

## **Atención visual y envejecimiento: Modelo de adaptación cognitiva positiva relacionada con la edad**

José Manuel Rodríguez-Ferrer  
Universidad de Granada (España)

Se han estudiado los efectos del envejecimiento normal en la atención visual. Han participado un grupo de 38 personas mayores sanas con una edad media de 67.8 años y un grupo de 39 personas jóvenes sanas con edad media de 19.2 años. En un primer experimento de detección visual, se midieron los tiempos de respuesta, con y sin atención encubierta, a la presentación de estímulos (círculos grises de 0.5° de diámetro) y que aparecen en tres excentricidades (2.15, 3.83 y 5.53° de campo visual) y con tres niveles de contraste (6, 16 y 78%). En un segundo experimento de discriminación visual de la forma, se presentaron círculos y cuadrados con las mismas características que en el experimento anterior, pero en este caso solo se debía responder a la aparición de los círculos. En ambos grupos de edad, la atención encubierta redujo los tiempos de respuesta. En comparación con los jóvenes, el grupo de mayores logró mejores resultados en algunos aspectos de las pruebas de atención y redujo más los tiempos de respuesta en los estímulos de mayor excentricidad. Los datos sugieren que en el envejecimiento existe un mecanismo de adaptación en el que la atención visual favorece especialmente la percepción de aquellos estímulos más difíciles de detectar.

*Palabras clave:* Atención visual, cognición, envejecimiento, percepción visual, tiempo de respuesta.

*Visual attention and aging: An age-related cognitive model of positive adaptation.* We have studied the effects of normal aging on visual attention. Have participated a group of 38 healthy elderly people with an average age of 67.8 years and a group of 39 healthy young people with average age of 19.2 years. In a first experiment of visual detection, response times were recorded, with and without covert attention, to the presentation of stimuli (0.5° in diameter grey circles) appearing in three eccentricities (2.15, 3.83 and 5.53° of visual field) and with three levels of contrast (6, 16 and 78%). In a second experiment of visual form discrimination circles and squares with the same features as in the previous experiment were presented, but in this case subjects only should respond to the emergence of the circles. In both age groups, the covert attention reduced response times. Compared to young people, the older group achieved better results in some aspects of attention tests and response times were reduced more in the stimuli of greater eccentricity. The data suggest that there is a mechanism of adaptation in aging, in which visual attention especially favors the perception of those stimuli more difficult to detect.

*Keywords:* Aging, visual attention, cognition, visual perception, response time.

Las capacidades cognitivas humanas son el resultado de un proceso de desarrollo que ocurre principalmente en las primeras décadas de la vida y dependen de la maduración y refinamiento de circuitos cerebrales específicos (Rapp y Bachevalier, 2008). El envejecimiento normal altera la actividad de estos circuitos y determina el deterioro de los procesos cognitivos asociados (Sanes y Jessell, 2013; Bishop, Lu y Yankner, 2010). Este deterioro relacionado con la edad es especialmente significativo a partir de los 60 años, aun cuando para determinados procesos comienza ya en la tercera o cuarta década de la vida, como es el caso de la memoria (Stuart-Hamilton, 2007). Desde los estudios pioneros de Posner (1990), uno de los procesos cognitivos más estudiados en los últimos años es la atención visual encubierta, debido a nuestro detallado conocimiento del sistema visual en mamíferos. 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 a los estímulos aumenta la percepción del contraste de luminancia (Ling y Carrasco, 2006; Liquiang y Dobkins, 2005; Carrasco, Ling y Read, 2004) y de color (Morrone, Denti y Spinelli, 2004) de los mismos. La atención también mejora la localización de los estímulos visuales atendidos dentro de una escena visual compleja (Hopf, Boelmans, Schoenfeld, Heinze y Luck, 2002). Los procesos de atención visual dependen, fundamentalmente, de la activación de áreas frontales dorsolaterales y parietales dorsales y de las conexiones que establecen con la corteza visual (Buracas y Boynton, 2007).

