

Dinámica de la adaptación a la luz en la detección del movimiento

José Barraza, Elisa Colombo

Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing H. C. Bühler", FCEyT - UNT
Av. Independencia 1800, 4000 Tucumán

Resumen

Se investigó el umbral inferior de movimiento en función del tiempo de adaptación a una fuente deslumbrante. Se usó el método de elección forzada entre dos alternativas, con estímulos constantes, para medir el umbral de frecuencia temporal para diferentes retardos entre el encendido de la fuente deslumbrante y la presentación del estímulo. El experimento también se realizó con presentaciones estables del deslumbramiento. Los resultados muestran que el umbral alcanza su valor máximo inmediatamente después del encendido de la fuente deslumbrante y luego disminuye tendiendo al valor obtenido en condiciones estables.

Summary

The lower threshold of motion (LTM) has been investigated as a function of time of adaptation to a glare source. A two alternative forced choice paradigm using the method of constant stimuli was adopted to measure the threshold of temporal frequency for different delays between glare source onset and stimulus presentation. The experiment was also carried out with steady presentations of glare. Results show that the LTM reaches its highest value immediately onset the glare source and then decreases towards the value obtained in steady conditions.

Introducción

El sistema visual es capaz de detectar y analizar distribuciones espaciales de luz en un rango dinámico extremadamente grande de energía. Esta capacidad es conocida como adaptación visual.

Las características temporales de la adaptación han sido ampliamente estudiadas (para una revisión, ver Hood & Filkenstein, 1986). Uno de los trabajos más importantes y que mayores antecedentes a generado en este tema es el de Crawford (1947) en donde se mide el umbral de detección de un test de luz presentado brevemente antes, durante y después de la presentación de un fondo de luminancia uniforme que él llamó campo condicionante. Crawford encontró que el umbral del test tomaba el valor máximo cerca del encendido del campo condicionante decreciendo en los próximos 200 msec o más. Más recientemente, este efecto fue investigado por Bichao *et al.* (1995) quienes exploraron el fenómeno utilizando un campo condicionante indirecto generado con una fuente deslumbrante. Ellos encontraron que sus resultados eran cualitativamente similares a los de Crawford. La pérdida de sensibilidad en la fóvea producida por el encendido repentino de la fuente deslumbrante era significativamente mayor que el efecto que producía una fuente estable de la misma iluminancia.

Un comportamiento similar a las observaciones psicofísicas de Crawford se observaron en las células ganglionares Y del gato (Enroth-Cugell y Shapley, 1973). Se mostró que la ganancia tiene un pico en el momento del encendido del campo condicionante y

que decae rápidamente dentro de los 200 msec. Similares resultados se obtuvieron en células horizontales del gato e indican que la adaptación a la luz, dentro del rango mesópico-fotópico, se lleva a cabo dentro de los 200 msec (Lankheet *et al.*, 1993). Trabajos anteriores (Barraza y Colombo, 1999) demuestran también, la influencia de los procesos de adaptación transitoria sobre la percepción del movimiento. Se midió el umbral inferior de movimiento (LTM), expresado en términos de la frecuencia temporal, en un rango de frecuencias espaciales, para tres condiciones de deslumbramiento transitorio y estable. Se encontró que el umbral se incrementa notablemente cuando se mide en condiciones transitorias de deslumbramiento manteniéndose la linealidad entre la frecuencia temporal y la frecuencia espacial, lo que significa que el deslumbramiento produce un incremento en la velocidad umbral. Esto viene a confirmar anteriores resultados que sugieren que el umbral de detección de movimiento está determinado por un desplazamiento espacial mínimo (Johnston y Wright, 1985; Boulton, 1987).

En este trabajo se propone investigar la dinámica de los procesos rápidos de adaptación, analizando su influencia sobre el umbral inferior de movimiento. Se mide el LTM en distintos momentos, variando el tiempo entre el encendido de la fuente deslumbrante y la presentación del estímulo, en un rango de 0 a 400 msec, además de la medición en condiciones estables.

