

Afectación de las redes neurales atencionales durante el envejecimiento saludable

Manuel Vázquez-Marrufo, María Luisa Benítez, Guillermo Rodríguez-Gómez, Alejandro Galvao-Carmona, Aarón Fernández-Del Olmo, Encarnación Vaquero-Casares

Departamento de Psicología Experimental; Facultad de Psicología (M. Vázquez-Marrufo, G. Rodríguez-Gómez, A. Galvao-Carmona, A. Fernández-Del Olmo, E. Vaquero-Casares). Facultad de Fisioterapia (M.L. Benítez). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.

Correspondencia:

Dr. Manuel Vázquez Marrufo.
Departamento de Psicología Experimental. Facultad de Psicología. Camilo José Cela, s/n. E-41018 Sevilla.

Fax:

+34 954 551 784.

E-mail:

marrufo@us.es

Financiación:

Proyecto subvencionado por el Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Educación y Ciencia (2007-2010), código: SEJ2007-65343.

Aceptado tras revisión externa:

30.09.10.

Cómo citar este artículo:

Vázquez-Marrufo M, Benítez ML, Rodríguez-Gómez G, Galvao-Carmona A, Fernández-Del Olmo A, Vaquero-Casares E. Afectación de las redes neurales atencionales durante el envejecimiento saludable. Rev Neurol 2011; 52: 20-6.

© 2011 Revista de Neurología

Introducción. Existen diversas evidencias de que el proceso de envejecimiento natural ocasiona un declive en las diferentes funciones cognitivas, incluyendo la atención.

Objetivo. Determinar cómo afecta el envejecimiento saludable a las diferentes redes atencionales.

Sujetos y métodos. Dos grupos de estudio: jóvenes ($32,5 \pm 9,7$ años) y adultos mayores saludables ($62,7 \pm 4,7$ años). Como instrumento para evaluar la atención utilizamos el test de redes atencionales –*Attention Network Test* (ANT)–.

Resultados. En el ANT, en lo que respecta al tiempo de reacción ante las diferentes condiciones que se dan (sin clave, clave central, clave espacial, congruencia e incongruencia), encontramos diferencias significativas en todas ellas entre ambos grupos ($p < 0,001$). En cuanto al análisis de redes, éstas no mostraron diferencias entre ambas muestras. Si comparamos el efecto por bloques del ANT, el análisis post hoc mostró que la red de orientación para los sujetos jóvenes presenta un beneficio por el uso de las claves espaciales en el primer bloque, mientras que para los sexagenarios no. Además, la red de alerta mostró un mayor efecto en el primer bloque respecto del segundo en los adultos mayores y el efecto opuesto para la red ejecutiva y de orientación.

Conclusiones. Los datos obtenidos muestran que existe una disminución en la velocidad de procesamiento en las personas mayores. En el caso particular de la red de orientación parece que los mayores requieren un intervalo temporal mayor para emplear las claves espaciales, aunque posteriormente tras cierto entrenamiento pueden beneficiarse de éstas casi al mismo nivel que los sujetos jóvenes.

Palabras clave. *Attention Network Test*. Envejecimiento saludable. Red neural de alerta. Red neural ejecutiva. Red neural de orientación. Tiempo de reacción.

Introducción

Uno de los grandes retos de la investigación en neurología, neuropsicología o geriatría es comprender y valorar los cambios cognitivos asociados al envejecimiento saludable. La valoración del posible deterioro cognitivo se realiza habitualmente mediante baterías neuropsicológicas estandarizadas [1,2]. Sin embargo, estos estudios muestran limitaciones para realizar un registro temporal preciso que permita comprender no sólo la discapacidad cognitiva cualitativamente, sino también cuantitativamente. En este sentido, tests realizados por ordenador, donde se registran las respuestas conductuales con una resolución del milisegundo, permiten estudios muy precisos de la capacidad cognitiva del individuo [3,4] y se aplican en algunos casos en el ámbito clínico [5,6].

