

Influencia del perfil del borde del área de presentación de las redes en la medida de la Función de Sensibilidad al Contraste

J.E. Santillán / R.C. Aguirre / E.M. Colombo

Departamento de Luminotecnia Luz y Visión (DLLyV)
Av. Independencia 1800 – (4000) Tucumán
jsantillan@herrera.unt.edu.ar

La Función de Sensibilidad al Contraste (FSC) es la equivalente psicofísica de la Función de Transferencia Óptica y refleja la respuesta espacial global del sistema visual humano utilizando un método no invasivo.

Se propone comparar dos conjuntos de mediciones. En una de ellas las redes sinusoidales, utilizadas como estímulos, se presentan en un área circular con el borde bien definido –abrupto-, y en la otra, el borde presenta una variación gradual con perfil gaussiano. El objetivo es determinar la influencia del perfil del borde en la determinación de la FSC.

El experimento fue llevado a cabo con un dispositivo generador de estímulos visuales desarrollado en el DLLyV de la UNT basado en una PC convencional adaptada para ese fin. La prueba se diseñó usando redes sinusoidales con frecuencias espaciales de 0,64 – 1,29 – 2,6 – 5,3 – 7,9 – 15,8 ciclos/grado. Se utilizó la metodología de elección forzada de 2 alternativas en su variante espacial. El estímulo aparece aleatoriamente en la izquierda o derecha de la pantalla durante 500 msec, y la tarea del observador consiste en decir el lugar donde se presentó el mismo. Realizaron la prueba 5 observadores, con visión monocular y con ambos ojos. Cada estímulo, definido para una frecuencia espacial y cada uno de los 5 contrastes de luminancia usados, se repitió 25 veces.

Los resultados indican que cuando el perfil utilizado es abrupto los valores de sensibilidad al contraste son sobrestimados y que este apartamiento depende de la frecuencia medida.

The Contrast Sensitivity Function (CSF) is the psychophysical equivalent of the Optical Transfer Function (OTF) and it assesses, in a global way, the human visual system's spatial response by using a non invasive methodology.

We propose to compare two sets of contrast sensitivity measurements. In the first condition, the sinusoidal gratings used as stimulus were presented in a circular patch with sharp contours. In the second condition the contours of the patch were smoothed. The objective was to evaluate the patch's contour influence when the Contrast Sensitivity Function is assessed.

The experiment was carried out with a specially built generator of visual stimuli, adapting a standard PC for this purpose. The experiment was designed using sinusoidal gratings whose spatial frequencies were 0,64 – 1,29 – 2,6 – 5,3 – 7,9 – 15,8 cycles/degree.

The Two Alternatives Forced Choice (2AFC) psychophysical methodology was used (in its spatial version). The stimulus appeared randomly both right or left on the screen and the subjects answered where they saw it.

5 observers took part in the experiment, with monocular vision on both eyes. Each stimulus, defined for a specific spatial frequency and each one of the 5 luminance contrasts were repeated 25 times.

When the stimuli have sharp contours the results show that contrast sensitivity values tend to be overestimated and this overestimation depend on the measured spatial frequency.

I. INTRODUCCIÓN

La FSC es la equivalente psicofísica de la Función de Transferencia Óptica y refleja la respuesta espacial global del sistema visual humano utilizando un método no invasivo. Desde los años 60 se emplean las redes sinusoidales como estímulos para medir la sensibilidad al contraste. Esto se debe a que los

canales visuales del sistema retina-cerebro funcionan como filtros discretos sintonizados a diferentes frecuencias y orientaciones espaciales, demostrándose que este tipo de estímulos permite evaluar individualmente el desempeño de cada uno de estos canales elementales^(1, 2). El procedimiento consiste en presentar la red de una frecuencia determinada variando experimentalmente el contraste, incluyendo valores altos, para los cuales la red

es perfectamente visible, y valores más pequeños, para los cuales la red no se percibe. La tarea del observador es determinar este contraste mínimo, a partir del cuál la red ya no puede ser detectable. Este valor es el contraste umbral y su recíproca es la sensibilidad al contraste. La alteración o lesión de una parte del camino visual puede producir cambios en la forma de la curva de la FSC de un sujeto y este hecho es el que marca su utilidad como herramienta para el diagnóstico en la clínica oftalmológica⁽³⁾.

