

Efectos del contraste, excentricidad y posición en la detección de estímulos visuales en humanos

R. Mancebo-Azor^a, J.A. Sáez-Moreno^{a,d}, I. Domínguez-Hidalgo^{a,e},
J.D. Luna-Del Castillo^b, J.M. Rodríguez-Ferrer^{a,c}

EFECTOS DEL CONTRASTE, EXCENTRICIDAD Y POSICIÓN EN LA DETECCIÓN DE ESTÍMULOS VISUALES EN HUMANOS

Resumen. Introducción. Los estudios en humanos sobre percepción visual espacial tienen en común proyectar estímulos en la retina central, pero difieren notablemente en cuanto a su contraste, excentricidad y posición en el campo visual. Objetivo. Estudiar los efectos del contraste, excentricidad y posición en la detección de estímulos visuales presentados en la retina central humana. Sujetos y métodos. Se estudiaron los tiempos de respuesta, en personas con visión normal, a la presentación de estímulos (círculos grises de 0,5° de diámetro) presentados al azar en ocho coordenadas polares, con tres excentricidades (2,15, 3,83 y 5,53°) y tres niveles de contraste (6, 16 y 78%). Resultados. Los estímulos presentados a 5,53° de excentricidad y contraste del 6% mostraron los tiempos de respuesta más elevados. Con este contraste, los tiempos de respuesta fueron mayores en todas las excentricidades estudiadas. Por el contrario, con contrastes del 16 y 78%, los tiempos de respuesta fueron similares en las tres excentricidades. Para las ocho coordenadas polares, los tiempos de respuesta fueron homogéneos en la excentricidad de 3,83° y mostraron mayor variabilidad en las excentricidades de 2,15 y 5,53°. Conclusiones. De los tres factores analizados, el contraste es determinante en la detección de estímulos, especialmente en la excentricidad mayor. La posición también influye cuando los estímulos se presentan con excentricidades pequeñas o grandes, lo que sugiere que la distancia de los estímulos respecto al punto de fijación es crítica en la detección visual en este tipo de estudios. [REV NEUROL 2009; 48: 129-33]
Palabras clave. Contraste. Excentricidad. Percepción. Posición polar. Retina central. Tiempo de respuesta. Visión.

INTRODUCCIÓN

Desde los estudios pioneros de Kuffler [1] sobre las células ganglionares de la retina y de Hubel y Wiesel [2] sobre las neuronas de la corteza visual, se ha documentado ampliamente cómo el contraste, bien de luminancia (brillo) o bien de longitud de onda (color), dentro del campo receptor de estas neuronas, es un factor determinante en su actividad y en la capacidad del sistema nervioso central para detectar y procesar los estímulos que conforman la escena visual.

La selectividad de las neuronas visuales para responder al contraste es una de las razones por la cual, en la evaluación electrofisiológica clínica del sistema visual en humanos, se utilizan estímulos con diferentes luminancias, habitualmente cuadros blancos y negros organizados en tableros de ajedrez (damero) para el registro de potenciales evocados visuales o, más recientemente, estructurados en patrones similares a los tableros de dardos en técnicas de estimulación multifocal [3-5]. Igualmente, los estudios sobre la participación de procesos cogniti-

vos en la percepción visual en humanos, en particular los que analizan los efectos de la atención encubierta [6,7], utilizan estímulos que difieren del fondo con diversos niveles de contraste. En la mayoría de estos estudios, los estímulos se proyectan sobre la retina central, habitualmente en los 5-10° centrales del campo visual; sin embargo, su contraste, excentricidad y posición varían ampliamente de unos trabajos a otros. Esta heterogeneidad en los protocolos de estimulación puede explicar las diferencias en los resultados obtenidos, así como su interpretación. En este sentido, el aumento de actividad en neuronas de V4, cuando intervienen mecanismos atencionales, se ha interpretado como un incremento selectivo de la ganancia en la detección del contraste [8] o como ganancia de la actividad general de las neuronas [9]. El presente trabajo ha analizado cómo el contraste, excentricidad y posición afectan a la detección de estímulos visuales presentados en la retina central humana.