Un test específico que permite valorar detalles del procesamiento atencional es el conocido como test de las redes atencionales –*Attention Network Test* (ANT)–, que admite la evaluación en la misma prue-

ba de las diversas redes que integran el sistema atencional. En primer lugar, es posible evaluar la velocidad de procesamiento general del individuo. En segundo lugar, y es donde adquiere gran relevancia este test, pueden evaluarse tres pilares del proceso atencional (en este caso dentro de la modalidad visual) como son la red de alerta, la red de orientación visuoespacial y la red del sistema ejecutivo [7,8]. En diversos estudios se han descrito las bases neuroanatómicas de estas tres redes neurales que permiten el proceso atencional humano [7-9]. En síntesis, la red de alerta se distribuye en múltiples regiones del cerebro (córtex frontal, parietal, temporal y tálamo, además de los sistemas de activación troncoencefálicos ascendentes) y su base neuroquímica estaría basada predominantemente en la noradrenalina. En el caso de la red de orientación, las principales áreas cerebrales implicadas son el córtex parietal y los campos oculares frontales, y su neurotransmisor base es la acetilcolina. Por último, en el caso de la red ejecutiva, las áreas involucradas

parecen abarcar regiones frontales (córtex prefrontal dorsolateral y dorsomedial) y del giro cingulado anterior contiguo al córtex frontal. Los neurotransmisores más abundantes serían el glutamato, la acetilcolina y la dopamina.

El ANT se ha empleado en los últimos tiempos para valorar las alteraciones atencionales que se producen en diversas patologías: el trastorno por déficit de atención/hiperactividad [10], la enfermedad de Parkinson [11] o la esclerosis múltiple [12].

En el caso de la población sexagenaria con envejecimiento saludable también se han descrito alteraciones en sus respuestas al aplicar el ANT. En un estudio de Fernández-Duque y Black [13], donde se comparaba a ancianos sanos con una muestra de pacientes con la enfermedad de Alzheimer, se observó que los ancianos mostraban alteraciones en las redes atencionales diferentes a las experimentadas por los pacientes con enfermedad de Alzheimer. En particular, estos autores encontraron que se producía un incremento de efecto en la red de alerta en el caso de los ancianos comparado con los sujetos jóvenes. La interpretación que proporcionaron los autores fue que los ancianos podrían tener un criterio de respuesta diferente al de los sujetos jóvenes, al primar una actitud más conservadora en sus respuestas. Esto se traduciría en un efecto más relevante para un tipo de claves atencionales frente a otras, lo que redundaría en un perfil de ejecución en tareas atencionales diferente para los ancianos. En este mismo estudio no se encontraron diferencias para las redes de orientación o ejecutiva en el caso del envejecimiento saludable.

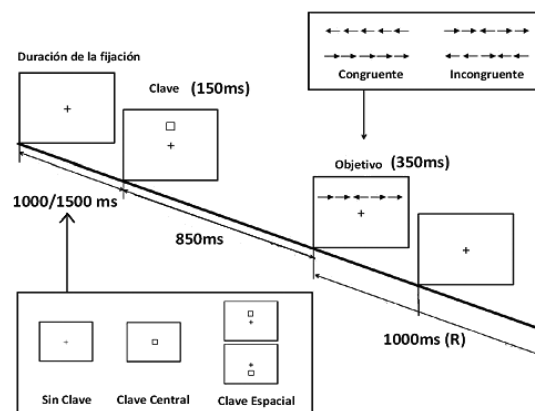
Fernández-Duque y Black plantearon en la sección de discusión de su propio trabajo algunos interrogantes, como la posibilidad de que un mayor nivel de dificultad tal vez pudiera presentar efectos en la red de orientación y en la ejecutiva. El principal objetivo de este estudio es precisamente responder a esta cuestión, y para conseguirlo hemos diseñado un estudio donde la presentación de los estímulos se sucede a un ritmo mayor. Además, realizaremos un análisis por bloques para este test y que podría mostrar efectos no observados anteriormente en la dinámica de las redes atencionales a lo largo del desarrollo de esta prueba.

