

# Modificación de la atención visual espacial encubierta en personas mayores: estudio de comparación con adultos jóvenes

J.M. Rodríguez-Ferrer<sup>a,c</sup>, R. Mancebo-Azor<sup>a</sup>, C.I. Domínguez-Hidalgo<sup>a,e</sup>,

J.A. Sáez-Moreno<sup>a,d</sup>, R. Gutiérrez-Zúñiga<sup>a,c</sup>, M.T. Miranda-León<sup>b</sup>

**Introducción.** Las funciones cognitivas se deterioran durante el envejecimiento, especialmente a partir de los 60 años. La atención encubierta es un proceso cognitivo que beneficia la detección y percepción de estímulos visuales. En un estudio previo hemos desarrollado un método de detección de estímulos visuales especialmente apropiado para el estudio de los procesos de atención. **Objetivo.** Estudiar cómo el envejecimiento afecta la atención encubierta a estímulos visuales. **Sujetos y métodos.** En dos grupos de sujetos con visión normal y edades medias de 19 y 66 años, respectivamente, se estudiaron los tiempos de respuesta a la presentación de estímulos (círculos grises de 0,5° de diámetro), mostrados en tres excentricidades (2,15, 3,83 y 5,53°) y con tres niveles de contraste (6, 16 y 78%). **Resultados.** En comparación con los jóvenes, el grupo de mayor edad mostró tiempos de respuesta superiores en todos los estímulos, siendo este aumento significativo en los de menor contraste (6%). En los jóvenes, la atención encubierta redujo los tiempos de respuesta en estímulos presentados en las tres excentricidades, mientras que en el grupo de mayores, la reducción se centró en los estímulos de mayor excentricidad (3,83 y 5,53°). **Conclusiones.** La edad retrasa la detección visual de los estímulos de bajo contraste (6%) y focaliza los beneficios de la atención visual encubierta a los estímulos de mayor excentricidad.

**Palabras clave.** Atención visual encubierta. Envejecimiento. Tiempo de respuesta. Visión.

## **Covert attention in the elderly: a comparative study versus younger adults**

**Introduction.** Cognitive functions deteriorate by aging. Covert attention is a cognitive process that benefits visual perception. We have recently developed a method suitable to study covert

attention. **Aim.** To study how aging influences the effects of covert attention in detection to visual stimuli. **Subjects and methods.** In young and elder subjects with normal vision, we measured response times to stimuli (gray circles of 0.5° of diameter) presented at random 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.** Elder subjects showed significant higher response times with low contrast stimuli (6%). In young subjects covert attention decreases response times to stimuli presented in all eccentricities. In contrast, decrease of response times by covert attention in the elderly was only found with stimuli of 3.83 and 5.53° of eccentricity. **Conclusions.** Age delay visual detection of stimuli of low contrast and focus the benefits of covert attention to stimuli of high eccentricity.

**Key words.** Aging. Covert attention. Response time. Vision.

## **Introducción**

Las capacidades cognitivas humanas muestran un proceso de desarrollo en los primeros años de vida que depende de la maduración y refinamiento de circuitos cerebrales específicos [1]. La actividad de estos circuitos se altera con el envejecimiento, lo que conlleva el deterioro de los procesos cognitivos asociados, especialmente a partir de los 60 años [2]. Uno de los procesos cognitivos más estudiados en los últimos años es el denominado como atención visual encubierta [3]. La atención encubierta permite, manteniendo la mirada fija en un punto del campo visual, atender a objetos situados en zonas periféricas al punto de fijación, facilitando su detección y percepción. Así, se ha mostrado que la atención

<sup>a</sup> Laboratorio de Neurociencia Visual y Cognitiva. Instituto de Neurociencias.

<sup>b</sup> Departamento de Bioestadística.

<sup>c</sup> Departamento de Fisiología. Universidad de Granada.

<sup>d</sup> Servicio de Neurofisiología Clínica.

<sup>e</sup> Servicio 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.