Metodología

Tarea y sujetos

Se estudia la dinámica de la adaptación a la fuente deslumbrante modificando el tiempo que transcurre entre el encendido de la fuente deslumbrante y la presentación del estímulo (SOA), tomando valores de SOA iguales a 50, 150, 250, 350 y 450 mseg. El experimento se realizó utilizando una tarea de discriminación de dirección. Además, el experimento se realiza con presentaciones continuas del deslumbramiento, situación en la cual se considera que el sistema visual se encuentra adaptado a la condición de deslumbramiento.

Se utilizó el procedimiento de elección forzada entre dos alternativas (2AFC) con estímulos constantes para medir la función psicométrica que relaciona la eficiencia con la frecuencia temporal. En el diseño 2AFC, el estímulo se presenta en dos intervalos. En uno de ellos, elegido aleatoriamente, se presenta la red con una determinada dirección de movimiento. En el otro intervalo se presenta la red moviéndose en dirección contraria. El observador debe indicar en qué intervalo se presenta una determinada dirección.

Antes de comenzar cada sesión, los observadores eran adaptados a la luminancia media del monitor (2 cd/m^2) durante 5 minutos.

Tres observadores entrenados tomaron parte en este experimento, el autor y otros dos que no conocían los objetivos del experimento. El monitor era visto binocularmente, con la cabeza ubicada sobre un soporte para apoyar el mentón, y con pupila y acomodación natural.

Estímulo

Los estímulos son redes sinusoidales acromáticas de 1 ciclo/grado, presentadas sobre un monitor Eizo T560i-T a una frecuencia de barrido de 120 Hz. Los patrones son generados utilizando el controlador VSG 2/3 de Cambridge Research Systems.

Los estímulos se presentan en un campo circular de 4° de diámetro visto a una distancia de 2 m, con tiempos de presentación de 300 mseg y 500 mseg. La luminancia media sobre el monitor es de 2 cd/m^2 , mientras que el resto del campo visual permanece con una luminancia de $0,01 \text{ cd/m}^2$.

El deslumbramiento

El deslumbramiento se genera con una lámpara incandescente ubicada a 10° de la línea de visión, con encendido y apagado abrupto.

El experimento se realizó con un nivel de deslumbramiento de 60 lx, caracterizado con la iluminancia vertical medida entre los ojos del observador, además de la situación sin deslumbramiento.

Resultados

Las figuras 1 (a, b y c) muestran, para los tres observadores, el porcentaje de respuestas correctas en función de la frecuencia temporal, para valores de SOA de 50 y 450 mseg y bajo condición estable de deslumbramiento. Los datos experimentales se ajustan con curvas psicométricas, cuyos parámetros son la frecuencia temporal umbral y la pendiente de la curva en ese punto.