En el presente trabajo se comparan los resultados de dos conjuntos de mediciones de sensibilidad al contraste. En una de ellas las redes sinusoidales utilizadas como estímulos se presentan en un área circular con el borde bien definido -abrupto-, y en la otra, el borde presenta una variación gradual con perfil gaussiano. El objetivo es determinar la influencia del borde en la medición de la Función de Sensibilidad al Contraste. El mismo forma parte de una serie de experimentos pilotos previos a la determinación de curvas de referencia con el prototipo utilizado, las cuales serán utilizadas en la clínica oftalmológica.

II. MÉTODOS

Descripción del equipamiento

El sistema informatizado utilizado en este trabajo, de mejores prestaciones que los tests de láminas más usados dada su versatilidad y el bajo costo del equipamiento involucrado, surge como una valiosa herramienta para reemplazar los tests en uso actualmente⁽⁴⁻⁶⁾. El equipo consiste básicamente en una computadora PC dotada de los dispositivos periféricos estándares, en particular de una tarjeta gráfica SVGA, y un monitor de tubo de rayos catódicos. Además se ha incorporado al equipo un atenuador de video que permite mejorar la resolución en niveles de grises desde 8 bits a 14 bits, lo que significa obtener más de 16.000 valores diferentes de niveles de gris en una escala lineal de luminancias⁽⁷⁾. El sistema permite generar redes sinusoidales de orientación horizontal, con frecuencias espaciales desde menores a 1 ciclo/grado hasta valores de alrededor de 20 ciclos/grado, con contrastes desde 0,002 hasta 1 y con errores que varían entre el 1,5% hasta el 10%.

El proceso de calibración del sistema para obtener redes sinusoidales consiste en la corrección de linealidad del tubo de rayos catódicos o corrección gamma, la determinación de las ganancias del atenuador y la compensación del contraste sobre la base del

conocimiento previo de la MTF (Función de Transferencia de Modulación) del monitor.

El equipo utilizado está conformado por una computadora con procesador Pentium III equipada con una tarjeta de video AOPEN Riva TNT2/64 PA3000 plus y un monitor color Samsung SyncMaster 955DF de 19 pulgadas. Para comodidad de los observadores se utilizó un keypad especialmente construido para este tipo de experimentos, el cual consta de dos botones diferenciados claramente y que permite reducir el riesgo de confusión o de respuestas erróneas.

Estímulos

Los estímulos utilizados fueron redes sinusoidales, estáticas y de orientación horizontal. Las frecuencias espaciales empleadas fueron: 0,64 - 1,29 - 2,6 - 5,3 - 7,9 y 15,8 ciclos/grado.

El tiempo de presentación de cada estímulo en su contraste nominal fue de 500 mseg, pero se moduló temporalmente el contraste con unas rampas ascendentes y descendentes de 250 mseg respectivamente para lograr que el estímulo apareciera en forma gradual, evitando de esta manera dar pistas extras al observador de la ubicación de la red mediante cambios abruptos de luminancia.

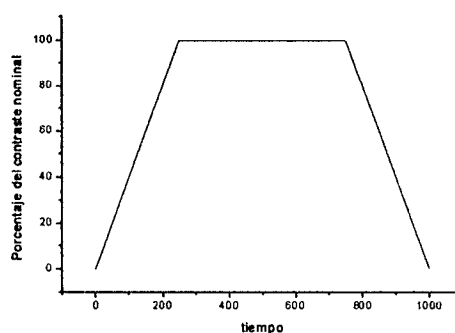


Figura 1: Modulación temporal del contraste de los estímulos. (Porcentaje del contraste nominal vs. tiempo en mseg).