## **E-mail**

jmferrer@ugr.es

## **Agradecimientos**

A los alumnos del seminario V de la asignatura de Fisiología del curso 2008-2009 de Medicina y a las personas mayores del Aula Abierta de Formación Permanente de la Universidad de Granada, 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.

a los estímulos aumenta la percepción del contraste de luminancia [4-6] y de color [7] de éstos. La atención también mejora la localización de los estímulos visuales atendidos dentro de una escena visual compleja [8]. La atención visual espacial depende, fundamentalmente, de la activación de áreas parietales dorsales y frontales dorsolaterales y de sus conexiones con la corteza visual [8-10].

En un trabajo reciente, hemos desarrollado un método que permite cuantificar el tiempo que se tarda en detectar estímulos visuales que varían en contraste y excentricidad dentro del campo visual [11]. Así, hemos mostrado que los tiempos de respuesta (TR) aumentan conforme disminuye el contraste y se incrementa la excentricidad de los estímulos. Este modelo experimental es especialmente apropiado para el estudio de la atención encubierta. Dado que la atención encubierta mejora la percepción de los estímulos, cabe esperar que los TR a la presentación de los estímulos disminuyan cuando éstos son atendidos. A su vez, estos efectos beneficiosos de la atención pueden verse afectados por el envejecimiento normal. El presente estudio ha analizado cómo la atención encubierta a estímulos visuales, que varían en contraste y excentricidad dentro del campo visual, modifica el tiempo en que éstos se detectan. Con el objeto de valorar los efectos del envejecimiento, el estudio se ha realizado en adultos jóvenes y en mayores de 60 años.

## Sujetos y métodos

El presente estudio se ha realizado en dos grupos de 20 voluntarios sanos. El primer grupo estuvo constituido por 10 hombres y 10 mujeres, con edades comprendidas entre 19 y 20 años (media:  $19,05 \pm 0,05$  años). El segundo grupo lo constituyeron 10 hombres y 10 mujeres, con edades comprendidas entre 61 y 73 años (media:  $66,4 \pm 0,7$  años). Todos los sujetos presentaron una agudeza visual normal y dieron su conformidad por escrito para participar en los experimentos.

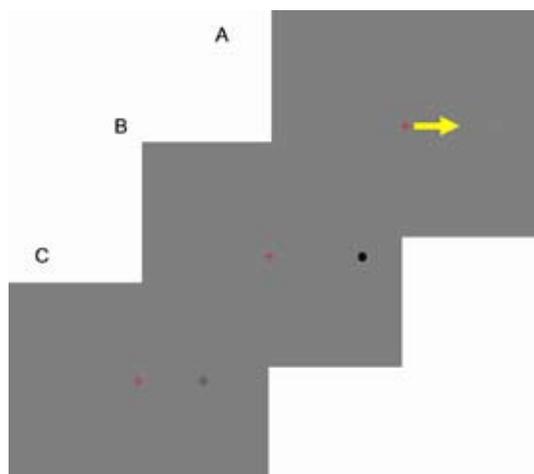
## Estímulos y procedimiento

En una primera prueba, utilizada como control, se estudió la detección de estímulos visuales que variaron en su contraste y localización en el

campo visual. Los estímulos y el procedimiento seguido se describen detalladamente en un artículo previo [11]. Brevemente, la prueba consistió en responder apretando el botón de un mando a la presentación de los estímulos, manteniendo la mirada fija en una cruz situada en el centro de un monitor. Los estímulos (un círculo gris de  $0,5^\circ$  de diámetro) se presentaron de forma secuencial en 24 posiciones alrededor de la cruz central, distribuidas en ocho coordenadas polares ( $0, 45, 90, 135, 180, 225, 315$  y  $360^\circ$ ) y tres excentricidades ( $2,15, 3,83$  y  $5,53^\circ$ ). En cada posición, el estímulo se presentó durante 100 ms, con tres niveles de contraste ( $6, 16$  y  $78\%$ ) sobre un fondo gris. En total se presentaron 72 estímulos a cada uno de los 40 sujetos.

