmology & Visual Science, 1988, 29(1), 50-63

Advertencia

© INSHT