SUJETOS Y MÉTODOS

El presente estudio se ha realizado en un grupo de 18 voluntarios sanos, 5 hombres y 13 mujeres, con edades comprendidas entre 19 y 20 años (media: 19,33 ± 0,49 años). Todos los sujetos presentaron una agudeza visual normal y dieron su conformidad para participar en los experimentos.

Estímulos y procedimiento

En condiciones fotópicas (habitación con luz artificial atenuada), los sujetos se sentaron a una distancia de 114,5 cm frente a un monitor de rayos catódicos de 24 × 32 cm; esto subtende un ángulo visual de 11,84 × 15,61°. Sobre un fondo gris, con luminancia de 28,87 Cd/m², se presentó en el centro de la pantalla una cruz roja de 0,5° de tamaño. El monitor se desplazó verticalmente hasta situar la cruz a la altura de los ojos de cada sujeto. La prueba de detección consistió en responder apretando el botón de un mando a la presentación de estímulos, manteniendo la mirada fija en la cruz central durante su realización. Los estímulos, formados por un círculo gris de 0,5° de diámetro, se presentaron de forma secuencial para cada una de las 24 posiciones, distribuidas en ocho coordenadas polares (0, 45, 90, 135, 180, 225, 315

Aceptado tras revisión externa: 24.12.08.

^aLaboratorio de Neurociencia Visual y Cognitiva. Instituto de Neurociencias.
^bDepartamento de Bioestadística. ^cDepartamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. ^dServicio de Neurofisiología Clínica.
^eServicio de Oftalmología. Hospital Universitario San Cecilio. Granada, España.

Correspondencia: Prof. José Manuel Rodríguez Ferrer. Laboratorio de Neurociencia Visual y Cognitiva. Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Avda. Madrid, 11. E-18012 Granada. Fax: +34 958 249 015. E-mail: jmferrer@ugr.es

Agradecimientos. A M.I. Herrera López, y en su nombre a todos los alumnos del seminario V de la asignatura de Fisiología del curso 2006-2007 de medicina, por su participación desinteresada en el presente estudio.

Estudio financiado con el apoyo económico de la Junta de Andalucía al grupo BIO-195, del proyecto PB98-1311, y con fondos FEDER.

© 2009, REVISTA DE NEUROLOGÍA

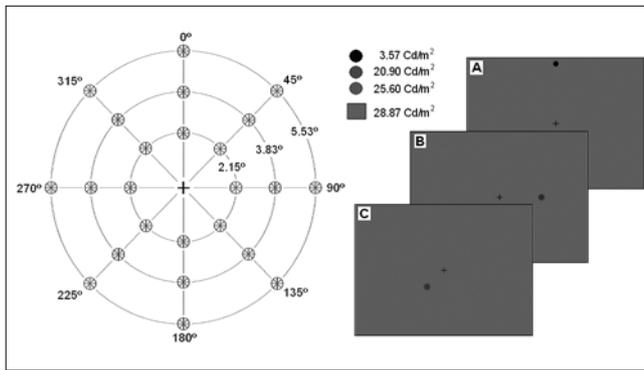


Figura 1. Diagrama que muestra el punto de fijación de la mirada (cruz central) y las 24 posiciones donde los estímulos se presentaron con tres niveles de contraste. En la parte derecha de la figura se indican los valores de luminancia de los estímulos y del fondo de pantalla, así como tres ejemplos de estímulos utilizados: a) Estímulo de 5,53° de excentricidad y 78% de contraste; b) Estímulo de 3,83° de excentricidad y 16% de contraste; c) Estímulo de 2,15° de excentricidad y 6% de contraste.