Sujetos y métodos

Muestra

Catorce adultos jóvenes (de los cuales 11 son mujeres; edad: $32,5 \pm 9,7$ años) y 14 adultos mayores sa-

Figura 1. Esquema del Attention Network Test.



ludables (de los cuales 11 son mujeres; edad: $62,7 \pm 4,7$ años) participaron en el presente estudio. Se recogieron asimismo la dominancia manual (la definición de diestro o zurdo se realizó en función de la mano empleada para la escritura) y el nivel de estudios (definido por el número de años cursados). Para la inclusión de los sujetos ancianos en el estudio se les administró las pruebas de minexamen cognitivo [14] y la escala de depresión geriátrica [15]. Los sujetos que constituirían luego el grupo de envejecimiento saludable debían obtener una puntuación en el primer test igual o superior a 28, y en el segundo, menor de 5. El protocolo fue admitido por el Comité Ético de la Universidad de Sevilla. Todos los sujetos participantes en el estudio firmaron un consentimiento informado.

Evaluación de las redes atencionales (ANT)

En el ANT en cada ensayo se presentan dos estímulos (Fig. 1). El primero realiza una función de aviso (clave) que indica que va a estar seguido por otro estímulo objetivo (conjunto de flechas) sobre el cual se pide al sujeto que señale la orientación que tiene la flecha central pulsando el botón izquierdo o derecho del ratón según corresponda a la orientación de la flecha. Las claves de aviso pueden ser diversas. En un primer caso se presenta una clave central (un cuadrado) que no indica en qué región del espacio visual aparecerá el estímulo objetivo y que se localiza alrededor del punto de fijación donde el sujeto debe mantener su mirada. Otra posibilidad es la condición clave espacial que señala en qué lugar se presentará el estímulo al colocarse el cuadrado en el mismo lu-

gar donde aparecerá el estímulo objetivo. Por último, existe una condición en la que no se presenta ningún tipo de clave y que se denomina 'sin clave'.

Otra variación que define las distintas condiciones experimentales es la dimensión llamada congruencia/incongruencia. Un estímulo objetivo es congruente si la flecha central está flanqueada por otras flechas que apuntan en la misma dirección, e incongruente si apuntan en sentido contrario (Fig. 1). Con este diseño se pueden analizar tres pilares esenciales del proceso atencional humano [7]. En primer lugar, se puede calcular la eficiencia de la red de alerta sustrayendo el tiempo de reacción obtenido para los estímulos precedidos de la condición 'sin clave' respecto de los precedidos con la clave central. En el caso de la red de orientación se realiza calculando la diferencia entre los ensayos iniciados con una clave central frente a aquellos iniciados con la clave espacial. Para la red ejecutiva se emplea la sustracción del tiempo de reacción de los ensayos incongruentes frente a los congruentes.

Para el estudio se realizaron ciertas modificaciones del paradigma empleado por Fan et al [7]. Se presentaron tres bloques de 96 ensayos cada uno, con un total de 288 ensayos. Entre los bloques se proporcionó un descanso de dos a tres minutos para evitar la fatiga en los sujetos participantes. El tamaño de los estímulos se amplió para facilitar la visión correcta de éstos a la población de participantes mayores del estudio. El ángulo visual cubierto por los estímulos objetivos fue de $7,37^\circ$ de ancho y $0,86^\circ$ de alto. La clave de aviso tuvo un tamaño de $0,86^\circ$ de ancho y $0,86^\circ$ de alto. La duración del estímulo clave fue de 150 ms, y la de los estímulos objetivo, de 350 ms. La duración entre la clave y el estímulo imperativo fue de 850 ms, y el intervalo entre el estímulo imperativo y la siguiente clave fue variable, con dos niveles: 1.000 y 1.500 ms. El sujeto disponía de una ventana de respuesta de 1.000 ms tras la llegada del estímulo imperativo.