Para realizar la curva psicométrica para cada frecuencia espacial se utilizaron 5 valores de contrastes y a partir de ésta se calculó el contraste umbral y de allí la sensibilidad al contraste para esa frecuencia. Los resultados para todas las frecuencias componen la curva de Sensibilidad al Contraste de cada observador.

El tamaño del área de presentación del estímulo o "patch" fue de 17 cm y la distancia

de observación fue de 1 m (medida desde la pantalla del monitor al punto situado en medio de los ojos).

Se utilizaron dos condiciones en el área de presentación de los estímulos: una con el borde bien definido y, la otra, con el borde desdibujado mediante una variación de perfil gaussiano espacial.

Condiciones

La luminancia máxima del monitor fue de 150 cd/m^2 , la media fue de 70 cd/m^2 y la del entorno fue de $0,4 \text{ cd/m}^2$. Se utilizó una cortina negra como fondo para evitar posibles reflexiones, brillos o la influencia de otros posibles elementos distractivos.

Los observadores realizaron la prueba con visión monocular, primero con el ojo derecho y luego con el izquierdo, orden normalmente utilizado por los oftalmólogos para realizar la evaluación de los pacientes. En la práctica clínica las funciones visuales centrales son evaluadas monocularmente utilizando tests de alto contraste y un oclisor opaco cubriendo el ojo que no se está testeando. Sin embargo, cuando se utilizan test con estímulos de bajo contraste con ese tipo de oclisor, los observadores se quejan porque perciben un borronero intermitente y fluctuaciones en su visión igual que en la literatura consultada ⁽⁸⁾. Como estos fenómenos no se producen cuando se utiliza un oclisor ocular translúcido (el mismo consiste en una antiparra con el ojo de prueba libre y el otro tapado con papel vegetal de 90gr), se prefirió dicho tipo para este experimento.

La pupila y la acomodación fueron naturales para las condiciones de iluminación del gabinete donde se realizaron las mediciones (condiciones fotópicas).

El método psicofísico empleado fue el de elección forzada de dos alternativas (2AFC) en su variante espacial, utilizando estímulos constantes.

Sujetos y tareas

Las mediciones se realizaron con cinco observadores, una mujer y cuatro hombres, de edades entre los 27 y 32 años (media: 29 años, DS: 1,89 años). Se realizó a cada uno de ellos un chequeo oftalmológico completo para descartar posibles patologías oculares y se comprobó que estuvieran utilizando la corrección refractiva adecuada.

El estímulo aparecía aleatoriamente a la izquierda o derecha de la pantalla durante 500 mseg y la tarea del observador consistía en decir el lugar donde se había presentado el estímulo,

acorde a la metodología de elección forzada con dos alternativas.

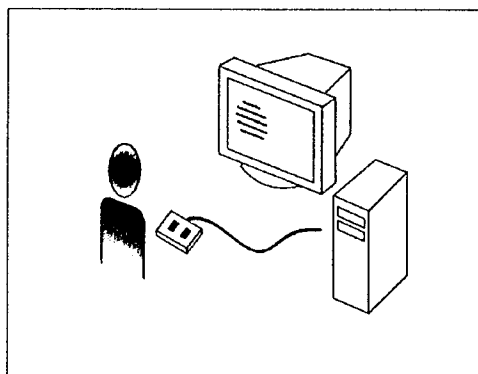


Figura 2: esquema del dispositivo utilizado

En cada sesión se midieron todas las frecuencias espaciales para un ojo y un tipo de estímulo. Cada observador realizó cuatro sesiones, las cuales estuvieron lo suficientemente separadas en el tiempo con el fin de evitar posibles efectos negativos debido al cansancio. Los intervalos de contraste usados fueron predeterminados con una medición previa en la cual se repitió de 5 a 10 veces cada valor de contraste, según la dificultad para encontrar el rango de contrastes donde se encontraría el umbral. Una vez seleccionados los valores de contraste, durante la prueba cada uno se presentó 25 veces para cada frecuencia espacial.