Mediante un método desarrollado en nuestro laboratorio que permite cuantificar el tiempo que se tarda en detectar estímulos visuales que varían en contraste y excentricidad dentro del campo visual, hemos mostrado que los tiempos de respuesta aumentan conforme disminuye el contraste y aumenta la excentricidad de los estímulos (Mancebo, Sáez, Domínguez, Luna y Rodríguez-Ferrer, 2009). Dado que la atención encubierta mejora la detección de los estímulos, cabría esperar que también lo hiciera en cuanto a la percepción de la forma de los mismos. Por otra parte, también cabría esperar que los beneficios de la atención visual disminuyan con el envejecimiento. El objetivo del presente estudio ha sido investigar los efectos de la atención visual en la detección y percepción de la forma de los estímulos, así como valorar los efectos del envejecimiento normal sobre dicho proceso cognitivo. Para ello, el estudio se ha realizado en adultos jóvenes y en mayores de 60 años.

## MÉTODO

### *Participantes*

El presente estudio se ha realizado en 4 grupos de voluntarios sanos. El primer grupo estuvo constituido por 20 jóvenes (10 hombres, con edades comprendidas entre 19

y 20 años, media  $\pm$  error estándar de  $19.05 \pm 0.05$  años). Un segundo grupo de 20 mayores (10 hombres, entre 61 y 73 años,  $66.4 \pm 0.7$  años de media). El tercer grupo estuvo constituido por 19 jóvenes (11 hombres, entre 18 y 20 años,  $19.42 \pm 0.29$  años de media) y finalmente un cuarto grupo de 18 mayores (9 hombres, entre 62 y 80 años,  $69.20 \pm 1.5$  años de media). Todos los voluntarios presentaron una agudeza visual normal y dieron su conformidad por escrito para participar en los experimentos.

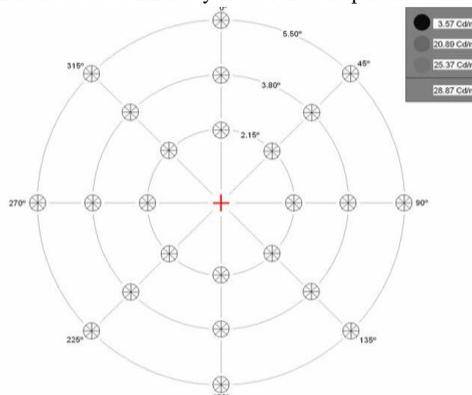
### *Estímulos y procedimiento*

Los experimentos se realizaron en una habitación con luz artificial atenuada. Los participantes se sentaron a una distancia de 114.5 cm frente a un monitor de rayos catódicos de 24x32 cm, esto subtendiendo un ángulo visual de  $11.84 \times 15.61^\circ$ . Sobre un fondo gris, con luminancia de  $28.87 \text{ Cd/m}^2$ , se presentó en el centro de la pantalla una cruz roja de  $0.5^\circ$  de tamaño. El monitor se desplazó verticalmente hasta situar la cruz a la altura de los ojos de cada sujeto.

### *Detección de estímulos*

En este experimento participaron los grupos primero y segundo anteriormente descritos y se realizaron dos pruebas. En la primera, que fue utilizada como control, se estudió la detección de estímulos visuales que variaron en su contraste y localización en el campo visual.

*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 superior derecha se indican los tres valores de luminancia de los estímulos y el del fondo de pantalla utilizados



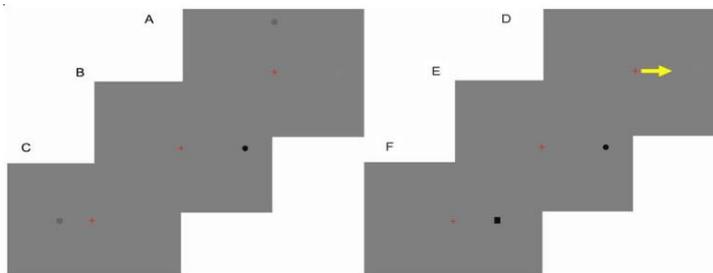
En esta prueba los participantes, manteniendo la mirada fija en la cruz situada en el centro del monitor, debían responder apretando el botón de un mando lo más rápido posible a la presentación de los estímulos (un círculo gris de  $0.5^\circ$  de diámetro) que se