Seguidamente, en una segunda prueba, se estudiaron los efectos de la atención encubierta. En este caso, los estímulos sólo se presentaron en la coordenada polar de  $90^\circ$ , en las tres excentricidades anteriores. Con el objeto de presentar un número de estímulos igual al de la prueba de detección, cada estímulo se presentó ocho veces. Para favorecer la atención encubierta, antes de los estímulos, se presentó durante 100 ms una flecha horizontal que señalaba la coordenada de  $90^\circ$  en la que iban a aparecer los estímulos (Fig. 1). La prueba consistió en responder, apretando el botón de un mando, a la presentación de los estímulos, mientras se mantenía la mirada fija en la cruz central durante la realización de la prueba, pero prestando atención encubierta a la zona indicada por la flecha. Con el fin de evaluar la influencia del aprendizaje o de la fatiga en la realización de los dos experimentos anteriores, terminada la prueba de atención, se repitió la prueba inicial de detección de estímulos.

El orden de presentación y tiempo de interés-estímulos (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 TR se registraron mediante el programa Advance Source Analysis (ASA) en su versión 3 (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). 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



**Figura 1.** Ejemplo del paradigma de atención encubierta utilizado. a) Pantalla con la flecha que indica en qué coordenada del espacio (90° en este caso) aparecerán posteriormente los estímulos a detectar y dónde los sujetos deben focalizar su atención de manera encubierta mientras mantienen la mirada en la cruz central; b y c) Dos de los estímulos presentados en la coordenada objeto de atención.

el borde orbital superior izquierdo, y otro, en el inferior derecho.

Antes de iniciar las pruebas, se instruyó y entrenó a los sujetos para que respondieran lo más rápido posible y solamente ante la presencia de dichos estímulos. En base a los registros electrooculográficos, se les informó del correcto mantenimiento de la mirada en el punto de fijación.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el programa SPSS, versión 15.0. Tras la exploración de datos y la aplicación del test de normalidad de Shapiro-Wilk, se procedió a la aplicación del módulo lineal general para medidas repetidas, considerando como factores intrasujeto la posición (ocho posiciones diferentes), la excentricidad (tres niveles: 2,15, 3,83 y 5,53°), el contraste (tres niveles: 6, 16 y 78%) y las tres fases de aplicación del experimento en cada una de las condiciones control, atención y control postatención, lo que para cada sujeto conduce a 216 medidas de TR (en milisegundos), que es la variable a analizar. Al existir dos grupos de sujetos a comparar según su edad, se consideró ésta como factor intersujetos con dos niveles (19 y 66 años). Se analizaron las posibles diferencias entre los niveles de cada factor individual, así como las correspon-

dientes combinaciones de éstos (interacciones), y se realizó el análisis de la tabla de ANOVA desde las interacciones de más nivel hasta los efectos individuales de cada factor; en caso de significación, se realizaron las correspondientes comparaciones múltiples con la penalización de Bonferroni.

## Resultados

### Prueba de detección de estímulos

En la prueba de detección de estímulos, utilizada como control, en el grupo de menor edad, de los 1.440 estímulos presentados se detectaron 1.424. Esto representa un 1,11% de errores cometidos por los sujetos. El porcentaje de falsos positivos (emitir respuesta cuando no se presenta estímulo) fue del 0,48%. En un 1,38% de los casos, las respuestas fueron precedidas o coincidieron con movimientos oculares o parpadeos, por lo que no se tuvieron en cuenta en el análisis de los datos. En el grupo de mayor edad, el porcentaje de errores cometidos fue del 3,05%; el de falsos positivos, del 0,42%, y el de respuestas eliminadas por defectos de fijación, el 1,94%.