III. RESULTADOS

Para obtener los contrastes umbrales, y a partir de ellos los valores de sensibilidad al contraste, se ajustaron los datos de la medición a una función psicométrica definida por el modelo de Weibull ⁽⁹⁾. Los datos fueron el número de aciertos en la ubicación del patrón y se ajustaron entre un 50 y un 100% de probabilidad de acierto, según lo acostumbrado al utilizar el modelo psicofísico de elección forzada con dos alternativas.

Para cada observador la FSC fue medida en forma monocular, primero el ojo derecho y después el izquierdo, según lo explicado anteriormente. A los propósitos del presente estudio se tomaron solamente los resultados del ojo izquierdo, ya que se considera que los observadores han podido familiarizarse con la metodología durante la medición del ojo derecho y, de esta manera obtener datos más

representativos del objeto del estudio. En las figuras 3 a 7 se muestran los resultados de cada observador para las dos condiciones de presentación del estímulo (CBOI: con borde, ojo izquierdo; SBOI: sin borde, ojo izquierdo).

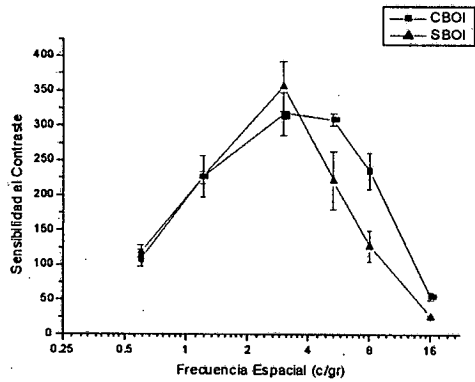


Figura 3: resultados observador AP

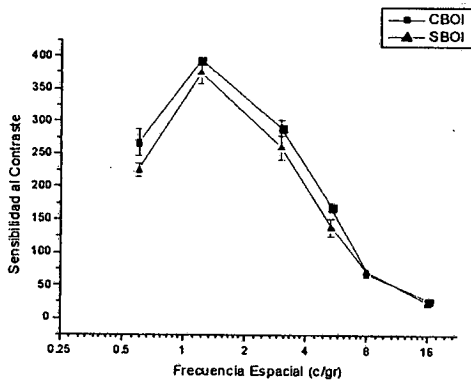


Figura 4: resultados observador JS

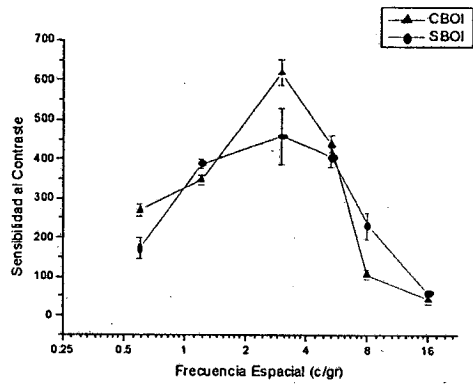


Figura 5: resultados observador MM

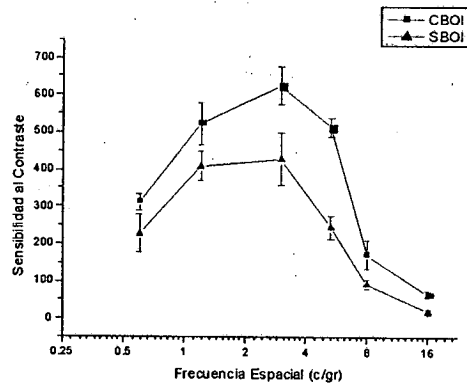


Figura 6: resultados observador PA

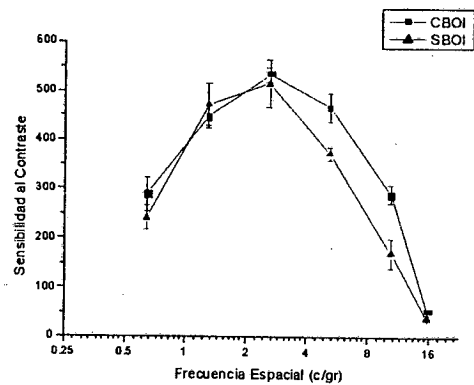


Figura 7: resultados observador RA

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El propósito del experimento fue determinar si el perfil del borde del área de presentación de las redes influye en la medida de la Función de Sensibilidad al Contraste. El mismo forma parte de una serie de experimentos pilotos previos a la determinación de curvas de referencia con el prototipo utilizado, las cuales serán utilizadas en la clínica oftalmológica.

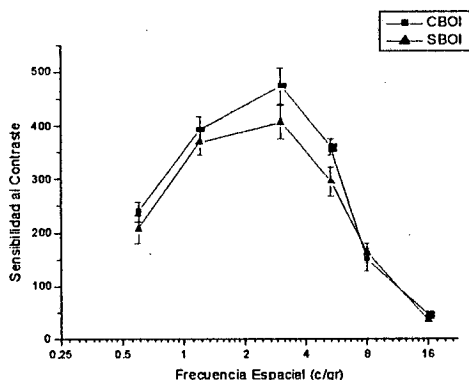


Figura 8: promedio de los observadores con el ojo izquierdo y las dos condiciones