presentaron de forma secuencial en 24 posiciones alrededor de la cruz central, distribuidas en 8 coordenadas polares (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 y 315° de una circunferencia) y 3 excentricidades (2.15, 3.83 y 5.53° de ángulo visual). En cada posición, el estímulo se presentó durante 100 ms, con 3 niveles de contraste (6, 16 y 78%) sobre el fondo de la pantalla. Así, a cada sujeto se le presentaron 9 estímulos por coordenada, lo que hace un total de 72 estímulos (Fig. 1). Seguidamente, en una segunda prueba se estudiaron los efectos de la atención encubierta en la detección de los estímulos anteriormente descritos. En este caso, antes de la presentación de los mismos se mostró durante 100 ms una flecha indicando la coordenada en la que iban a aparecer los estímulos y hacia la cual los participantes debían dirigir su atención de manera encubierta mientras mantenían su mirada en la cruz central. Terminada la presentación de estímulos en una coordenada, otra flecha indicaba una nueva coordenada. Esto se repitió hasta completar las 8 coordenadas y los 72 estímulos.

#### *Discriminación de la forma de los estímulos*

En este experimento participaron los grupos tercero y cuarto anteriormente descritos. El procedimiento es idéntico al descrito en la prueba de detección de estímulos, con la diferencia de que además de los 72 círculos se presentaron 72 cuadrados con las mismas características de tamaño, excentricidad y contraste. En este experimento de discriminación de la forma de los estímulos, los sujetos solo debían responder a la aparición de los círculos. Como en el experimento anterior, se realizaron dos pruebas, la primera sin atención encubierta (prueba control) y la segunda con atención encubierta (Figura 2).

Figura 2. A la izquierda se muestran tres ejemplos de estímulos utilizados en la prueba control del experimento de detección de estímulos



Nota: A: estímulo de 5.53° de excentricidad y 16% de contraste, B: estímulo de 5.53° de excentricidad y 78% de contraste y C: estímulo de 3.83° de excentricidad y 16% de contraste.

En este caso (Figura 2), el sujeto experimental debe responder a la aparición de los tres estímulos. A la derecha se muestra un ejemplo del paradigma de atención encubierta utilizado en el experimento de discriminación de la forma de los estímulos.

En D se muestra la pantalla con la flecha que indica en la coordenada del espacio (90° en este caso) en la que aparecerán los estímulos y donde los sujetos deben focalizar su atención de manera encubierta, mientras mantienen la mirada en la cruz central. En E y F se muestran dos de los estímulos presentados en la coordenada objeto de atención. En este caso, el sujeto experimental debe responder a la aparición del estímulo E y no a la del F.

Tanto en las pruebas de detección como en las de discriminación de la forma, el orden de presentación de los estímulos y el tiempo interestímulos (entre 500 y 3000 ms) fue determinado al azar mediante la aplicación informática EEVOKE en su versión 2 (ANT software BV. Enschede, Países Bajos). Los tiempos de respuesta (TR) se registraron mediante el programa ASA en su versión 3 (Advance Source Analysis, ANT software BV). Los movimientos oculares se detectaron mediante 4 electrodos de superficie (Tyco Internacional Ltd. 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.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el paquete de programas estadísticos 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 del modelo lineal general para medidas repetidas, considerando como factores intrasujeto la posición (8 posiciones diferentes), excentricidad (3 niveles, 2.15, 3.83 y 5.53°), contraste (3 niveles, 6, 16 y 78%) y las dos fases de aplicación del experimento en cada una de las condiciones control y atención. Al existir dos grupos de sujetos a comparar según su edad, se consideró esta como factor inter-sujetos con dos niveles. Se analizaron las posibles diferencias entre los niveles de cada factor individual, así como las correspondientes combinaciones de los mismos (interacciones) realizándose el análisis de la tabla del ANOVA desde las interacciones de más nivel hasta los efectos individuales de cada factor, y en caso de significación, se realizaron las correspondientes comparaciones múltiples con la penalización de Bonferroni.

## **RESULTADOS**

### *Detección de estímulos*

En la prueba de detección realizada en primer lugar, el grupo de jóvenes mostró un porcentaje de errores (estímulos no detectados) del 1.11% y de falsos positivos (emitir respuesta cuando no se presenta estímulo) 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

mayores, el porcentaje de errores cometidos fue del 3.05%, el porcentaje de falsos positivos 0.42% y el de respuestas eliminadas por defectos de fijación 1.94%.