Todos los participantes realizaron la tarea cogiendo el ratón con las dos manos y utilizando los dos pulgares. Usaron el pulgar derecho para presionar el botón derecho del ratón y así indicar que la flecha objetivo apuntaba a la derecha y el pulgar izquierdo para presionar el botón izquierdo del ratón en el caso de que la flecha apuntara hacia la izquierda.

Análisis estadístico

Se realizaron comparaciones de medias para muestras independientes empleando un análisis *t* pareado en las medidas siguientes: edad, nivel de escolaridad y dominancia manual. En todos los casos se

comprobó en primer lugar mediante el test de Levene [16] si la equivalencia entre las varianzas de las dos muestras se podía confirmar. En caso negativo se ha indicado el valor del resultado del análisis *t* pareado sin asumir equivalencia de varianzas.

La variable sexo no se analizó, dado que la relación mujeres/hombres fue la misma en ambos grupos de estudio. En el caso de la dominancia manual, el grupo de sujetos jóvenes incluyó un sujeto zurdo. Si se realiza una transformación cuantitativa de la variable (diestro: 1; zurdo: 2), no se encuentra diferencia entre las dos muestras.

En cuanto al análisis del ANT, se desarrollaron análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar el efecto clásico descrito en la bibliografía de que los tiempos de reacción entre los diferentes niveles para la variable clave son los siguientes (de más lento a más rápido): 'sin clave', 'clave central' y 'clave espacial'; y en el caso de la variable congruencia (niveles: congruente e incongruente), el primero obtiene tiempos de reacción más breves que el segundo. El primer ANOVA se compuso, por lo tanto, de los siguientes factores: intrasujetos, clave (niveles: sin clave, clave central y clave espacial); intersujetos, grupo (niveles: mayor frente a joven). Asimismo se realizó un análisis para la variable congruencia en interacción con la variable grupo –intrasujetos: congruencia (niveles: congruente e incongruente); intersujetos: grupo (niveles: mayor frente a joven)–. Estos dos diseños de ANOVA se realizaron también para los porcentajes de acierto al estímulo objetivo.

En el caso del análisis de las redes y su evolución por bloques, se recurrió a un ANOVA con factores intrasujetos: bloque (niveles: primer, segundo y tercer bloque) y red atencional (niveles: alerta, orientación y ejecutiva), y un factor intersujeto: grupo (sujetos jóvenes frente a mayores). Se consideró en todos los análisis estadísticos como significativo un valor $p < 0,05$. En el caso particular del ANOVA, en el análisis *post hoc* se realizó la corrección de Fisher para evitar resultados significativos por múltiples comparaciones [16].

Resultados

Análisis de las variables sociodemográficas

El análisis *t* pareado para muestras independientes reveló una diferencia para la variable edad ($t = 10,46$; $p < 0,001$) entre los dos grupos (mayores: $62,7 \pm 4,7$; jóvenes: $32,5 \pm 9,7$). No se produjo esta diferencia entre los grupos para la variable escolaridad: $t = 1,575$; $p = 0,127$ (mayores: $13,7 \pm 4,1$; jóve-

Tabla. Tiempo de reacción medio (ms) por condición para ambos grupos ($p < 0,001$).

	Sin clave	Clave central	Clave espacial	Congruencia	Incongruencia
Sexagenarios	687 ± 52	671 ± 57	659 ± 61	630 ± 62	721 ± 57
Jóvenes	579 ± 58	552 ± 62	521 ± 69	511 ± 59	597 ± 71

nes: $16,8 \pm 6$), ni tampoco para la dominancia manual: $t = 1,00$; $p = 0,336$ (mayores: $1,00 \pm 0$; jóvenes: $1,07 \pm 0,26$). La proporción en cuanto al sexo era, como se comentó anteriormente, equivalente entre ambos grupos.

Análisis de redes atencionales (ANT)

El primer ANOVA mostró que se producía un efecto de interacción entre la variable clave y la variable grupo ($F_{(2,52)} = 10,8$; $p < 0,001$). Tras el análisis *post hoc* para esta interacción se pudo comprobar que las siguientes comparaciones (sin clave frente a clave central, clave central frente a clave espacial y congruente frente a incongruente) fueron estadísticamente significativas ($p < 0,001$ en todos los casos) para ambos grupos (Tabla).