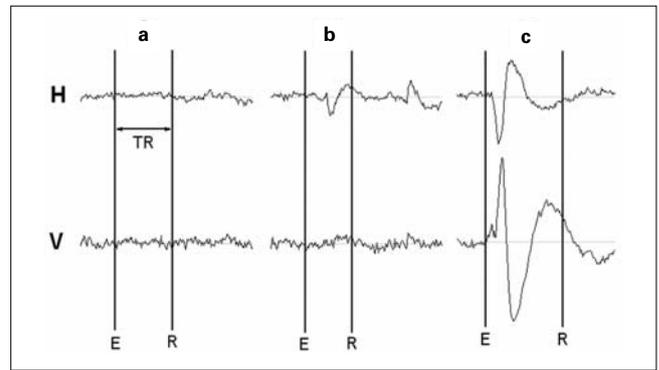


Figura 2. Registros electrooculográficos de la motilidad ocular correspondientes a tres de los estímulos presentados. Se muestra un ejemplo de respuesta aceptada (a) y dos rechazadas, una por movimiento ocular hacia la derecha (b) y otra por parpadeo (c). El registro superior (H) corresponde a los electrodos horizontales y el inferior (V) corresponde a los verticales. La primera línea vertical indica el inicio del estímulo (E) y la segunda el momento en que se emite la respuesta (R). El tiempo de respuesta (TR) en milisegundos viene determinado por la distancia entre ambas líneas.

Tabla. Media ± desviación típica de los tiempos de respuesta para cada uno de los 72 estímulos.

CP	Contraste y excentricidad								
	6%			16%			78%		
	2,15°	3,83°	5,53°	2,15°	3,83°	5,53°	2,15°	3,83°	5,53°
0°	370 ± 64 ^{a,c}	303 ± 47 ^b	370 ± 41 ^{a,c}	305 ± 52	288 ± 57	291 ± 41	277 ± 32	290 ± 46	271 ± 34
45°	308 ± 34	317 ± 73	318 ± 55 ^c	284 ± 46 ^c	293 ± 63	300 ± 57	329 ± 56	295 ± 40	279 ± 46
90°	307 ± 38	325 ± 62	412 ± 79 ^{a,b,c}	302 ± 63	288 ± 29	311 ± 39	297 ± 33	302 ± 32	276 ± 78
135°	345 ± 56	326 ± 45	334 ± 53 ^c	342 ± 52	329 ± 88	329 ± 54	311 ± 64	328 ± 45	305 ± 51
180°	316 ± 51	312 ± 68	380 ± 67 ^{b,c}	303 ± 25	301 ± 45	331 ± 52	283 ± 31	276 ± 37	335 ± 65
225°	316 ± 25	334 ± 85	343 ± 59 ^c	300 ± 88	291 ± 45	309 ± 48	299 ± 49	298 ± 56	296 ± 51
270°	322 ± 51	307 ± 44	303 ± 48 ^c	305 ± 45	299 ± 60	315 ± 40	324 ± 55	301 ± 62	326 ± 60
315°	336 ± 76	343 ± 77	369 ± 92 ^{a,c}	307 ± 35	308 ± 58	297 ± 27	316 ± 48	308 ± 38	280 ± 51

^a Comparaciones entre contrastes para la misma excentricidad y coordenada polar (CP) ($p < 0,001$); ^b Comparaciones entre excentricidades para el mismo contraste y coordenada polar ($p < 0,001$); ^c Comparaciones entre coordenadas polares para la misma excentricidad y contraste ($p < 0,001$).

y 360°) y tres excentricidades (2,15, 3,83 y 5,53°). En cada posición, el estímulo se presentó durante 100 ms, con tres niveles de luminancia (3,57, 20,9, y 25,6 Cd/m²). En total, se presentaron 72 estímulos a cada uno de los 18 sujetos (Fig. 1).

El contraste (C) entre los estímulos y el fondo viene determinado por la fórmula de Michelson: $C = [(L_f - L_e) / (L_f + L_e)] \times 100$, donde L_f es la luminancia del fondo, y L_e , la luminancia del estímulo. Siguiendo esta fórmula, se obtienen tres niveles de contraste entre cada uno de los estímulos y el fondo de pantalla (6, 16 y 78%). El orden de presentación y tiempo interestímulos (entre 500 y 3.000 ms) se determinó al azar mediante la aplicación informática EEVOKE en su versión 2 (ANT Software, Enschede, Países Bajos). Los tiempos de respuesta (TR) se registraron mediante el programa ASA en su versión 3 (Advance Source Analysis, ANT Software). Los movimientos oculares se detectaron mediante cuatro electrodos de superficie (Tyco Internacional, Neustadt/Donau, Alemania) conectados a un sistema de registro (ANT software BV). Dos electrodos, situados cada uno de ellos en un borde orbital externo, registraron los movimientos oculares horizontales. Los movimientos verticales y parpadeos se registraron mediante dos electrodos situados uno en el borde orbital superior izquierdo y otro en el inferior derecho.