En la figura 2 se muestra cómo los TR obtenidos se incrementaron conforme disminuyó el contraste y aumentó la excentricidad de los estímulos, siendo este incremento más evidente en el grupo de mayor edad. En el grupo de menor edad (Fig. 2a), los TR para el contraste del 6% fueron significativamente mayores ( $p < 0,001$ ) comparados con los obtenidos en el contraste del 78%, en las tres excentricidades estudiadas. Los TR mayores se obtuvieron con estímulos del 6% de contraste y 5,53° de excentricidad, siendo éstos significativamente mayores ( $p < 0,001$ ) que los obtenidos en la excentricidad de 2,15°. El grupo de mayor edad mostró un patrón de detección similar (Fig. 2b). En este grupo, además, los TR obtenidos con estímulos del 6% fueron estadísticamente superiores ( $p < 0,001$ ) a los del 16% en las excentricidades de 3,83 y 5,53°. En comparación con el grupo de jóvenes, el grupo de mayor edad mostró TR superiores en todos los estímulos. Este aumento fue estadísticamente significativo ( $p = 0,005$ ) para los estímulos del 6% de contraste en las excentricidades de 2,15 y 5,53° (Fig. 2c).

## Prueba de atención encubierta

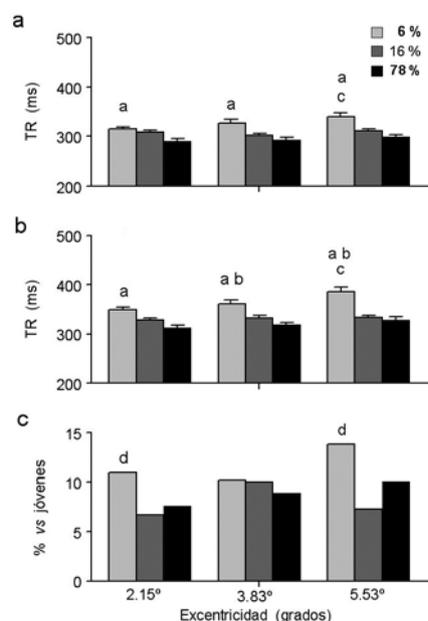
En relación con la prueba de atención encubierta, los dos grupos disminuyeron los TR en prácticamente todos los estímulos presentados en comparación con los obtenidos en la prueba de detección control precedente, sin atención encubierta (Fig. 3). En el grupo de menor edad, esta reducción de los TR fue estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) para los estímulos del 78% de contraste y 2,15° de excentricidad, 6% y 3,83°, y 16% y 5,53° (Fig. 3a). En el grupo de mayor edad (Fig. 3b), la reducción de los TR fue estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) para los estímulos del 6% y 3,83°, y del 78% y 5,53°. Los TR de la prueba de detección realizada después de la prueba de atención encubierta no mostraron diferencias significativas con los obtenidos en la prueba control, siendo en la mayoría de los casos superiores en un 2-8% (datos no mostrados).

## Discusión

### Detección de estímulos y envejecimiento

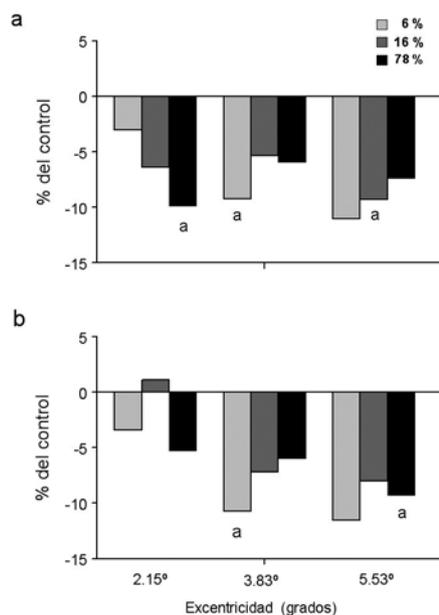
Los resultados muestran que el patrón de detección de estímulos visuales, que varían en contraste y situación en el campo visual, resulta similar en personas con visión normal dentro del amplio rango de edad estudiado (19-73 años). En ambos grupos de edad, los TR se incrementaron conforme disminuyó el contraste y aumentó la excentricidad de los estímulos. De acuerdo con nuestros datos previos [11], los resultados muestran que el contraste y la excentricidad son los dos factores que más influyen en el tiempo que se tarda en la detección de los estímulos presentados en la retina central, y esto ocurre independientemente de la edad de los sujetos experimentales estudiados. El incremento de los TR conforme aumenta la excentricidad de los estímulos se debe fundamentalmente a que la agudeza visual disminuye de manera progresiva desde el centro de la fóvea a causa del descenso de la densidad de conos, de células ganglionares retinianas y del factor de magnificación cortical [12].