En el caso del ANOVA, que permite el análisis de la interacción entre la variable congruencia y la variable grupo, no se obtuvo un efecto estadísticamente significativo para la interacción. Sin embargo, el análisis *post hoc* reveló que las condiciones congruentes son más rápidas que las incongruentes en ambos grupos (mayores y jóvenes): $p < 0,001$ en ambos casos (Tabla).

Por otro lado, en la comparación de las respuestas para los mayores y los jóvenes, el análisis de la varianza reveló que los mayores son más lentos en general en sus respuestas para los diversos niveles de la variable clave ($F_{(1,26)} = 29,1$; $p < 0,001$) y también para los tiempos de reacción de las variables congruente e incongruente ($F_{(1,26)} = 28,5$; $p < 0,001$) en comparación con los sujetos jóvenes (Tabla). En cuanto al porcentaje de aciertos para las variables clave y congruencia, no se encontraron diferencias entre ambos grupos: adultos mayores (sin clave: $93,8 \pm 3,4$; clave central: $83,8 \pm 4,1$; clave espacial: $95,0 \pm 3,2$; congruente: $96,8 \pm 2,0$; incongruente: $92,2 \pm 4,8$) y adultos jóvenes (sin clave: $96,5 \pm 3,9$; clave central: $84,7 \pm 1,8$; clave espacial: $97,1 \pm 2,3$; congruente: $98,7 \pm 2,0$; incongruente: $94,9 \pm 4,0$).

En cuanto al efecto de las redes entre los distintos grupos, el análisis estadístico muestra que la in-

teracción de los factores red y grupo no fue estadísticamente significativa. Un análisis *post hoc* de esta interacción reveló que no existen diferencias en cualquiera de las redes entre ambos grupos cuando se tienen en cuenta los valores medios de éstos.

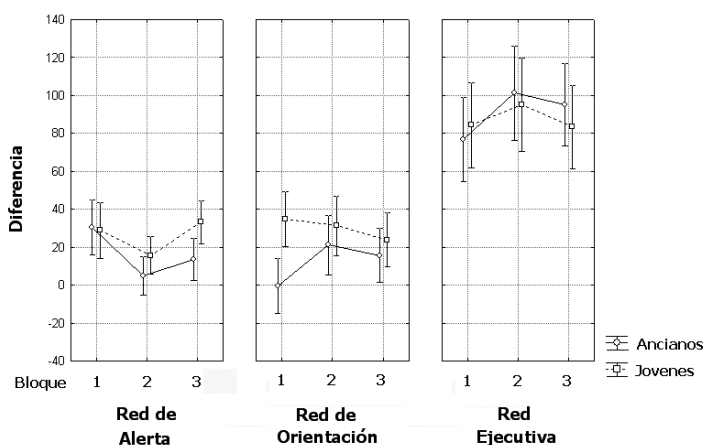
Cuando se consideró la interacción entre los factores red, bloque y grupo, se observó que existía un efecto al límite de la significación ($F = 2,13$; $p = 0,081$) para ella. Un análisis *post hoc* reveló que se producía un efecto en el primer bloque para la red de orientación entre ambos grupos ($p = 0,038$). En particular, los adultos mayores mostraban un efecto neto en la red de orientación de $-0,35 \pm 28,1$ ms frente a un efecto neto en los jóvenes de $34,6 \pm 24,8$ ms (Fig. 2).