Con el objeto de identificar los registros electrooculográficos con posibles movimientos relacionados con la presentación de los estímulos, se rea-

lizó, en todos los sujetos y antes de la prueba de detección, un registro durante la realización voluntaria de un movimiento ocular de ida y vuelta desde el centro de la pantalla hasta cada una de las 24 posiciones de presentación de los estímulos. Antes de iniciar la prueba de detección de estímulos, los sujetos fueron instruidos y entrenados para que respondieran lo más rápido posible y solamente ante la presencia de dichos estímulos. Sobre la base de los registros electrooculográficos, se les informó del correcto mantenimiento de la mirada en el punto de fijación. Para la medida y ajuste de las luminancias, se utilizó un luminancímetro (Konica-Minolta, modelo LS-100).

En el tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo el análisis del experimento factorial correspondiente. En este diseño se consideraron cuatro factores: la posición del estímulo (ocho posiciones diferentes), el contraste (tres niveles: 6, 16 y 78), la excentricidad (tres niveles: 2,15, 3,83 y 5,53°) y el individuo, con las 18 personas que participaron en el experimento. Los factores posición, contraste y excentricidad eran factores de efectos fijos y eran factores cruzados aplicados, en sus diferentes combinaciones, en forma de medidas repetidas a los 18 individuos. El factor individuo era de efectos aleatorios. En la tabla del análisis univariado de varianza (ANOVA) correspondiente se incluyeron los efectos principales de cada uno de los factores, las interacciones por parejas de los factores de efectos fijos y la interacción de los tres factores de efectos fijos. El análisis de la tabla del ANOVA se llevó a cabo desde las interacciones de más nivel (en este caso la