En la figura 3 se muestra cómo los TR obtenidos se incrementaron conforme disminuyó el contraste y aumentó la excentricidad de los mismos, siendo este incremento más evidente en el grupo de mayor edad. En ambos grupos, los TR mayores se obtuvieron con estímulos del 6% de contraste y 5.53° de excentricidad, siendo estos significativamente mayores ( $p<0.001$ ) que los obtenidos en la menor excentricidad estudiada de 2.15°. En comparación con el grupo de jóvenes, el grupo de mayor edad mostró TR superiores en todos los estímulos. Este aumento fue estadísticamente significativo ( $p<0.001$ ) para los estímulos del 6% de contraste en las excentricidades de 2.15 y 5.53°. En la prueba de atención encubierta, los dos grupos de edad disminuyeron los TR en prácticamente todos los estímulos presentados en comparación con los obtenidos en la prueba de detección realizada previamente, sin atención encubierta (Figura 4). En el grupo de jóvenes, 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° (Figura 4). En el grupo de mayores, la reducción de los TR fue estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ) para los estímulos del 6% y 3.83°, y 78% y 5.53°.

Figura 3. Experimento de detección de estímulos

Figura 4. Experimento de detección de estímulos

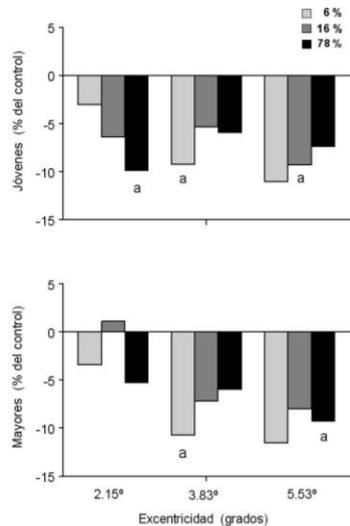
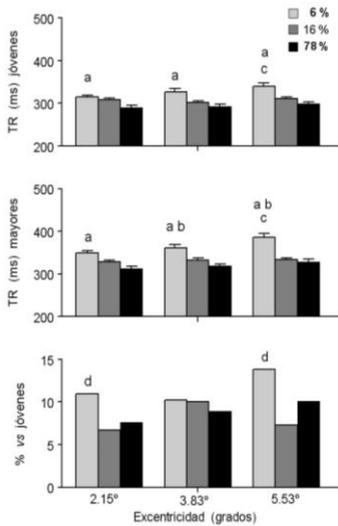


Figura 3. Experimento de detección de estímulos. Tiempos de respuesta (TR) obtenidos en la prueba control en el grupo de jóvenes (panel superior) y mayores (panel inferior).

medio). Cada barra representa la media ( $\pm$  el error estándar de la media) de los TR obtenidos por los estímulos con idéntica excentricidad y contraste. a  $p<0.001$ , comparado con el contraste del 78% de la misma excentricidad. b  $p<0.001$ , comparado con el contraste del 16% de la misma excentricidad. c  $p<0.001$ , comparado con el contraste del 6% de la excentricidad de 2.15°. En el panel inferior se muestra el incremento, en porcentaje, de los TR obtenido por el grupo de mayores. d  $p<0.001$ , comparado con el grupo de jóvenes.

Figura 4. Experimento de detección de estímulos. Efectos de la atención encubierta en ambos grupos de edad. Jóvenes (panel superior) y mayores (panel inferior). Cada barra representa, en porcentaje, el aumento o disminución de los TR respecto del control. a  $p<0.001$ , comparado con los TR de la prueba control.

#### *Discriminación de la forma de los estímulos*

En la prueba de discriminación de la forma realizada en primer lugar y sin atención encubierta, el grupo de jóvenes mostró un porcentaje de errores del 4.23% y de falsos positivos del 3.21%. En un 2.26% 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 mayores, el porcentaje de errores cometidos fue del 12.88%, el porcentaje de falsos positivos 9.76% y el de respuestas eliminadas por defectos de fijación 1.23%.