Para comprender además la evolución de los efectos de red a lo largo de los diferentes bloques, se realizó un análisis *post hoc* independiente para cada grupo. En el caso de los adultos mayores este análisis reveló que el efecto de red de alerta fue significativo entre el bloque 1 ($30,5 \pm 24,9$) y el 2 ($4,86 \pm 17,7$) ($p = 0,006$) pero no entre el bloque 1 y el 3 ni entre el 2 y el 3. En el caso de los efectos de la red de orientación, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el bloque 1 ($-0,35 \pm 28,1$) y el 2 ($21,1 \pm 32,8$) ($p = 0,021$), pero no entre el 1 y el 3 o en la comparación del bloque 2 con el 3. En el caso de la red ejecutiva también se produjo una diferencia entre el bloque 1 ($76,7 \pm 42,5$) y el 2 ($101,1 \pm 48,5$) ($p = 0,009$) y la ausencia de otros efectos entre los bloques 2 y 3 o los bloques 1 y 3. En el caso de los sujetos jóvenes no se observaron diferencias entre los diferentes bloques para ninguno de los efectos de red (Fig. 2).

Discusión

Los diversos análisis estadísticos realizados en la comparación de medias en las diversas medidas socio-demográficas (sexo, escolaridad y dominancia manual) de ambos grupos mostraron que los grupos son similares para estas características y que las potenciales diferencias que se encuentren en sus res-

Figura 2. Efecto y evolución de las diferentes redes atencionales a lo largo de los diferentes bloques; obsérvese la diferencia del primer bloque para la red de orientación entre ambos grupos.



puestas deben atribuirse a la diferencia en la variable edad.

El primer resultado destacable es la ratificación de que la presencia de una clave central permite responder más rápido que si no se presenta clave alguna, y que a su vez la clave espacial mejora aún más la velocidad en la respuesta respecto a la clave central. En el caso de la congruencia también se observa una respuesta más rápida para la condición congruente frente a la incongruente. Estos resultados replican los obtenidos por otros muchos autores [7,8].

Respecto a la velocidad general de respuesta, los análisis mostraron que ésta fue más lenta para los adultos mayores frente a los sujetos jóvenes en todas las condiciones experimentales. Este resultado también se ha encontrado en estudios previos realizados sobre esta población [13,17]. El retraso de la respuesta estuvo presente tanto para la variable clave como para la de congruencia/incongruencia. Además, el análisis del porcentaje de aciertos mostró que las diferencias observadas entre los grupos (tiempos de reacción para los adultos mayores) no corresponden con peores porcentajes de aciertos en los adultos jóvenes, por lo que puede rechazarse una compensación de velocidad por precisión.

En cuanto a los efectos de red entre los dos grupos, los resultados del ANOVA muestran que no existe un efecto estadísticamente significativo para ninguna de ellas; es decir, no se observan cambios significativos en las diversas redes entre adultos mayores y jóvenes, considerando el valor medio (todos

los bloques incluidos) de las puntuaciones para cada una de ellas.

Sin embargo, el análisis *post hoc* de la interacción entre los factores intrasujetos (bloque y red) y del factor intersujeto (grupo) revelaron interesantes efectos en las diversas redes entre ambos grupos a lo largo de los diferentes bloques. Todos los resultados estadísticamente significativos que se refieren a continuación se produjeron para los adultos mayores. Por un lado, se observó un efecto más notable de la red de alerta para el primer bloque que para el segundo; por otro lado, un efecto incluso negativo de la red de orientación en el primer bloque comparado con el segundo bloque y, por último, un efecto menor para la red ejecutiva en el primer bloque respecto del segundo. Cuando las comparaciones se realizaron en la evolución entre los bloques 2 y 3, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las redes. Ninguno de los efectos significativos en adultos mayores apareció en los adultos jóvenes.

Una de las primeras conclusiones de nuestro estudio es que una presentación de los estímulos a un ritmo mayor no muestra efectos estadísticamente significativos en las diferentes redes (particularmente la de orientación) entre ambos grupos tal y como propusieron Fernández-Duque y Black. Sin embargo, el análisis por bloques reveló que pueden producirse modulaciones de las diferentes redes a lo largo de la sesión de registro ocultas en el análisis habitual para este paradigma. Este resultado es especialmente relevante debido a que, si se revisa la literatura, no existe hasta la fecha un trabajo que analice el efecto de las redes atencionales empleando el ANT con un análisis bloque a bloque.