En comparación con los sujetos de menor edad, el grupo de personas mayores mostraron TR superiores en todos los estímulos presentados. Esto puede deberse a una peor ejecución



**Figura 2.** Efectos del contraste y de la excentricidad de los estímulos sobre los tiempos de respuesta (TR) obtenidos en ambos grupos de edad: jóvenes (a) y mayores (b). Cada barra representa la media  $\pm$  error estándar de la media de los TR. c) Incremento, en porcentaje, de los TR obtenidos por el grupo de mayores. <sup>a</sup> $p < 0,001$ , comparado con el contraste del 78% de la misma excentricidad; <sup>b</sup> $p < 0,001$ , comparado con el contraste del 16% de la misma excentricidad; <sup>c</sup> $p < 0,001$ , comparado con el contraste del 6% de la excentricidad de 2,15°; <sup>d</sup> $p = 0,005$ , comparaciones con el grupo de jóvenes.

motora de la prueba causada por un procesamiento neural más lento relacionado con la edad [2,13]. No obstante, y dado que el aumento de los TR no fue homogéneo, sino que fue mayor con los estímulos de bajo contraste, una menor capacidad perceptiva visual de las personas mayores a estos estímulos puede también influir en el aumento de los TR. Como se muestra en la figura 2c, los TR de los estímulos de medio (16%) y alto contraste (78%) mostraron un aumento medio del 8%, mientras que para los de bajo contraste este incremento fue del 12%. En este sentido, se podría estimar en un 8% el incremento de los TR debido a la peor ejecución motora, y el restante 4%, a un déficit de percepción, que afecta especialmente a los estímulos de bajo contraste. Esto último concuerda con el hecho de que la mayoría de los errores (estímulos no detectados) fueron cometidos por el grupo de mayores en



**Figura 3.** Efectos de la atención encubierta en ambos grupos de edad: jóvenes (a) y mayores (b). Cada barra representa, en porcentaje, el aumento o disminución de los tiempos de respuesta (TR) respecto del control. <sup>a</sup> $p < 0,001$ , comparaciones con los TR de la prueba control.

los estímulos de bajo contraste. Así, el grupo de jóvenes mostró cuatro errores en los estímulos de alto contraste, cuatro en los de medio y ocho en los de bajo contraste, mientras que los errores en estos contrastes cometidos por el grupo de mayores fueron 2, 3 y 25, respectivamente. De estos 25 errores, el 68% (17) correspondió a los estímulos de bajo contraste (6%) presentados en la mayor excentricidad (5,53°). En este sentido, aun cuando ambos grupos mostraron una agudeza visual normal (de al menos 1 con los optotipos de Snellen), nuestros datos sugieren que el grupo de mayores detecta con más dificultad los estímulos de bajo contraste.

### Atención encubierta y envejecimiento

La atención encubierta a los estímulos produjo un descenso significativo de los TR, respecto de la prueba de detección control, en ambos grupos de edad. Este descenso no se debe a una mejor ejecución de la prueba debido a un factor de aprendizaje, ya que los TR de la prueba de detección realizada después de la de atención

fueron mayores que los de la prueba control y evidencia que la atención encubierta a los estímulos mejora selectivamente la detección de éstos. Ello concuerda con estudios previos que muestran que la atención encubierta favorece la percepción visual [4-7] e incrementa la actividad de la corteza visual (aumento de la amplitud de los potenciales evocados visuales) debido a la activación de proyecciones eferentes de áreas extraestriadas (dorsales y ventrales) a la corteza visual primaria [14,15].