Como en el caso de la detección de estímulos, los TR obtenidos se incrementaron conforme disminuyó el contraste y aumentó la excentricidad de los mismos (Figura 5). En este caso, este patrón incremental fue más evidente en el grupo de jóvenes. Así, aun cuando en ambos grupos los TR mayores se obtuvieron con estímulos del 6% de contraste y 5.53°, solo en el grupo de menor edad fue significativamente mayor ( $p<0.001$ ) que el obtenido en la menor excentricidad estudiada de 2.15°. En comparación con el grupo de jóvenes, el grupo de mayores mostró TR superiores en todos los estímulos. Este aumento fue estadísticamente significativo ( $p<0.001$ ) en los estímulos presentados en la menor excentricidad y en los contrastes del 16 y 78% en la excentricidad mayor. En la prueba de atención encubierta, el grupo de mayores obtuvo descensos en los TR de mayor intensidad que el de menor edad (Figura 6). En el grupo de mayores, y comparado con la prueba control, hubo descensos significativos ( $p<0.001$ ) de los TR en los estímulos del 16 % de contraste en las dos excentricidades mayores y del 78% en la de 5.53°.

Figura 5. Experimento de discriminación de la forma de los estímulos. TR obtenidos en la prueba control en el grupo de jóvenes (panel superior) y mayores (panel medio). Cada barra representa la media ( $\pm$  el error estándar de la media) de los TR. a  $p<0.001$ , comparado con el contraste del 78% de la misma excentricidad. c  $p<0.001$ , comparado con igual contraste de la excentricidad de 2.15°. En el panel inferior se

muestra el incremento, en porcentaje, de los TR obtenido por el grupo de mayores.  $p < 0.001$ , comparado con el grupo de jóvenes.

Figura 5. Experimento de discriminación de la forma de los estímulos

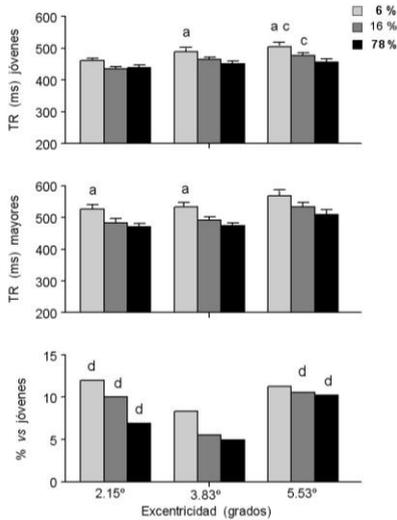


Figura 6. Experimento de discriminación de la forma de los estímulos

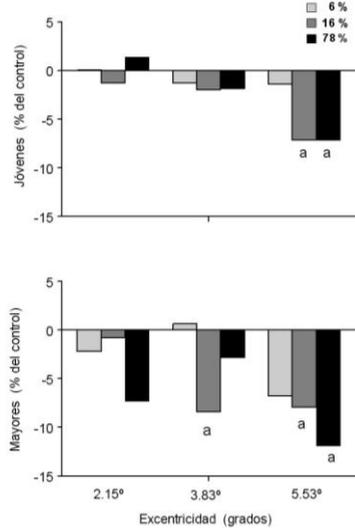


Figura 6. Experimento de discriminación de la forma de los estímulos. Efectos de la atención encubierta en ambos grupos de edad. Jóvenes (panel superior) y mayores (panel inferior). Cada barra representa, en porcentaje, el aumento o disminución de los TR respecto del control.  $a p < 0.001$ , comparado con los TR de la prueba control.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el patrón de detección de estímulos que varían en contraste y excentricidad y de discriminación de la forma de estos es similar en personas con visión normal dentro del amplio rango de edad estudiado (18-80 años) y se caracteriza por un aumento de los TR conforme disminuye el contraste y aumenta la excentricidad en el campo visual de los estímulos. Ampliando datos previos, los resultados muestran que el contraste y la excentricidad son los dos factores que más influyen no solo en el tiempo que se tarda en detectarlos (Mancebo, Sáez, Domínguez, Luna y Rodríguez-Ferrer, 2009) sino en el que se necesita para discriminar su forma, y esto ocurre independientemente de la edad. El incremento de los TR conforme aumenta la excentricidad de los estímulos se debe fundamentalmente a que la agudeza visual

disminuye progresivamente desde el centro de la fovea debido al descenso de la densidad de conos y de células ganglionares retinianas y del factor de magnificación cortical (Rovamo, Makela y Whitaker, 1993).