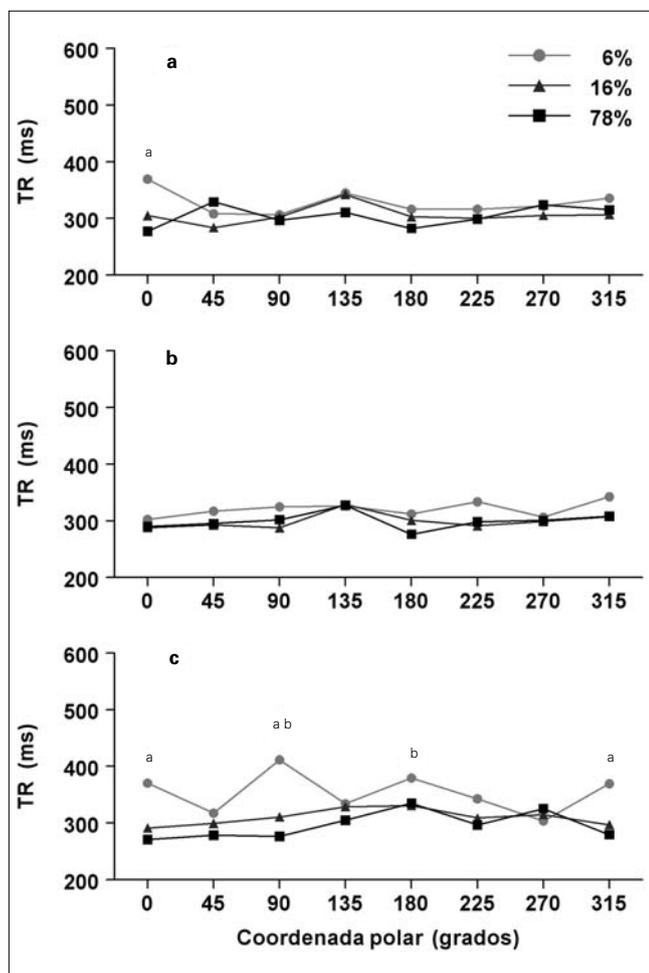


Figura 3. Efectos de la excentricidad y del contraste de los estímulos en relación con las ocho coordenadas polares: a) Excentricidad de 2,15°; b) Excentricidad de 3,83°; c) Excentricidad de 5,53°. Cada punto representa la media de los tiempos de respuesta (TR) obtenidos en cada coordenada. ^a $p < 0,001$, comparaciones entre contrastes para la misma coordenada polar y excentricidad; ^b $p < 0,001$, comparaciones entre excentricidades para la misma coordenada polar y contraste. El error estándar de la media no se ha representado por razones de claridad de la figura.

de los tres factores) hasta los efectos individuales de cada uno de ellos. Cuando una interacción resultó significativa, se pasó a comparar los diferentes niveles de cada factor para la combinación de los niveles de los otros factores involucrados en la interacción, mediante todas las comparaciones por parejas, empleando la penalización de Bonferroni debido al desequilibrio entre los tamaños de la muestra por la presencia de datos perdidos en algún caso. Para llevar a cabo todos los cálculos, se empleó el programa STATA v. 10.0.

RESULTADOS

De los 1.296 estímulos presentados se detectaron 1.287. Esto representa un porcentaje de errores cometidos por los sujetos del 0,69%. El porcentaje de falsos positivos (emitir respuesta cuando no se presenta estímulo) fue del 0,15%. En un 4,12% de los casos, las respuestas estuvieron precedidas o coincidieron con movimientos oculares o parpadeos (Fig. 2), por lo que no se tuvieron en cuenta en el análisis de los datos, que se realizó sobre 1.234 respuestas, correspondientes al 95,22% de los estímulos presentados.

La tabla muestra la media \pm desviación típica de los TR para cada una de las combinaciones de contraste, excentricidad y coordenada polar. En la figura 3 se representan gráficamente estos datos. El análisis de la interacción entre los tres factores de efectos fijos que intervienen en el diseño experi-

mental (ocho coordenadas polares, tres excentricidades y tres niveles de contraste) fue altamente significativo: $F_{exp} = 2,45$ (28; 1.145) g.l. $p < 0,001$.

Las comparaciones entre contrastes mostraron que los TR obtenidos con estímulos del 6%, frente a los otros dos contrastes (16 y 78%), fueron significativamente mayores ($p < 0,001$) en las excentricidades de 2,15 y 5,53° de la coordenada 0° (Figs. 3a y 3c) y en la excentricidad de 5,53° para las coordenadas 90 y 315° (Fig. 3c).

Las comparaciones entre excentricidades mostraron diferencias significativas ($p < 0,001$) de los TR solamente con estímulos del 6% de contraste; en concreto, para la excentricidad de 5,53° frente a 2,15° y 3,83° en las coordenadas 90 y 180°, y para la excentricidad de 3,83°, en comparación con las otras dos, en la coordenada 0° (Fig. 3).

También se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,001$) al comparar entre sí los TR de las diferentes coordenadas polares. Estas diferencias se observaron mayoritariamente en los estímulos de 5,53° de excentricidad y 6% de contraste (comparaciones: 0° frente a 270°; 45° frente a 90 y 180°; 90° frente a 135, 225 y 270°; 180° frente a 270°; y 270° frente a 315°). Además, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$) para la excentricidad de 2,15° en estímulos del 6% de contraste comparando la coordenada 0° frente a 45 y 90°, y para estímulos del 16% de contraste entre las coordenadas 45 y 135°. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas en los TR obtenidos en las ocho coordenadas polares para estímulos presentados a 3,83° de excentricidad en ninguno de los niveles de contraste estudiados (Tabla).

Por otra parte, en la figura 4 se muestran los efectos del contraste y de la excentricidad independientemente de las coordenadas polares. En ella se observa que los TR con estímulos del 16 y el 78% de contraste son similares en las tres excentricidades analizadas. Por el contrario, para el contraste del 6%, los TR aumentaron en las tres excentricidades, especialmente en la excentricidad mayor de 5,53°, donde se obtuvieron TR significativamente mayores ($p < 0,01$) en comparación con los obtenidos en los otros dos contrastes.