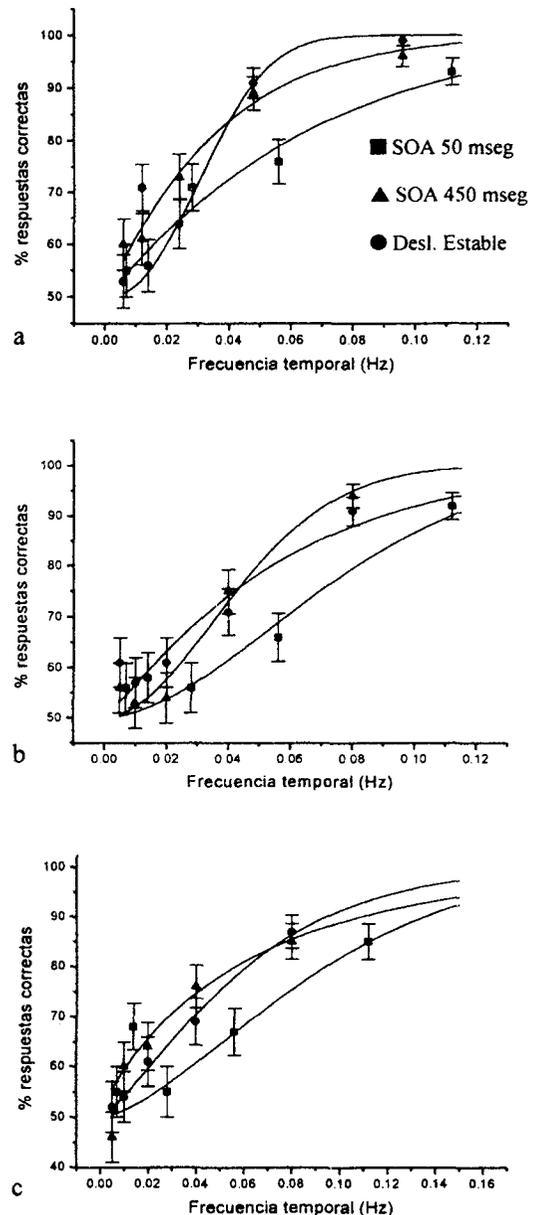


Figura 1. Curvas psicométricas correspondientes a valores de SOA de 50 y 450 mseg y condición de deslumbramiento estable. Tiempo de presentación: 500 mseg.

Se observa un corrimiento de las curvas hacia la izquierda cuando aumenta el valor de SOA, lo que denota una disminución de la frecuencia temporal umbral cuando aumenta el tiempo de adaptación a la fuente deslumbrante.

En las figuras 2 (a, b y c) se dibujan los valores de LTM obtenidos por los tres observadores, con un tiempo de presentación de 300 mseg, en función del tiempo de adaptación a la fuente deslumbrante (SOA).

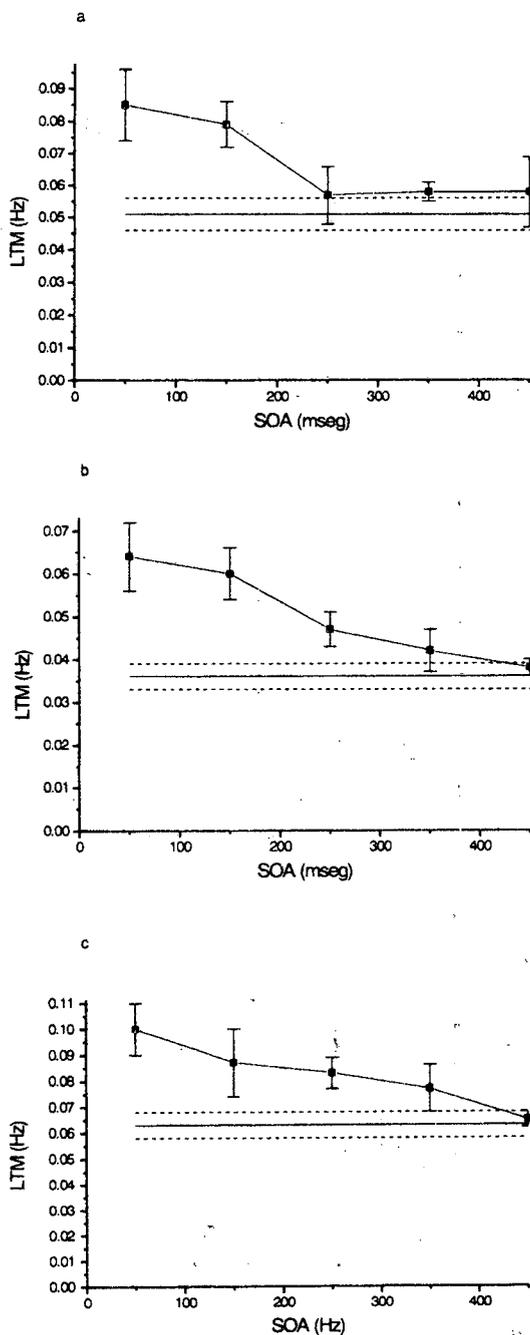


Figura 2. Umbral inferior de movimiento en función del tiempo de adaptación a la fuente deslumbrante para un tiempo de presentación del estímulo de 300 mseg.