En comparación con los sujetos de menor edad, el grupo de personas mayores mostraron TR superiores en todos los estímulos presentados, tanto en la prueba de detección de estímulos como en la de discriminación de su forma. Esto puede deberse a una peor ejecución motora de la prueba debido un procesamiento neural más lento relacionado con la edad (Birren y Fisher, 1995; Stuart-Hamilton, 2007). 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. Así, 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 aumento fue del 11%. En este sentido, se podría estimar en un 8% el incremento de los TR debido a la peor ejecución motora y el restante 3% a un déficit de percepción, que afecta especialmente a los estímulos de bajo contraste. Esto último concuerda con el hecho de que aun cuando la mayoría de los errores (estímulos no detectados) fueron cometidos por ambos grupos en los estímulos de bajo contraste, el porcentaje de estos fue superior en el grupo de mayores (68%) al de jóvenes (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.

La atención encubierta a los estímulos produjo un descenso significativo de los TR respecto de la prueba control en ambos grupos de edad, tanto en las pruebas de detección de estímulos como en la de discriminación de la forma de los mismos. Esto concuerda con estudios previos que muestran que la atención encubierta favorece la percepción visual (Ling y Carrasco, 2006; Liquiang y Dobkins, 2005; Carrasco, Ling y Read, 2004; Morrone, Denti y Spinelli, 2004), e incrementa la actividad de la corteza visual debido a la activación de proyecciones eferentes de áreas extraestriadas dorsales y ventrales a la corteza visual primaria, que conforman circuitos corticales de atención visual (Hillyard y Anllo-Vento, 1998; Noesselt *et al.*, 2002).

A diferencia de las pruebas sin atención, utilizadas como control y donde la realización de las mismas fue peor en el grupo de mayores en cuanto a los TR obtenidos, los resultados de las pruebas de atención muestran, de manera llamativa, mejores datos en el grupo de mayores. El mejor rendimiento de las pruebas de atención visual en las personas de más edad es muy evidente en el experimento de discriminación de la forma de los estímulos, que requiere mayor concentración en su realización. En ella, la atención en los mayores redujo los TR en una media del 5%, frente al 1% de los jóvenes. Las diferencias entre ambos grupos de edad, en cuanto a los efectos beneficiosos de la atención visual, se extreman en los estímulos en los que se tarda más en su detección o

en distinguir su forma, como son los más excéntricos y de menor contraste. Esto sugiere que con la edad la atención encubierta se hace más selectiva y beneficia precisamente los estímulos que son percibidos con mayor dificultad. Es interesante resaltar que en las neuronas de V4 del primate el aumento de la frecuencia de potenciales de acción, cuando el estímulo visual es atendido de manera encubierta, ocurre principalmente con estímulos de bajo contraste (Reynolds, Gottlieb y Kastner, 2008; Reynolds, Pasternak y Desimone, 2000).

El declive de las capacidades mentales relacionado con la edad muestra una gran variabilidad individual y la velocidad de dicho declive también varía según las distintas funciones cognitivas. Este declive normal se debe a alteraciones en la estructura y función cerebrales. En este sentido, el cerebro de 80 años más sano no se parece a uno de 20. Por ejemplo, el peso cerebral disminuye con la edad en porcentajes que van del 0.2% por año en la primera década de la vida a un 0.5% en la década de los 70 (Sanes y Jessel, 2013). A pesar de la variabilidad individual, la mayoría de los estudios sobre deterioro cognitivo y edad sitúan en los 60 años el inicio de un declive general y significativo de las capacidades cognitivas en humanos (Stuart-Hamilton, 2007). Así, se ha mostrado que a partir de esta edad la capacidad de memorizar datos en pruebas de evocación retrasada disminuye un 25% (Rapp y Bachevalier, 2003) y el número de sinapsis en la corteza visual primaria humana se reduce en un 50% (Huttenlocher, 2002). Nuestros datos muestran de manera consistente que las personas mayores que han participado en el presente estudio, con una edad media de 68 años, tardan más en responder a la presentación de los estímulos debido posiblemente a un deterioro sensorio-motor y perceptivo relacionado con la edad. En cambio, los mejores datos obtenidos por los mayores en las pruebas de atención visual reflejan un proceso de adaptación positiva de los mecanismos de atención visual con la edad, que tiende a contrarrestar la pérdida en la percepción de los mismos. Estos datos muestran que, a diferencia de otros procesos cognitivos y en base a los parámetros estudiados, la atención visual mejora su rendimiento durante el envejecimiento normal, al menos en el rango de edad utilizado en el presente estudio. Estos resultados concuerdan con la evidencia creciente de que la velocidad del envejecimiento no está inevitablemente fijada, sino que es plástica y abierta a modificación (Bishop, Lu y Yankner, 2010).