DISCUSIÓN

En el grupo experimental utilizado en el presente estudio predomina el sexo femenino. No obstante, y dado que no se ha documentado ninguna diferencia de género en cuanto a la capacidad de percepción de aspectos básicos de los estímulos visuales analizados, como su contraste, excentricidad o posición, entendemos que esto no afecta a la interpretación de los resultados.

El tamaño y tiempo de presentación de los estímulos utilizados en el presente trabajo (0,5° de diámetro y 100 ms de duración) está dentro del rango de los usados en estudios sobre percepción visual, que varían habitualmente entre 0,4-1,2° de diámetro y 50-300 ms de duración [8,10,11]. Un estudio reciente en el primate ha mostrado que las neuronas de V4 aumentan su frecuencia de potenciales de acción con el incremento del contraste de los estímulos. Estas neuronas comienzan a emitir respuestas a partir de niveles bajos de contraste (3%), alcanzan la saturación con contrastes del 70-80%, y se obtiene el 50% de la respuesta máxima con el contraste del 12% [9]. En este sentido, los contrastes elegidos en el presente estudio, del 6, 16 y 78%, pueden considerarse como niveles bajo, medio y alto de contraste, respectivamente.

El bajo número de errores y falsos positivos cometidos en la ejecución de la prueba muestra que los estímulos se detectan con facilidad. El porcentaje de respuestas descartadas (4,12%) por movimientos oculares o por parpadeos refleja un buen nivel de control en la fijación de la mirada. Estos datos, unidos a la facilidad de ejecución y corta duración de la prueba, la hacen idónea para su realización por sujetos experimentales de diferentes edades y/o personas con dificultades visuales o problemas de atención.

Los resultados de nuestro estudio muestran que, en la retina central humana, los TR obtenidos ante la presentación de estí-

mulos dependen tanto del contraste como de la excentricidad. Así, se alcanzan TR mayores con estímulos de menor contraste (6%) y mayor excentricidad (5,53°). Además, para esta excentricidad se observa un aumento gradual de los TR conforme disminuye el contraste. El hecho de que estímulos con un contraste medio (16%) o alto (78%) muestren TR similares en las tres excentricidades, sugiere que el contraste influye más que la excentricidad en la variabilidad de los TR de los estímulos analizados. Esto concuerda, como se ha comentado anteriormente, con la evidencia de que la actividad de las neuronas de la corteza visual depende críticamente del nivel de contraste de los estímulos [8,9]. Conforme nos alejamos de la fovea, la agudeza visual disminuye. Esto se debe, en parte, al descenso de la densidad de conos, de células ganglionares y del factor de magnificación cortical, así como al aumento del tamaño de los campos receptores [12]. En el primate, se ha demostrado que, a la excentricidad de 5°, las neuronas de la corteza visual primaria tienen campos receptores con un área media de 0,1 grados² [13]. El hecho de que los TR con estímulos de medio y alto contraste (16 y 78%) no se modifiquen significativamente con las diferentes excentricidades puede deberse a que el tamaño de los estímulos utilizados (0,2 grados²) es lo suficientemente grande como para que los factores que modifican la agudeza visual no afecten a la detección de dichos estímulos. El sistema magnocelular, a diferencia del parvocelular, responde a estímulos de bajo contraste y sus células ganglionares tienen campos receptores más grandes. La implicación del sistema magnocelular en la detección de estímulos de bajo contraste (6%) podría explicar que en la excentricidad de 5,53° se obtengan los mayores TR.

Nuestros resultados muestran, además, que la excentricidad determina la variabilidad de los TR obtenidos en las distintas coordenadas polares. Así, los estímulos presentados en la excentricidad 3,83° muestran TR homogéneos en las diferentes coordenadas para los tres niveles de contraste. Esto sugiere que la detección de estímulos es independiente de la coordenada polar cuando su excentricidad tiene un valor medio. Sin embargo, en las otras dos excentricidades y con estímulos del 6% de contraste, se observa mayor variabilidad entre las diferentes coordenadas, principalmente en 5,53° de excentricidad, lo que indica que el contraste y la posición son variables críticas para la detección de estímulos en las excentricidades menor y mayor. Todo esto muestra que la distancia existente entre el estímulo y el punto de fijación de la mirada afecta significativamente a la detección de los estímulos, un aspecto que creemos importante y que se debe tener en cuenta en el diseño de protocolos experimentales, especialmente en aquéllos que utilizan la atención espacial encubierta.