Gracias a este análisis por bloques, es posible concluir que los adultos mayores muestran un efecto amplio de la red de alerta al principio de la aplicación del test y posteriormente comienzan a emplear con más eficacia las redes de orientación y ejecutiva. Los jóvenes, en cambio, son estables en los efectos de red a lo largo de todo el test.

Una posible interpretación de los resultados obtenidos es que la red de alerta influye negativamente en el funcionamiento de las otras dos redes cuando ésta se emplea con mayor intensidad. Esto explicaría, por un lado, los efectos disminuidos de las redes de orientación y ejecutiva en el primer bloque y, por otro, por qué cuando la red de alerta disminuye en su efecto (segundo bloque) las otras dos redes alcanzan niveles más notables. Esta relación de interdependencia entre las redes y el efecto obstructivo de la red de alerta sobre las otras redes ha sido sugerida por otros autores [8,18]. En particular, se

ha descrito que la red de alerta puede afectar a la red de orientación y esto a su vez producir un efecto negativo sobre la red ejecutiva. Es precisamente éste el resultado que hemos encontrado en esta ocasión. Los adultos mayores parece que traten de compensar su falta de seguimiento de las claves espaciales con un proceso intensivo de atención, basado en la red de alerta, lo que no les permite, en un primer instante (primer bloque), emplear adecuadamente las claves espaciales y puede afectar parcialmente la resolución del conflicto de las flechas que flanquean al objetivo.

Por último, y antes de avanzar hacia la conclusión principal del estudio, quisiéramos destacar que una de las causas que ha podido producir diferencias en los resultados obtenidos entre el estudio de Fernández-Duque y Black y el nuestro es el menor número de estímulos empleado por estos autores. Debido a ese número reducido de ensayos por condición, no se produciría una estabilización en la ejecución en la tarea por parte de los adultos mayores que sí se produce en nuestro caso. Este aspecto muestra lo crítico que puede resultar a la hora de decidir el número de ensayos necesarios en la definición de este tipo de pruebas. Un mayor número de éstos puede parecer una opción deseable, pero hay que contar con los procesos de fatiga habituales en patologías y en personas mayores.

En conclusión, los adultos sexagenarios muestran un enlentecimiento general durante esta tarea atencional que no está relacionado con ninguna de las redes en particular, si bien en los primeros instantes durante el desarrollo del test estos sujetos muestran un uso mayor de la red de alerta, lo que podría influir negativamente sobre las otras dos redes (orientación y ejecutiva), aunque este fenómeno se revierte conforme el test avanza. No estamos hablando, por tanto, de un proceso degenerativo irreversible en la ejecución de las redes, sino de la necesidad de que las redes tengan un proceso de entrenamiento que les permita alcanzar, dentro de sus posibilidades, su máxima capacidad. Este estudio muestra la importancia del seguimiento por bloques de la actividad de las tres redes para concluir con seguridad sobre los efectos observados mediante el ANT. Además puede servir para apoyar estudios estandarizados neuropsicológicos que analicen el trastorno atencional u otros trastornos que impliquen en cierta medida mecanismos atencionales o la capacidad de adquirir automatismos motores o cognitivos [19].