#### *Agradecimientos*

A los alumnos de la asignatura de Fisiología de Medicina y a las personas mayores del Aula Abierta de Formación Permanente de la Universidad de Granada, por su participación desinteresada en este estudio. Investigación financiada con el apoyo económico de la Junta de Andalucía al grupo BIO-195, del proyecto PB98-1311 y con fondos FEDER.

## REFERENCIAS

- Birren, J.E. y Fisher, L.M. (1995). Aging and speed of behaviour: possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46(1), 329-353.
- Bishop, N.A., Lu, T. y Yankner, B.A. (2010). Neural mechanisms of ageing and cognitive decline. *Nature*, 464(7288), 529-535.
- Buracas, G.T. y Boynton, G.M. (2007). The effects of spatial attention on contrast response functions in human visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 27(1), 93-97.
- Carrasco, M., Ling, S. y Read, S. (2004). Attention alters appearance. *Nature Neuroscience*, 7(3), 308-313.
- Hillyard, S.A. y Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(1), 781-787.
- Hopf, J.M., Boelmans, K., Schoenfeld, A.M., Heinze, H.J. y Luck, S.J. (2002). How does attention attenuate target-distractor interference in vision? Evidence from magnetoencephalographic recordings. *Cognitive Brain Research*, 15(1), 17-29.
- Huttenlocher, P.R. (2002). *Neural plasticity: The effects of environment on the development of the cerebral cortex*. Cambridge: Harvard University Press.
- Ling, S. y Carrasco, M. (2006). Sustained and transient covert attention enhance the signal via different contrast response functions. *Vision Research*, 46(8), 1210-1220.
- Liquiang, H. y Dobkins, K.R. (2005). Attentional effects on contrast discrimination in humans: evidence for both contrast gain and response gain. *Vision Research*, 45(9), 1201-1212.
- Mancebo, R., Sáez, J.A., Domínguez, I., Luna, J.D. y Rodríguez-Ferrer, J.M. (2009). Efectos del contraste, excentricidad y posición en la detección de estímulos visuales en humanos. *Revista de Neurología*, 48(3), 129-133.
- Morrone, M.C., Denti, V. y Spinelli, D. (2004). Different attentional resources modulate the gain mechanisms for color and luminance contrast. *Vision Research*, 44(12), 1389-1401.
- Noesselt, T., Hillyard, S.A., Woldorff, M.G., Schoenfeld, A., Hagner, T., Hinrichs, H. y Heinze, H. (2002). Delayed striate cortical activation during spatial attention. *Neuron*, 35(4), 575-587.
- Posner, M.I. y Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Rapp, P.R. y Bachevalier, J. (2008). Cognitive development and Aging. In L.R. Squire (Eds.), *Fundamental neuroscience* (pp. 1039-1066). London: Academic Press.
- Reynolds, J.H., Pasternak, T. y Desimone, R. (2000). Attention increases sensitivity of V4 neurons. *Neuron*, 26(3), 703-714.
- Reynolds, J.H., Gottlieb, J.P. y Kastner, S. (2008) Attention. In L.R. Squire (Eds.), *Fundamental neuroscience* (pp. 1013-1132). London: Academic Press.
- Rovamo, J., Makela, P. y Whitaker, D. (1993). Models of the visual cortex on basis of psychophysical observations. En B. Gulyas (Eds.), *Functional organization of the human visual cortex* (pp. 241-254). Oxford: Pergamon.
- Sanes, J.R. y Jessell, T.M. (2013). The aging brain. In E.R. Kandel (Eds), *Principles of neural science* (pp. 1328-1346). New York: McGraw Hill.
- Stuart-Hamilton, I.A. (2007). Envejecimiento cognitivo normal. En R.C. Tallis (Eds.), *Geriatría* (pp. 125-142). Madrid: Marban.

Recibido: 8 de abril de 2014

Recepción Modificaciones: 26 de mayo de 2014

Aceptado: 4 de agosto de 2014