Los resultados muestran que en los observadores la sensibilidad aumenta al tener el área de presentación de los estímulos bordes abruptos. La diferencia es más notoria en las frecuencias bajas y medias, siendo mayor entre los 3 y 6 ciclos/grado, donde se encuentra el pico de sensibilidad del sistema visual humano.

Se comprobó la existencia de la influencia del borde y que la misma, si bien es de signo positivo, depende de cada observador.

Este incremento en la sensibilidad puede deberse a que el borde introduce información extra además de la ya presente en las redes utilizadas como estímulos. Así, cuando el sistema visual evalúa redes de baja y media frecuencia espacial, cuenta además con la información de alta frecuencia que agrega el borde. En el caso de las redes de alta frecuencia esta información es redundante y no aporta nuevas pistas.

Perspectivas

Se mejorará el método empleado, tratando de incluir un algoritmo que permita reducir los tiempos de medición.

Se trabajará con un mayor número de observadores, para reducir los errores debidos a la variabilidad entre sujetos y poder ampliar las conclusiones presentadas en este trabajo.

Agradecimientos

A la Dra. Diana Galagovsky de Weissman que realizó el chequeo oftalmológico de los observadores.

Este trabajo fue realizado dentro del programa de investigación subsidiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT).

Referencias

- 1 - Campbell, F.W. and D.G. Green. J. Physiol. **181**, 576 (1965).
- 2 - Campbell, F.W. and J.G. Robson. J. Physiol. **197**, 551 (1968).
- 3 - Woo, G.C. Am. J. Opt. & Physiol. Opt. **62**, 648 (1985).
- 4 - Issolio, L. and E. Colombo. Anales AFA **11**, 112 (1999).
- 5 - Issolio, L., E. Colombo and M. Berman. Archivos de Oftalmología **75**, 82 (2000).
- 6 - Colombo, E., L. Issolio, J. Santillán and R. Aguirre. XII Congreso Argentino de Bioingeniería **13**, 47 (2001).
- 7 - Pelli, D.G. and L. Zhang. Vision Research **31**, 1337 (1991).
- 8 - Wildsoet, C., J. Wood, H. Maag and S. Sabdia. Ophthalmic Physiol Opt **18**, 263 (1998).
- 9 - Macmillan, N.A. and C.D. Creelman. Detection theory: A user's guide. (1991).