En humanos, se ha mostrado que la atención puede modificar la amplitud de los potenciales evocados visuales, debido a

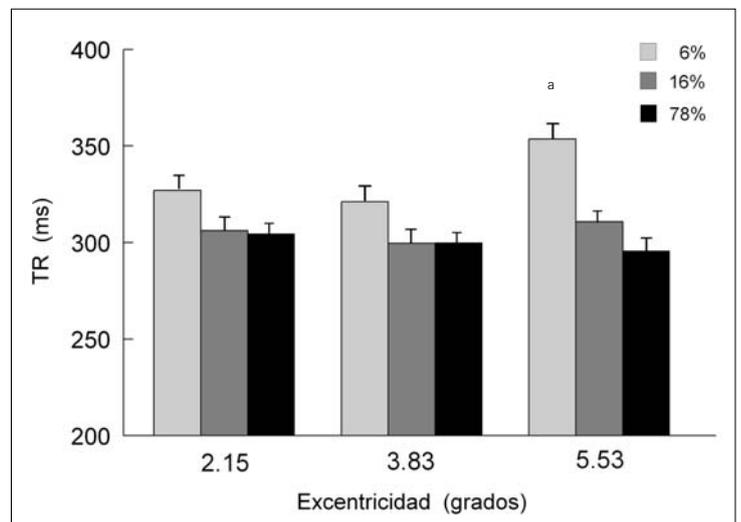


Figura 4. Efectos del contraste y de la excentricidad de los estímulos sobre los tiempos de respuesta (TR). Cada barra representa la media (\pm error estándar de la media) de los TR emitidos en las ocho coordenadas polares. ^a $p < 0,01$, comparado con los contrastes del 16 y 78%.

la activación de proyecciones eferentes de áreas extraestriadas (dorsales y ventrales) a la corteza visual primaria [10,14]. Los procesos de atención también se han implicado en la modulación aditiva de la detección del contraste de los estímulos, como se ha demostrado recientemente mediante técnicas de resonancia magnética funcional [15]. Es interesante resaltar que en las neuronas de V4 [8] el aumento de la frecuencia de potenciales de acción, cuando el estímulo visual es atendido, ocurre principalmente con niveles de bajo contraste. Sería muy interesante analizar en un futuro estudio los efectos de la atención espacial sobre la detección de estímulos de diferente contraste, posición y excentricidad como los mostrados en el presente trabajo. Sobre la base de las evidencias anteriormente comentadas, sería esperable que los efectos de la atención espacial tuvieran mayor efecto sobre los estímulos de bajo contraste y mayor excentricidad, donde se obtienen los mayores TR y variabilidad en relación con su posición.

El presente trabajo muestra un método de aplicación sencilla en el estudio de la detección de estímulos con diferente contraste, excentricidad y posición en la retina central en humanos. La evidencia de que la detección del contraste está alterada en algunas patologías visuales, como es el caso de la retinosis pigmentaria [16], abre la posibilidad de extender nuestro estudio a pacientes con alteraciones que inicial o secundariamente afectan a la retina central, así como a otras deficiencias de la percepción visual [17]. Finalmente, nuestro método puede ser de gran utilidad en el estudio de los efectos de la estimulación magnética transcranial [18] en el procesamiento de la información visual en humanos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kuffler SW. Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. *J Neurophysiol* 1953; 16: 37-68.
2. Hubel DH, Wiesel TN. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *J Physiol* 1962; 160: 106-54.
3. Hood DC, Zhang X. Multifocal ERG and VEP responses and visual fields: comparing disease-related changes. *Documenta Ophthalmol* 2000; 100: 115-37.
4. Gränse L, Ponjavic V, Andreasson S. Full-field ERG, multifocal ERG and multifocal VEP in patients with retinitis pigmentosa and residual central visual field. *Acta Ophthalmol Scand* 2004; 82: 701-6.
5. Fhale M, Bach M. Origin of the visual evoked potentials. In Heckenlively JR, Arden GB, eds. *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision*. Cambridge: MIT Press; 2006. p. 207-34.
6. Desimone R. Visual attention mediated by biased competition in ex-