Los resultados muestran, no obstante, que hay diferencias en relación con los estímulos que son más favorecidos por la atención encubierta en ambos grupos de edad. Así, en el grupo de menor edad, la atención encubierta favoreció la detección de estímulos presentados en las tres excentricidades, mientras que en el grupo de mayor edad, se redujeron más los TR de los estímulos presentados en las dos excentricidades mayores, especialmente los de menor contraste. Esto sugiere que, con la edad, la atención encubierta se hace más selectiva y beneficia precisamente los estímulos que se detectan con mayor dificultad (bajo contraste y mayor excentricidad). Es interesante resaltar que en las neuronas de V4 del primate [16], el aumento de la frecuencia de potenciales de acción, cuando se atiende al estímulo visual de manera encubierta, ocurre principalmente con estímulos de bajo contraste.

La mayoría de los estudios sobre deterioro cognitivo y edad sitúan en los 60 años el inicio del declive de las capacidades cognitivas en humanos [2]. Así, se ha mostrado que a partir de esta edad la capacidad de memorizar datos en pruebas de evocación retrasada disminuye un 25% [1], aunque se observa una gran variabilidad individual, con sujetos mayores de 60 años que realizan estas pruebas de manera similar a los de 30 años de edad. Por otra parte, el número de sinapsis en la corteza visual primaria humana disminuye aproximadamente un 30% a partir de los 60 años, en comparación con los sujetos de 30 años [17]. Los datos del presente estudio muestran de manera consistente que el grupo con una edad media de 66 años tarda más en responder a la presentación de los estímulos debido posiblemente a un deterioro sensoriomotor relacionado con la edad. En cambio, la falta de efectos beneficiosos de la atención a los estímulos de menor excentricidad no necesariamente significa un deterioro de los procesos de atención visual,

sino que puede reflejar una adaptación de éstos con la edad, que tiende a favorecer los estímulos más excéntricos y que son precisamente los que se detectan con mayor dificultad.

---

## Bibliografía

1. Rapp PR, Bachevalier J. Cognitive development and aging. In Squire LR, ed. *Fundamental neuroscience*. London: Academic Press; 2003. p. 1167-200.
2. Stuart-Hamilton IA. Envejecimiento cognitivo normal. In Tallis RC, ed. *Geriatría*. Madrid: Marban; 2007. p. 125-42.
3. Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci* 1990; 13: 25-42.
4. Carrasco M, Ling S, Read S. Attention alters appearance. *Nat Neurosci* 2004; 7: 308-13.
5. Ling S, Carrasco M. Sustained and transient covert attention enhance the signal via different contrast response functions. *Vision Res* 2006; 46: 1210-20.
6. Liquiang H, Dobkins KR. Attentional effects on contrast discrimination in humans: evidence for both contrast gain and response gain. *Vision Res* 2005; 45: 1201-12.
7. Morrone MC, Denti V, Spinelli D. Different attentional resources modulate the gain mechanisms for color and luminance contrast. *Vision Res* 2004; 44: 1389-401.
8. Hopf JM, Boelmans K, Schoenfeld AM, Heinze, HJ, Luck SJ. How does attention attenuate target-distractor interference in vision? Evidence from magnetoencephalographic recordings. *Cogn Brain Res* 2002; 15: 17-29.
9. Colby, CL, Duhamel JR, Goldberg ME. Visual, pre-saccadic and cognitive activation of single neurons in monkey lateral intraparietal area. *J Neurophysiol* 1996; 76: 2841-52.
10. Buracas GT, Boynton GM. The effects of spatial attention on contrast response functions in human visual cortex. *J Neurosci* 2007; 27: 93-7.
11. Mancebo-Azor R, Sáez-Moreno JA, Domínguez-Hidalgo I, Luna-Del Castillo JD, Rodríguez-Ferrer JM. Efectos del contraste, excentricidad y posición en la detección de estímulos visuales en humanos. *Rev Neurol* 2009; 48: 129-33.
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. Birren JE, Fisher LM. Aging and speed of behaviour: possible consequences for psychological functioning. *Ann Rev Psychol* 1995; 46: 329-53.
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. 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.
16. Reynolds JH, Pasternak T, Desimone R. Attention increases sensitivity of V4 neurons. *Neuron* 2000; 26: 703-14.
17. Huttenlocher PR, De Courten C. The development of synapses in striate cortex of man. *Hum Neurobiol* 1987; 6: 1-9.