Bibliografía

1. Arnett P, Forn C. Evaluación neuropsicológica en la esclerosis múltiple. *Rev Neurol* 2007; 44: 166-72.
2. Stein J, Luppá M, Brähler E, König HH, Riedel-Heller SG. The assessment of changes in cognitive functioning: reliable change indices for neuropsychological instruments in the elderly – a systematic review. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2010; 29: 275-86.
3. Idiazábal-Aletxa MA, Guerrero-Gallo D, Sánchez-Bisbal MM. Procesamiento del lenguaje en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Rev Neurol* 2006; 42 (Supl 2): S29-36.
4. González-Rosa J, Vázquez-Marrufo M, Vaquero E, Duque P, Borges M, Gamero MA, et al. Differential cognitive impairment for diverse forms of multiple sclerosis. *BMC Neurosci* 2006; 7: 39.
5. Dworkatzky T, Dimant L, Simon ES, Doniger GM. Validity of a short computerized assessment battery for moderate cognitive impairment and dementia. *Int Psychogeriatr* 2010; 22: 795-803.
6. Gur RC, Richard J, Hughett P, Calkins ME, Macy L, Bilker WB, et al. A cognitive neuroscience-based computerized battery for efficient measurement of individual differences: standardization and initial construct validation. *J Neurosci Methods* 2010; 187: 254-62.
7. Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci* 2002; 14: 340-7.
8. Fan J, Gu X, Guise KG, Liu X, Fossella J, Wang H, et al. Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain Cogn* 2009; 70: 209-20.
9. Fan J, McCandliss BD, Fossella J, Flombaum JI, Posner MI. The activation of attentional networks. *Neuroimage* 2005; 26: 471-9.
10. Johnson KA, Robertson IH, Barry E, Mulligan A, Dáibhis A, Daly M, et al. Impaired conflict resolution and alerting in children with ADHD: evidence from the Attention Network Task (ANT). *J Child Psychol Psychiatry* 2008; 49: 1339-47.
11. Lou JS. Physical and mental fatigue in Parkinson's disease: epidemiology, pathophysiology and treatment. *Drugs Aging* 2009; 26: 195-208.
12. Urbanek C, Weinges-Evers N, Bellmann-Strobl J, Bock M, Dörr J, Hahn E, et al. Attention Network Test reveals alerting network dysfunction in multiple sclerosis. *Mult Scler* 2010; 16: 93-9.
13. Fernández-Duque D, Black SE. Attentional networks in normal aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 2006; 20: 133-43.
14. Lobo A, Ezquerro J, Gómez F, Sala JM, Seva A. El mini examen cognoscitivo: un test sencillo, práctico, para detectar alteraciones intelectivas en pacientes médicos. *Actas Luso Esp Neurol Psiquiatr Cienc Afines* 1979; 3: 189-202.
15. Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey MB, et al. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res* 1983; 17: 37-49.
16. Spiegel MR. Estadística. 2 ed. Madrid: McGraw-Hill; 1991.
17. Jennings JM, Dagenbach D, Engle CM, Funke LJ. Age-related changes and the attention network task: an examination of alerting, orienting, and executive function. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2007; 14: 353-69.
18. Callejas A, Lupiáñez J, Funes MJ, Tudela P. Modulations among the alerting, orienting and executive control networks. *Exp Brain Res* 2005; 167: 27-37.
19. Crespo-Eguilaz N, Narbona J. Trastorno de aprendizaje procedimental: características neuropsicológicas. *Rev Neurol* 2009; 49: 409-16.

Attentional neural networks impairment in healthy aging

Introduction. Diverse evidences have shown that the process of natural aging causes a decline in different cognitive functions, including among them the attentional process.

Aim. To determine how the healthy aging affects to the different attentional networks.

Subjects and methods. Two groups: young subjects (32.5 ± 9.7 years) and an elderly group (62.7 ± 4.7 years). As instrument to evaluate the attention process the ANT (Attention Network Test) was used.

Results. Highly significant differences were observed for all conditions involved in the ANT (no cue, center cue, spatial cue, congruent and incongruent) between both groups ($p < 0.001$). As for the analysis of network effects, no one showed differences between the two groups. Considering the block variable, the post hoc analysis showed that the orienting network for the young subjects exhibited a normal benefit in the first block while the elderly group don't show that benefit caused by the deficiency using spatial cues. Moreover, the alerting network showed a bigger effect in the first block regarding the second one in the older adults and the opposed effect for the executive and orienting network was observed.

Conclusions. The obtained data show that a decrease exists in the speed processing in the elderly group. In the orienting network seems that the older adults require a bigger training period to use the spatial cues, although later on, they can benefit from the same cues almost at the same level that the young subjects.

Key words. Alert neural network. Attention Network Test. Executive neural network. Healthy aging. Orienting neural network. Reaction time.