- trastriate visual cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1998; 353: 1245-55.
7. Posner MI, Gilbert CD. Attention and primary visual cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1999; 96: 2585-7.
 8. Reynolds JH, Pasternak T, Desimone R. Attention increases sensitivity of V4 neurons. *Neuron* 2000; 26: 703-14.
 9. Williford T, Maunsell JHR. Effects of attention on contrast response functions in macaque area V4. *J Neurophysiol* 2006; 96: 40-54.
 10. Noesselt T, Hillyard SA, Woldorff MG, Schoenfeld A, Hagner T, Hinrichs H, et al. Delayed striate cortical activation during spatial attention. *Neuron* 2002; 35: 575-87.
 11. Hopf JM, Boelmans K, Schoenfeld AM, Heinze HJ, Luck SJ. How does attention target-distractor interference in vision? Evidence from magnetoencephalographic recordings. *Cogn Brain Res* 2002; 15: 17-29.
 12. Rovamo J, Makela P, Whitaker D. Models of the visual cortex on basis of psychophysical observations. In Gulyas B, ed. *Functional organization of the human visual cortex*. Oxford: Pergamon; 1993. p. 241-54.
 13. Van Essen DC, Newsome WT, Maunsell JHR. The visual representation in striate cortex of the macaque monkey: asymmetries, anisotropies, and individual variability. *Vision Res* 1984; 24: 429-48.
 14. Hillyard SA, Anllo-Vento L. Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1998; 95: 781-7.
 15. Buracas GT, Boynton GM. The effects of spatial attention on contrast response functions in human visual cortex. *J Neurosci* 2007; 27: 93-7.
 16. Alexander KR, Rajagopalan AS, Seiple W, Zemon VM, Fishman GA. Contrast response properties of magnocellular and parvocellular pathways in retinitis pigmentosa assessed by the visual evoked potential. *IOVS* 2005; 46: 2967-73.
 17. Gonzalo-Fonrodona I. El trastorno de la percepción invertida o inclinada. *Rev Neurol* 2007; 44: 157-65.
 18. Alfaro-Sáez A, Fernández-Jover E. Estimulación magnética transcranial: aportaciones al estudio de la vía visual. *Rev Neurol* 2008; 46: 282-8.

*EFFECTS OF CONTRAST, ECCENTRICITY AND POSITION
IN THE DETECTION OF VISUAL STIMULI IN HUMANS*

Summary. Introduction. *Contrast, eccentricity and position of stimuli used on research of attention in human vision strongly vary among studies.* Aim. *To study how contrast, eccentricity and position affects detection of stimuli in humans.* Subjects and methods. *In adults with normal vision, we measured response times to stimuli (gray circles of 0.5° of diameter) presented at random at eight polar coordinates, in three eccentricities with respect of fixation point (2.15, 3.83 and 5.53°) and with three levels of contrast (6, 16 and 78%).* Results. *Stimuli with eccentricity of 5.38° and 6% of contrast showed the longest response times. In all eccentricities studied, longer response times were found with stimuli of 6% of contrast. Response times of stimuli of 16% and 78% of contrast showed similar response times in all eccentricities studied. Response times founded at eight polar coordinates were heterogeneous at eccentricities of 2.15 and 5.53°, but not at 3.83°.* Conclusions. *Contrast is the factor that most influence detection of visual stimuli used in this study, particularly at the biggest eccentricity employed. Response times among polar coordinates are also affected by eccentricities of 2.15 and 5.53°, suggesting that distance of stimuli to fixation point is critical for visual detection of stimuli.* [REV NEUROL 2009; 48: 129-33]

Key words. *Central retina. Contrast. Eccentricity. Polar position. Response time. Vision. Visual attention.*