La línea horizontal continua representa el valor del umbral inferior de movimiento obtenido en condiciones estables de deslumbramiento y las líneas punteadas indican sus cotas de error.

En estas figuras se puede ver que, en los tres observadores, para valores grandes de SOA el umbral inferior de movimiento tiende al valor obtenido en condiciones estables.

Discusión

Se midió el umbral inferior de movimiento, expresado como una frecuencia temporal, en función del tiempo de adaptación a la fuente deslumbrante.

El umbral, toma su valor máximo inmediatamente después de encendida la fuente deslumbrante y disminuye a medida que transcurre el tiempo, tendiendo al valor obtenido en condiciones estables.

El umbral inferior de movimiento parece seguir el comportamiento de los incrementos umbrales de luminancia durante la dinámica de la adaptación. Este constituye un resultado sumamente interesante pues plantea una relación entre el incremento umbral de luminancia y el umbral de movimiento, lo cual es consistente con las observaciones fisiológicas de Scobey y Horowitz (1976) en las células ganglionares del mono, que demuestran que el desplazamiento mínimo en una dada ubicación en un campo receptivo, depende del incremento umbral de luminancia.

Como conclusión se puede decir que, cuando cambian bruscamente las condiciones de iluminación, el umbral inferior de movimiento aumenta notablemente. A medida que el sistema visual se adapta a las nuevas condiciones, el umbral disminuye tendiendo al valor obtenido en condiciones estable, comportamiento similar al que se observa en el umbral incremental de luminancia y que sugiere una relación entre éste y el umbral inferior de movimiento.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación financiado por el Consejo de Investigaciones de la UNT y por el CONICET.

Referencias

- Barraza, J. and Colombo, E. (1999). "Glare Influence on Grating Motion Detection Under Night Driving Conditions". Proceedings of the 24TH CIE SESSION, WARSAW'99, Pub Nro 133, Vol 1, Part 1, pp 148-150
- Bichao, I. C., Tager, D. and Meng, J. (1995). Disability Glare: Effects of Temporal Characteristics of the Glare Source and Visual Field Location. *J. Opt. Soc. Am.*, A/12, 2252-2258.
- Boulton, J. C. (1987). Two Mechanisms for the Detection of Slow Motion. *J. Opt. Soc. Am.*, A/4, 1634-1642.

Crawford, B. H. (1947). Visual Adaptation in Relation to Brief Conditioning Stimuli. *Proc. Royal Soc. of London, B/134*, 283-302.

Derrington, A. M. and Goddard, P. A. (1989). Failure of motion discrimination at high contrast: evidence for saturation. *Vision Research*, 29, 1767-1776.

Enroth-Cugell, C. and Shapley, R. M. (1973). Adaptation and dynamics of cat retinal ganglion cells. *Journal of Physiology*, 233, 271-309.

Hood, D. C. and Finkelstein, M. A. (1986). *Sensitivity to light*. New York: Wiley.

Johnston, A. and Wright, M. J. (1985). Lower threshold of motion for gratings as a function of eccentricity and contrast. *Vision Research*, 25, 179-185.

Lankheet, M. J. M., Van Wezel, R. J. A., Prickaerts, J. H. H. J. and Van de Grind, W. A. (1993). The dynamics of light adaptation in cat horizontal cell responses. *Vision Research*, 33, 1153-1171.

Scobey, R. P., & Horowitz, J. M. (1976). Detection of image displacement by phasic cells in peripheral visual fields of the monkey. *Vision Research*, 16, 15-24.